



Antsirabe

UNIVERSITE PRIVEE D'ANTSIRABE

RAPPORT DE STAGE

pour obtenir le

DIPLOME UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

AGRICOLE

(D.U.T.A.)

**Test de causes de stérilité sur trois variétés de riz pluvial
d'altitude : effets du froid, du vent et de la carence en bore**



Présenté par : Lazasoa Edouard RAKOTOZAFY

Devant le jury composé de :

Président : Monsieur Joseph Léon RAHERIMANDIMBY

Rapporteurs : • Monsieur Damien RALAIVAOHITA

• Monsieur Fidiniaina RAMAHANDRY

Examineur : Madame Doline Lucie RAHANTARINORO

ASJA

BP : 287

Tél. : 44 483 19/20

E-mail : asja@dts.mg



SRR/FOFIFA

URP-SCRID

BP 230, Antsirabe 110

Fofifa-abe@wanadoo.mg



Le 28 Juin 2004



UNIVERSITE PRIVEE D'ANTSIRABE

RAPPORT DE STAGE

pour obtenir le

DIPLOME UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

AGRICOLE

(D.U.T.A.)

**Test de causes de stérilité sur trois variétés de riz pluvial
d'altitude : effets du froid, du vent et de la carence en bore**



Présenté par : **Lazasoa Edouard RAKOTOZAFY**

Devant le jury composé de :

Président : Monsieur Joseph Léon RAHERIMANDIMBY

Rapporteurs : • Monsieur Damien RALAIVAOHITA

• Monsieur Fidiniaina RAMAHANDRY

Examineur : Madame Doline Lucie RAHANTARINORO

ASJA

BP : 287

Tél. : 44 483 19/20

E-mail : asja@dts.mg



SRR/FOFIFA

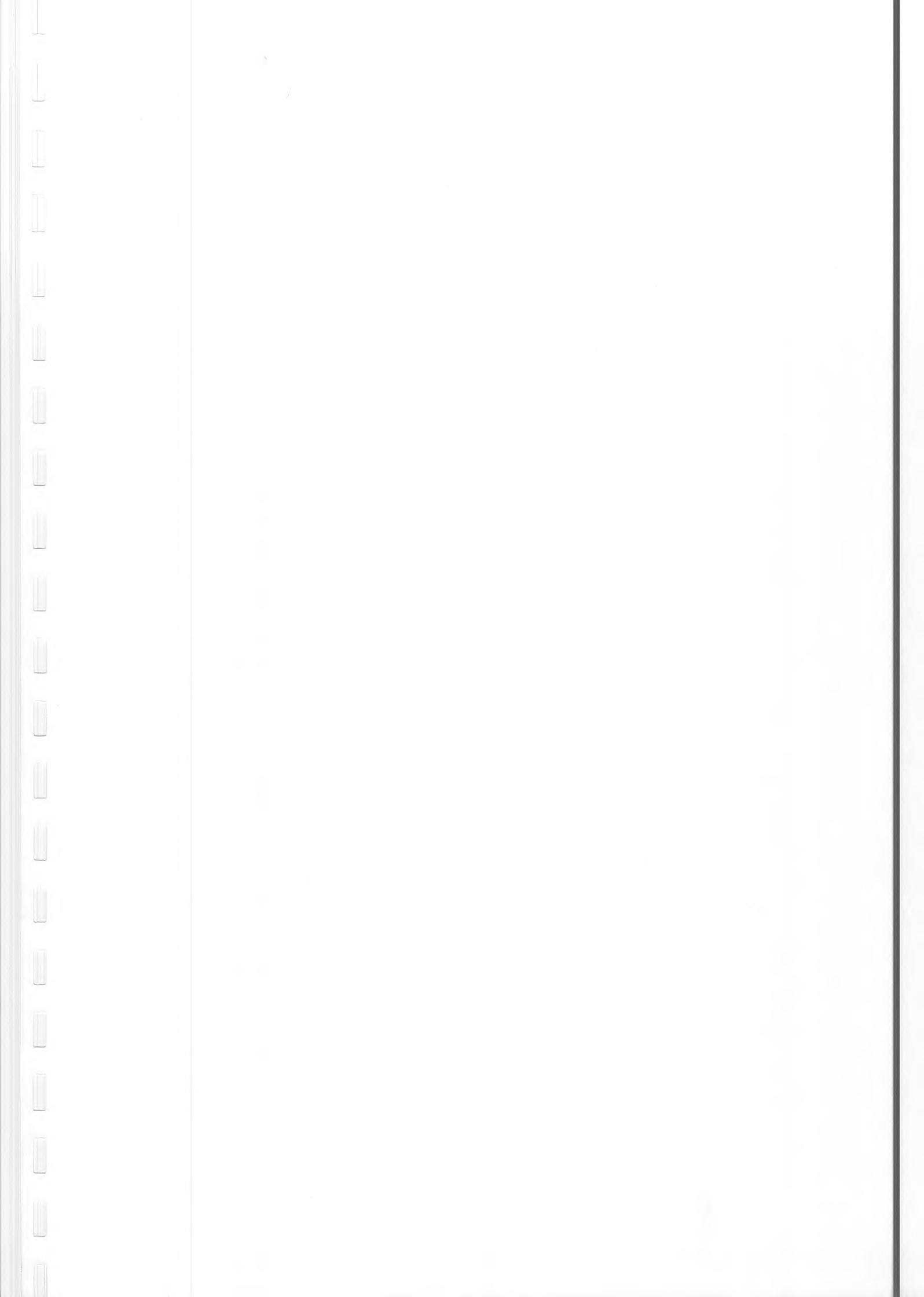
URP-SCRID

BP 230, Antsirabe 110

Fofifa-abe@wanadoo.mg



Le 28 Juin 2004



REMERCIEMENTS

Cette page ne suffit pas pour remercier en tenant compte de toutes les sympathies à mon endroit. Seulement l'expression que je cite ici traduit ma reconnaissance, pour dire qu'il n'est pas question de se taire après les témoignages qu'on m'a accordés. L'énorme gratitude qui vient de ma part sera adressée à toutes les personnes suivantes :

- Père Joseph **COMO**, Directeur de l'Athénée Saint Joseph, qui, durant ces trois années d'étude à l'université, ne pense qu'à notre avenir par ses conseils plutôt paternels.
- Madame Laurence **RAMBORANO**, Recteur de l'université, bien que votre responsabilité soit énorme vous avez consacré du temps pour prendre soin de nous et surtout l'organisation de notre départ en stage.
- Monsieur Alain **RAMADASS**, coordinateur de l'**URP - SCRID**, et Monsieur **RAMANARAJA**, Directeur régional du **FOFIFA**, qui respectivement nous ont soutenus financièrement durant le stage, qui nous ont autorisés à joindre la station et utiliser les matériels de l'établissement.
- Monsieur Alain **RAMANANTSOANJONA**, **PHD** en amélioration des plantes, chercheur en sélection variétale riz **FOFIFA** et Monsieur Jean Luc **DZDO** sélectionneur au sein du **CIRAD**, bien que mon travail ne soit pas lié directement au

vôtre, vous tenez vos bras ouverts afin que je puisse profiter de votre aide.

- Monsieur *Fidiniaina RANAFANDRY ANDRISONDRAKOINA*, Ingénieur agronome, un encadreur remarquable qui me guide techniquement sur le terrain, vos conseils et vos actes participatifs m'ont été tellement utiles.
- Madame *Julie DUSSERE*, docteur en écophysiologie végétale, à titre de superviseur et maître du stage, je suis très reconnaissant de la générosité que vous avez parce que, malgré votre absence, vous souhaiteriez suivre le déroulement du travail.
- Monsieur *RASIVOAKISA Damien*, professeur de l'université ; qui malgré ses responsabilités, accepte de nous encadrer pédagogiquement.
- Monsieur et madame les Professeur de l'université désignés comme membres du jury, merci pour votre amabilité de siéger et de honorer la présentation de nos rapports.
- Les personnels de l'établissement, les amis stagiaires que je ne peux pas oublier, merci pour votre accueil chaleureux.

« Celui qui Est pour des siècle des siècles » et la famille entière : vous êtes l'amour.

Merci !

SOMMAIRE

Remerciement	
Liste des abréviations	
Liste des figures et des schémas	
Liste des tableaux	
Liste des annexes	

INTRODUCTION	1
1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE	3
1.1. L'ASJA et son histoire	3
1.1.1. Conseil supérieur.....	4
1.1.2. Conseil d'administration.....	4
1.1.3. Rectorat.....	4
1.1.4. Conseil académique	4
1.1.5. Conseil de discipline.....	4
1.2. La situation et les enjeux de la riziculture pluviale d'altitude	4
1.2.1. La riziculture pluviale à Madagascar et dans la région du Vakinankaratra	4
1.2.1.1. Le riz à Madagascar	4
a) Historique :	4
b) Un besoin national :	5
c) Types de rizières :	6
d) La riziculture pluviale d'altitude à Madagascar :	8
1.2.1.2. La région du Vakinankaratra	8
a) Les unités géographiques :	8
b) Le climat et le régime des vents :	8
c) Typologie du sol :	10
d) Végétation dominante :	10
e) La riziculture pluviale dans la région du Vakinankaratra :	10
1.2.2. La recherche rizicole pluviale d'Altitude	11
1.2.2.1. Le projet P.R.A. (Programme Riz d'Altitude)	11
1.2.2.2. FOFIFA-CENRADERU (Foibem-pirenena momba ny Fikarohana Ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny tontolo Ambanivohitra ou Centre National de Recherche Appliquée au développement Rural).....	11
a) Régionalisation, pluridisciplinarité et approche participative : un pas engagé !	12
b) Une dimension internationale :	12
1.2.2.3. Le CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)	12
1.2.2.4. Les enjeux de l'URP – SCRID	13
1.3. Objectif de l'étude	13
1.3.1. Résumé des principales constatations.....	13
1.3.2. Principal objectif	14
1.3.3. Modalité.....	14
2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	15
2.1. Formation des organes reproducteurs et la stérilité	15
2.1.1. Le cycle de riz	15
2.1.2. La phase végétative	15
2.1.3 La phase reproductrice	17
2.1.3.1. Les différentes phases de la reproduction.....	17
2.1.3.2. Le grain de riz	18
2.1.3.3. Structure de la panicule	20
2.1.3.4. Deux périodes marquant la phase reproductrice	21
a) La formation de la jeune panicule :	21

b) La formation des cellules reproductives :	21
2.1.3.5. -L'échelle de MATSUSHIMA.....	21
2.1.3.6. Influence des facteurs externes sur cette phase	23
2.1.4. Composantes du rendements.....	23
2.1.4.1. Nombre de panicules /m ²	23
2.1.4.2. Nombre d'épillets différenciés	23
2.1.4.3. Pourcentage des grains pleins et des grains vides	23
2. 2. Effet des facteurs externes sur le pourcentage de stérilité.....	24
2.2.1. La température	24
2.2.2. Le rayonnement.....	26
2.2.3. Les éléments minéraux.....	26
2.2.3.1. L'azote	26
a) L'azote : du sol au riz, un passage conditionné :	26
b) L'azote intervient dans quelle phase du cycle du riz ?	26
2.2.3.2. Le bore	27
a) Rôle physiologique du bore :	27
b) Le riz a besoin de bore :	27
2.2.4. Le vent : Une action dépressive.....	27
2.2.5. Le régime hydrique.....	28
a) Effet d'un excès d'eau :	28
b) Effet du déficit hydrique :	28
2.3. Effet des facteurs climatiques sur le rendement et les composantes du rendement.....	29
2.4. Hypothèse de travail – Démarche	30
2.4.1. Test de coupe vent	30
2.4.2. Test de température	30
2.4.3. Test de l'effet du bore	30
3. MATERIEL ET METHODES.....	31
3.1. Dispositifs expérimentaux.....	31
3.1.1. Présentation	31
3.1.2. Les opérations.....	31
3. 2. Matériel génétique.....	32
3. 2.1. Généralité	32
3. 2.2. Les cultivars	32
3. 3. Mesures.....	34
3. 3.1. Observation phénologique.....	34
3. 3.2. Composantes du rendement.....	34
4. RESULTATS - DISCUSSION	35
4.1. Effet de la température sur le pourcentage de stérilité : comparaison par date de semis	36
4. 2. Effet du bore sur la stérilité	37
4. 3. Effet du vent sur la stérilité.....	38
4. 4. Discussions	39
CONCLUSION.....	40
LISTES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	
RESUME	
ABSTRACT	

LISTE DES ABREVIATIONS

- ASARECA** : Association pour le Renforcement de la recherche Agricole en Afrique de l'Est et du Centre.
- ASJA** : Athénée Saint Joseph Antsirabe.
- °C** : Degré Celsius
- CENRADERU** : Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural.
- CIRAD-CA** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - Cultures Annuelles.
- DRDR** : Direction Régionale du Développement Rural.
- D.U.T.A.** : Diplôme Universitaire de Technologie Agricole.
- FIFAMANOR/PMMO** : « Flompiana sy Fambolena Malagasy NORveziana »/ Projet Maïs au Moyen Ouest.
- FOFIFA** : "FOibe Fikarohana ho Fampanandrosoana ny tontolo eny Ambanivohitra".
- G.P.** : Grains Pleins.
- G.V.** : Grains Vides.
- IFPRI** : International Food Policy Research Institute.
- IRAT** : Institut de Recherche Agronomique Tropicale.
- IRRI** : International Rice Research Institute
- JAS** : Jours Après Semis.
- N Epts** : Nombre des Epillets.
- NGg/m²** : Nombre de Grains ayant germé par mètre carré.
- NGs/m²** : Nombre de Grains semés par mètre carré.
- NP/m²** : Nombre de Pieds par mètre carré.
- NPa/m²** : Nombre de Panicules par mètre carré.
- NTmax** : Nombre de Talles maximal.
- P°** : Pluviométrie
- P.R.A.** : Programme Riz d'Altitude.
- PMG** : Poids de Milles Grains.
- rl** : Ramification Primaire.
- rlI** : Ramification Secondaire.
- RP** : Riz Pluvial.
- SCV** : Systèmes de cultures sur Couvertures Végétales.
- SRR** : Station Régionale de Recherche.
- T°** : Température
- URP-SCRID** : Unité de Recherche en Partenariat – Système de Cultures et Rizicultures Durables.

LISTE DES FIGURES

Figure N°1	8
Courbe ombrothermique (D'après la théorie de GAUSSEN).	
Figure N° 2	36
Comparaison des taux de stérilité par variété et par traitement.	
Figure N°3	37
Pluviométrie (mm) et température moyenne (°C) sur le site d'Andranomanelatra.	
Figure N°4.	38
Régime éolien sur le site d'Andranomanelatra	

LISTE DES SCHEMAS

Schéma N°1	3
Organigramme de l'Athénée Saint Joseph.	
Schéma N°2.	15
Les différentes périodes de la phase végétative par Moreau D.1987.	
Schéma N°3.	16
Identification des feuilles et des talles d'un plant de riz, d'après Hanada (1993).	
Schéma N°4.	17
Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement (MOREAU D 1987).	
Schéma N°5	18
Un épillet de riz (Nagai 1962).	
Schéma N°6.	19
Structure du grain de riz (Adaptée par Juliano et Aldama, 1937 – Juliano 1980).	
Schéma N°7.	20
Les différents composants d'une panicule (Hoshikawa 1975)	
Schéma N°8	22
Chronologie et morphogenèse de la phase reproductive Moreau, 1987).	
Schéma N°9.	24
Synthèse des déterminants du NPa/m ² par Moreau D. ,1987.	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1	
Répartition de la surface et de la production de riz par type de riziculture.	11
Tableau N°2	25
Réponse de la plante de riz pour des variations de température dans différents stades de croissance (Yoshida 1978).	
Tableau N°3	29
Effet d'une sécheresse sur le rendement et les composantes du rendement du riz (Matsushima cité par MOREAU D.1987).	
Tableau N°4	32
Informations sur l'itinéraire cultural dans chaque site.	
Tableau N°5	33
Origine et caractéristiques des variétés étudiées.	
Tableau N°6	35
Composantes du rendement par variété, traitement et date de semis.	

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE N° 1** : Plan du dispositif
- ANNEXE N°2** : Identification des placettes
- ANNEXE N° 3** : Date de semis, floraison, récolte
- ANNEXE N° 4** : Données recueillies à la récolte
- ANNEXE N° 5** : Comptage des grains par panicule
- ANNEXE N° 6** : Carte topographique Andranomanelatra
- ANNEXE N° 7** : Carte géologique du Vakinankaratra
- ANNEXE N°8** : Rapport des *tanety* cultivables sur les *tanety* cultivés du Vakinankaratra

- ANNEXE N°9** : Vakinankaratra : Marchés, flux et échanges

INTRODUCTION

Le riz, ^{occupe} (c'est) 15% de la surface cultivée du globe. En Asie, la surface totale rizicultivée est de 150 Millions d'hectares avec une production de l'ordre de 585 Millions de tonne de paddy en 2001 (poster CIRAD), faisant de ce continent le premier producteur mondial de riz.

Nourriture de base en Asie, aliment traditionnel ou simple accompagnement de l'alimentation des pays développés, la consommation de riz est très diversifiée d'un pays à l'autre. C'est la nourriture la plus importante de plusieurs pays en voie de développement, fournissant 29 % de la prise de calorie totale de ses populations.

Le riz, en tant qu'aliment de base de plus de deux milliards de population en Asie, et plus de 200 millions en Afrique et en Amérique latine (dont Madagascar), pose à l'heure actuelle, une sérieuse question pour la sécurité alimentaire mondiale. Avec la poussée démographique qui s'avère de plus en plus importante, (la population humaine ayant pu égaliser au cours de ces quarante dernières années seulement, son augmentation depuis son apparition sur terre jusqu'au milieu du 20e siècle), d'ici 2025, la croissance atteindrait 100 Millions / an (niveau mondial), le riz produit ne suffirait pas. C'est pourquoi le riz devient un enjeu planétaire.

L'Extrême Orient, l'Afrique subsaharienne et le Moyen Orient sont les trois principaux pôles d'importation du riz, alors que la Thaïlande, le Vietnam, les Etats-Unis et le Pakistan détiennent les 70% du marché de l'exportation. Dans ces deux derniers pôles, le déficit tend à se creuser de plus en plus en raison d'une consommation croissante et d'une production insuffisante malgré les progrès observés en amélioration de la culture du riz.

La riziculture pluviale est une alternative pour combler la stagnation des rendements et la pression foncière des surfaces irrigables. Près de 100 millions de personnes, y compris les paysans les plus pauvres du monde, dépendent du riz pluvial en l'utilisant comme leur principale nourriture. Au niveau mondial, le riz pluvial représente 13% des surfaces rizicultivables. Ce type de riziculture domine surtout en Afrique car en Afrique de l'Ouest le riz pluvial occupe près de 57% (1.8 millions d'ha) de la surface totale rizicultivée. Sa culture est pratiquée dans divers systèmes, allant de la culture sur défriche jusqu'aux systèmes relativement intensifs, soit manuellement, soit par la traction animale ou encore par la traction mécanisée.

La diffusion du riz pluvial à Madagascar a commencé probablement par l'utilisation des paysans du Moyen Ouest des variétés cultivées sur tavy de la frange orientale du pays. Vers 1973, la recherche variétale, encore modeste au sein du FOFIFA, a pu dégager des variétés adaptées à partir de la collection nationale riz. Vers 1976, les chercheurs du FOFIFA, disposaient assez de variabilités pour lancer un programme de création et d'amélioration variétale pour le riz pluvial en utilisant 22 croisements à partir de 12 géniteurs. (Rakotonirainy Rolland, Ravatomanga Jeannine, 1987). Vers les années 85-90, des introductions

de variétés pluviales brésiliennes sélectionnées surtout au lac Alaotra et au Moyen Ouest ont permis une augmentation importante de la superficie rizicultivée en riz pluvial. Le riz pluvial d'altitude a vu alors le jour par une convention de recherches signée par le FOFIFA et le CIRAD, dont l'objectif principal est de rechercher des variétés de riz pluvial adaptées dans les conditions assez contraignantes d'altitude de la région du Vankinakaratra. Dès 1990, des variétés de riz pluvial d'altitude ont été testées et diffusées grâce à l'effort conduit par les chercheurs des deux institutions FOFIFA et CIRAD.

Sur les hautes terres où les facteurs abiotiques (climat et sol) influent énormément le rendement, la recherche des variétés de riz adaptées, c'est-à-dire tolérantes aux différentes contraintes biotiques et abiotiques et principalement au froid, est l'une des voies d'amélioration de la production rizicole pour assurer un rendement stable.

Ainsi, notre stage est axé sur la **contribution au diagnostic de la stérilité**, qui, en fait est la continuation de l'étude de l'effet du froid sur la stérilité initiée en 2002, et dont le plan se résume en quatre parties comme suit :

- En premier lieu, le contexte et objectif de l'étude, dans lesquels seront présentés en même temps la situation et les enjeux de la riziculture pluviale d'altitude ;
- En deuxième lieu, la synthèse bibliographique, qui décrira l'environnement du riz d'une manière généralisée ;
- Troisièmement, la partie « matériels et méthodes » qui va décrire les dispositifs expérimentaux, les conditions de réalisations et les mesures effectuées ;
- Enfin en quatrième lieu, la partie résultats qui va exposer les principales observations tirées de l'expérimentation et une discussion de ces constatations suivies d'une conclusion.

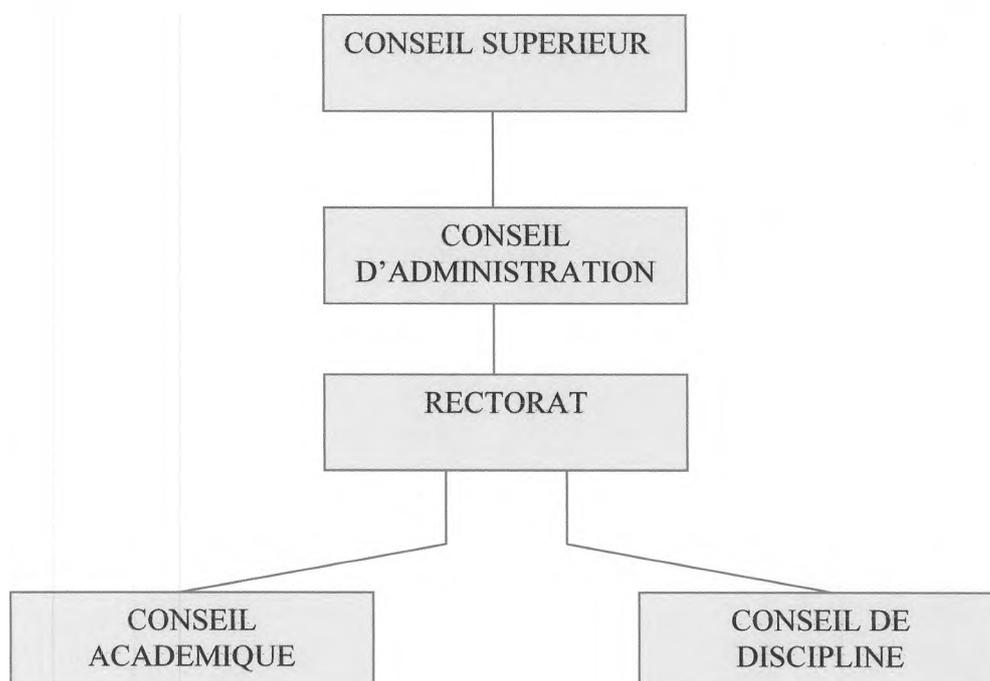
1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

1.1. L'ASJA et son histoire

L'ouverture officielle de l'Université date le 04 Octobre 2000. Les travaux de construction ont commence au mois de juin 1999. Au début, les filières existantes sont au nombre de quatre. Mais pour l'année académique prochaine (2004-2005), deux nouvelles filières seront introduites tel que la médecine vétérinaire et le droit. Elle se trouve à l'Ouest de la Route Nationale numéro sept, à 15km (quinze kilomètre) au Nord de la ville d'Antsirabe. L'A.S.J.A. ou l'Athénée Saint Joseph Antsirabe est une Université privée professionnalisante créée par la congrégation religieuse dehonienne.

L'organigramme de cette Université se représente comme suit :

Schéma N°1 : Organigramme de l'Athénée Saint Joseph



1.1.1. Conseil supérieur

Le conseil supérieur de l'A.S.J.A. est l'organe hiérarchique supérieur de l'Athénée Saint Joseph Antsirabe. Il surveille la vie institutionnelle, le Gouvernement et l'administration de l'A.S.J.A.

1.1.2. Conseil d'administration

Le conseil d'administration organise et maintient l'inventaire du patrimoine de l'Université. Il veille au bon fonctionnement administratif, financier et pédagogique de l'A.S.J.A.

1.1.3. Rectorat

Le Recteur est le représentant légal de l'Athénée Saint Joseph Antsirabe auprès du ministère de l'enseignement supérieur. Il détient la responsabilité immédiate et directe de la conduite académique et de la gestion administrative de l'Université.

1.1.4. Conseil académique

Le conseil académique se prononce sur tous les sujets à caractère scolaire pédagogique ou communautaire.

1.1.5. Conseil de discipline

Le conseil de discipline veille au respect des règlements et disciplines à l'intérieur de l'Université., lesquels ont été établis par les différents organes de l'A.S.J.A. et approuvés par l'Association des Etudiants de l'A.S.J.A. (A.E.A.).

1.2. La situation et les enjeux de la riziculture pluviale d'altitude

1.2.1. La riziculture pluviale à Madagascar et dans la région du Vakinankaratra

1.2.1.1. Le riz à Madagascar

a) Historique :

La domestication du riz a eu lieu il y a quelque 10 000 ans, le long des vallées et des rivières du sud et Sud -Est de la Chine et de l'Asie. Des échantillons de riz trouvés en Chine ont été datés à 3 000 ans B.C., et l'histoire ancienne écrite de la Chine indiqua que parmi les cinq principales nourritures du pays, le riz était le plus important.

Le riz fut introduit à partir de la Chine dans le Sud du Japon vers 100 B.C, et à partir de là se dispersa et atteint l'extrême nord du Japon seulement vers le 18^e siècle. Les Portugais l'introduisaient au Brésil, tandis que les Espagnoles l'ont

emmené dans les parties centrales de l'Amérique et certaines parties de l'Amérique du Sud.

Aux Etats-Unis d'Amérique, la culture du riz a commencé vers 1646 lorsque le riz fut introduit dans la région de la rivière James de la Virginie, et en 1685, lorsqu'il fut cultivé pour la première fois dans la colonie de la Caroline du Sud. La variété « Carolina Gold » était introduite alors en Caroline du Sud lorsqu'un orage avait forcé un bateau de la Nouvelle Angleterre naviguant à partir de Madagascar à accoster et se réfugier dans le port de Charlestone. Avant de quitter le port le capitaine du navire donna aux colons 5 kg environ de paddy et de là se développa l'industrie du riz en Caroline. (Chang, T. T. 1976)

Le riz n'est pas parmi les cultures préexistantes à Madagascar, son introduction remonte au IV^{ème} siècle par les Malais, mais certains auteurs ont avancé une introduction de 1000 ans avant Jésus Christ par des gens venus d'Indonésie dans le Sud Ouest de l'île.

b) Un besoin national :

Madagascar est un pays de longue tradition rizicole. La riziculture occupe une part considérable dans la vie courante et économie paysanne malgache. Les 2 035 000 tonnes environ produites par quelque 1 871 051 riziculteurs (J. RAKOTOARISOA, 2004) ne couvrent pas la demande du marché intérieur. La consommation moyenne étant de 138 kg / an par habitant en milieu rural et 118 kg par an en milieu urbain.

La superficie moyenne par agriculteur est de l'ordre de 100 ares au lac Alaotra, 60 ares sur les hautes terres et 50 ares dans les parties orientales. (J. RAKOTOARISOA, 2004). Le Nord, le Nord – Ouest, la Haute Terre, l'Est, le lac Alaotra et le Centre Ouest sont considérés comme les 6 grandes zones de production. Les producteurs, suivant les stratégies qu'ils adoptent, sont groupés en quatre types :

- Ceux qui produisent pour leur survie avec une production de moins d'une tonne à l'hectare
- Ceux qui cultivent pour ^{leur} son autosuffisance avec une production de plus d'une tonne à l'hectare.
- Ceux qui diversifient ^{leur} sa culture, en assurant ^{leur} sa sécurité alimentaire et produisant 1 tonne et plus à l'hectare.
- Enfin les producteurs travaillant pour la spéculation vente, avec un rendement de deux tonnes ou plus à l'hectare. Ce dernier type constitue le pivot de relance de la filière riz à Madagascar (SRR FOFIFA).

L'approvisionnement en riz des régions qui ne produisent pas ou pas assez est assuré par les six zones de production. Le déficit étant toujours comblé par l'importation qui est estimée à 200 000 tonnes environ pour l'année 2003 (Midi Madagascar n° 6306 2004).

c) Types de rizières :

En générale il y a deux types de systèmes pour la culture du riz : le système à sec ou la culture pluviale stricte, dans lequel le riz est cultivé sur un sol sec comme le blé et les autres céréales, et le système aquatique sur lequel la rizière est irriguée et le riz est cultivé dans une lame d'eau en permanence.

Une classification plus spécifique suivant l'écologie et le régime de l'eau divise le système de culture du riz en (1) riz pluvial, (2) riz irrigué, (3) en riz inondé (ou *rainfed lowland*) et (4) en riz fortement inondé (*deep water*)

Le riz pluvial est très souvent cultivé sur les parties accidentées ou montagneuses, sans aucune levée de digues ou diguettes pour retenir l'eau. La culture dépend uniquement de la pluie naturelle et l'approvisionnement en eau n'est pas contrôlé.

Le riz irrigué par contre est cultivé dans des champs où des levées de digue et de diguettes sont construites pour retenir l'eau est principalement approvisionnée par un système d'irrigation.

Pour la riziculture inondée la maîtrise de l'eau est moindre qu'en riziculture irriguée. Le riz y est cultivé sur des champs avec levée de diguettes aussi pour retenir les eaux de ruissellement et la pluie. Si la pluie est très abondante la lame d'eau peut atteindre jusqu'à 50 cm de profondeur ou plus. Par contre en cas de sécheresse prolongée la rizière est assujettie facilement à des assecs.

Le riz fortement inondé est trouvé spécialement le long des ~~la~~ rivières et des fleuves au Mali, en Inde, au Bangladesh, et en Thaïlande. La profondeur de l'eau pourra atteindre dans certains cas jusqu'à plusieurs mètres durant la pluie de mousson et les variétés adaptées à cette condition particulière ont une capacité d'élongation de 25 cm par jour quand l'eau augmente rapidement.

Une étude menée par la SRR FOFIFA/Antsirabe pour la caractérisation des typologies des rizières dans la région du Vakinankaratra a permis de tirer les constatations suivantes:

Simon RAZAFIMANDIMBY, Marie Hélène DABAT, Zo RATSISETRAINA (à paraître); Typologie des rizières et de la riziculture dans la région du Vakinankaratra.

La caractérisation des rizières repose sur les trois paramètres suivants :

- La disponibilité en ressource en eau utilisable : présence ou absence de cours d'eau, d'infrastructure hydro agricoles, d'aménagement traditionnels, etc.
- Un système de distribution horizontale : proximité des sources ou des infrastructures hydro agricoles (barrages, canaux...)
- Un système de distribution verticale : position géographique (en tête, au milieu ou en queue de bas fond) ou topographique (en haut ou en bas des canaux d'irrigation).

Ainsi, pratiquement pour la culture du riz, quatre types de rizières ont été identifiés :

1. Les rizières bien irriguées ou communément en malgache sont qualifiées de : « *tanimbary midi-drano, miharin-drano, na miadan-drano* ». Ce sont des rizières qui ne rencontrent pratiquement pas des problèmes en ce qui concerne l'irrigation. Elles bénéficient non seulement de très bonnes conditions de disponibilité en eau, mais également d'un meilleur contrôle du système d'irrigation. Elles peuvent toutefois connaître des phénomènes passagers d'inondation (cas de certaines plaines rizicoles d'Antanifotsy ou d'Antsirabe).

2. Rizières mal irriguées : « *tanimbary mihafy rano* ». Ce sont des rizières qui souffrent de la mauvaise distribution de l'eau d'irrigation. Les causes peuvent être l'insuffisance des ressources ou la carence dans la gestion de l'eau au niveau du terroir rizicole, toutes deux liées à une mauvaise organisation collective des usagers. Elles se situent souvent au même niveau (géographique ou topographique) que les rizières du premier type. Elles sont en situation de déficit hydrique temporaire (en début et/ou en cours de campagne culturale) étant donné qu'elles sont plus éloignées des sources ou des canaux, et les rizières du premier type sont les premières alimentées en eau.

3. Rizière mixte : « *tanimbary mijaly rano na saro-drano* » Ce sont des rizières qui souffrent de déficit hydrique chronique. Elles dépendent presque exclusivement des eaux pluviales de ruissellement pour leur irrigation. En situation de bonne pluviométrie, elles peuvent être soumises à des conditions d'alternance d'assec et de submersion d'où l'appellation de rizière mixte (à la fois pluviales et aquatiques). Le contrôle de l'eau y étant toujours difficile sinon impossible, les risques d'assec sont plus fréquents et plus longs par rapport aux rizières du deuxième type. Il s'agit souvent des rizières hautes en terrasses (ou *sakasakaina*), en situation topographique relativement élevée par rapport à celui du cours d'eau ou des canaux d'irrigation.

4. Rizières inondées « *tanimbary dobo-drano* ». Il s'agit de rizières constamment ou trop fréquemment inondées. Ces rizières connaissent une situation du trop d'eau quasi-permanente à cause des problèmes de drainage, dont les paysans se soucient peu par rapport à ceux de l'irrigation.

Mais en général la définition classique distingue deux types de rizicultures :

-La riziculture irriguée qui se pratique sur sol de rizière sous une lame d'eau pendant le cycle culturale, et qui pourrait être subdivisée selon la possibilité en eau comme décrit précédemment.

-La riziculture pluviale qui se pratique sur sols exondés où l'alimentation en eau de la plante est assurée seulement par la pluie. Elle est pratiquée sous climat tropical sur des reliefs divers, terre de plaine ou plateau, terre pente de colline ou de montagne par exemple, ne nécessite pas un aménagement important et s'intègre bien dans un contexte de limitation des ressources en eau.

La riziculture de *tavy* est une forme de riziculture pluviale, mais seulement après un défrichement de la forêt suivi d'un brûlis.

d) La riziculture pluviale d'altitude à Madagascar :

Le riz pluvial est cultivé seul ou parfois en association avec le maïs. Le calendrier cultural débute en Octobre- Novembre et prend fin au mois de mars à mai suivant les variétés et l'altitude. Les systèmes pluviaux traditionnels ou cultures *sur tavy* sont de moins en moins productifs à cause du raccourcissement de la durée de jachère. Ils se heurtent aussi de plus en plus à la préoccupation de protection de forêt d'où l'intérêt de la riziculture pluviale non itinérante (RANDRIANAIVO H. 2003).

Dans la région de la province d'Antananarivo, on constate une diminution de la surface cultivée. L'insécurité pour les champs éloignés de l'habitation et le drame biologique engendré par les *striga* ont conduit les paysans à abandonner leurs champs. En 2001-2002, la culture de riz pluvial commence à se développer grâce à la variété *Rajeanoluis* résistante au *striga*. Cette relance tend vers les régions du moyen ouest d'Antananarivo.

Le grand atout du riz pluvial est surtout qualitatif :

- Pour la culture, le riz pluvial est beaucoup plus précoce ;
- Pour la consommation il est bien perçu auprès des consommateurs : plus rassasiant, laiteux, sucré, bonne tenue au plat;
- Pour le marché, le taux de brisure à l'usinage est moindre par rapport à certaines variétés irriguées.

1.2.1.2. La région du Vakinankaratra

La région d'Antsirabe est comprise entre 19°36' et 20° de latitude Sud et entre 48°48' et 47°66' de longitude Est.

a) Les unités géographiques :

Située à l'extrémité sud du massif de l'Ankaratra, la région est une zone de transition entre ce massif volcanique et le socle cristallin. On peut distinguer 3 unités géographiques :

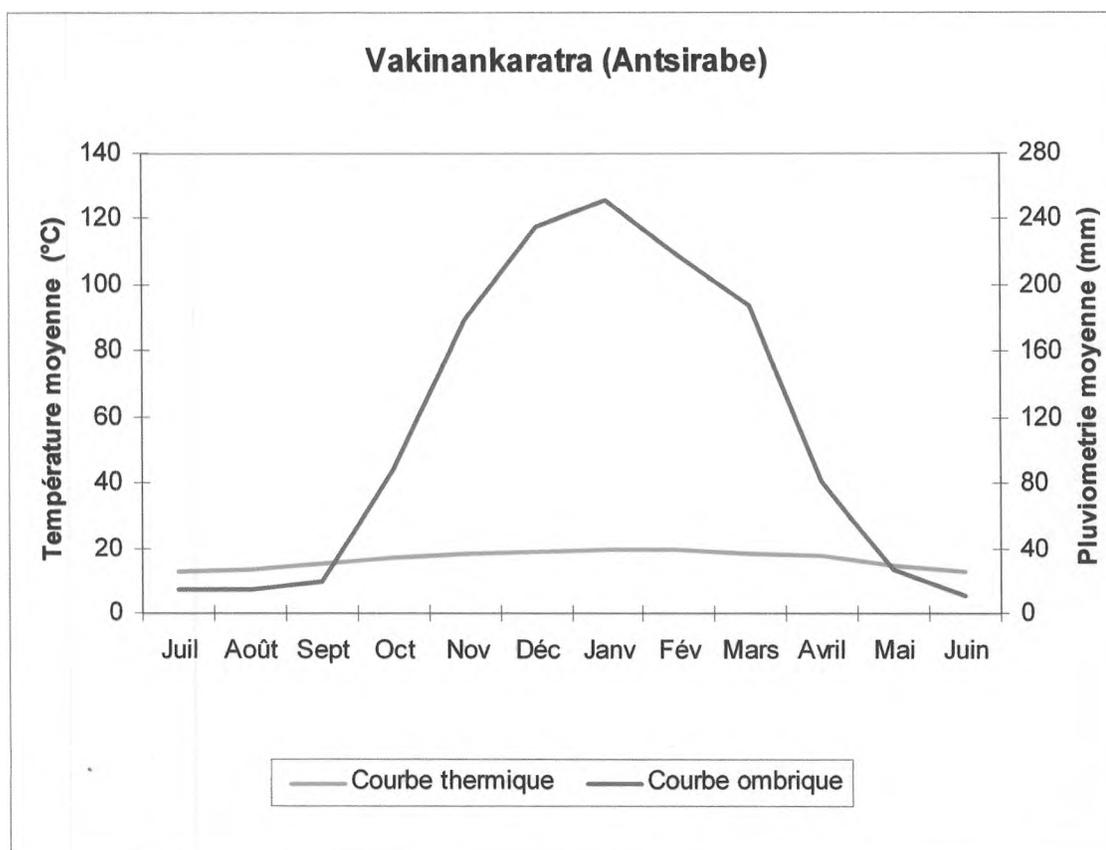
- Au nord, une région montagneuse dont le massif granitique des *vavavato* et les formations volcaniques du sud de l'Ankaratra constitue l'ossature. L'altitude voisine de 2 300 m pour les plus hauts sommets diminue progressivement du Nord au Sud ;
- Au centre, une plaine d'altitude comprise entre 1 400 m et 1 650 m correspond à la cuvette sédimentaire d'Antsirabe et à la zone volcanique de Betafo ;
- Au sud-ouest, le plateau de Magnarano dont l'altitude est supérieur à 1 600 m dominé lui-même par le massif quartzo – micaschiste et les hauteurs quartzitiques de l'Itognafeno.

b) Le climat et le régime des vents :

Le climat qui règne dans la région est défini comme tropicale d'altitude. Il est marqué par deux saisons contrastées :

- La saison sèche et froide de mai à septembre ($T^{\circ} > 2P^{\circ}$) ;
- La saison humide d'octobre à avril, saison pluvieuse et chaude d'Octobre à Avril ($T^{\circ} < 2P^{\circ}$).

Figure N°1 : Courbe ombrothermique (D'après la théorie de GAUSSEN)



L'altitude relativement élevée abaisse la température qui peut être parfois négative ; les variations journalières sont fortes, surtout pendant l'hiver austral. Pendant cet hiver austral, l'alizé du Sud -Est n'a qu'une faible influence dans cette région ; il est accompagné de crachins ou des pluies fines et brouillards. Durant l'été austral, l'alizé apporte des fortes précipitations sous forme d'orage. La pseudo -mousson du Nord – Ouest qui peut parvenir dans la région par le couloir de la Mania – landratsay provoque également des orages.

Pendant cette même période, les perturbations liées aux dépressions tropicales aux trajectoires variables peuvent toucher la région du Vakinankaratra et provoquer des dégâts dus aux vents violents et aux pluies torrentielles. (Claude ZEBROWSKI et Claude RATSIMBAZAFY, 1974).

La saison de culture pour cette année a été marquée par les deux cyclones qui ont traversé la région au mois de Février (*Elita*) et en Mars (*Gafilo*). La pluviométrie moyenne enregistrée dans la zone concernée par notre étude (Andranomanelatra) est de 1 300 m.

c) Typologie du sol :

En dehors des zones peu habitées et enclavées. Quatre types de sols sont observés :

- Sols ferralitiques brun - rouges, sur sols basiques (sol ferralitique typique) riches en éléments ferromagnésiens (mica, biotite) qui doivent leur couleur ocre à la présence d'eau et de fer oxydé. Ce type de sol est faiblement mis en valeur car les pentes sont assez fortes.

-Sols ferralitiques sur alluvions anciennes: observés surtout dans la plaine lacustre d'Antsirabe. Ce sont principalement des sols de cultures sèches.

- Sols ferralitiques érodés ou encore sols ferralitiques jaunes (sol ferralitique typique) pauvre en éléments ferromagnésiens mais riches en anions de type $[N(OH)^3]$ et en aluminium. Ce type de sol est observé dans la partie Ouest de la région, et est sensible à l'érosion, nécessitant l'apport d'engrais quand on veut l'exploiter.

- Sol brun sur basalte, cendre et lapillis récents ou encore sols volcaniques récents situés à l'ouest d'Antsirabe avec une fertilité appréciable. (BOURGUIGNON D., 1998).

d) Végétation dominante :

- Au Nord – Est de la région, les végétations dominantes sont des pins, des eucalyptus, des *grevilléas*, et des prairies de *Trachypogon polymorphus*

- Dans les plaines lacustres ; on trouve des *Digitaria*, des *Cynodons*, des *Pennisetum* et des composées (Asteracée) des *Helichrysum*

- A l'Ouest les Eucalyptus, les mimosas et de nombreux pâturages poussent. Cependant le facteur édaphique joue un rôle essentiel à la détermination des végétations. Dans certaines conditions on y rencontre des prairies à *Trachypogon polymorphus*.

e) La riziculture pluviale dans la région du Vakinankaratra :

La riziculture pluviale de la région est soumise à des contraintes dont l'impact influe nettement le rendement car les grains sont mal remplis à cause du froid. En plus les maladies fongiques prolifèrent facilement du fait de l'humidité et dont la plus importante est la *pyriculariose*.

La surface cultivée en riz est estimée à 87 000 ha dont la plus grande partie est occupée par le riz aquatique. . Cinq mille six cents hectares (5 600 ha) seulement sont aménagés en riziculture pluviale (DRDR 2002). Suite au projet P.R.A (programme riz d'altitude), le FOFIFA en partenariat avec le Cirad et l'Université d'Antananarivo vient de monter l'URP (ou Unité de Recherche en Partenariat) dont le principal objectif est de conduire une recherche multidisciplinaire de pointe pour l'amélioration de la culture pluviale d'altitude dans un système de culture durable. L'obtention de variétés de riz pluvial adaptés aux conditions d'altitude permet d'espérer une grande possibilité de développement de la riziculture de la région.

se sont associés p' former

SCR

de voir

Tableau N°1: Répartition de la surface et de la production de riz par type de riziculture

		ANTSIRABE I	ANTSIRABE II	FARATSIHO	ANTANIFOTSY	BETAFO	TOTAL VAKINAN KARATRA
IRRIGUE	Surface (ha)	2.124	22.167	10.051	18.773	28.657	81.772
	Production (t)	5.452	56.169	33.407	52.852	77.783	225.663
PLUVIAL	Surface (ha)	274	581	2	60	4.766	5.683
	Production (t)	517	1.009	3	100	6.551	8.180

Source : DRDR, campagne 2002

1.2.2. La recherche rizicole pluviale d'Altitude

1.2.2.1. Le projet P.R.A. (Programme Riz d'Altitude)

Démarré en 1983 avec l'appui financier de la Communauté Européenne (Union Européenne actuellement), le programme s'est déroulé en quatre phases :

1. La première, de 1984 à 1987, a été axée principalement sur la caractérisation du milieu et l'identification des contraintes agro-climatiques puis sur le criblage et l'évaluation variétale en vue de la mise au point des variétés adaptées aux conditions de la riziculture en altitude.

2. La deuxième, de 1988 à 1992, comportait en plus de l'amélioration variétale, un volet phytopathologique visant la mise au point de variétés résistantes.

3. La troisième, de 1992 à 1996, bien que le programme ait pris du retard, cette troisième phase vise particulièrement à valoriser les acquis par la diffusion des lignées créées en relation avec les contraintes du milieu et celles des techniques culturales appropriées.

4. De 1997 à 2001 l'activité s'est concentrée sur des recherches agronomiques, notamment sur le riz irrigué.

1.2.2.2. FOFIFA-CENRADERU (Foibem-pirenena momba ny Fikarohana Ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny tontolo Ambanivohitra ou Centre National de Recherche Appliquée au développement Rural)

Créée en 1974 à la suite du départ des instituts français de recherche agronomique, le FOFIFA est la principale institution du système national de recherche agricole à Madagascar. Toutes les recherches touchant le développement rural sont en effet, réalisées par le FOFIFA, à part certaines recherches d'accompagnement exécutées dans des structures rattachées directement à la production (cas des blés, pomme de terre, orges,...).

Sa mission est de mettre en valeur la politique nationale de recherche en milieu rural et de définir, orienter, promouvoir, coordonner et capitaliser toutes les activités de recherche concernant :

- la production agricole ;
- la production animale et la pisciculture ;
- la foresterie, la gestion des ressources naturelles ;
- l'hydraulique et le machinisme agricole, la technologie de conservation et de transformation post – récolte ;
- la socio- économie et l'agro – économie.

a) Régionalisation, pluridisciplinarité et approche participative : un pas engagé !

Adapter les actions aux réalités, c'est l'approche définie par le FOFIFA en optant pour la régionalisation de sa recherche agricole.

Dans cette optique, il a mis en place depuis 1994 des équipes pluridisciplinaires de recherche sur les différents centres et stations composant son réseau de recherche couvrant les huit régions agro – écologiques dont : le Nord/Nord-Est, le Nord-Ouest, l'Est, le Moyen Est, les Hauts Plateaux Nord ; le Moyen Ouest, les Hauts plateaux Sud et le Sud-Ouest.

En adoptant l'approche participative, les chercheurs se sont familiarisés aux conditions réelles de leur domaine et se forment auprès de leur partenaire. Les vulgarisateurs élaborent avec la recherche les programmes de diffusion des nouvelles technologies à tester. Les agriculteurs ne jouent plus le rôle d'observateur, ils prennent part à la définition des programmes de recherche et aux expérimentations dont bon nombre sont menées en milieu réel. Pour une meilleure diffusion et application des résultats de recherche, FOFIFA s'investit en aval au travers des unités de production autonomes telles que la production de semences, la production de géniteur pour les races améliorées. La production des vaccins vétérinaires. La mise en place de verger à graines forestières s'inscrit également dans cette optique.

b) Une dimension internationale :

Le FOFIFA consolide ses domaines de compétence par le biais de la coopération internationale avec le centre du CGIAR (IRRI, ILRI, IFPRI, etc...) ou avec d'autres institutions internationales de recherche ou de formation (CIRAD, ...). Le FOFIFA a adhéré en tant que membre fondateur de l'ASARECA (Association pour le renforcement de la Recherche Agricole en Afrique de l'est et du centre qui assure la tutelle et la coordination des réseaux de recherche régionale (réseau haricot, manioc, mais...) auxquels ses chercheurs participent activement.

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

Le CIRAD est un organisme scientifique français de 1800 personnes dont la mission est de contribuer au développement durable des pays tropicaux et

subtropicaux par des recherches, des réalisations expérimentales, des actions de formation, de l'information scientifique et technique. Ses activités recouvrent les domaines de l'agriculture, l'élevage, la foresterie, la gestion des ressources naturelles, l'agroalimentaire.

Son dispositif de recherche se trouve en France (Montpellier, région parisienne, Corse) et dans l'Outre-Mer français. Ses chercheurs sont présents dans plus de 50 pays. Ils travaillent au sein de structures nationales ou en appui à des opérateurs de développement.

1.2.2.4. Les enjeux de l'URP – SCRID

L'URP-SCRID (Unité de Recherche en Partenariat) a pour activité la mise en œuvre des recherches sur les systèmes de riziculture pluviale de haute et moyenne altitude (Vakinankaratra, Moyen- ouest, Moyen est); la riziculture aquatique, avec mauvaise maîtrise d'eau puis la riziculture de tavy des écosystèmes forestiers humides/du versant oriental de l'île.

SCRID est un projet de développement de création-diffusion de système de cultures pluviales privilégiant les techniques SCV. Les trois principaux axes de ses recherches sont :

1. Analyse de la transformation du milieu par le système SCV
2. Contribution à la diversification, les solutions techniques et à l'optimisation de la culture de riz pluvial en SCV
3. Contribution à l'intégration des innovations RP/SCV aux systèmes de production paysans et à la filière riz malagasy

Chacun des thèmes est réorganisé en idée qui comporte un animateur et en projets lesquels seront dirigés par des responsables.

1.3. Objectif de l'étude

1.3.1. Résumé des principales constatations

Des recherches initiées en Japon indiquent que la floraison est le stade critique susceptible aux agressions extérieures. Des études entreprises par Emoto (1933), Sakai (1937), Kakizaki et Kiday(1938), Fuke et Kondo(1939) et Terao et al. (1940-1941) ont montré cette constatation.

En plus, d'après l'expérimentation de Terao et al, le degré maximal de la stérilité est observé lorsque le froid est subi lors de la méiose des cellules mères de pollen.

En général, le traitement au froid pendant quelques heures n'induit pas la stérilité, par contre la durée diurne et nocturne de basse température conditionne le degré de la stérilité.

La radiation solaire, l'absorption des nutriments peuvent également avoir des impacts sur la stérilité, mais l'influence directe de la radiation solaire est encore mal connue.

1.3.2. Principal objectif

L'objectif de l'étude est de tester différentes hypothèses pouvant être les causes de la stérilité :

- La température (appréhendée par un dispositif sur 2 sites, et 2 dates de semis) ;
- L'effet d'un traitement de bore et d'un coupe-vent mis en place durant la floraison.

La mesure du pourcentage de stérilité à la récolte des différents traitements permettra de conclure sur ces causes possibles

1.3.3. Modalité

Un coupe-vent a été mis en place sur le dispositif afin d'élucider la possibilité de la dispersion des grains de pollens par le vent pendant l'anthèse.

L'apport du bore sur les parcelles sert à mesurer d'une façon explicite si sa carence influe sur les taux de stérilité.

Les deux dispositifs (Andranomanelatra et Soanindrariny) afin d'étudier l'effet de la température en fonction de l'altitude. La date de semis a été espacée de 15 jours à Andranomanelatra pour tester également l'effet de la température sur le même site.

2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Formation des organes reproducteurs et la stérilité

2.1.1. Le cycle de riz

Le cycle peut varier de 4 à 6 mois selon la variété et les conditions environnementales sous lesquelles il a été cultivé. Pendant cette période, deux phases sont obligatoires :

- **La phase végétative** : caractérisée par le tallage actif, la croissance en hauteur et l'émergence des feuilles.

- **La phase reproductive** : subdivisée en pré et post anthèse. La capacité à un bon rendement est fonction du pré anthèse ; le rendement à la récolte basé par le taux d'amidon que contiennent les grains de l'épi se détermine en post anthèse.

2.1.2. La phase végétative

Le schéma suivant montre les différentes périodes de la phase végétative et les composantes du rendement correspondantes (par Moreau D., 1987).

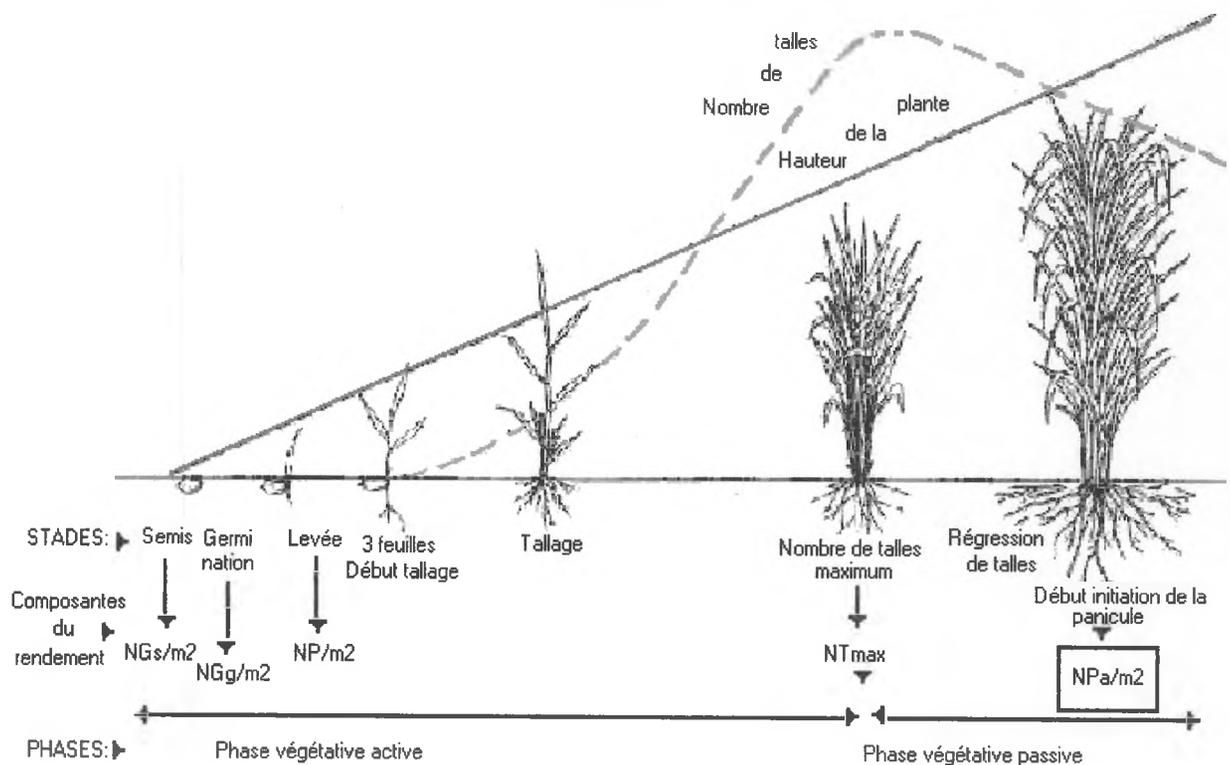


Schéma N°2 : Les différentes périodes de la phase végétative par Moreau D., 1987.

Le cycle du riz débute par la mise en place des organes végétatifs : ~~une~~ phase ~~essentielle~~. La phase végétative comprend plusieurs étapes : la germination quand la température est au voisinage de 32° C, le tallage qui a eu

début au stade 3^e F

lieu vers le 15^{ème} jour après le semis et se poursuit jusqu'à la floraison. On définit alors la phase végétative comme la période allant de début de la germination à l'initiation paniculaire.

Le nombre de talles par plante à la récolte est compté. Les talles peuvent être séparées en talles fertiles et en talles stériles. Le schéma ci dessous explique l'identification des feuilles et des talles d'un plant de riz, d'après Hanada (1993).

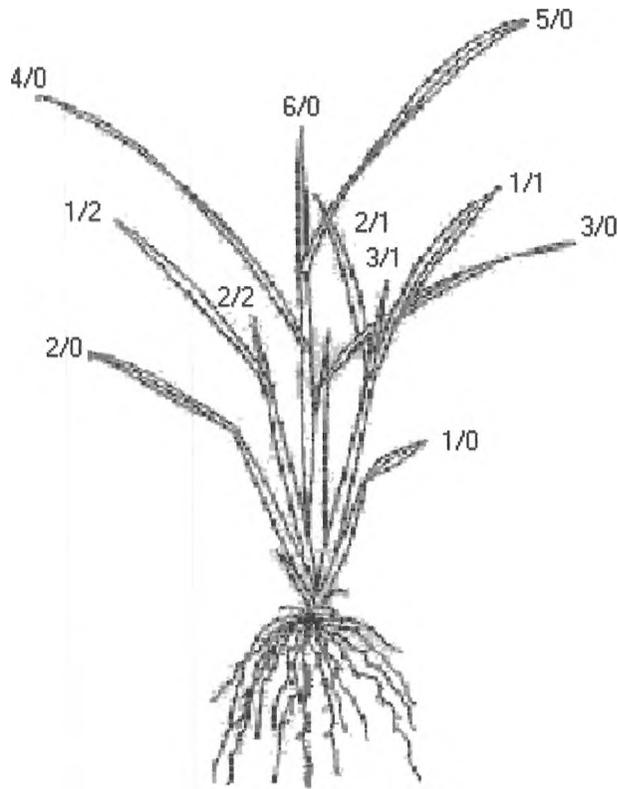


Schéma N°3 : Identification des feuilles et des talles d'un plant de riz, d'après Hanada (1993).

Le numérateur correspond à la position de la feuille sur la ramification et le dénominateur à l'identification de la talle (0 maître brin ou B.M.).

Description

La feuille : en forme allongée, est large de 5 à 15 mm. Elle comporte une gaine qui forme un tube autour de la tige.

La tige : est un chaume creux et strié. Elle s'élève de 50 cm à 2 m selon les variétés et peut atteindre 5 m pour certaines variétés de riz flottant. A la base de la tige, à l'aisselle de chaque feuille se trouve un bourgeon, qui, 20 à 30 jours après le semis, donnera naissance à une tige secondaire. Celle-ci, à son tour, produira une tige de deuxième ordre et ainsi de suite. C'est le tallage. En fonction de l'espace libre autour de la plante, des conditions de milieu et de la variété ; une plante peut produire jusqu'à 30 talles. Plus le point d'origine de talle est bas, plus elle est âgée.

(Poster CIRAD-CA)

2.1.3 La phase reproductive

2.1.3.1. Les différentes phases de la reproduction

-**La montaison** : la panicule se développe à l'intérieur de la tige en migrant vers l'extrémité de cette dernière. Elle a lieu 60 à 80 jours après le semis.

-**L'épiaison** : définit le moment où la panicule émerge. Elle a lieu généralement 90 à 100 jours après le semis.

-**La Floraison** : correspond à l'ouverture des glumelles et à la sortie des étamines.

-**La maturation** : 20 à 40 jours après la floraison. ^{en} La variation est fonction des conditions de milieu.

Les différentes phases du cycle du riz et la formation du composante du rendement sont illustrées par le schéma suivant :

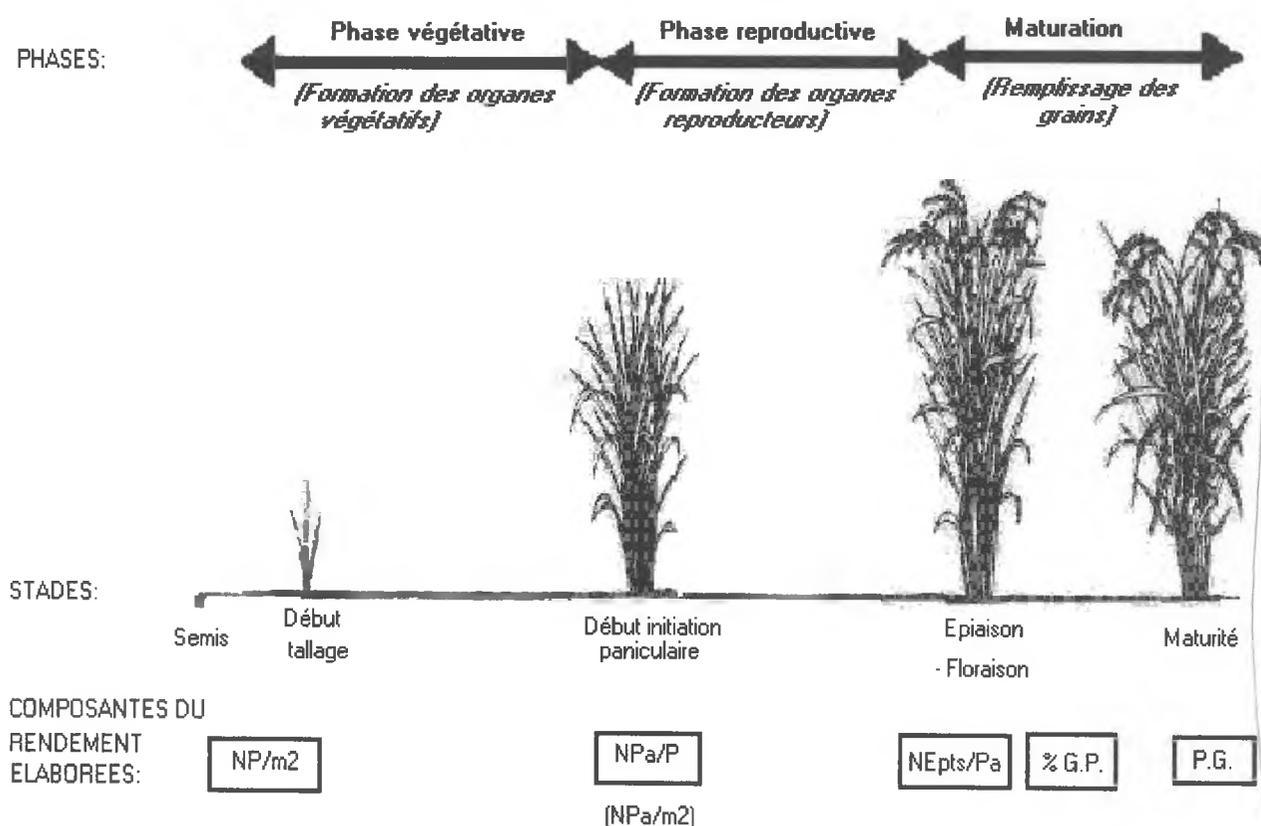


Schéma N°4 : Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement.

(MOREAUD 1987)

L'épillet s'insère sur le pédicelle, courte tige qui est une extension de l'axe paniculaire. Le schéma ci-après illustre la structure d'un épillet de riz.

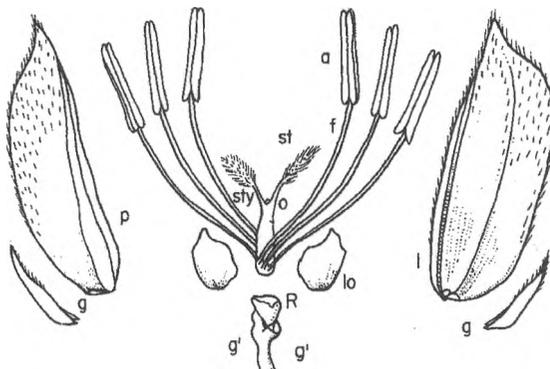


Schéma N°5 : Un épillet de riz (Nagai 1962).

g= lemma stériles, g'= glume rudimentaire, R= rachille, l= lemma, p= palea, lo= lodicule, o= ovaire, st= stigmate, sty= style, a= anthère, f= filament.

2.1.3.2 Le grain de riz

C'est un caryopse (fruit sec indéhiscent) entouré des glumes et des glumelles qui donnent les balles après usinage. Il se compose d'une enveloppe de plusieurs couches cellulaires dont le péricarpe coloré ou non, l'albumen, essentiellement constituées d'amidon, donnant au grain blanchi son aspect translucide ou vitreux, et le germe ou embryon à l'origine de la future plante.

(Poster CIRAD-CA)

Les principales composantes d'un grain de riz sont : l'enveloppe externe, mentaux du caryopse, l'endosperme, et l'embryon. Le schéma de la page suivante note la structure du grain de riz.

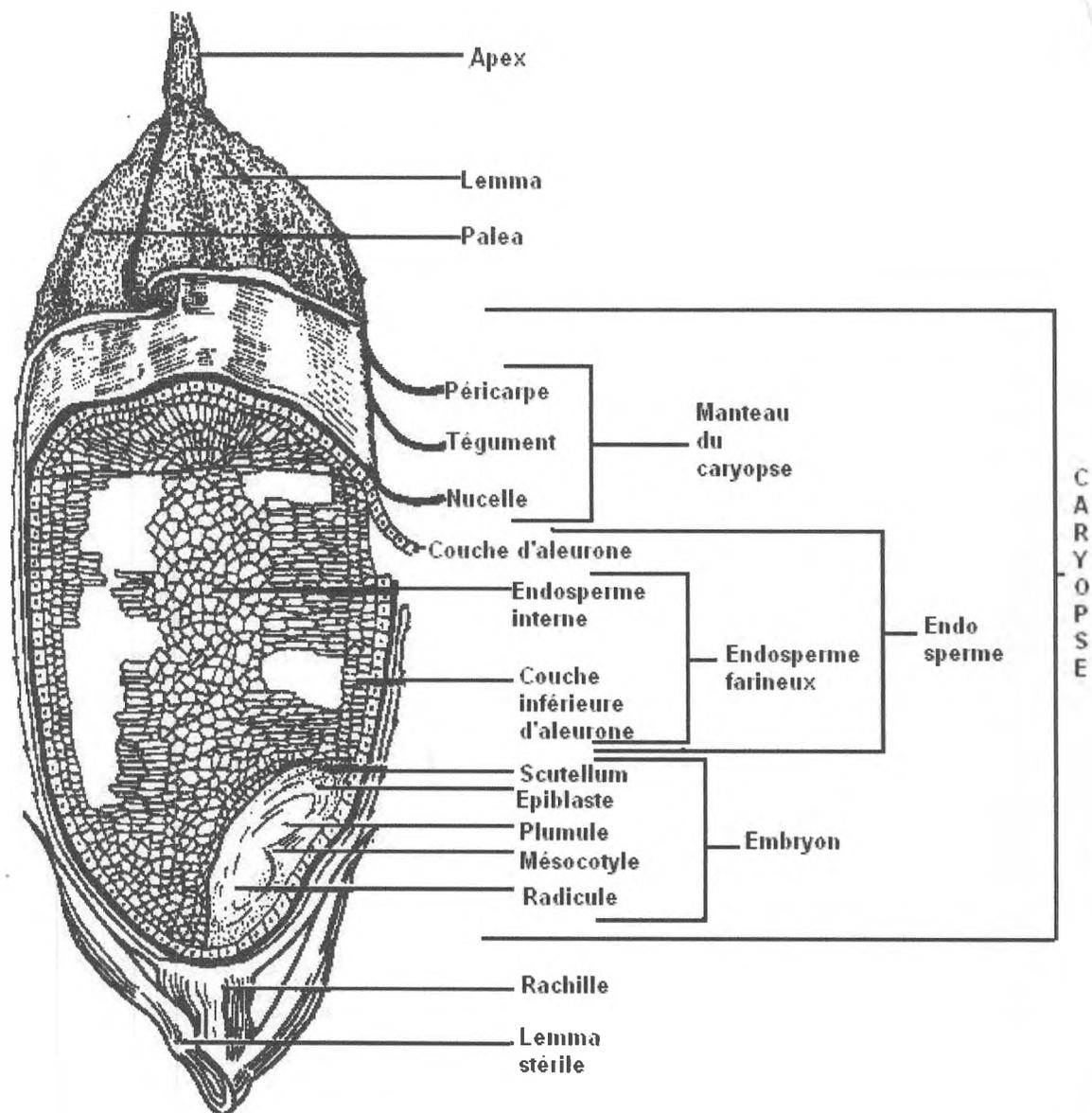


Schéma N°6 : Structure du grain de riz
 (Adaptée par Juliano et Aldama, 1937 – Juliano 1980)

2.1.3.3. Structure de la panicule

Les fleurs de riz sont groupées en panicules. Chaque fleur possède 6 étamines et un pistil à stigmate plumeux, elle donnera à un seul grain. L'inflorescence contient un axe principal plus vigoureux qui est le *rachis*, des ramifications : *racème*, et *racemulle ou axille*, à l'extrémité desquelles s'insère la fleur ou épillet.

Le développement de ces organes est différent selon chaque organe. Le rachis croît de bas en haut, et les racèmes de haut en bas (basipète). Les *axilles* ont un sens de différenciation centrifuge et un sens de croissance centripète. La différenciation et la croissance des épillets prennent une direction centripète.

L'anatomie de la panicule est représentée par le schéma ci-après.

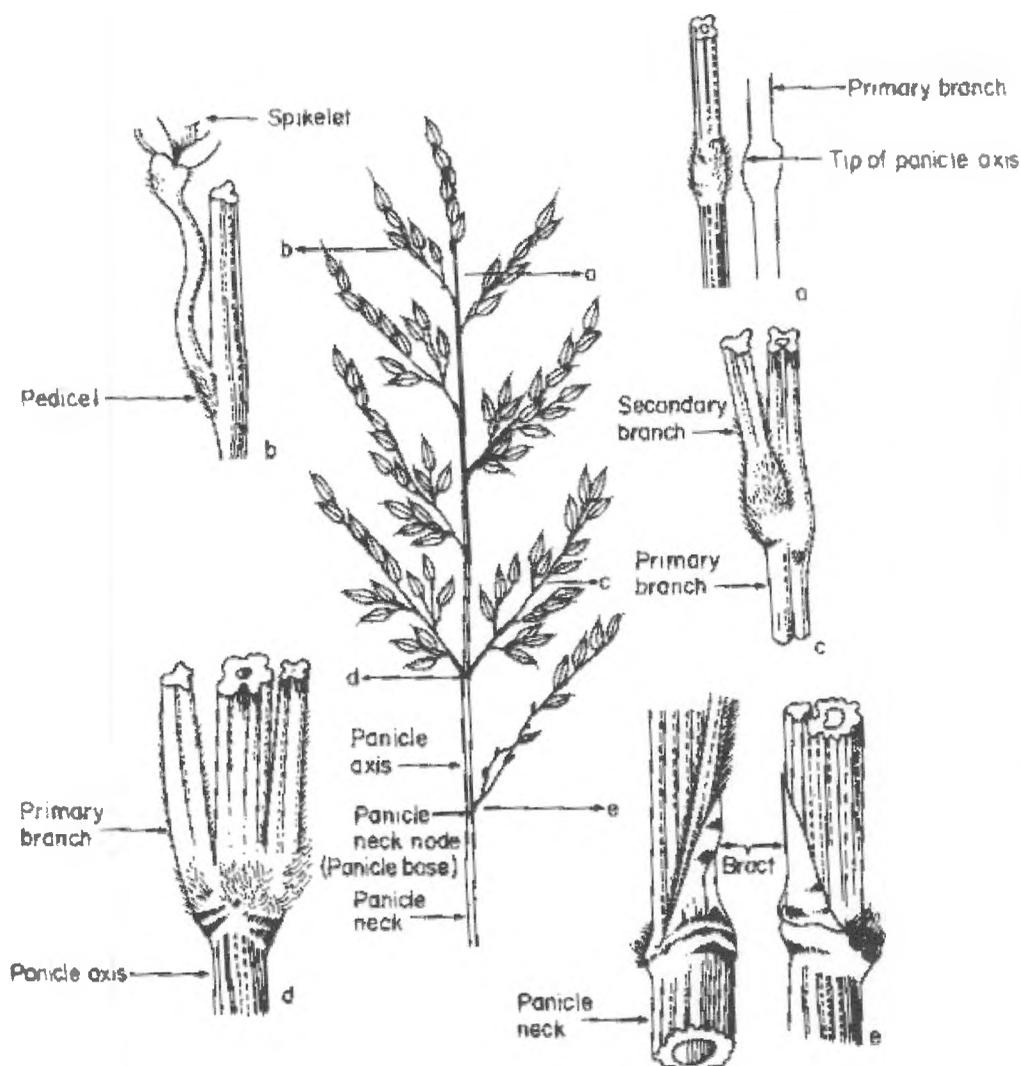


Schéma N°7 : Les différents composants d'une panicule (Hoshikawa 1975)

2.1.3.4. Deux périodes marquant la phase reproductive

L'ensemble dure 25 à 35 jours. La durée est fonction de la sensibilité de la variété à la photopériode laquelle détermine la date de l'épiaison.

a) La formation de la jeune panicule :

La formation de la jeune panicule correspond à la détermination du nombre d'épillets potentiels. Elle dure 20 jours et comprend la différenciation des racèmes, des *axilles*, et des épillets. Tous peuvent dégénérer surtout s'ils sont formés en dernier.

b) La formation des cellules reproductives :

Successivement, les cellules reproductrices proviennent de la division réductionnelle et la division équationnelle des cellules mères de spore. La formation des grains de pollen marque la fin de cette période.

2.1.3.5. -L'échelle de MATSUSHIMA

Selon lui la morphogenèse est détaillée de la façon suivante :

Stade I-II : début de l'initiation paniculaire, initiation de nœud basal.

Stade II-VI : différenciation des racèmes

Stade VI-VIII : différenciation des *axilles*.

Stade VIII-XII : différenciation des épillets.

Stade XII : fin de formation de la jeune panicule.

Stade XII- XVII : méiose de la cellule mère de spore.

Stade XVII-XXI : fin de formation des grains de pollen.

Le schéma ci-après montre la morphogenèse, adaptée par Matsushima.

Moreau

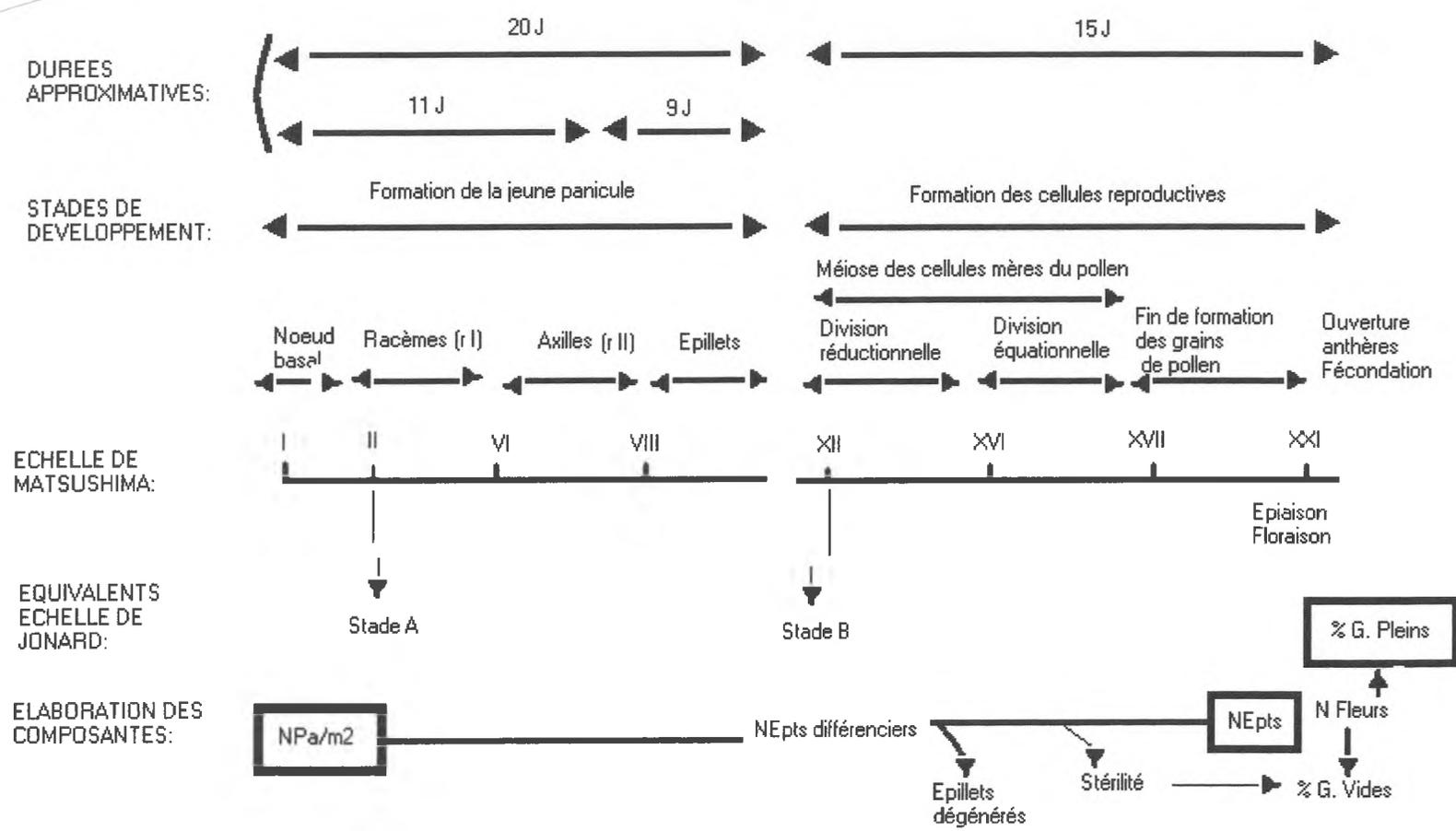


Schéma N°8 : Chronologie et morphogénèse de la phase reproductive (Moreau, 1987).

2.1.3.6. Influence des facteurs externes sur cette phase

La phase reproductrice est la plus sensible aux conditions extérieures. Le nombre d'épillets potentiels semble lié essentiellement à la condition de croissance de la plante jusqu'à leur différenciation. Certains auteurs soulignent la corrélation entre le nombre d'épillets différenciés et le nombre d'*axilles* par maître brin. Certains ont trouvé une relation avec l'épaisseur du premier entrenœud ; ceci quel que soit le rang de la talle. (Moreau, D 1987)

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).

En conséquence, le nombre d'épillets par panicule diminue par phénomène de dégénérescence.

2.1.4. Composantes du rendements

2.1.4.1. Nombre de panicules /m²

Le nombre de panicule dépend du développement végétatif. Le tallage en est composante par le fait qu'il diminue en fonction de la concurrence au point de vue nutritionnel. Le nombre de panicule /m² est révélateur des conditions de croissance et de développement durant la période de formation des talles.

2.1.4.2. Nombre d'épillets différenciés

La fin de l'initiation paniculaire et la méiose marquent le début de la formation des épillets. L'avortement éventuel d'épillets est une composante de la stérilité.

2.1.4.3. Pourcentage des grains pleins et des grains vides

Le riz est hermaphrodite c'est-à-dire que les organes mâles et femelles se localisent dans une même fleur qui est autofécondée. Le pourcentage des grains vides est conditionné au moment de la floraison. Cette stérilité découle de la non fécondation et de la dégénérescence.

La synthèse de déterminant du NPa/m² est illustrée par le schéma suivant.

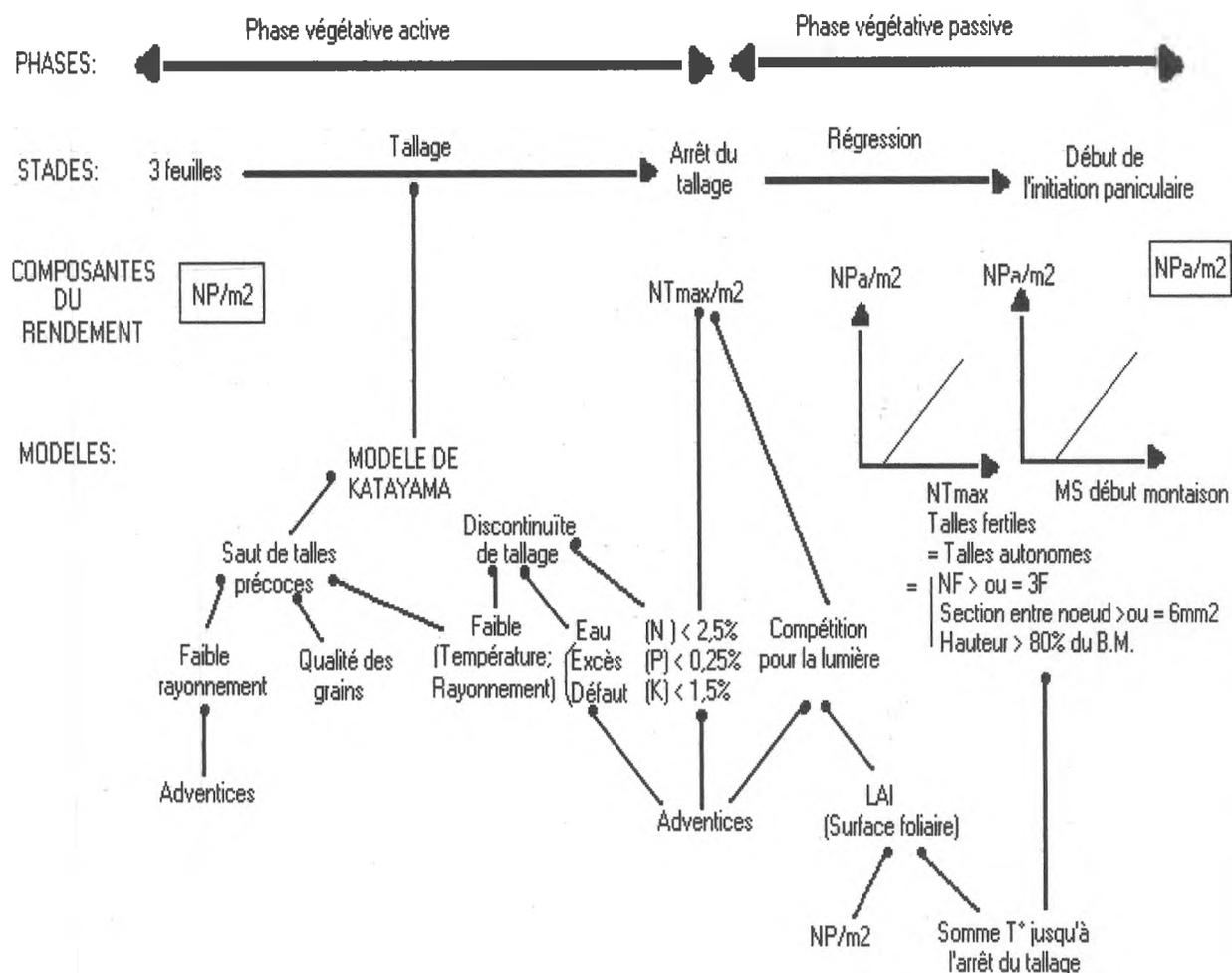


Schéma N°9 : Synthèse des déterminants du NPa/m² par Moreau D., 1987.

2. 2. Effet des facteurs externes sur le pourcentage de stérilité

2.2.1. La température

La difficulté évidente pour la riziculture pluviale apparaît dès que l'altitude atteint 1000 mètres. Sous les tropiques, les régions d'altitude élevée sont caractérisées par un froid avec des minima inférieurs à 15° C pendant la saison de culture. Le froid a une double conséquence : l'absence des grains ou la stérilité et la prolifération pathogène des cellules bactériennes (en culture aquatique) et cryptogamiques (en culture pluviale).

Le froid comme la chaleur intense peut induire la stérilité. L'amplitude des températures journalières influe également. La température optimale se situe entre 20 à 30°C et la température minimale critique entre 15 et 20°C. La fertilité est nulle quand l'amplitude des températures journalières est au dessus de 40°C au moment de la floraison.

(IRAT, CIRAD, Programme riz : Images de la recherche in p.20, 1989)

L'étude effectuée l'année dernière nous permet de dire que le taux de la stérilité varie en fonction de l'altitude, puisqu'à Andranomanelatra (1645 m) et à Soanindrariny (1780 m) qui font parties des zones où l'altitude est très haute, le nombre des grains stériles paraît abondant. En outre, chaque variété se comporte différemment ; la sensibilité au froid n'est pas la même : si le FOFIFA 154 s'incline au froid en manifestant un taux de stérilité plus important, l'expérimental 206 reproduit normalement.

En se référant à la courbe de distribution des grains pleins et des grains vides, on peut en déduire que le nombre des grains remplis et la façon dont ils se remplissent sont en interaction avec la température. Ainsi, FOFIFA 154 présente une réduction de la proportion des grains pleins et une augmentation de la proportion des grains vides quand on passe d'Ibity (950 m) à Andranomanelatra puis à Soanindrariny.

La sensibilité à la basse température est grande 15 à 20 jours avant la floraison (VOLOLONA N. 2003).

En résumé, l'étude faite l'année dernière sur la contribution à la stérilité par effet de la température a permis d'établir la corrélation étroite avec le froid en d'autre terme suivant l'altitude. Le remplissage des grains pleins est fonction de la température.

La réponse de la plante de riz pour des variations de température dans différents stades de croissance est représentée dans le tableau suivant.

Tableau N°2 : Réponse de la plante de riz pour des variations de température dans différents stades de croissance (Yoshida 1978)

STADE DE CROISSANCE	DE	MINIMUM	MAXIMUM	OPTIMUM
Germination		16-19	45	18-40
Levée		12-35	35	25-30
Emergence des racines		16	35	25-28
Elongation des feuilles		7-12	45	31
Tallage		9-16	33	25-31
Initiation du primordium paniculaire		15	-	-
Différenciation des panicules		15-20	30	-
Anthèse		22	35-36	30-33
Maturation		12-18	>30	20-29

2.2.2. Le rayonnement

La plupart de rayons lumineux émanant du soleil ont une longueur d'onde entre 0.3 et 3 micromètre. La radiation doit avoir une longueur d'onde de 0.4 à 0.7 micromètre pour contribuer à une photosynthèse active. Dans les tropiques, la radiation solaire a une longueur d'onde voisin de 0.5 micromètre. Pour la culture de riz, le besoin en radiation diffère d'un stade végétatif à un autre. Si l'ombrage affecte le rendement et les composantes du rendement durant la phase végétative, il affecte le nombre d'épillets au cours de la phase reproductive. Durant la maturation, un fort ombrage diminue considérablement le rendement à cause du nombre important des grains non remplis.

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

(MOREAU D. L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic. 1987)

2.2.3. Les éléments minéraux

2.2.3.1. L'azote

a) L'azote : du sol au riz, un passage conditionné :

La présence des autres éléments minéraux à l'intérieur de la plante ne justifie pas la primauté de l'azote dans la constitution organique. Le riz puise l'azote dans le sol en fonction des quantités absorbables les quelles dépend de la minéralisation des formes insolubles.

Deux facteurs conditionnent l'absorption de l'azote : l'un le potentiel variétal, l'autre les conditions du milieu. Pour une même condition de température, de radiation les variétés améliorées absorbent différemment l'azote par rapport aux variétés traditionnelles de même ceux qui appartiennent au *type japonica* absorbent différemment par rapport au *type indica*.

b) L'azote intervient dans quelle phase du cycle du riz ?

Certains comme Panorama considèrent l'azote à la fin de la phase reproductive comme un facteur augmentant les risques de stérilité. D'autres comme Matsushima préconisent au contraire un apport d'azote en pleine épiaison pour limiter la stérilité. Bien qu'une certaine confusion existe, la plupart des auteurs ont souligné une corrélation négative entre le nombre d'épillets par m² et le pourcentage de fertilité sans que la raison en soit très claire.

En effet, une corrélation positive est établie entre l'indice foliaire (leaf area index : LAI = surface foliaire ramenée à la surface au sol) et le nombre d'épillets par m², mais par contre une corrélation négative entre l'indice foliaire et le pourcentage de fertilité (Moreau, D). C. DURR note qu'à partir des ramifications

de la panicule mise en place (rI et rII), le nombre d'avortements se produisant est corrélé avec la masse de matière sèche accumulé entre le stade A et l'Épiaison (Stade A : Initiation Paniculaire).

(MOREAU D. *L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic*. 1987)

2.2.3.2. Le bore

La découverte de la stérilité due à la carence en bore sur le blé est révélatrice. Le riz et le blé appartiennent à la famille des Poaceae. Une telle recherche est intéressante.

La première évidence de la toxicité en bore pour le riz a été reportée par Ponnampetuma et Yuan (1966) dans les sols de Silo, région de Taiwan. L'expérience permet de conclure que le symptôme de toxicité se manifestant par les feuilles se répercute dès que le taux de bore est de 20-60 ppm.

a) Rôle physiologique du bore :

Le bore est un élément de trace mais joue un rôle spécifique dans la migration des produits de la photosynthèse. Il agit sur le métabolisme des glucides et des protéines, agit sur la croissance des méristèmes et la synthèse des phytohormones ; Le bore est généralement absorbé par les plantes sous la forme BO_3^{3-} .

b) Le riz a besoin de bore :

Tanaka (1970) montre qu'une plante de riz interrompt l'émergence des panicules quand elle souffre d'une déficience en bore, surtout pendant la période de la formation des jeunes panicules.

L'action du bore est multiple mais certains aspects semblent encore non identifiés. Pour la plupart des cultures, une floraison incluse dans un état de déficience en bore aboutit à la stérilité des grains ; celle-ci est démontrable car ce phénomène de stérilité résulte d'un retard dans l'élongation de tube pollinique et / ou anomalie morphologique qui existe à l'intérieur même des grains de pollen.

2.2.4. Le vent : Une action dépressive

Le vent favorise l'évaporation et accentue le déficit en eau dans les régions sèches. L'effet du vent n'est pas seulement mécanique mais peut être aussi physique et biologique. Le vent entraîne la verse, l'égrenage. L'attaque des germes pathogènes, le déséquilibre de l'aliment azoté. La surmaturation peut être également due au vent.

Les épillets sont généralement autofécondés. Au moment de la fécondation les glumes s'ouvrent pour une durée d'une heure environ. Cette période est très sensible aux agitations faisant disperser les grains de pollen. Un vent trop fort

empêche la fécondation par les grains de pollen ; c'est un facteur mécanique de la stérilité.

2.2.5. Le régime hydrique

Physiologiquement, l'eau perdue par la transpiration doit être compensée. La ration de la transpiration est, par définition, le nombre par gramme d'eau transpirée par gramme de matière sèche produite. Elle varie en fonction de l'humidité du sol, du climat, de la variété, du stade végétatif, et du cycle de la plante. La précipitation constitue la principale source d'eau, la quantité diffère d'une année à une autre. L'eau est vitale pour le riz mais également fatale si trop.

a) Effet d'un excès d'eau :

Certaines variétés sont spécifiques à la submersion, quand même le degré de la submersion dans les différentes phases influe le rendement des grains dans différentes proportions. La diminution du rendement par effet de la submersion peut être attribuée par la réduction du nombre de talle et de la surface foliaire où s'effectue la photosynthèse.

b) Effet du déficit hydrique :

On connaît le riz qui souffre du manque d'eau par ses feuilles enroulées, brûlantes ; talles réduits ; floraison retardée ; remplissage incomplet des grains ; la plante est rabougrie.

De nombreux auteurs soulignent également des stérilités dues à un stress hydrique entre la division réductionnelle et l'épiaison. Le riz pluvial a besoin de 300 à 400mm d'eau au cours du cycle. Dans un tableau établi par Matsushima, pour un traitement de trois jours de sécheresse, on observe un pourcentage de la stérilité important entre les 11^{ème} et 3^{ème} jours avant l'anthèse. (Indiqué dans le tableau) Pour ainsi dire, l'influence d'un stress hydrique entre la division réductionnelle et l'épiaison sur la stérilité est très nette. Indiqué dans le tableau qui suit :

Tableau N°3 : Effet d'une sécheresse sur le rendement et les composantes du rendement du riz (Matsushima cité par MOREAU D.1987)

Drought treatment (Day from heading)	Yield (g/hill)	Panicles (n°/hill)	Sterility (%)	Filled spikelets (%)	1000 grain wt (g)
-55	18	11	11	70	21,8
-51	16,5	11	9	66	22
-43	19,5	11	14	65	21,5
-35	20,	12	11	60	20,5
-27	17	11	12	54	20,2
-19	15,7	11	34	52	20,8
-11	6,5	10	62	29	21,6
-3	8,3	10	59	38	20,9
+5	16,5	11	10	59	21,9
+13	20,5	10	7	66	22,3
No stress	22,7	10	15	65	21,9

2.3. Effet des facteurs climatiques sur le rendement et les composantes du rendement

Directement, le climat influe les processus physiologiques qui affectent la croissance et le développement de la plante ainsi que la formation des grains. Indirectement, il influe les incidences des maladies et des insectes, puis le rendement des grains. Le rendement des grains est influencé par des nombreuses interrelations, des facteurs environnementaux et biologiques dont les effets sont souvent difficiles à distinguer.

La relation entre le rendement et les composantes du rendement peut être exprimée de la façon suivante :

Rendement des grains = nombre de panicule x nombre d'épillets par panicule x pourcentage de stérilité x PMG.

Le nombre de panicule se détermine pendant la période de tallage, au cours de cette période, le nombre de panicules est fortement affecté par les conditions climatiques. Une forte température diurne accompagnée d'importante radiation solaire suivie de la température fraîche la nuit conduit à une bonne production de panicule sans que le nombre d'épillets soit réduit.

Dans les tropiques, Yoshida et al (1972) disent que le rendement des grains est fortement corrélé avec le nombre d'épillets par unité de surface du sol. Le remplissage des grains dépend de la nature des saisons (sèche ou humide). Ainsi, le rendement des grains peut être exprimé par :

Rendement (t/ha) = épillets/m² x PMG x stérilité (%) x 10⁻⁵

La radiation solaire est un important facteur qui détermine le rendement des grains de riz après la floraison. Durant la phase reproductive la radiation solaire affecte le nombre d'épillet/m² et durant la maturation elle affecte le remplissage des épillets.

2.4. Hypothèse de travail – Démarche

2.4.1. Test de coupe vent

Un vent trop fort entraîne la stérilité des épillets. Cet effet mécanique s'impose quand la fécondation est perturbée. On a essayé de mesurer ce facteur en mettant à la floraison une coupe-vent.

2.4.2. Test de température

L'altitude élevée est caractéristique de la région du Vakinankaratra. Dans cette région, quand l'altitude passe de 100 m la température diminue de 0.7°C. Avec l'altitude voisine de 1600 m (Andranomanelatra) et 1800 m (Soanindrariny), on a pu tester en fonction de l'altitude la température. Le fait d'un décalage de 15 jours du cycle vise le même objectif.

2.4.3. Test de l'effet du bore

Compte tenu de la stérilité connue chez le blé en cas de carence, l'essai portant sur l'effet de cet élément a été entrepris en apportant de boracine sur les parcelles

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Dispositifs expérimentaux

3.1.1. Présentation

Le site d'Andranomanelatra se situe à la latitude Sud 19° 46.55 et la longitude 47° 6.25, l'altitude est de 1642 m. Le dispositif est un bloc complet à quatre répétitions et est disposé en deux blocs avec un décalage de semis de 15 jours entre les deux.

Les parcelles élémentaires mesurent 4 m sur 4 m. Les lignes de semis sont espacées de 0,20 m et les poquets de 0,20 m. Deux placettes sont observées pour les parcelles sans bore, dont l'une où sera mis en place le coupe-vent, et une seule pour celles avec bore. Une placette contient trois poquets consécutifs sur deux lignes distantes soit une surface est de 0.24 m².

Les coordonnées de Soanindrariny sont respectivement 19° 54.00 latitude Sud et 47°14.48 longitude Est. Le dispositif de cette campagne se situe à 1850 m, il est disposé en *split-plot* avec pour traitement principal la variété et en sous traitement le bore, avec cinq répétitions.

3.1.2. Les opérations

Les mêmes opérations sont réalisées sur les deux sites sur les placettes de récolte:

- Comptage du nombre de plantes, de talles et de panicules ;
- Séparation des panicules, limbes, gaines et tiges ; pesage après séchage à l'étuve 48 heures à 60° C ;
- Sur un échantillon de 20 panicules représentatives de l'ensemble prélevées à part, est déterminé le nombre d'épillets par panicule, le nombre et le poids sec des grains pleins et des grains vides.

Le tableau suivant résume les itinéraires sur les dispositifs.

Tableau N°4 : Informations sur l'itinéraire cultural dans chaque site

EMPLACEMENT	ANDRANOMANELATRA	SOANINDRARINY
Date de semis	1 ^{ère} date : 18/11/03 2 ^{ème} date : 02/12/03	03/11/03
Sol	Ferralitique sur dépôt fluviolacustre	
Traitements	- fumure organique : 5t/ha - fumure minérale : 250kg/ha (NPK11-22-16) 400 g / parcelle. Boracine environ 64 kg/ ha. -amendement calcique : 500kg/ha de dolomie -apport d'urée : 50kg/ha, apport à 45 JAS (80g /parcelle) -Entretien : sarclage, traitement phyto par l'Hinosan contre la Pyriculariose (4 traitements espacés de 10 jours depuis le tallage)	- fumure organique : 5t/ha -fumure minérale : 250kg/ha (NPK11-22-16) 400 g / parcelle. Boracine environ 64 kg/ ha. -amendement calcique : 500kg/ha de dolomie -apport d'urée : 50kg/ha, apport à 45 JAS -Entretien : sarclage
Matériel génétique	FOFIFA154 FOFIFA161 EXPERIMENTAL 933	FOFIFA154 FOFIFA161 EXPERIMENTAL 933

3. 2. Matériel génétique

3. 2.1. Généralité

Le genre *Oryza* est omniprésent et très répandu car il est cultivé partout avec ses 23 espèces répertoriées. Ce genre est d'origine eurasiatique. *L'Oryza glaberrima* et *l'Oryza sativa* sont les deux espèces les plus cultivées au monde. L'espèce *glaberrima* est d'origine africaine, apprivoisée dans le delta intérieur du Niger à partir de l'espèce annuelle *Oryza breviligalata* qui, à son tour, provient de l'espèce pérenne à rhizome *Oryza longistaminata*.

L'Oryza glaberrima présente des intérêts agronomiques, elle est utilisée surtout dans la sélection pour la création des variétés de riz pour l'Afrique. Cependant, malgré ses particularités attirantes, sa culture est très limitée parce qu'elle est peu productive.

Quant à l'espèce *Oryza sativa*, elle est d'origine asiatique, et sa domestication à partir d'*Oryza rufipogon*, en Inde et en Chine, remonte à plus de 8000 ans. Ces espèces sont diploïdes et autogames.

3. 2.2. Les cultivars

L'observation a été faite sur trois variétés dont les caractéristiques sont mentionnées dans le tableau ci-après :

Tableau N°5 : Origine et caractéristiques des variétés étudiées

CARACTERISTIQUES	FOFIFA 154	FOFIFA 161	EXPERIMENTAL 933
<i>Nom malagasy</i>	« bozaka »	« Mahefa »	-
<i>N° collection national</i>	4131	4355	-
<i>N° CIRAD</i>	CIRAD 394	Encore non attribué	-
<i>Année d'obtention</i>	1995	2003	-
<i>Parents</i>	Latsibavy FOFIFA 62	Irat 114 FOFIFA 133	CA 148 Chin Ei
<i>Type grain</i>	Long fin	Gros et poilu	-
<i>Aristation</i>	Barbu	Mutique	-
<i>Poids 1000 grains (g)</i>	33	34	-
<i>Couleur feuillage</i>	Foncée	-	-
<i>Longueur feuille (cm)</i>	34	-	-
<i>Port feuille paniculaire</i>	Erigé	-	-
<i>Hauteur (cm)</i>	75	90	-
<i>Cycle</i>	Semi tardif	Intermédiaire	-
<i>Maturité (jour) 1500 m</i>	160	160	-
<i>Résistance verse (/9)</i>	4	Assez bonne	-
<i>Egrenage (/9)</i>	5	Médiocre	-
<i>Pyriculariose (/9)</i>	5	Très résistante	-
<i>Brunissure gaine (/9)</i>	5	Moyenne	-
<i>Productivité</i>	Très bonne	Bonne	-
<i>Niveau indicatif (q/ha)</i>	33	30	-
<i>Max. observé (q/ha)</i>	90	66	-
<i>Points forts et/ou intéressants</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Grain • Productivité • Goût • Certaine résistance à heteronychus 	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance à la pyriculariose • Adaptation altitude • Rusticité • Fertilité • Panicule compacte • Aspect sanitaire du plant et du grain 	<ul style="list-style-type: none"> • Productivité • Bon tallage • Taille
<i>Points faibles et/ou gênants</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité aux maladies et à la sécheresse • Semi tardif 	<ul style="list-style-type: none"> • Tallage moyen • Grain poilu • Egrenage 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité au vent • Egrenage
<i>Production semencière</i>	FIFAMANOR / PMMO	Initiée en 2003(SCRID)	-

Source : FOFIFA, Antsirabe 2004.

3. 3. Mesures

3. 3.1. Observation phénologique

La floraison et la maturité sont les stades à observer, les dates seront notées dans la fiche d'observation phénologique.

Détermination des dates d'épiaison, de floraison et de maturité :

Un des préalables au bon suivi de la culture est le repérage des stades et des passages successifs d'une phase à une autre.

La maturation complète a, à peu près, lieu à 30 jours après la mi-épiaison ; lorsque 2/3 des épis sur les panicules jaunissent. Et s'il y a la barbe (cas de F154), cette barbe de couleur verte auparavant car elle participait à la photosynthèse, devient de plus en plus blanche au fur et à mesure de la maturité du paddy.

(Communication personnelle, 2004).

3. 3.2. Composantes du rendement

Par placette, est comptée le nombre de plantes et de panicules. Sur 20 panicules pris au hasard sont comptés le nombre de grains pleins (GP) et des grains vides (GV, plat au touché) pour calculer le pourcentage de stérilité :

$$\text{Pourcentage de stérilité} = \left(\frac{\text{GP}}{\text{GP} + \text{GV}} \right) \times 100.$$

Le poids des GP est également mesuré après séchage pour l'obtention du PMG.

16/03/03

4. RESULTATS - DISCUSSION

Le traitement statistique avec le logiciel « Statistics Analysis System » (Comparaison de moyennes) des données et mesures permet l'établissement du tableau suivant.

Tableau N°6 : composantes du rendement par variété, traitement et date de semis

Entre variétés, traitements et dates de semis les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variété Traitement Date semis	Nombre plantes/m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre grains/ panicule	% stérilité	PMG	Rendemen placette t/ha)
F161	138,7 a*	1,90 c	79,5 b	20,6 c	25,6 a	3,51 a
E933	132,5 a	2,70 b	94,5 a	36,7 b	21,5 b	3,01 b
F154	109,7 b	3,13 a	62,0 c	46,6 a	23,0 b	2,03 c
Témoin	127,3 a	2,51 ab	75,5 b	34,0 ab	23,1 a	2,80 b
Bore	126,0 a	2,82 a	80,7 a	31,6 b	23,2 a	3,14 a
Coupe-vent	127,6 a	2,40 b	79,8 ab	38,4 a	23,8 a	2,61 b
Date 1	122,3 a	2,70 a	78,8 a	36,4 a	22,9 a	3,01 a
Date 2	131,6 a	2,45 a	78,6 a	32,9 a	23,8 a	2,69 a

à décomp
par trait
var en Et
var en Et

Témoin = sans bore, sans coupe vent

Ce tableau nous permet d'en déduire les constatations suivantes lesquelles reposent sur :

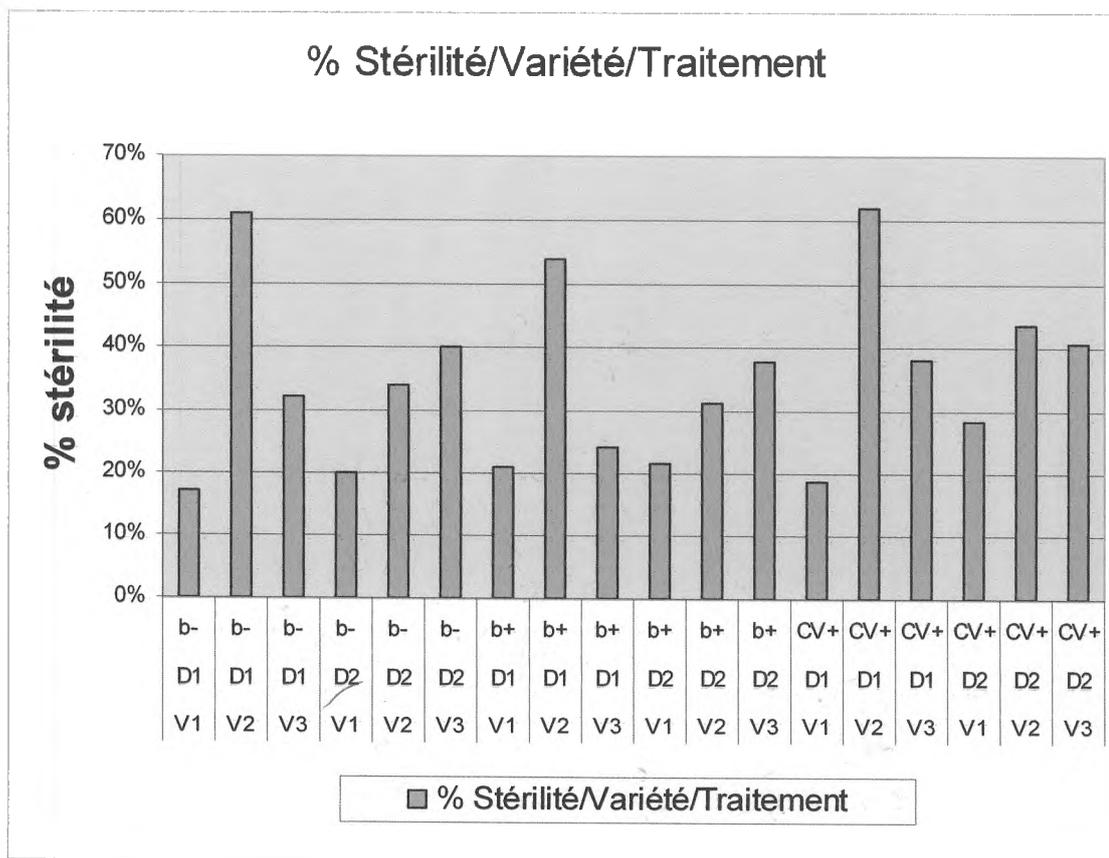
- L'effet de la variété ;
- L'effet de la date de semis et par extension la température ;
- l'effet des traitements : application du bore et pose de coupe-vent à floraison.

La comparaison des pourcentages de stérilité entre les variétés présente des différences significatives. La variété F161 avec le moindre taux de stérilité, s'avère la plus fertile. Elle est aussi résistante aux maladies fongiques. F154 présente un taux de stérilité plus élevé ; un taux qui est toujours important, si nous nous référons aux travaux de l'année dernière. En effet, elle était la variété qui avait le taux le plus élevé sauf à Ivory où l'altitude avoisine le 900 m, c'est-à-dire température plus chaude par rapport aux autres sites étudiés. Cette année le pourcentage de stérilité de cette variété dépasse largement celui de l'année dernière (24.6%) cela à cause d'une forte attaque de la *pyriculariose* malgré les traitements entretenus.

E933 est une variété productive, elle est moins stérile par rapport à F154 en tenant compte la prolifération de maladies fongiques accentuées durant cette campagne. E933 est sensible au froid car, l'année passée, sa stérilité frôle les 15% à 1650 m (Andranomanelatra) alors qu'en 1540 m (Ibity) sa valeur est de 9.2%. Cette année, les 15% ont plus que doublé (36.7%).

La figure suivante explique en détail ces affirmations sus- citées.

Figure N° 2 : Comparaison des taux de stérilité par variété et par traitement

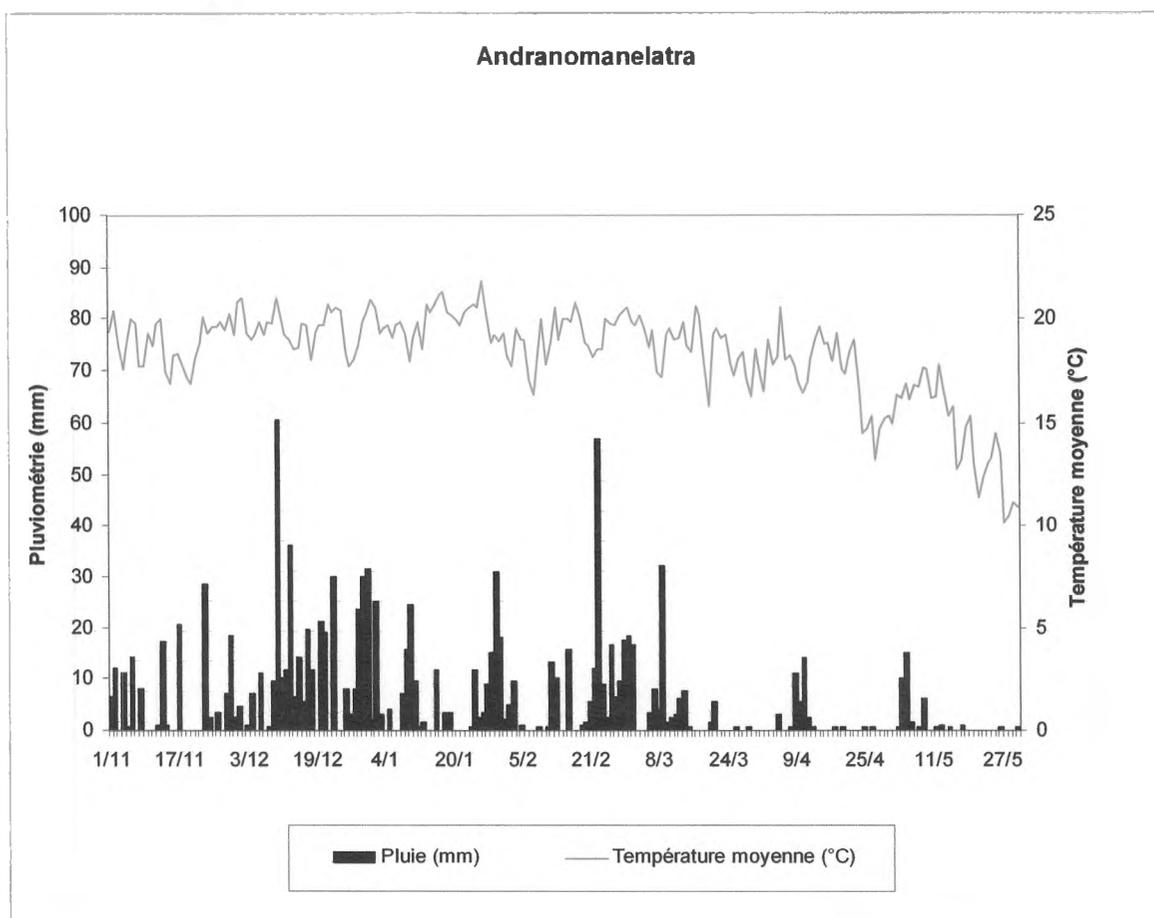


- V1 : FOFIFA 161
- V2 : FOFIFA 154
- V3 : EXPERIMENTAL 933
- D1 : 1^{ère} date
- D2 : 2^{ème} date
- b- : sans bore
- b+ : avec bore
- CV+ : avec coupe vent

4.1. Effet de la température sur le pourcentage de stérilité : comparaison par date de semis

Selon les données météo recueillies par la station météorologique (figure N°3), la température moyenne ne dépasse pas 25° C. Fin janvier, la température est plus chaude. Tandis qu'à la fin du mois de mai, la température moyenne descend au voisinage de 10° C.

Figure N°3: Pluviométrie (mm) et température moyenne (°C) sur le site d'Andranomanelatra



Une température élevée en relation avec une pluviométrie abondante est constatée. Cette température est favorable au développement du plant de riz. Cependant, durant la maturation du riz au mois d'avril, cette température qui descend vers les 15°C est défavorable aux grains.

La date de semis n'a pratiquement pas d'effet sur la stérilité. Si on a espéré avoir un taux de stérilité moins important à la 1^{ère} date, on a obtenu le contraire : le taux est supérieur à celui de la 2^{ème} date. Cependant, le rendement de la placette à la 1^{ère} date nous montre que la date de semis retardée a une influence apparemment négative sur le rendement même si on ne voit pas de différence significative nette (perte de 320kg par rapport à celui de la 1^{ère} date de semis). Ceci est dû à l'augmentation du nombre de panicules par plante et du nombre de grains par panicule.

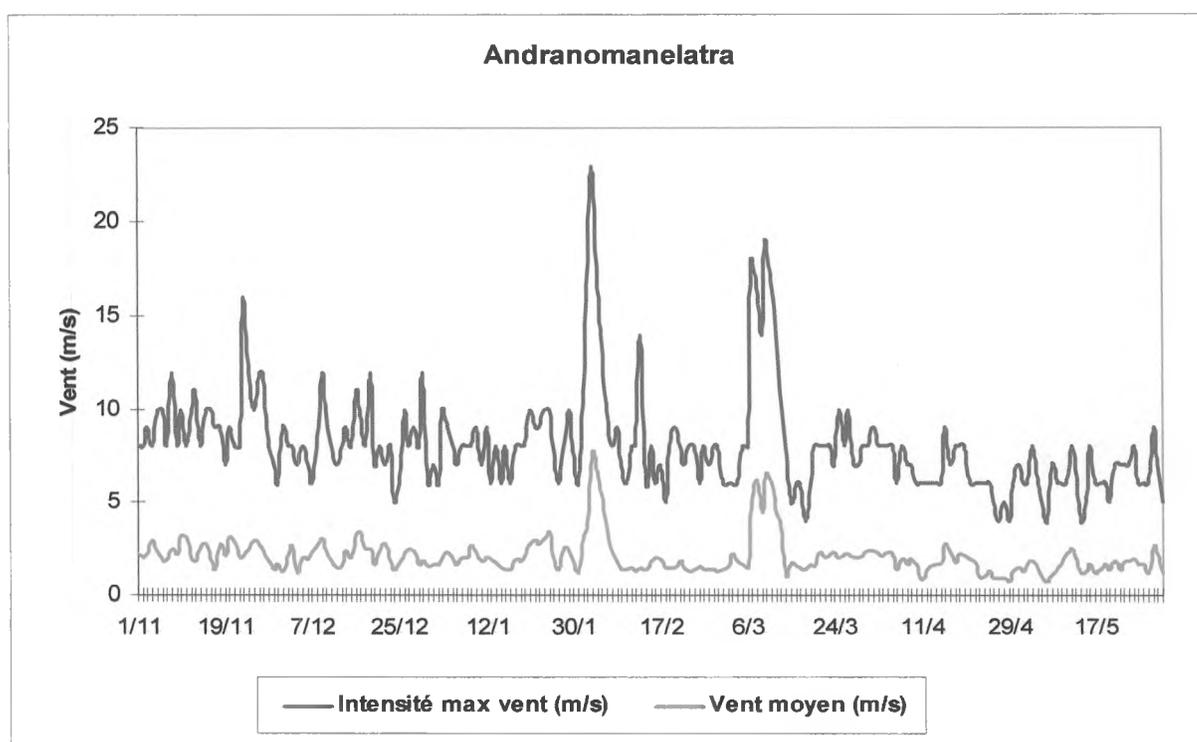
4. 2. Effet du bore sur la stérilité

Une diminution nette du taux de stérilité est constatée avec le traitement avec bore. L'explication à cela serait que le bore agit sur les épillets pour qu'ils ne dégèrent mais au contraire, se différencient bien. Ce qui assure un bon remplissage et une minime stérilité des grains.

Le nombre de panicules par plante ainsi que le nombre de grains par panicule sont supérieurs (surtout à celui du témoin sans bore). Ce qui accroît le rendement de la placette. En effet, il y a une différence significative en faveur du traitement avec bore (valeur élevée).

4. 3. Effet du vent sur la stérilité

Figure N°4 : Régime éolien sur le site d'Andranomanelatra



D'après cette figure, les données météorologiques affiche une vitesse du vent assez faible, inférieur à 5 m/s avec une intensité maximale fluctuant aux alentours de 10 m/s. Sur la graphique, on remarque carrément deux pics sur la courbe de la vitesse moyenne du vent, pics correspondants aux passages successifs de deux dépressions tropicales. La vitesse maximale enregistrée est de 23 m/s. En terme de vent moyen, cette vitesse augmente au delà de 5 m/s [début février (03 – 04 février) et à la fin du premier décade du mois de mars (08 – 11 mars)]. Cette période (mois de mars) correspond approximativement à la floraison de nos variétés. A cet égard, nous nous attendions à l'existence d'une différence significative sur la comparaison des pourcentages de stérilité. Ce qui n'est pas le cas.

4. 4. Discussions

Parmi les trois variétés étudiées, F161 est la meilleure variété, elle est plus performante que les autres même si elle présente un faible tallage (en relation avec un nombre de panicules par plante faible) compensé par un nombre de plantes au m², élevé. Elle a en outre un assez bon nombre de grains par panicule et un taux de stérilité faible, son PMG étant plus grand.

Le traitement bore est à conseiller parce qu'il favorise le développement des talles, augmente le nombre des grains par panicule et diminue le taux de stérilité. En effet, c'est avec le bore que le taux de stérilité est le plus faible.

Pas d'effet net de la date de semis en pourcentage de stérilité mais en rendement, il y a une différence significative en faveur de la 1^{ère} date de semis. Ce qui fait que si le semis est effectué tardivement, des impacts sur le rendement seront observés même si ce n'est pas forcément le taux de stérilité (faible quantité de biomasse élaborée par la plante au cours du cycle). Plus faible taux de stérilité n'implique pas forcément un meilleur rendement.

La période de passage du second cyclone (mois de mars) correspond à la floraison de nos variétés. Nous nous attendions donc à l'existence d'une différence significative sur la comparaison des pourcentages de stérilité. Ce qui n'est pas le cas. L'explication hâtive à cela, est que les coupe-vents (voiles moustiquaires fixées sur 4 grands piquets espacés de 1m x 1m) que nous avons utilisé favorise peut-être les maladies fongiques malgré les traitements phytosanitaires effectués ; ceci selon nos constatations de visu, à cause de l'humidité qu'elle conserve en fin de matinée. Sur ce, une étude plus minutieuse peut être entreprise.

CONCLUSION

Trois plats de riz sont servis quotidiennement comme nourriture à Madagascar. La saturation des terres inondées et la pression démographique poussent les paysans à opter pour une autre forme de riziculture : la riziculture pluviale, en complément de la forme ancestrale de riziculture, inondée.

Même si le riz pluvial attire les paysans, sa productivité est loin d'être satisfaisante parce que beaucoup de facteurs influent sur le rendement. En vue de l'obtention du D.U.T.A. à l'Athénée Saint Joseph Antsirabe, nous avons entrepris un stage dans le cadre de l'URP – SCRID, une Unité réunissant l'Université d'Antananarivo, le FOFIFA et le CIRAD. Ce stage a pour objectif de faire le diagnostic de la stérilité sur les variétés de riz pluvial d'altitude.

Cette œuvre cherche alors à déterminer les causes de la stérilité, un des facteurs qui diminue la productivité du riz pluvial surtout en altitude. Le travail a été mené dans un champs d'expérience comportant certaines modalités afin qu'on puisse permettre à une contribution au diagnostic de stérilité.

L'observation a porté sur trois variétés dont deux sont déjà diffusées et une encore en stade expérimental. L'analyse des données recueillies fait ressortir les synthèses suivantes :

- La température, dont l'effet est attendu par la différence d'une quinzaine de jours des dates de semis, n'a pas beaucoup influencée le pourcentage de stérilité. Cependant un retard de la date de semis provoque une diminution de la biomasse produite et par conséquent le rendement.

- Les épillets ont pu se remplir correctement en présence du bore. Pour la culture, l'apport du bore au moment du semis est donc bénéfique.

- Il est vrai que le vent perturbe la fécondation, mais nos résultats ne nous permettent pas d'affirmer cette hypothèse, peut-être que les matériels utilisés comme coupe vent sont inadéquates pour étudier l'effet du vent sans l'incidence des maladies fongiques.

- Chaque variété a sa réponse aux conditions extérieures, dans les conditions de cette année, F161 donne le meilleur rendement.

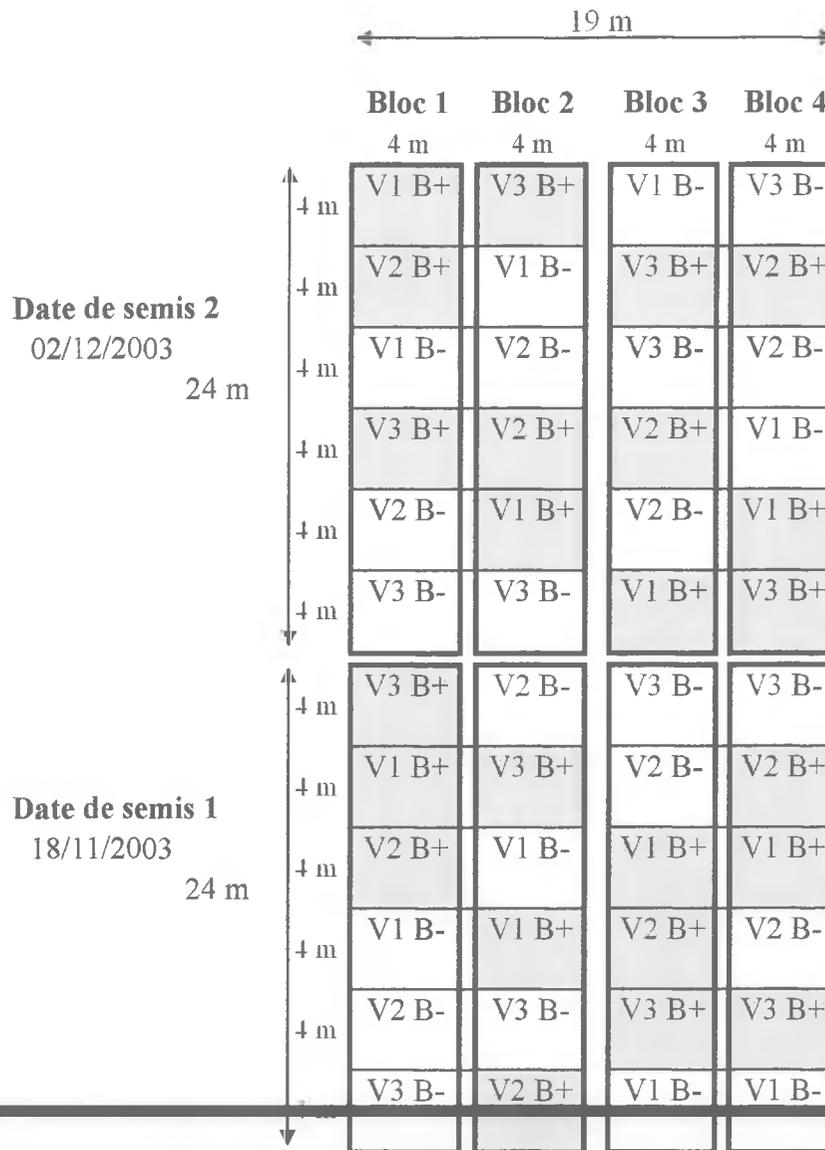
D'après ces différentes constatations, nous suggérons de reprendre l'étude sur l'effet du vent d'une manière plus minutieuse et de compléter les résultats de cette campagne sur l'effet de température en fonction de l'altitude.

LISTES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Alain Victor RAZANANTOANINA (2003). **Analyse comparative des filières riz pluvial dans les Moyen Ouest d'Antsirabe et d'Antananarivo**. Diplôme d'étude approfondie en agro-alimentaire. P 67.
2. CIRAD (1989). **Image de la recherche**. P 197.
3. Claude ZEBROWSKI (IDR), Claude RATSIMBAZAFY (DRST) (1974). **Notice explicative carte pédologique à 1/100.000 Antsirabe**.
4. Denis BOURGUIGNON (1997). **Les vers blancs, dangereux ravageurs des riz pluvial malgache**. P 59.
5. Dépliant CENRADERU (Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural).
6. DRDR. **Liste des rendements campagne 2002**.
7. Fidiniaina A. RAMAHANDRY (2003). **Influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire cultural sur la phase végétative et l'élaboration du rendement des variétés de riz pluvial d'altitude : recherche d'adaptations spécifiques**. Mémoire de fin d'étude. P116.
8. Harison RANDRIANAIVO (2003). **Appréciation de la qualité du riz par les acteurs de la filière post-récolte et analyse de la consommation**. Mémoire de fin d'étude.
9. IRRI (1976). **Proceedings of the symposium on climate and rice**. P565.
10. IRRI (1981). **Fundamentals of rice crop science**. P 269.
11. J. RAKOTOARISOA, SRR/FOFIFA, (2004) ; **Conférence tenue à l'alliance française Antsirabe**.
12. Jean L. DZIDO, Alain RAMANATSOANIRIANA (2002). **Compte rendu technique campagne 2002-2003 version analytique**. P 98.
13. Laingotiana R. RAKOTOSON (2003). **Essais agronomiques en vue de suivre les effets de la fertilisation et de la densité sur la physiologie et le statut azote du riz pluvial**. Mémoire de fin d'étude. P 74.
14. Midi Madagascar. Journal du Mercredi 05 Mai 2004 N° 6306.
15. MOREAU D. (1987). **L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic**. Groupe de recherche et d'échanges technologiques. Paris, France.
16. Posters de communication PCP-SCRID, CIRAD/ FOFIFA.
17. René RABEZANDRINY (2002). **Manuel d'agriculture générale** .P 115.
18. Simon RATSIMBAZAFY, Marie Hélène DABAT, Zo RATSISETRAINA (à paraître) **Typologie des rizières et de la riziculture dans la région du Vakinankaratra**.
19. Surajit K. DE DATTA (1933). **Principles and practices of rice production**. P618.

ANNEXE N° 1 : Plan du dispositif

Essai stérilité
Andranomanelatra
Campagne 2003-04



Variétés :

V1 F161
 V2 F154
 V3 E933

semis : 0,20 x 0,20, 6-8 gr/poquet
 prévoir env. 8g/m² de semences
 4 m : 20 lignes espacées de 0,20 m

B+ = boracine : env. 64 Kg/ha
 102 g/parcelle

Intrants :

5t/ha fumier
 8 kg/parcelle
 250 kg/ha NPK bulk 11 22 16
 400g/parcelle
 500 kg/ha dolomie
 800g/parcelle

50 kg/ha urée
 en 1 apport à 45 JAS

**Essai stérilité
Andranomanelatra
Campagne 2003-04**

ANNEXE N°2 : Identification des placettes

Variétés :

V1 F161
V2 F154
V3 E933

Date semis	Bloc	Variété	Sans Bore				Avec Bore	
			Récolte - coupe-vent		Récolte + coupe-vent		Récolte	
			Lignes	Poquets	Lignes	Poquets	Lignes	Poquets
18/11/2003	1	V1	15-17	8-9	6-8	9-10	14-16	7-8
18/11/2003	1	V2	15-17	7-8	6-8	10-11	8-10	9-10
18/11/2003	1	V3	13-15	10-11	6-8	7-8	7-9	13-14
18/11/2003	2	V1	14-16	13-14	6-8	14-15	10-12	13-14
18/11/2003	2	V2	12-14	8-9	5-7	11-12	7-9	10-11
18/11/2003	2	V3	15-17	10-11	6-8	7-8	8-10	10-11
18/11/2003	3	V1	15-17	9-10	6-8	11-12	9-11	13-14
18/11/2003	3	V2	12-14	6-7	5-7	9-10	13-15	11-12
18/11/2003	3	V3	12-14	10-11	5-7	8-9	12-14	11-12
18/11/2003	4	V1	14-16	15-16	5-7	7-8	10-12	8-9
18/11/2003	4	V2	12-14	7-8	5-7	12-13	6-8	9-10
18/11/2003	4	V3	11-13	5-6	7-9	12-13	8-10	6-7
02/12/2003	1	V1	13-15	12-13	5-7	7-8	10-12	10-11
02/12/2003	1	V2	13-15	7-8	7-9	14-15	11-13	9-10
02/12/2003	1	V3	13-15	8-9	6-8	13-14	5-7	12-13
02/12/2003	2	V1	13-15	9-10	7-9	13-14	9-11	7-8
02/12/2003	2	V2	14-16	4-5	7-9	11-12	6-8	8-9
02/12/2003	2	V3	16-18	10-11	7-9	6-7	11-13	11-12
02/12/2003	3	V1	13-15	7-8	6-8	11-12	12-14	10-11
02/12/2003	3	V2	14-16	7-8	5-7	13-14	6-8	9-10
02/12/2003	3	V3	14-16	5-6	5-7	9-10	10-12	13-14
02/12/2003	4	V1	13-15	10-11	5-7	6-7	7-9	10-11
02/12/2003	4	V2	14-16	12-13	5-7	6-7	6-8	6-7
02/12/2003	4	V3	10-12	5-6	4-6	12-13	11-13	11-12

ANNEXE N° 3 : Date de semis, floraison, récolte

Essai stérilité

Andranomanelatra

Campagne 2003-04

Variétés :

V1 F161
V2 F154
V3 E933

Mise en place coupe -vent :

Date semis 1 : sur V1 et V2 le 04/03/04
sauf V2 bloc I le 02/03/04, sur V3 le 16/03/04
Date semis 2 : sur V2 le 08/03/04, sur V1 le 16/03/04

Enlèvement :

Date semis 1 : de V2 le 16/03/04

Bloc	Variété	Date semis	Date floraison	Date récolte
1	V1	18/11/2003	09/03/2004	07/05/2004
1	V2	18/11/2003	04/03/2004	27/04/2004
1	V3	18/11/2003	24/03/2004	13/05/2004
2	V1	18/11/2003	09/03/2004	07/05/2004
2	V2	18/11/2003	04/03/2004	27/04/2004
2	V3	18/11/2003	24/03/2004	13/05/2004
3	V1	18/11/2003	09/03/2004	07/05/2004
3	V2	18/11/2003	04/03/2004	27/04/2004
3	V3	18/11/2003	24/03/2004	13/05/2004
4	V1	18/11/2003	09/03/2004	07/05/2004
4	V2	18/11/2003	04/03/2004	27/04/2004
4	V3	18/11/2003	24/03/2004	13/05/2004
1	V1	02/12/2003	24/03/2004	12/05/2004
1	V2	02/12/2003	16/03/2004	04/05/2004
1	V3	02/12/2003	24/04/2004	24/05/2004
2	V1	02/12/2003	24/03/2004	12/05/2004
2	V2	02/12/2003	16/03/2004	04/05/2004
2	V3	02/12/2003	24/04/2004	24/05/2004
3	V1	02/12/2003	24/03/2004	12/05/2004
3	V2	02/12/2003	16/03/2004	04/05/2004
3	V3	02/12/2003	24/04/2004	24/05/2004
4	V1	02/12/2003	24/03/2004	12/05/2004
4	V2	02/12/2003	16/03/2004	04/05/2004
4	V3	02/12/2003	24/04/2004	24/05/2004

Essai stérilité Andranomanelatra

ANNEXE N° 5 : Comptage des grains par panicule

Campagne 2003-04

Comptage grains par panicule

Grains pleins

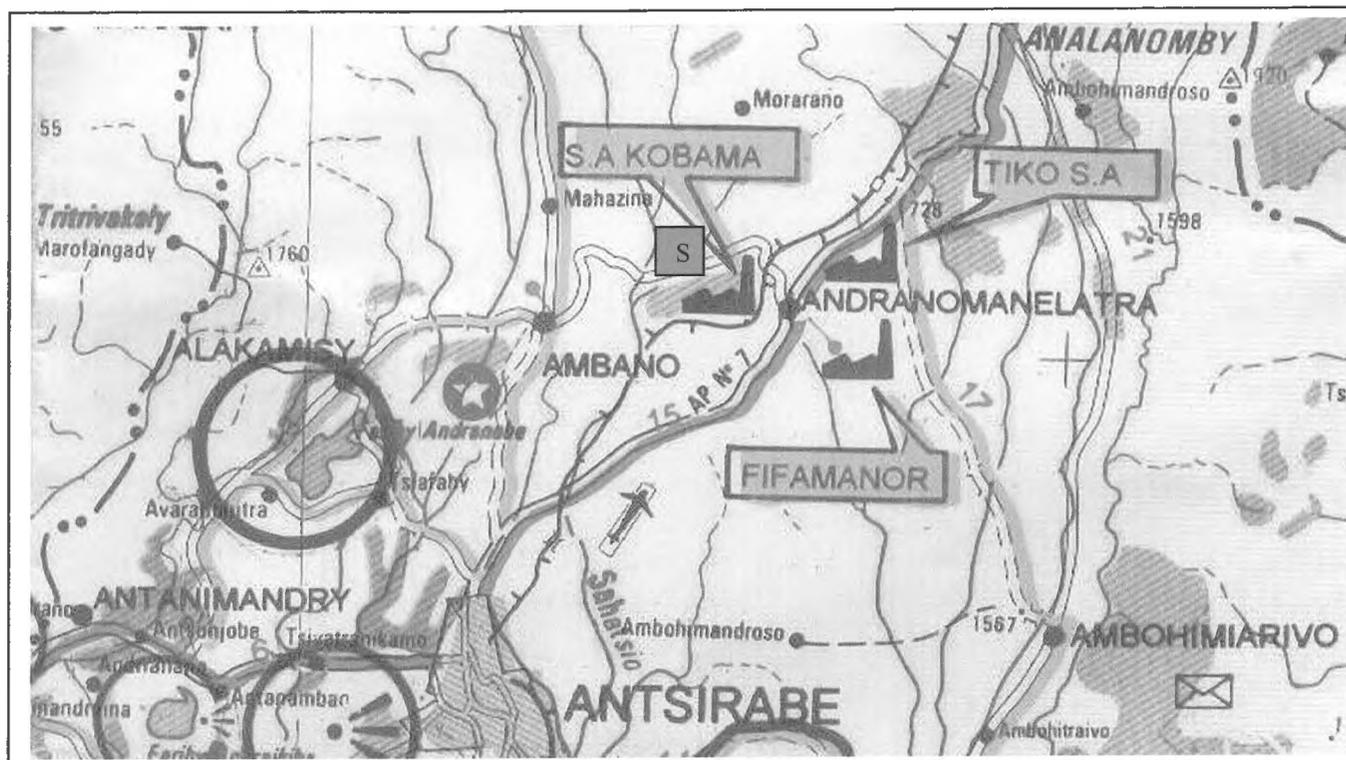
Date	1 ^{ère} date de semis												2 ^{ème} date de semis...						
Bloc	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	2	2	2	3
Variété	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1
Modalité	sans bore						avec bore						avec coupe vent						
1																			
2																			
3																			
...																			
20																			
Tombés																			
Somme																			

Grains vides

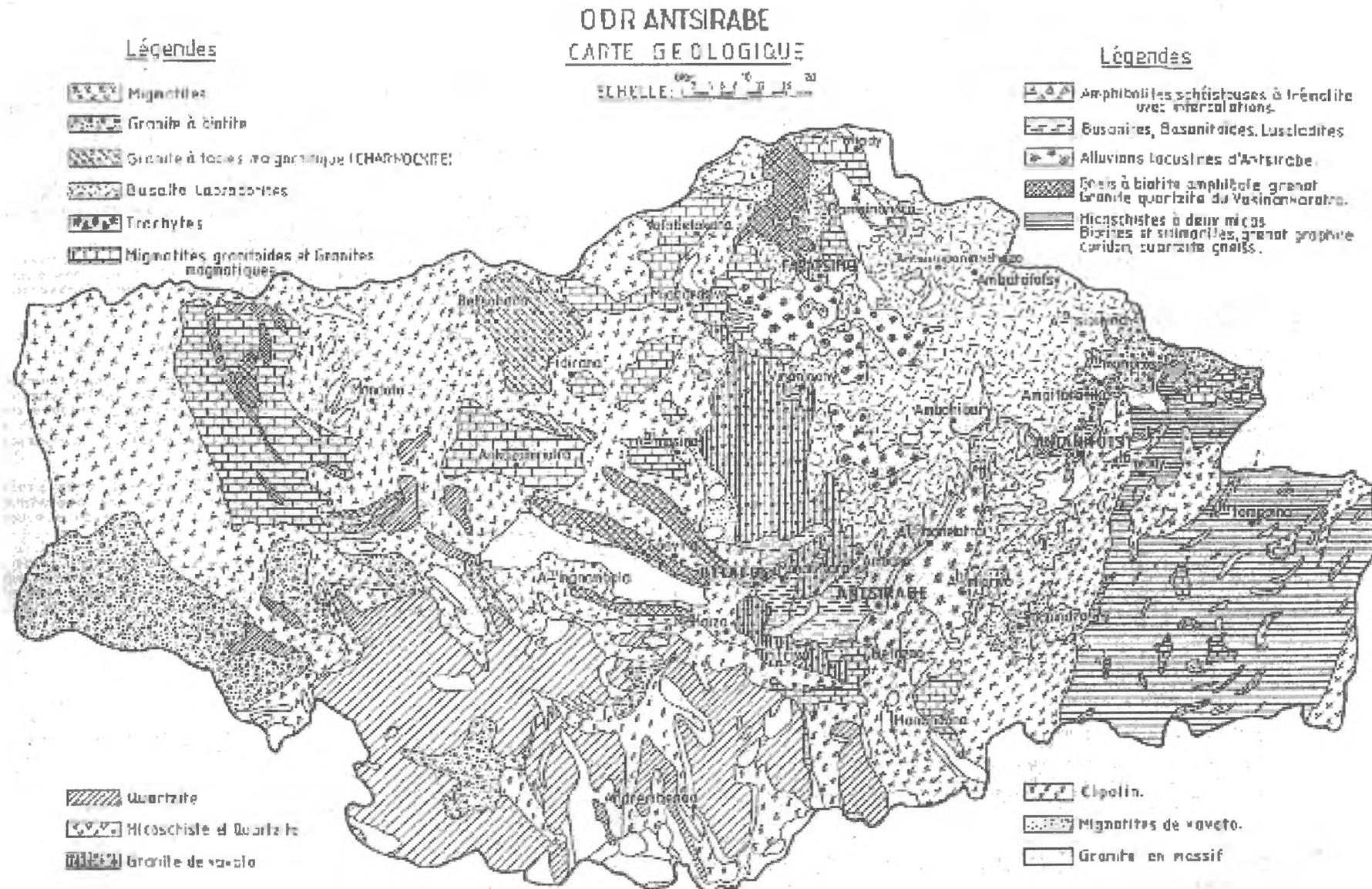
Date	1 ^{ère} date de semis												2 ^{ème} date de semis						
Bloc	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	2	2	2	3
Variété	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1
Modalité	sans bore						avec bore						avec coupe vent						
1																			
...																			
20																			
Tombés																			
Somme																			

ANNEXE N° 6 : Carte topographique Andranomanelatra

S : Localisation du site d'Andranomanelatra



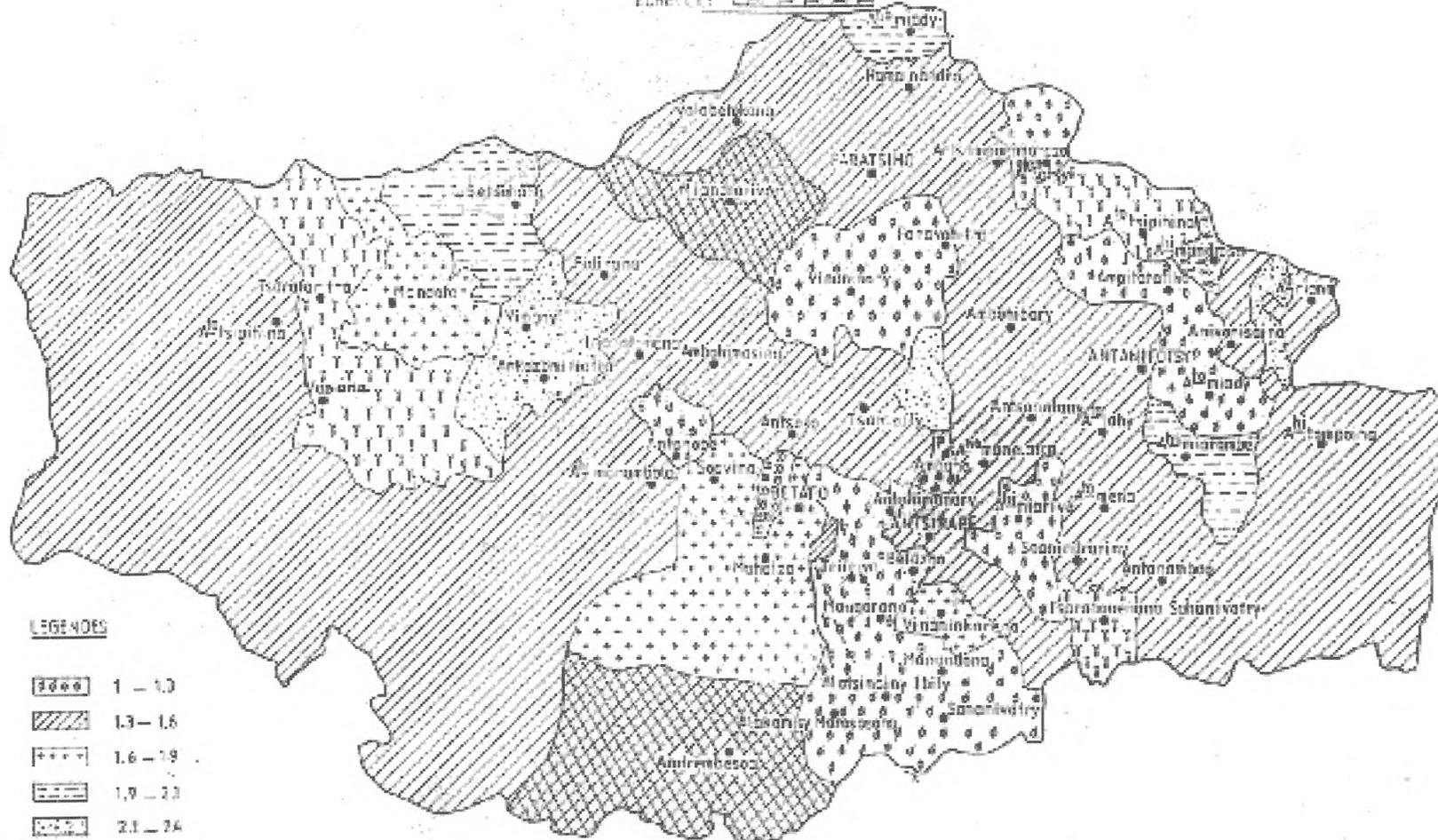
ANNEXE N°7 : Carte géologique du Vakinankaratra



ANNEXE N°8 : Rapport des *tanety* cultivables sur les *tanety* cultivés du Vakinankaratra

CIRVA D'ANTSIRABE
Rapport *tanety* cultivable / *tanety* cultivée

ECHELLE: 1:100 000

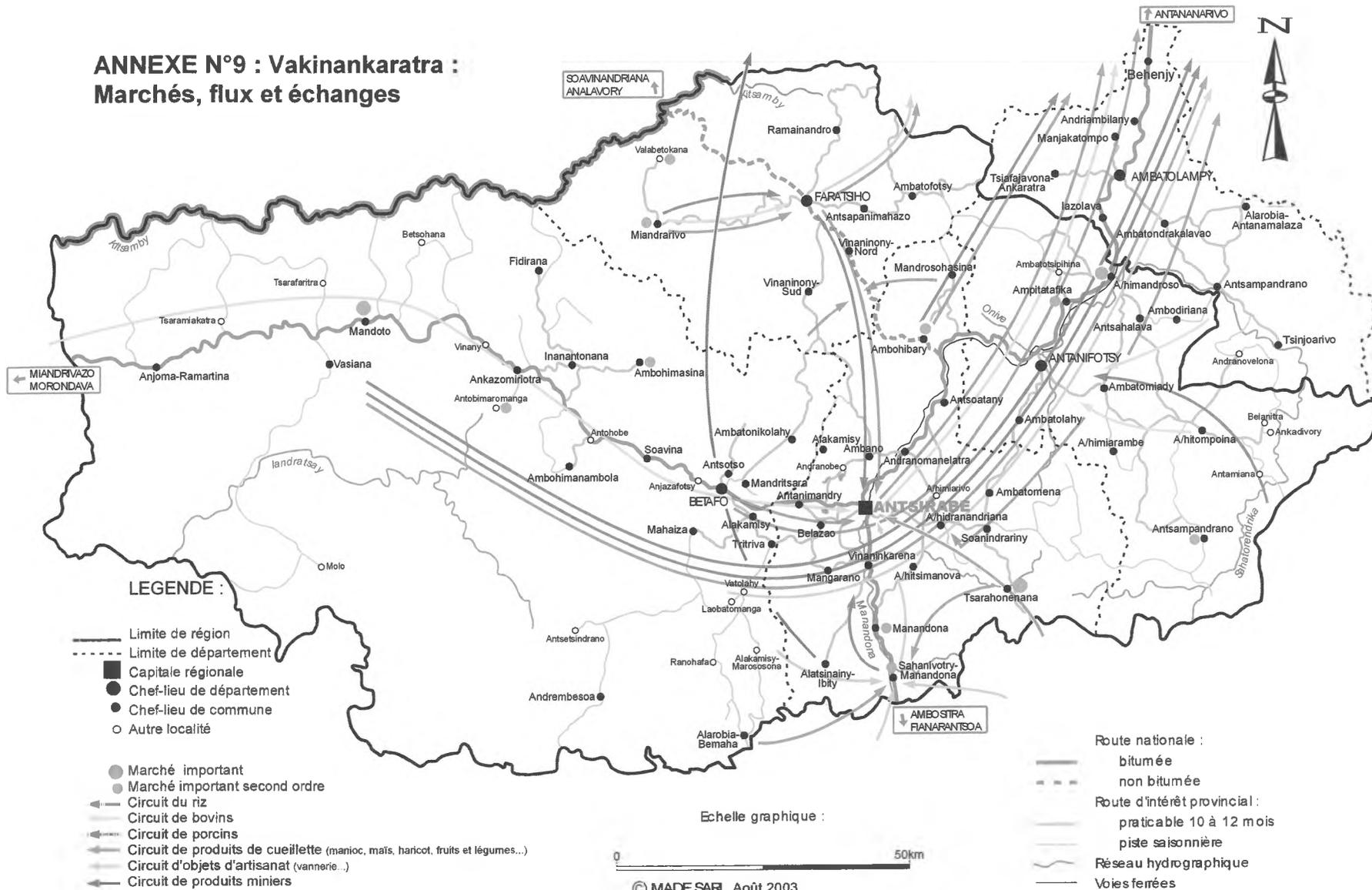


LEGENDES

- [Diagonal lines /] 1 - 1,3
- [Diagonal lines \] 1,3 - 1,6
- [Dotted pattern] 1,6 - 1,9
- [Horizontal lines] 1,9 - 2,2
- [Vertical lines] 2,2 - 2,4
- [Cross-hatch] 2,4 - 2,8
- [Wavy lines] 2,8 et +
- [Checkered pattern] 0,0 - 2,0

Source: rapport de campagne 1987-1988

ANNEXE N°9 : Vakinankaratra : Marchés, flux et échanges



RESUME

La culture du riz remonte à très loin, au temps de nos ancêtres. Depuis, les techniques traditionnelles prédominent dans la pratique paysanne. On rencontre des rizières partout dans les provinces, mais avec la quantité produite, six grandes zones sont retenues comme des grands producteurs et elles approvisionnent les régions peu productrices. Ce qui ne suffit pas à assurer l'autosuffisance alimentaire et oblige le pays à importer du riz pour temporiser le prix au marché qui ne cesse de s'accroître.

L'extension des surfaces cultivables est redevable pour restructurer le système de production : exploitation des *tanety*. Depuis quelques décennies, les paysans connaissaient le riz pluvial mais il a été remis en cause vu que les variétés cultivées ne sont pas adaptées aux conditions agro écologiques, en plus les itinéraires techniques ne sont pas à leurs portés.

Le FOFIFA et le CIRAD travaillent ensemble dans l'URP-SCRID pour promouvoir la riziculture pluviale et la recherche d'excellence en y associant l'Université d'Antananarivo. En effet, à Madagascar comme en Afrique le riz pluvial est pratiqué derrière un défriche, une technique itinérante qui a besoin d'innovations. Ce programme a été réalisé de façon à avoir les variétés de riz pluvial mieux adaptées aux aléas climatiques, aux maladies et ennemis, des variétés qui sont génétiquement productives et enfin de pouvoir réduire au minimum les impacts environnementaux.

Notre travail : test de causes de stérilité de trois variétés de riz pluvial, est axé sur les facteurs qui peuvent affecter le rendement et les composantes du rendement. Pour la stérilité, c'est surtout le stade reproductif qui est le plus sensible. Ces facteurs influent quand même dans divers stades végétatifs. On a étudié l'effet de la température, l'effet du vent et la carence ou déficience en bore.

La température relativement basse au moment de la division réductionnelle entraîne la stérilité, aussi pour le vent fort au moment de la floraison. La carence en bore induit la stérilité : cas connu sur le blé.

On a tenté de matérialiser ces hypothèses cette année. Le site d'Andranomanelatra à 1642 m d'altitude, comporte des parcelles qui sont traitées avec la boracine et d'autres qui ne sont pas traitées dans lesquelles sont mises en place des placettes avec coupes vent. Les résultats obtenus nous permettent de dire que la variété F161 est la variété la mieux adaptée, productive, résistante au maladie. E933, avec sa taille est appréciée ; elle produit moyennement mais se heurte au froid et aux maladies. F 154 est très sensible au germe fongique et ne supporte pas trop le froid. Le traitement bore permet d'éviter le risque de stérilité sur sol carencé en cet élément. Son apport est à conseiller mais en respectant la dose. En général, il réduit le nombre des grains vides et augmente le nombre de panicules par plante et celui des grains par panicules.

Mots clés : Madagascar, Vakinankaratra, riz pluvial d'altitude, stérilité, variétés, température, vent, bore.

SUMMARY

The culture of rice goes up again to very far, in the time of our forebears. Since, the traditional techniques predominate in the farmer's practice. Rice fields existed everywhere in provinces, but with the produced quantity, six big zones are kept as of the big producers and they supply regions with few productions. That is not sufficient to assure the food self-sufficiency and oblige the country to import rice to temporize the price in the market that doesn't quit increasing.

The arable surface extension is indebted to restructure the system of production: exploitation of *tanety*. Since some decades, farmer knew the pluvial rice but it has been put back because the cultivated varieties are not adapted to conditions ecological agro, in addition, the technical itineraries are not to his carried.

The FOFIFA and the CIRAD work whole in the URP-SCRID to promote the pluvial riziculture and the research of excellence as there associating the University of Antananarivo. Indeed, to Madagascar as in Africa the pluvial rice is exercised behind a reclaims, a roving technique that needs innovations. This program has been achieved in order to have varieties of pluvial rice adapted to the climatic risks, to illnesses and enemies, of varieties that are genetically productive and in short to be able to reduce to the minimum surround impacts.

Our work: test of reasons of sterility of three varieties of pluvial rice, is concentrated on factors that can affect the yield and the yield components. For the barrenness, it is especially the reproductive stadium that is most appreciable. These factors influence nevertheless in various vegetative stadiums. This work is concentrated in the effect of the temperature, the effect of wind and the defaulting or deficiency in boron.

The relatively low temperature at the time of reductionnal division drags the barrenness, also for the strong wind at the time of flowering. The defaulting in boron misleads the barrenness: case known on wheat.

We are tempted to materialize these hypotheses this year. The site of Andranomanelatra to 1642 ms of altitude, include parcels that are dealt with the boracine and another one that are not treated in which are setting up of places with cuts wind. The gotten results permit us to say that the variety F161 is better: adapted, productive, resistant to the illness. E933, with its size is appreciated; it produces fairly but knocks itself to the cold weather and illnesses. F 154 is very sensible to the fungal germ and don't support the cold weather too much. The treatment boron permits to avoid the risk of sterility on soil insufficiencies in this element. His contribution is to counsel but while respecting the dose. In general, it reduces the number of the empty grains and increases the number of panicles by plant and the panicles by grains.

Key words: Madagascar, Vakinankaratra, pluvial rice of altitude, sterility (barrenness), varieties, temperature, wind, boron.