

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES



DEPARTEMENT AGRICULTURE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES



CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DES RENDEMENTS
DE 2^{ème} SAISON DE LA DOUBLE RIZICULTURE PAR SRI
SOUS EXPERIMENTATIONS MULTIFACTORIELLES
(Cas des sols sableux de Morondava)

Présenté par :

RAJAONARISON Jean de Dieu

Promotion "SANDRATRA"

1994-1999

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce présent travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude, plus particulièrement à

-Monsieur René RABEZANDRINA, Docteur Ingénieur, Consultant international, chef du Département Agriculture pour ses précieuses directives et son dévouement durant notre formation et qui nous a fait l'honneur présider le Jury de ce mémoire. Veuillez agréer l'expression de notre sincère reconnaissance et notre respect.

-Monsieur Robert P. RANDRIAMIHARISOA, Docteur-ès Sciences. Professeur titulaire à l'Université, notre tuteur, qui a consacré beaucoup de son temps pour nous encadrer afin de bien mener ce travail vu ses

hautes et nobles fonctions. Veuillez retrouver ici le témoignage de notre reconnaissance d'avoir bien voulu être le rapporteur de ce mémoire.

-Monsieur Norman UPHOFF Professor of Government in CORNELL University, Director of CIIFAD, pour ses conseils dans la conception de ce mémoire. Veuillez retrouver ici nos vifs remerciements.

-Monsieur Glenn A.LINES , Directeur régional du programme LDI dans la région de Moramanga, qui nous a apporté ses précieuses contributions afin de mener à bien tous les travaux de recherche et d'avoir accepté parmi les membres de Jury. Veuillez accepter nos remerciements les plus sincères.

-Monsieur Sébastien RAFARALAHY, Ingénieur ICAM de Lille. Président de l'Association TEFY SAINA, qui a sacrifié un temps précieux pour honorer cette soutenance vu ses nombreuses occupations. Veuillez retrouver ici l'assurance de notre considération la plus distinguée.

-Monsieur ANDRIAMISAINA Wull Vernier Directeur de l' agriculture au MINAGRI qui a accepté d'être parmi les membres de Jury vu ses innombrables occupations. Veuillez agréer notre profonde reconnaissance.

Nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à

-Tous les enseignants et personnels de l'ESSA, particulièrement ceux du Département Agriculture qui nous ont fait bénéficier d'une formation satisfaisantes et de meilleurs conseils pour que nous portions l'image de cette école.

-M^{me} Mamy ANDRIAMBOLOLOMANANA, Coordinatrice du Centre B.A.O.B.A.B et tous les personnels de ce centre qui ont accepté de collaborer avec nous pour les besoins de l'essai.

-Monsieur Bède RATSIMBAZAFY, Enseignant à l'ESSA, pour ses aides et conseils sur l'interprétation des résultats statistiques.

-Toutes les personnes physiques et morales qui se trouvent dans la région où nous avons travaillé, pour les informations qu'elles nous ont fournies, ainsi que leur aimable collaboration.

-Notre famille, pour son soutien moral, matériel et financier.

Veuillez trouver ici le témoignage de notre profonde gratitude.

RESUME

L'objectif principal de la riziculture est d'atteindre l'autosuffisance en riz de la grande Ile. Il peut être cultivé dans toutes les régions où l'eau n'est pas un facteur limitant par sa grande plasticité. Nous avons expérimenté le SRI irrigué en 2^{ème} saison dans le Menabe pour améliorer la potentialité agricole de cette région. En effet, il y a un contraste dans cette zone : mauvaises caractéristiques pédologiques mais possibilité de double riziculture par la présence de DABARA.

Cependant, les riziculteurs ne profitent pas cette opportunité car en 2^{ème} saison, ils ont peur d'avoir un rendement médiocre et de l'existence virulente des maladies.

Cette étude porte sur l'analyse multidimensionnelle des différents facteurs du SRI tels que la fertilisation, la maîtrise d'eau, la variété, l'âge du plant à repiquer, l'écartement, le nombre de brins repiqués, le sarclage. Les résultats obtenus prouvent qu'on peut améliorer le rendement en saison TSIPALA généralement faible par rapport à celui de la saison VARY BE. Le meilleur résultat 7,5t/ha a été atteint par combinaison des facteurs suivants : maîtrise d'eau plus compost, repiquage à 8 jours avec écartement 25cm*25cm, sarclage 3 fois.

Les résultats de l'expérimentation en SRI nous confirment la nécessité de l'emploi du compost dans cette région où les sols dominants sont les ferrugineux tropicaux. Nous avons valorisé les déchets végétaux et animaux par le processus de compostage.

A la fin de ce rapport, nous pouvons avancer quelques propositions. Nous souhaiterons qu'elles contribuent à l'amélioration de la pratique de techniques de SRI dans cette région.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	
RESUME	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES ANNEXES	
GLOSSAIRE	
LISTE DES ABREVIATIONS	

INTRODUCTION.....	1
PARTIEI: GENERALITES.....	3
1-GENERALITES SUR LA REGION	13
11-Historique.....	13
12-Délimitation géographique.....	13
121-Délimitation Administrative.....	13
122-Délimitation de la zone d'étude.....	14
13-Milieu Physique.....	16
131-Climatologie.....	16
14-Le Relief.....	17
141-Géologie du sol.....	17
142-Pédologie du sol.....	17
143-Ressources en eau.....	18
144-Couvertures Végétales.....	18
15-Milieu humain.....	18
151-La population.....	18
16-Secteurs productifs.....	19
161-Secteurs agricoles.....	19
162-Secteurs miniers, industriel et artisanal.....	21
163-Secteurs commerces et services.....	21
2-GENERALITES SUR LA PLANTE.....	23
21-Aperçu général de la filière riz dans la région.....	23
211-Type de riziculture.....	23
212-Calendrier culturel.....	23
22-Botanique.....	24
221-Systématique.....	24
222-Les variétés existant dans la région du Menabe.....	24
22-Aspect morphologique.....	25
221-Organes végétatifs.....	25
222-Organes reproducteurs.....	25
23-Aspect physiologique.....	26
231-Phase de croissance.....	26
232-Phase de reproduction.....	26
233-Phase de maturation.....	26
24-Aspect agronomique.....	26
241-La résistance à la verse.....	26
242-L'égrenage.....	27
243-La résistance à la brisure.....	27
244 La translucidité.....	27
25-Les exigences culturelles.....	27
251-Exigences climatiques.....	27
252-Exigences édaphiques.....	27
26-Les ennemis du riz dans la région.....	28
261-Les mauvaises herbes.....	28
262-Les maladies et ravageurs.....	28
PARTIEII: ANALYSES DES FACTEURS DE RENDEMENT EN SRI ET PREPARATION DE COMPOST.....	30
1-LA LOI DE MINIMA.....	30
11-Minimum de jours.....	30
12-Minimum de pieds.....	31

13-Minimum d'herbes.....	31
14-Minimum d'eau	31
2- ITINERAIRES TECHNIQUES DES PAYSANS : DESCRIPTIONS ET ANALYSES.....	32
21-Les travaux rizicoles	32
211 Préparation des rizières	32
212-Planage.....	32
213-Pépinière.....	32
214-Repiquage.....	33
215-Sarclage.....	33
216-Moisson	33
217-Battage	33
218-Séchage et vannage	33
22-Les Principes et la préparation du compost à Morondava.....	34
221-Microbiologie.....	34
222-Les matières à composter.....	38
223-Les méthodes pratiques de compostage	39
224-Maturation du produit.....	39
225-Résultats et interprétation.....	40
3-LES FACTEURS DE BLOCAGE DU SRI	41
31-Les contraintes sur les activités de la population	41
32-Les problèmes économiques et matériels des paysans	41
33-Les problèmes d'ordre technique.....	41
PARTIEIII: EXPERIMENTATION.....	42
1-LES DONNEES SUR L'EXPERIMENTATION	42
11-Methodologie	42
12-Buts de l'expérimentation	43
13-Les moyens existants.....	43
131-Terrains d'expérimentation	43
132-Les matériels végétaux.....	45
14-Protocole d'essai.....	45
141-Les programmes d'essai.....	45
142-Les facteurs étudiés.....	47
143-Dispositif expérimental.....	47
PARTIEIV: INTERPRETATIONS DES RESULTATS ET SUGGESTIONS.....	50
1-CONSTATATIONS SUR TERRAIN.....	50
11-La maladie	50
12-Résultats de l'expérimentation	51
2-ANALYSE STATISTIQUE DES PARAMETRES ETUDIEES	52
21-Nature des données à analyser	52
22-Choix de la méthode	52
23-Principe des méthodes	54
24-Les techniques de l'analyse statistique en AFC et ACP.....	54
3-INTERPRETATION DES SYNERGIES DES VARIABLES DE TRAVAIL	56
4-INTERPRETATION PAR LES ANALYSES DES VARIANCES DU RENDEMENT	57
41-L'effet de la fertilisation.....	58
42-Effet de la maîtrise d'eau	59
43-Effet du traitement.....	60
44-Effet de la variété.....	61
45-Effet de l'interaction entre " Fertilisation – Variétés - Traitements "	61
46-Effet de l'interaction entre " Fertilisation - Maîtrise d'eau - Variétés ".....	63
47-Effet de l'interaction entre "Fertilisation - Maîtrise d'eau - Variétés - Traitements"	64
5-INTERPRETATIONS DES RESULTATS SUIVANT A.C.P	64
51-Matrice de corrélation	65
52-Graphe de corrélation	66
531-Projection des points nuages et des variables formés par l'axe 1,2	66
532-Projection des points nuages et des variables formés par l'axe 2,3	68
6-INTERPRETATIONS PAR A.F.C	68
61-Graphe de corrélation	68
62-Intéprétations des résultats suivant l'axe	72
621-La bonne performance des jeunes plants avec la bonne maîtrise d'eau	72
622- L'utilité de la variété améliorée en SRI en une saison peu rentable.	74
623-La nécessité de la fertilisation sous le sol pauvre.....	75
63-L'effet du sarclage.....	76

7-SUGGESTIONS.....	77
71-les techniques adoptées par les paysans.....	77
711-La préparation du sol	77
712-La rotation culturale	77
713-Emploi de la fumure	78
714-Pratique de la variété améliorée locale	78
715-Suggestions sur le compostage	79
72-Le renforcement de système de vulgarisation	79
721-L'amélioration d'un réseau de surveillance des ravageurs et des maladies du riz	79
722-Le choix de thème à vulgariser	80
CONCLUSION GENERALE.....	73
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données Météorologiques de la région.....	16
Tableau 2 : caractéristiques de la culture sèche.....	20
Tableau 3 : Quelques données sur la riziculture.....	23
Tableau 4 : Différentes techniques adoptées par les paysans	23
Tableau 5 : Calendrier cultural du riz dans la région du MORONDAVA.....	24
Tableau 6 : classification du riz	24
Tableau 7. Les mauvaises herbes rencontrées durant l'expérimentation	28
Tableau 8 : Les ravageurs et les maladies.....	29
Tableau 9: Les organismes du compostage.....	35
Tableau 10 : Les proportions des matières à composter adoptées à Morondava	38
Tableau 11 : Résultats d'analyses de 2 échantillons de COMPOST	40
Tableau 12 : Caractéristique du terrain A	43
Tableau 13 : Caractéristiques du terrain B	44
Tableau 14 : Caractéristiques des variétés utilisées	45
Tableau 15 : Matrice de corrélation des variables.....	56
Tableau 16 : Tableau d'analyse de variance	58
Tableau 17 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de la fertilisation	58
Tableau 18 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de la maîtrise d'eau	59
Tableau 19 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet du traitement.....	60
Tableau 20 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de la variété.....	61
Tableau 21 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de l'interaction entre " Fertilisation- Variétés- Traitements "	62
Tableau 22 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de l'interaction entre " Fertilisation - Maîtrise d'eau - Variétés "	63
Tableau 23 : Matrice de corrélation totale.....	65
Tableau 24 : Regroupement des individus et des variables suivant l'axe n°1 ²	72
Tableau 25 : Regroupement des individus et des variables suivant l'axe n°2.....	73
Tableau 26 : Regroupement des individus et des variables suivant l'axe n°3.....	75
Tableau 27 : Effet des sarclages sur le rendement.....	76
Tableau 28 Production en riz en fonction du moment et du nombre de sarclages	77

LISTE DES FIGURES

Figure1 : Répartition des sous préfectures selon leur taille (leur superficie cf. Annexe 1).....	13
Figure2 : Localisation de la zone d'études	15
Figure 3 : Courbe ombrothermique de Gaussen.....	16
Figure 4 : Corrélations des facteurs du rendement en SRI	30
Figure 5 : Processus de compostage.....	34
Figure 6: méthodologie de travail.....	42
Figure 7 : Courbe de moyenne des rendements en fonction des facteurs étudiés chez le riz blanc	51
Figure 8 : Courbe de moyenne des rendements en fonction des facteurs étudiés chez le riz rouge.....	51
Figure 9: Choix de la méthode d'interprétation	53
Figure 10: Plan de corrélation formé par l'axe1,2 en A.C.P	66
Figure 11: Plan de corrélation formé par l'axe1,2 en A.F.C	70
figure 12 : Plan de corrélation formé par l'axe 1,3 en A.F.C.....	71

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Superficie des sous-préfectures
ANNEXE 2 : La Situation du réseau hydro -agricole du DABARA
ANNEXE 3 : Classification pédologique du sable roux (Extrait cours pédologique)
ANNEXE 4 : La répartition de la population dans la zone d'étude en 1999
ANNEXE 5 : Les produits de la pêche de la région en 1998
ANNEXE 6 : Exportation en provenance de Morondava
ANNEXE 7: lieux touristiques de la région
ANNEXE 8 : Rentrée de devises du secteur tourisme à Morondava en 1999
ANNEXE 9: Caractéristiques des variétés cultivées dans la région
ANNEXE 10 : Enseignement de KATAYAMA
ANNEXE 11 : Analyses chimiques des matières premières utilisées en compost
ANNEXE 12 : Utilisations de RANOMENA en riziculture.
ANNEXE 13: Résultats de l'expérimentation
ANNEXE 14: Analyses statistiques

GLOSSAIRE

Aristé:	Muni d'une arête.
Aérobic:	Présence d'oxygène.
Bractée:	Petites feuilles souvent modifiées associées à la fleur ou à l'inflorescence.
Capacité d'échange des cations ou de base:	La totalité des cations pouvant être adsorbée par le sol par échange des cations, exprimée généralement en milliéquivalents par 100 grammes.
Cespiteuse:	en touffes denses et compactes (chaumes dressés).
Engorgement:	Saturation d'eau.
Epi:	Inflorescence la plus simple chez les graminées et les cypéracées.
Glabe:	Dépourvu de poils.
Glomérules:	Inflorescence globuleuse de fleurs à pédicelle très courtes issues d'un même niveau.
Glumes, glumelles:	Pièces constitutives de l'épillet
Humification:	Le processus qui aboutit à la formation d'humus.
Humus:	Matière organique complexe et stable résultant de la décomposition de la matière végétale et animale.
Irrigation:	Application contrôlée d'eau
Lessivage:	entraînement en profondeur des substances organiques ou minérales par l'eau des pluies ou d'irrigation.
Ligule:	Membrane ou ligne de poils se trouvant à la jonction du limbe avec de la gaine sur la surface supérieure (ou intérieure) de la feuille des graminées ; sert souvent comme clé de la détermination des espèces à l'état végétatif.
Mésophile:	Habilité à se développer dans un milieu modérément chaud.
Nitrification:	transformation par des bactéries du sol des composés organiques azotés, nom assimilables par les plantes vertes, en nitrates assimilables.
Minéralisation:	Libération des minéraux par la décomposition des matières végétales ou animales
Pétiole:	Partie différenciée de la feuille qui porte le limbe qui, à maturité s'ouvre par les valves ou fentes
pH:	Mesure de l'acidité ou de l'alcalinité
Phyllochrones:	Cycle d'apparition de deux feuilles successives après absorption d'une quantité de chaleur.
Psychrophile:	Capable de se développer à basse température.
Racème:	Inflorescence de fleurs diversement pédicellées le long d'un axe simple, par extension les ramifications d'une panicule.
Tas:	une masse de débris en compostage
Thermophile:	capable de se développer à haute température.

LISTE DES ABREVIATIONS

B.A.O.B.A.B:	B âtir un A venir avec des O utils B io sur l' A griculture de B ase
B.D.:	B ases D éplaçables
C.F.P.F:	C entre de F ormation P rofessionnelle F orestière.
C.V:	C ovariance
C.I.R.P.V.	C irconscription de la P rotection des V egetaux
C:	C arbone
CIRAGRI:	CIR conscription de l' AGR iculture
CIREL:	CIR conscription d' E levage
Ddl :	D egré de liberté
E.S.S.A:	E cole S upérieure des S ciences A gronomiques d' A ntananarivo
E.T:	E carts T ypes
FO.FI.FA :	F oibe F ikarohana momba ny F ambolena
ha:	hectare
m:	mètre
m²:	mètre carré
meq:	m illi é quivalent
N₂:	molécule d'azote
N₂O:	oxyde nitreux
NH₄⁺:	ion ammonium
R.N	R oute N ationale
P.P.A.S:	P lus P etite A mplitude S ignificative
S.C.E:	S omme des C arrés des E carts
SRI:	S ystème de R iziculture I ntensive
t/ha:	tonne par hectare
T°:	T empérature
TAFA :	T any sy F ampandrosoana

INTRODUCTION

La filière riz revêt une importance stratégique à Madagascar. Le rendement est encore faible. Les techniciens l'estiment proche de la tonne que de deux tonnes à l'hectare, soit à un niveau similaire à celui observé il y a 50ans. Alors que les malgaches sont de gros consommateurs de riz, et de plus on en importe encore.

Certes, les rendements peuvent varier d'une zone rizicole à une autre. Cette variation dépend des méthodes de cultures pratiquées. On constate que la riziculture de submersion est plus importante que la riziculture sur tanety au point de vue superficie.

En 1965, le Malgache a eu presque son autosuffisance en riz pour 49 semaines sur 52. Puis dans les années 1980, celle-ci a été réduite à 45 semaines. Actuellement les statisticiens craignent de voir cette autosuffisance tomber à 28 semaines.

Cette situation est due principalement à une quasi-stagnation de la production agricole et rizicole en particulier. D'autre part, la croissance démographique atteint un taux de 2,8% nécessitant un besoin supplémentaire en riz, même si les besoins quotidiens annuels des Malgaches sont passés de 167kg à 113kg/personne/an de 1973 à 1998.

Pour combler ce déficit, on peut, soit aménager des rizières supplémentaires soit augmenter la production à l'hectare. Nous disposons de 63% de terres cultivables alors que 6% seulement en sont exploitées dont les 2,4% en riz. La mécanisation de la riziculture reste faible à cause du pouvoir d'achat des paysans. Ainsi l'expansion de la riziculture repose sur le potentiel familial et le recours aux salariés comme main d'œuvre.

Cette augmentation peut être obtenue par l'amélioration de la production en utilisant intensivement des fumures et d'autres intrants. Par ailleurs la maîtrise des techniques de SRI des problèmes phytosanitaires et des mauvaises herbes permettra-t-elle de solutionner ce problème?

Nous avons choisi la zone de Menabe pour réaliser les essais sur SRI. Cette région bénéficie de conditions favorables à la double riziculture annuelle. Parmi les différents outils pour intensifier la production rizicole, on note l'importance de l'irrigation et des aménagements hydroagricoles comme étant des facteurs limitants. La construction du canal de DABARA a permis à la plaine de Morondava de devenir un des centres rizicoles. Les possibilités de maîtrise d'eau et les facteurs climatiques favorables constituent des atouts pour l'augmentation du rendement du SRI sans penser à augmenter les surfaces cultivées.

Compte tenu des résultats satisfaisants pour le SRI, obtenus dans beaucoup d'endroit de Madagascar, ROCHFELER foundation en collaboration avec CORNELL University (U.S.A) qui a créé le consortium, finance des travaux sur le SRI dont celui que nous avons entrepris dans la région du Menabe, en partenariat avec l'Association Tefy Saina, le département Agriculture de l'E.S.S.A et le FO.FI.FA Fianarantsoa.

Au cours de ce mémoire, nous avons expérimenté les principales variables qui vont influencer le rendement du SRI à savoir: l'âge et le nombre de brins de plants à repiquer, le sarclage, la maîtrise d'eau, la fertilisation chimique et organique et les variétés sur une superficie de 30 ares.

Ce document traite 4 parties :

Dans la première partie, nous présenterons la zone d'étude et la plante dans le but de connaître les données de base

Dans la deuxième partie, nous étudierons les facteurs de rentabilité en SRI.

La mise en place de l'expérimentation que nous proposons d'étudier dans la troisième partie, amènera à connaître les facteurs étudiés et les variables à observer.

La quatrième partie est consacrée à l'interprétation des résultats et les interventions possibles pour mieux rentabiliser l'application du SRI dans la région du MENABE.

I-GENERALITES

1-GENERALITES SUR LA REGION

11-Historique

Le Royaume Sakalava a été fondé au XVII^e siècle par des immigrants venant du sud de Madagascar, suite à la segmentation de la dynastie MAROSERANANA dont on trouve une des racines dans le sud-Est de Madagascar. Ces immigrants s'installaient entre la rivière MANGOKY au sud et celle du MANAMBOLO au Nord.

Les dynasties du Menabe ont perdu leur puissance dès le XIX^e siècle. Le culte dynastique du bain des reliques du Bélo-sur –Tsiribihina, traditionnellement annuel, ne fut autorisé à être célébré que tous les 10 ans depuis la colonisation.

Au cours du XIX^e et XX^e siècle, la région du Menabe devient une région multiethnique par le biais de la conquête et de l'immigration. D'abord, au XIX^e siècle comme la plupart des zones côtières, le Menabe était soumis par l'armée merina. Cette période est marquée par l'arrivée des étrangers dominant sur le plan politique et économique, entre autres les Européens, Comoriens et Indopakistanaï. Puis, après l'indépendance, les affaires sont remises entre les mains des nationaux.

12-Délimitation géographique

La région naturelle du MENABE se situe entre les 19° et 20° de latitude sud et entre 44° et 45 ° de longitude est. C'est une région côtière du sud-ouest de Madagascar couvrant une superficie de plus de 46.000 km², soit 7,8 % de la superficie totale de l'île.

Elle constitue un vaste ensemble qui s'étale globalement entre les fleuves de Mangoky et Manambolo. Et à l'intérieur du quel, la plaine de MORONDAVA fait partie du Menabe Central, limitée:

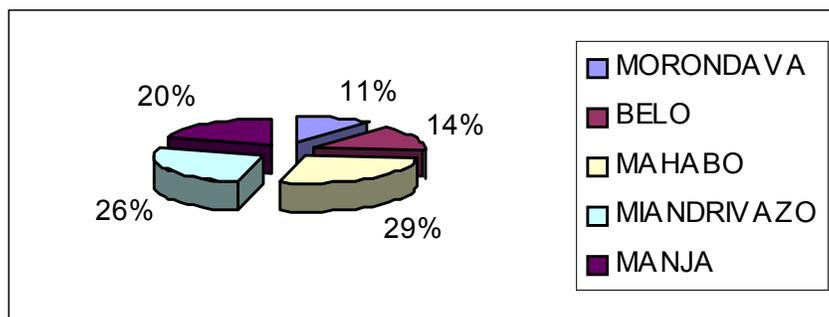
- au nord, par la rivière ANDRANOMENA
- au sud, par le fleuve MORONDAVA et son affluent, la KABATOMENA
- à l'ouest, par le canal de Mozambique
- à l'est par le massif centrale d'origine gréseuse.

Le réseau DABARA dessert environ 8.000 hectares de rizières sur 11.000 hectares que comptent la plaine. Le reste est alimenté par les rivières ANDRANOMENA.

121-Délimitation Administrative

La figure suivante montre les 5 sous préfectures qui forment le fivondronana du Morondava.

Figure1 : Répartition des sous préfectures selon leur taille (leur superficie cf. Annexe 1)



Source = ATLAS Madagascar

Le Chef-lieu du fivondronana se situe à 600 km d'Antananarivo. Il est relié à la capitale par la R.N 7 jusqu'à Antsirabe, et de là, par la RN 34 jusqu'à Malaimbady, et de Malaimbady à Morondava, par la RN 35.

122-Délimitation de la zone d'étude

La plaine de MORONDAVA, d'après le réseau hydroagricole de DABARA (cf. **Annexe2**) est subdivisée en 3 zones :

- *Zone AMONT avec MAHABO comme centre de rayonnement
- *Zone Intermédiaire (autour d'Analaiva)
- *Zone de Delta avec MORONDAVA comme centre de rayonnement

Le périmètre d'action du centre B.A.O.B.A.B objet de la présente étude, se trouve dans le fokontany de MAROFOTOTRA. Il est situé à 15 km à l'est du chef lieu du fivondronana dans la commune rurale BEMANONGA. Son domaine a une superficie d'environ 69 hectares à proximité de la plantation de canne à sucre de la SUCOMA (ex. SIRANALA). Cette dernière se trouve dans la zone intermédiaire.

C'est un centre de diffusion de l'intensification agricole dans la région. Il travaille avec les organismes de développement rural en occurrence l'ONG TAFI comme centre de démonstration (test du semis direct, zéro labour, paillage vivant ou mort). Les objectifs principaux du centre sont d'augmenter la production agricole de base d'une part et d'avoir des produits biologiques, d'autre part.

Concernant la riziculture, 0,30 sur 0,69ha sont des rizières. Elles ne sont pas exploitées totalement en une saison : une moitié est cultivée pendant la première saison et une autre pendant la deuxième. Les conditions de culture sont la pratique du SRI et l'utilisation du compost. Au total, une trentaine de paysans y sont encadrés par 4 moniteurs. Un paysan peut exploiter 0,25ha en une saison rizicole.

La figure 2 suivante nous montre la localisation de la zone d'étude

Figure2 : Localisation de la zone d'études

13-Milieu Physique

131-Climatologie

Le tableau suivant nous montre les caractéristiques climatiques de la région de Morondava. Les chiffres indiquent les moyennes des données au cours des 10 dernières années (1988 – 1997)

Tableau 1 : Données Météorologiques de la région

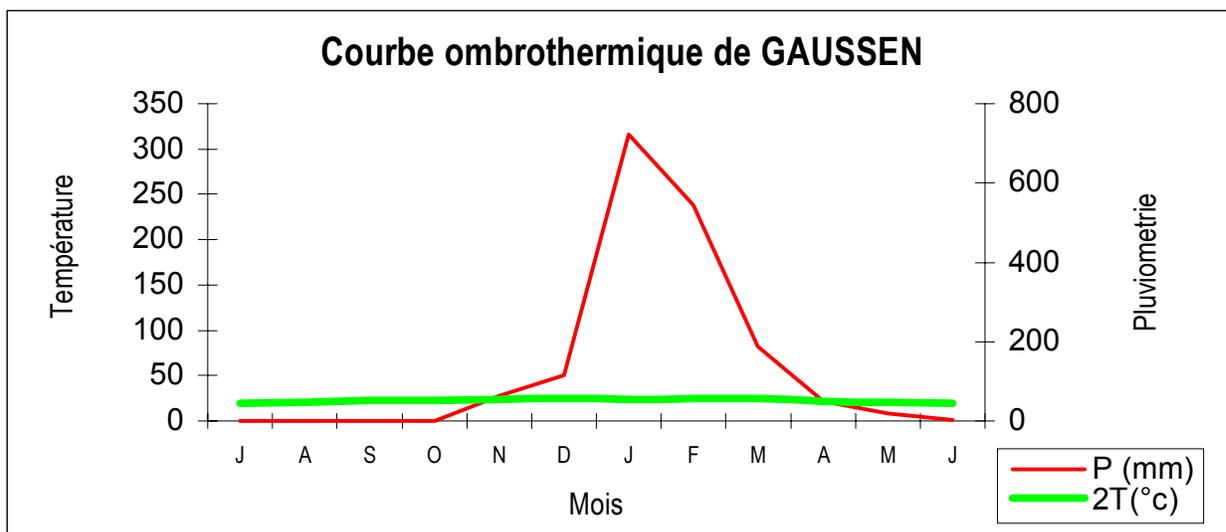
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Pluviométrie (mm)	316	238	82	22	8	1	0	0,2	0,2	0,3	28	50	745,7
Nombre J de pluie	1,7	12	6	2	1	0,3	0	0,3	1	0,2	0,3	8	48
T° Maxima° moyenne	31,8	31,9	32,5	32,2	30,9	29,7	29,4	29,4	29,9	30,9	31,9	32,2	31
	27,1	27,8	27,7	25,1	23,1	22,3	22,7	23,6	25,3	25,9	27,2	27,9	254
T° minima Moyenne	23,9	23,6	22,9	18	15,4	14,8	14,5	17,8	20,7	20,8	22,4	23,5	19,86
Hygrométrie%	79,2	80,4	78,5	76	73	69,9	68,2	70,6	73,2	73,9	73	73,9	

Source : Direction de la Météorologie d'Ampandrianomby

Ces données climatiques nous ont permis de réaliser la courbe ombrothermique de GAUSSEN. On porte en abscisse les mois de l'année en commençant par le mois le plus froid ; et à l'ordonnée, à gauche les températures exprimées en °C, puis à droite les précipitations en mm. L'échelle de la température est la double de celle des précipitations.

Tout point de la courbe ombrothermique qui se trouve en dessous de la courbe thermique, c'est à dire $P < 2T$ est considéré comme mois humide.

Figure 3 : Courbe ombrothermique de GausSEN



Dans l'année, nous retrouvons les 3 saisons écologiques de la côte ouest :

- Une saison chaude et pluvieuse de 4 à 5 mois : novembre-mars, décembre-avril, ou décembre à mai
- Une saison fraîche et sèche : avril-août
- Une période d'environ deux mois caractérisée par le retour de la chaleur en septembre, les premiers orages en octobre et la reprise de la végétation.

a) température

Les températures sont toujours supérieures à 20 °C, même aux mois les plus froids (juin-juillet). La température moyenne annuelle enregistrée est de 25,4 °C. La moyenne des maxima est de 31°C, et celle des minima 19,8°C.

b) Pluviométrie

Dans l'année, les pluies tombent généralement entre décembre et mars. Elles diminuent à partir du mois d'avril. Les mois suivants se caractérisent par une chute rapide de la précipitation et la raréfaction des jours de pluies. On constate une certaine augmentation dans le sens ouest-est avec une meilleure fréquence.

La région reçoit 745 mm de pluie par an. Généralement la moyenne annuelle pour 80 années donne 767 mm/an avec un maximum de 1146 mm/an et un minimum de 300 mm/an (Fiche technique C.F.P.F N° 12 Morondava).

c) Humidité

Dans le bloc ouest, la sécheresse s'accroît d'Antsiranana à Morondava et s'atténue dans la direction est.

Le climat de la région est surtout influencé par le régime des moussons d'été qui déverse des pluies de caractère orageux pendant la saison chaude (novembre-mars). Les vents d'Alizés déchargent leur humidité par leur passage sur les régions centrales et le massif de Bongolava. Ceci explique une saison sèche pendant 7 à 8 mois au Menabe. En effet le climat est classé comme climat tropical sec.

d) Vents

En plus de la chaleur, le vent modéré constitue un des facteurs favorisant l'évapotranspiration bien que la région souffre déjà d'un déficit hydrique. Il souffle assez fort en fin de la saison sèche où la végétation, les fleuves, et les rivières sont presque desséchés.

En haute mer, il y a l'existence d'un vent périodique qui souffle du nord au sud en saison de pluie et le fait inverse en saison sèche.

14-Le Relief

141-Géologie du sol

La région est constituée en général de couches sédimentaires reposant certainement sur des socles cristallins. Ces derniers sont généralement du gneiss et des migmatites renfermant des micaschistes et des cipolins. Les formations sédimentaires attribuées au Pliocène sont formées de gneiss avec des inclusions de dépôts lagunaires et marins.

Ces formations sont normalement recouvertes de nappe alluvionnaire récente, sablo argileuse.

142-Pédologie du sol

L'étude de la carte pédologique de Madagascar, édition **ORSTOM** Tananarive, montre une prédominance nette des sols ferrugineux tropicaux sur l'ensemble de la préfecture.

Les caractères pédologiques de la plaine de Morondava à partir des réseaux hydro-agricoles de DABARA se présentent comme suits:

ZONE AMONT :

La zone de Mahabo – Ankilivalo est loin d'être homogène, on peut distinguer du sud au nord :

- Des alluvions riches à nappe phréatique peu profonde
- sols filtrants à dominance argileuse et des sols relativement filtrants, à dominance sableuse
- Sols à dominance limoneuse possédant une vocation nette pour la culture du coton.

ZONE INTERMEDIAIRE (zone d'étude : autour d'Analaiva)

Les sols de cette zone sont composés de sable roux (**caractéristiques cf. Annexe 3**) très peu aptes à la riziculture exigeant d'énormes quantités d'eau pour les saturer et maintenir une lame d'eau à la surface.

ZONE DELTA

A part les buttes de carapace sableuse qui portent des sol ferrugineux tropicaux non lessivés, la totalité des sols de Delta est formée par des sols d'apport (alluvions brutes ou peu évoluées formant les sols de baiboho) et par des sols hydromorphes.

La bordure littorale du canal de Mozambique est formée des sols halomorphes : sols gris salés.

143-Ressources en eau

Le réseau hydrographique prend une place très importante à cause de l'insuffisance pluviométrique dans cette région. On peut voir 3 grandes rivières:

- ▶ La Morondava qui arrose la partie centrale de la sous-préfecture de Mahabo.
- ▶ La Kabatomena qui est, elle-même, un bras de la Morondava et qui se déverse un peu au sud de la ville.
- ▶ Maharivo qui inonde une très grande superficie, permettant la mise en culture de très vastes surfaces de baiboho.

Notons les périmètres hydroagricoles de DABARA de Morondava et de Mahabo. Ils sont alimentés en eau par la rivière de Morondava.

144-Couvertures Végétales

Du littoral vers l'intérieur du pays, on rencontre des :

- Forêts de palétuviers ou plantes épineuses rappelant le grand sud bordant le canal de Mozambique, respectivement propice à la chasse aux crabes et aux pintades.
- Forêts denses et sèches caducifoliées comportant des essences de haute valeur commerciale et des caractères biologiques particuliers.
- Forêts de Baobab, les arbres à l'envers (*Andansonia sp.*), le tamarinier (*Tamar Indus Indica*) le jujubier (*Zazibus Jujuba*) et quelques palmiers (*Borassus flabellifera*, *phoenix ruclinata*) restent les formations végétales les plus typiques de la région.

Et tous les lacs sont bordés de roseaux.

15-Milieu humain

151-La population

a) Répartition

La sous-préfecture de Morondava abrite, sur 5115 km², quelque 130.864 habitants, soit une densité de 26 habitants par km². Elle est de loin la plus peuplée de la région.

- Aussi bien dans le milieu urbain que dans le milieu rural, on constate qu'il y a plus de femmes que d'hommes. Par contre, dans le fokontany MAROFOTOTRA, les deux sont en proportion à peu près égale.

- Quels que soient les milieux urbains ou ruraux, la population active de plus de 15 ans est dominante. Le taux est toujours supérieur à 50 %, sauf dans la zone d'étude où les enfants dominent.

- Le taux de croissance de la population d' environ 1,5% n'est pas élevé aussi bien dans le milieu urbain que rural par rapport à la croissance de 2,8% national. (**Caractéristiques de la population cf. Annexe 4**).

b) Groupes Ethniques

La région est une zone de migration caractérisée par une population hétérogène du point de vue ethnologique.

Le Menabe central est une région dominée par l'ethnie SAKALAVA. Les Sakalava du Menabe se répartissent en 2 groupes socioculturels : les Vezo et les Masikoro. Quant à la distribution au sein du Menabe, les Sakalava Vezo dominent le littoral, puis les Sakalava Masikoro occupent le centre, viennent après les Bara du Menabe, localisés dans la partie-est suivant l'axe Mahabo-Mandabe.

Le Menabe manquant chroniquement de bras , malgré l'importation de main d'œuvre MAKOA, accueille très tôt les ANTESAKA du sud-est qui leur sont apparentés puis les ANTANDROY, les MAHAFALY et les ANTANOSY viennent compléter cette main d'œuvre agricole. Les BETSILEO et les MERINA occupent tous les secteurs économiques.

c) Mouvement Migratoire

La zone de planification de Morondava est traditionnellement une zone d'accueil comme tout le sud-ouest. Les migrations historiques les plus importantes sont les ANTESAKA, les BETSILEO, les BARA.

Les immigrations sont ponctuelles ou s'équilibrent avec les départs. Seule la région Belo/Tsiribihina semble être le théâtre d'une immigration incessante dans les plaines alluviales de la Tsiribihina.

Deux facteurs principaux incitant à la ruée vers l'ouest :

- la potentialité de troupeaux de bovins dans cette région.
- l' existence d'une plaine alluviale très riche en agriculture.

d) Cultes, Us et Coutumes

Dans ce cadre, la population de la région est dominée par les conservateurs qui sont de l'ordre de 50 %, suivis des chrétiens à 30 % et en dernière position les musulmans à 20 %.

Chaque groupe ethnique possède ses propres religions et croyances mais le point commun reste " *le culte des Ancêtres* ".

16-Secteurs productifs

161-Secteurs agricoles

La population paysanne représente 83 % de la population de Morondava. Les cultures pratiquées par les agriculteurs dépendent du type de parcelles dont ils disposent. A part le riz, les paysans pratiquent d'autres spéculations.

a) Les autres activités agricoles

Cultures vivrières sèches

Elles sont pratiquées surtout en saison pluvieuse complétant les ressources alimentaires.

Tableau 2 : caractéristiques de la culture sèche

Type de culture	1997			1998			1999		
	Surface (ha)	Production (t)	Rendement (ha)	Surface (ha)	Production (t)	Rendement (Ha)	Surface (ha)	Production (t)	Rendement (t/ha)
Maïs	7055	8466	1,2	6974	10461	1,4	9072	18024	2
Haricot	2100	2520	1,2	1810	2534	1,4	2180	2834	1,3

Source : CIRAGRI MORONDAVA

- L'augmentation du rendement en maïs est due à l'effort du Projet National Maïs (P.N.M) fournissant des semences améliorées, des intrants, des petits matériels agricoles. Mais le problème est la pratique du Hatsake (culture sur brûlis) qui détruit la couverture végétale.
- Pour le haricot, aucun appui n'est effectué sur cette spéculation d'où la stagnation ou même la diminution du rendement et des surfaces.
- Enfin, les pois du cap qui sont cultivés sur les terres alluviales mais ils subissent un déclin dû à la présence de la variété " *Mena Maso* " non apprécié par les importateurs.

Les cultures industrielles

- Le tabac, est depuis longtemps, la culture industrielle prédominante dans la région. Cultivé principalement sur les terres alluviales, il est aujourd'hui en nette régression.
- Le coton a subi le même sort que le tabac car sa culture a été complètement abandonnée par les paysans par sa faible rentabilité.
- La culture arachidière est surtout importante dans la vaste étendue sableuse qui s'étend entre la rivière Morondava et le fleuve Mangoky. Toutefois, la production au sein de la zone est en nette régression du fait de l'absence de débouchés.
- Enfin, la région est propice à la culture de canne à sucre. La SUCOMA (ex-SIRANALA) s'étend sur une superficie de 2500 hectares qu'elle n'arrive pas à planter entièrement car DABARA ne débite pas suffisamment d'eau.

b) Elevage

Le secteur élevage n'est pas négligeable, même si la plupart du temps, ce sont les agriculteurs eux-mêmes qui sont les éleveurs. Il s'agit d'un élevage de type extensif avec prédominance de l'élevage bovin.

Selon les chiffres relevés dans le recensement fait par le CIREL Morondava en 1998, la zone compte 296.497 bovins, 11.8290 caprins, 16.090 porcins, 6.900 ovins et 1.765.000 volailles.

- A chaque cérémonie d'ordre politique ou religieuse, les bœufs sont toujours nécessaires. C'est l'une des formes d'exploitation du cheptel bovin.
- Motivés par le " Fady ", les Sakalava et Vezo ne pratiquent pas l'élevage ovin qui ne fait que régresser toujours, pour disparaître.

- L' élevage porcin est moins pratiqué à cause des coutumes ancestrales.
- L' aviculture est pratiquée par la grande majorité de la population. On note la réputation de Morondava par l'élevage des *AUTRUCHES AEPIORNYS*.

d) Les activités prédatrices

La pêche

■ La pêche maritime reste principalement l'activité des Vezo qui utilisent encore des méthodes traditionnelles. Les produits alimentent essentiellement les marchés nationaux et en partie, l'exportation. Les produits en 1999 sont estimés à 633,784 tonnes.

■ La pêche continentale occupe une place non négligeable dans les zones non touchées par l'assèchement des rivières et des marécages comme dans les fivondronana de Belo-sur-Tsiribihina et de Miandrivazo avec une production de 54,535 tonnes en 1999 (cf. **Annexe 5**).

La majeure partie de la capture est transformée par des techniques de salage, séchage et fumage, parce que le climat de la région oblige les pêcheurs à les faire. Ainsi le développement de la pêche maritime au sein de la zone est conditionné par l'installation de la pêcherie du Menabe dont la plus importante est sans conteste l'existence de chambres froides permettant l'exportation des produits. Les pays destinataires sont la France et la Grande Bretagne. **Les exportations réalisées en 1998, en provenance de Morondava, sont indiquées dans l'annexe 6.**

Culture et chasse

■ Les fruits sauvages sont cueillis dans les pâturages et les tubercules existants dans la forêt, sont déterrés pendant la saison de pluie.

■ Les produits de la chasse tels que les sangliers, les oiseaux sauvages et les tenrecidae ou trandraka constituent les sources de protéine de la population.

Les sangliers sont chassés pendant toute l'année, les oiseaux sauvages pendant la saison sèche. Par contre, les trandraka sont capturés pendant la saison des pluies.

162-Secteurs miniers, industriel et artisanal

D'une manière générale, les informations concernant les ressources minières de la zone restent minimes. Par conséquent, la quantification de la production n'est pas possible. La région possède 2 zones bien distinctes concernant les ressources minières :

- La zone basse en contact avec les sels marins où la minéralisation est quasi- absente. Il n'y a pas de produits minéraux dans cette zone. Par contre, les produits pétroliers existent mais d'une puissance réduite.
- La zone haute vers les hautes terres. Plus on monte en hauteur, plus le sous-sol dispose d'or en paillettes. Avec 50 kg de sable on peut avoir facilement 1g de pépites.

L' activité industrielle, concentrée dans les Fivondronana de Morondava et de Mahabo, est représentée par une sucrerie, une distillerie de rhum, une huilerie savonnerie et trois fabrication de meubles. En plus de ces industries, la zone dispose de plusieurs décortiqueries de type artisanal réparties dans les différents fivondronana.

163-Secteurs commerces et services

La zone de planification de Morondava regorge de potentialités touristiques liées à la géographie et à l'histoire du Menabe (cf. **Annexe 7**). Sa biodiversité la classe aussi parmi les zones touristiques ressources dans l'Océan Indien. Les sites et les curiosités qui peuvent attirer les touristes sont nombreux. Le

secteur tourisme nous a apporté environ 595.848.597 fmg durant les mois de juillet, août, septembre favorables à cette activité en 1999 (cf. Annexe 8).

Le commerce en pays sakalava reste longtemps entre les mains des Antalaotse (groupe Islamisés) et des Indiens. Les marchés dans le fivondronana servent au ravitaillement des populations locales. La collecte des produits se fait directement auprès des producteurs.

Concernant le transport, la Tsiribihina par voie fluviale est l'unique voie accessible qui assure la liaison de Miandrivazo et Belo. Un seul axe bitumé canalise les échanges du Menabe vers les hautes terres. Enfin, l'importance du transport aérien due à la fois à la position excentrée de la zone de Morondava et au mauvais état des infrastructures routières.

CONCLUSION PARTIELLE

L'enclavement freine l'écoulement des produits. Le sous-peuplement et la faible maîtrise d'eau constituent autant de facteurs limitant pour le développement des activités agricoles. Pourtant, la région possède une importante superficie pouvant recevoir diverses cultures : vivrières, de rente et d'exportation. L'agriculture, l'élevage, et le tourisme demeurent des activités rentables dans la zone.

Enfin, les pêches maritime et continentale occupent une place relativement importante par la présence des lacs (ranovory) et de zone littorale.

2-GENERALITES SUR LA PLANTE

21-Aperçu général de la filière riz dans la région

A l'origine, le Menabe est une région d'éleveurs des zébus et la riziculture a été introduite au début du XIX^e siècle par les migrants venus des hauts plateaux.

211-Type de riziculture

Deux types de cultures sont pratiqués dans la région :

- La riziculture en submersion permet de réaliser 2 saisons annuelles: le **vary tsipala** ou riz de **saison des pluies** (semis en novembre, repiquage en décembre Janvier et récolte en avril mai) et le **vary be** ou riz de **saison sèche** (semis en juin, repiquage en juillet et récolte en octobre ou novembre).
- La riziculture de décrue pratiquée dans les lacs ou ranovory qui résulte d'un phénomène de débordement des fleuves sur des zones basses (lacs de la basse Tsiribihina et de Bemarivo) en période de crues. En saison sèche, les lacs se vident progressivement et leur exploitation se fait au fur et à mesure que l'eau existe encore avant son retrait.

Tableau 3 : Quelques données sur la riziculture

DESIGNATION	1997	1998	1999
Surface cultivée (ha)	33.341	39.133	42,455*
Production (tonnes)	73.520	93.920	106.138
Rendement (tonnes)	2,2	2,4	2,5

Source : CIRAGRI MORONDAVA

L' évolution de la surface rizicole prouve l'ampleur des surfaces cultivables. Les paysans ont tendance à pratiquer la riziculture traditionnelle, mais de nombreux projets de développement dans cette région, ont en commun, un thème " *AUGMENTER LE RENDEMENT EN VUE D'AUGMENTER LA PRODUCTION* ", passant de 2,2 t/ ha à 2,5t/ ha. Ceci est dû à l'adoption des techniques citées ci-dessous :

Tableau 4 : Différentes techniques adoptées par les paysans

	NOMBRE DES ADOPTANTS	SURFACE (HECTARES)
Plantes jeunes et repiquage en ligne	6.075	3645
SRI	412	136
Sarclage mécanique	412	1236
Application Azolla	434	227

Source : CIRAGRI MORONDAVA

212-Calendarier cultural

Le calendrier cultural n'est pas définitif pour cette région mais varie d' un milieu à un autre. Les paysans cultivent quand ils veulent , en fonction de leur disponibilité, de leur budget. Le tableau 5 nous montre un calendrier partiellement adopté dans cette zone.

Tableau 5 : Calendrier culturel du riz dans la région du MORONDAVA

Saison	Opérations	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Dec
VARYBE	Semis						←→						
	Repiquage							←→					
	Entretiens								←→				
	Récolte										←→	←→	←→
TSIPALA	Semis										←→	←→	←→
	Repiquage	→											←
	Entretiens	←→											
	Récolte				←→								

Source : L'auteur

22-Botanique

221-Systématique

Le riz est une herbe annuelle à tige creuse dressée touffue, à racines fibreuses fasciculées

Tableau 6 : classification du riz

REGNE	VEGETAL
SOUS-REGNE	EUCARYOTES
EMBRANCHEMENT	PHANEROGAMES
SOUS- EMBRANCHEMENT	PHANEROGAMES
CLASSE	MONOCOTYLEDONES
ORDRE	LUNIFLORES
FAMILLE	GRAMINEES
SOUS-FAMILLE	POO DIDEAE
TRIBU	ORYZEAE
GENRE	ORYZA Lin
SECTIONS	Sativa ROSCHEV
ESPECE	Indica/Japonica
VARIETE	Plus de 5000 variétés, à majorité de riz blanc

222-Les variétés existant dans la région du Menabe

Les principaux groupes génétiques reconnus de cette espèce sont : le groupe *Indica*, à grain long et mince avec $L/l > 3$ et le groupe *Japonica*, à grain court et arrondi avec $L/l < 3$ (RABEZANDRINA, cours 5^{ème} Année ; Mémento, 1991). Les variétés cultivées à MORONDAVA appartiennent généralement au type *Indica* par un épillet long avec un rapport longueur / largeur des grains supérieur à 3.

Les variétés recensées sont nombreuses. Certaines sont utilisées en saison ASARA, d'autres en saison VARY BE. Les caractéristiques variétales sont expliquées en Annexe 9.

- Les variétés [Malaky](#)
- Les variétés [MAHALOMBA](#),
- Les variétés [KELIMAMOA](#),
- Les variétés [SOAFILIA](#),
- Les variétés [SOAMALANDY](#), 2787,
- Les variétés [MAROTEA](#), 2798,

Par ailleurs, certaines variétés peuvent s'adapter dans les 2 saisons culturales.

22-Aspect morphologique

221-Organes végétatifs

Comme toutes les graminacées, le riz est composé :

- d'organes végétatifs (racines, tiges et feuilles)
- d'organes reproducteurs (panicules à épillets porteurs des grains)

a) Racines

Elles se développent en 2 temps :

De la graine en germination sort tout d'abord les racines qui meurent peu à peu après la naissance des 2 racines adventives, suivies de racines adventives secondaires qui portent les 2^e et 3^e nœuds. Ces dernières continuent à pousser pendant la période de la végétation.

b) Tige

La tige est constituée de nœuds, de bourgeons et d'entre-nœuds dont l'ensemble donne le chaume.

Dès qu'il germe, le grain de paddy développe une tigelle généralement à 12 nœuds, entourée par un manchon appelé coléoptile. Le bourgeon des six nœuds à la base très rapprochés donne une feuille, puis une ramification appelée talle. Ces six talles jettent des racines pouvant développer de nouvelles tiges avec un épi. Six autres ont des entre-nœuds beaucoup plus longs qui forment le corps de la tige vers le haut.

c) Feuilles

Les principaux organes de la feuille sont :

- ▣ Le limbe qui se caractérise par une forme linéaire, lancéolée, rubanée avec des nervures parallèles.
- ▣ La gaine foliaire qui enveloppe la tige d'un nœud à l'autre.

A l'articulation gaine-limbe se trouve une ligule membraneuse de 1,5 à 2 cm de long munie de 2 oreillettes basales ciliées appelées auricules.

222-Organes reproducteurs

Au dernier entre-nœud supérieur de la tige s'ajoute la panicule rameuse qui porte l'inflorescence du riz. La dernière feuille avant la panicule s'appelle "feuille paniculaire", qui s'insère sur l'axe principal par la pédoncule. Celui-ci se prolonge pour former le rachis.

Le rachis donne des ramifications primaires appelées racèmes, se subdivisant à son tour en ramifications secondaires : racémules.

Les épillets, communément appelés graines, sont rattachés aux racémules par une pédicelle. Le riz comporte 3 fleurs dont une fertile est portée par la rachéole. Elle est hermaphrodite. Après une fécondation, l'épillet comprend : deux glumes et deux glumelles qui assurent l'enveloppe du riz dont l'une à la

partie inférieure est le lemna avec ou sans barbe à 2 nervures, et l'autre, à la partie supérieure dénommée le palea à 3 nervures.

23-Aspect physiologique

Le développement du riz, de la germination à la maturité se fait en 3 phases : croissance, reproduction et maturation

231-Phase de croissance

C'est la jeunesse du riz. Elle commence à la germination et se termine à l'initiation paniculaire. La durée de cette phase peut être modifiée très sensiblement par la variation de la température et de la photopériode.

On y distingue :

- La levée : c'est la germination de la graine et de la première tige ou brin maître avec les 4 premières feuilles.
- Le stade plantule qui se traduit par l'apparition de la 5^{ème} feuille
- Le stade tallage marqué par la tige principale qui se ramifie en talle de premier rang, ensuite sur les talles ayant déjà poussés, talles des 2^è, 3^è, 4^è rangs.

232-Phase de reproduction

Cette phase se distingue par l'initiation paniculaire terminant par la floraison.

Elle comporte 4 stades consécutifs :

- Le stade d'initiation paniculaire, marqué par la formation d'ébauche de la paniculaire dans la gaine de la feuille supérieure.
- Le stade de montaison caractérisé par un renflement notable de la tige
- Le stade d'épiaison marqué par le dégagement de la panicule hors de la gaine de la feuille paniculaire.
- Le stade de floraison marqué par l'ouverture des glumelles. Leurs anthères libèrent les grains de pollen pour faire la pollinisation directe sur l'ovule.

233-Phase de maturation

C'est la période de remplissage des grains comportant 3 stades:

- stade laiteux : la matière aqueuse incolore des grains s'épaissit et prend une couleur laiteuse.
- stade pâteux : la matière laiteuse se change en molle puis durcit.
- stade "maturité" est défini par la couleur des glumelles et la dureté du grain.

24-Aspect agronomique

Parmi les caractères spécifiques aux variétés de riz, la résistance à la verse, l'égrenage, la résistance à la brisure et la translucidité des grains, sont des caractères à importance agronomique.

241-La résistance à la verse

La verse est la propension plus ou moins grande du riz à se coucher sur le sol lorsqu'il atteint son développement végétatif complet (DOBELMAN – T₁, 1976).

Elle est conditionnée par les facteurs variétaux tels que la taille des pailles, l'anatomie de la tige (importance de la médullaire, épaisseur des faisceaux libéro-ligneux...) la dimension des feuilles, le poids de la panicule.

Le vent, la pluie et la prolifération des insectes foreurs de la tige accentuent la sensibilité de la variété à la verse (DOBELMAN – T₁ 1976).

242-L'égrenage

La facilité des graines à se détacher de la panicule, pour les variétés égrenables, a comme inconvénient une baisse de rendement et une pollution des rizières par réensemencement continu (DOBELMAN-T₁ 1976).

L'expérience est très variable selon les variétés cultivées, celles à grain rond semblent s'égrener davantage que celles à grains longs ou ovales (ANGLADETTE 1966).

243-La résistance à la brisure

C'est un caractère variétal qui n'est pas toujours en rapport avec la longueur du grain. Les variétés crayeuses se brisent plus que les variétés translucides et certaines variétés à grains ronds sont parfois moins résistantes que celles à grains longs (DOBELMAN T₁, 1976).

En outre, la succession brutale d'humification et de dessiccation au cours de la récolte, en particulier au moment du séchage peut produire la cassure des grains.

244 La translucidité

L'endosperme (partie comestible du riz) est composé principalement d'amidon, de protéines et de lipides (VERGARA 1984).

Cet endosperme présente une opacité ou translucidité variable suivant la variété. La translucidité peut être modifiée par la présence de " ventre blanc " d'origine variétale ou provoquée par une maturité trop rapide à la suite de la sécheresse (DOBELMAN – T₁ 1976).

25-Les exigences culturales

251-Exigences climatiques

La température favorable de l'air varie suivant les stades de développement du riz. L'optimale se situe entre 28 et 30°C. Une température supérieure à 40°C est nuisible pour la plante. La température optimale de l'eau se trouve entre 30 et 40°C, le minimum se situe entre 13 et 14°C, le maximum est entre 38 et 40°C et à partir de 50°C, la plante meurt.

Le riz est une plante de lumière. Son défaut ou son manque peut entraîner un développement végétatif excessif et une diminution de rendement en grains. On rencontre des variétés sensibles et des variétés indifférentes au photopériodisme. Les plantes à jours longs nécessitent une longueur de jour supérieure à 12 heures tandis que celles à jours courts ont besoin d'une longueur moins inférieure.

Quant à l'exigence en eau de la plante, le riz n'a pas besoin d'un sol saturé en eau. Celle-ci est uniquement utilisée pour lutter contre les mauvaises herbes, pour régulariser la température du sol et de l'air. Elle est le véhicule des éléments fertilisants. Un excès d'eau ou une inondation prolongée de plus d'une semaine devient un grand fléau de la riziculture, notamment pendant la floraison. Les besoins en eau du riz varient suivant l'époque de son développement. Ils sont élevés de la germination à l'épiaison, pour diminuer de la fin de l'épiaison jusqu'à la maturation (RABEZANDRINA, cours 5^{ème} Année ; Mémento, 1991).

252-Exigences édaphiques.

Pour la riziculture en submersion, le sol idéal est celui ayant une texture argilo limoneuse (par exemple : 50% d'argile, 30% de limon, 10% de sable fin, 5% de sable grossier et 5% d'humus).

Les pH optimum pour toutes les plantes se situent entre 5,5 à 6,5 mais avec des limites de 4,5 à 8,7.

Enfin, pour la salinité, le taux de toxicité varie suivant les variétés et les techniques culturales. Le riz est considéré comme une plante résistante à la salinité mais rarement au-delà d'une concentration de 10% (RABEZANDRINA, cours 5^{ème} Année ; Mémento, 1991).

26-Les ennemis du riz dans la région

261-Les mauvaises herbes

Les facteurs climatiques et pédologiques influent d'une manière décisive sur la dominance et l'association des espèces adventices. Le vent et les crues leur assurent la propagation de nombreuses espèces.

Par définition, tous les végétaux indésirables qui peuvent pousser simultanément avec les plantes cultivées sont qualifiés de mauvaises herbes ou plantes adventices.

Durant l'expérimentation, nous avons recensé plusieurs espèces de mauvaises herbes dont les plus dominantes sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 7. Les mauvaises herbes rencontrées durant l'expérimentation

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	NOM VERNACULAIRE
GRAMINEE	Cynodon Dactylon Echinochloa sp. Leersia hexandra Oryza longistaminata Rottboellia conchinensis	Kidresy Akatandrano Vilona Varinangatra Kalay
CYPERACEAE	Pycnus triuèlus Scirpus Juncoïdes Cyperus difformis Scheria sp	Herahera Saritongolo Akata beloha Tsivakimpanonto
MARSILEACEAE	Marsilea diffusa Lepr	Tombok'alika
ONAGRACEAE	Ludwingia Enecta Jussicea repens L	Mandalia Tsipoapoaka
CONVOLVULACEAE	Ipomea aquatique forsk	Lalandandrano
SCROPHYLLARICEAE	Rhamphicarpa fustilosa	Angamay
PAPILIONACEAE	Sesbania sp Desmodium sp	Mandalodiaraitra
COMPOSEAE	Acanthospermum Hispidium	Bakakely
MALVACEAE	Sida sp	Tsindahoro
SPHENOCLEACEAE	Sphenoclea zeylanica G.	Sarisavony

262-Les maladies et ravageurs

Les dégâts causés par les maladies sont plus graves pendant la saison Tsipala. Deux principales maladies sont rencontrées dans la région : la pyriculariose et la virose. Outre ces deux maladies, l'helminthosporiose, la cercosporiose et la pourriture de la gaine sont également rencontrées mais de moindre importance. Dans la plupart des cas, ces différentes maladies existent en même temps sur les rizières, ce qui est la raison des pertes importantes rencontrées.

Tableau 8 : Les ravageurs et les maladies

TYPES ORGANISMES	NOM SCIENTIFIQUE	NOM DE LA MALADIE	SYMPTÔME
CHAMPIGNONS	Pyricularia oryzae	Pyriculariose	Attaque les organes de la plante, mais les attaques les plus fréquentes sont celles des feuilles, des cous, des rachis de la panicule, des ligules et plus rarement des nœuds de la tige (NOTTEGHEM&BAUDIN,1981).
	Helminthosporum	Helminthosporiose (maladie de tâches brunes)	-Attaque presque tous les organes du riz et ceci à tous les stades végétatifs. -Les stades les plus sensibles sont la floraison et la maturation (NOTTEGHEM & BAUDIN, 1981; Meurillon, 1989 ; RAFALIMANANA, Cours 5 ^{ème} Année ; Fiche technique, 1990).
VIRUS	RYMV	Panachure jaune du riz	-décoloration jaune ou verte des feuilles, ensuite l'enroulement -observée à tous les stades de végétation, du repiquage au gonflement .
INSECTES	Maliarpha separatella		-Les tiges produisent des panicules vides de graines souvent blanches ou celles-ci avortent à la suite de la présence à l'intérieur des tiges de chenilles mine uses -L'impact du borer sur le rendement est également fonction du moment d'infestation. Les stades sensibles du riz se situent à la deuxième moitié du tallage jusqu'à l'épiaison (PLI, 1987 ; Fiche technique, 1992 ; Appert, 1967).
	Trichispus sericea		- Les feuilles se dessèchent, elles sont mariées par des larves ou rongées par des adultes de coléoptères
OISEAUX	Foudia Madagascariensis		Attaquent depuis le stade grains laitoux jusqu'à la maturation.
RONGEURS	Rattus Rattus		-Rongent les grains semés au moment de la floraison et attaquent la panicule et la coupe.

II-ANALYSES DES FACTEURS DE RENDEMENT EN SRI ET PREPARATION DE COMPOST

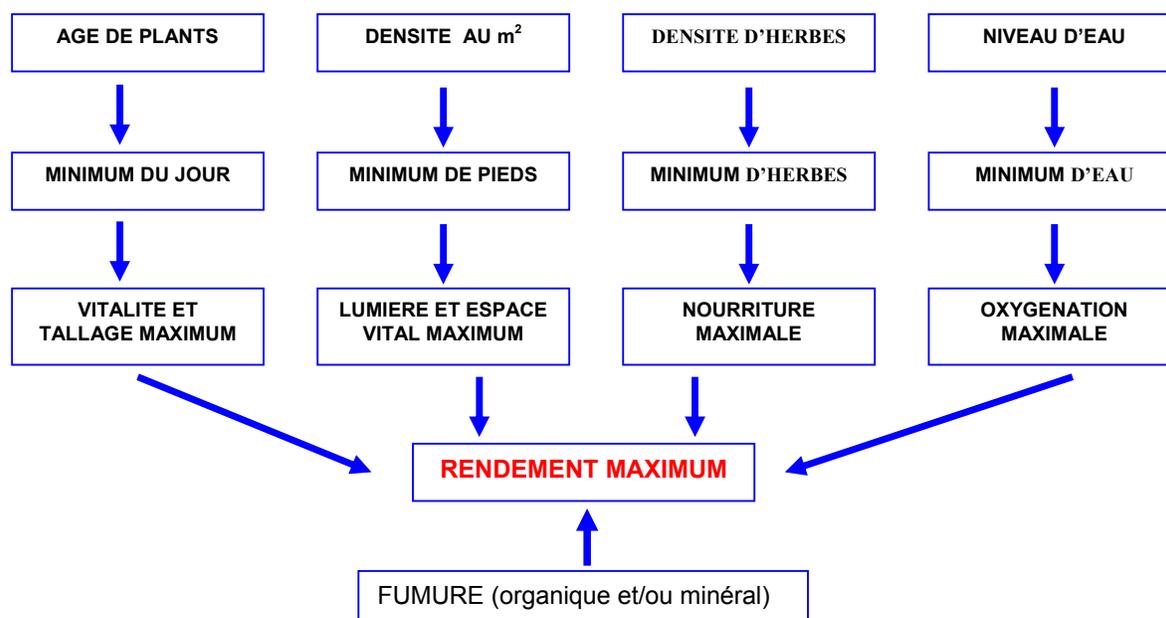
L'invention du SRI (1984) est attribuée à un Jésuite français, père Henri de Laulanié qui était jusqu'à sa mort en 1995, responsable d'une organisation privée de développement agricole à Madagascar. Les techniques du SRI ne sont pas une innovation totale. C'est l'utilisation simultanée de son principe vérifié scientifiquement qui crée l'originalité de ce système. Des lois peuvent être tirées par une vérification scientifique de cette riziculture malgache.

1-LA LOI DE MINIMA

Cette loi du maximo-minimum qui est le principe de la moindre action pour une production maximale exprime dynamiquement l'aspect de la nouvelle agriculture malgache.

L'âge des plants, la densité au m², la densité d'herbes et le niveau d'eau constituent les premiers facteurs de rendement en SRI. Ces quatre facteurs basés sur les principes du minimum reflètent l'aspect de la nouvelle riziculture.

Figure 4 : Corrélations des facteurs du rendement en SRI



11-Minimum de jours

La démultiplication des tiges s'opère cycliquement de façon exponentielle. Le cumul du nombre des tiges apparues montre une progression de la forme $nb=0,76.1,6^{p-2}$ (nombre total des tiges apparues au phyllochrone p.) Patrick VALLOIS 1996

L'enseignement de KATAYAMA (cf. Annexe 10) porte sur la régularité et l'ordre de l'apparition. Chaque tige ne pousse qu'au cycle qui lui correspond. Quand les conditions sont défavorables, des tiges ne pousseront pas.

- si on laisse les plants pousser 30 jours à la pépinière, on perdra assurément les deux premiers ordres de tiges avec leur descendance évalués à 64% de toutes les tiges et épis possibles. A 50 jours, quatre talles premières seront perdues et 90% de la production possible. Au-delà de 65 jours, le pied a toutes les chances de n'avoir qu'un brin maître et au plus un épi. L'âge des plants à repiquer varie selon l'altitude de la région :

- 6 à 11 jours sur les côtes (niveau de mer).
- 7 à 13 jours de 500 mètres à 1000 mètres d'altitude.
- 8 à 15 jours de 1000 mètres à 1500 mètres d'altitude.

• Le riz est une horloge interne rythmée par un cycle d'absorption de chaleur. Tant de jours à telle température font une quantité d'action qui déclenche une série de pousses sur l'ensemble des tiges apparues.

12-Minimum de pieds

Cela implique qu'il faut repiquer les plants un à un et espacés. Plusieurs avantages peuvent en sortir :

- L' économie de semence qui se traduit par l'économie de main d'œuvre au repiquage et facile à faire même par les enfants.
- Quand les pieds sont en touffes et serrés, les rations alimentaires deviennent pauvres par compétition. Ce qui entraîne une sous-alimentation.
- Un large espace garantit aussi un ensoleillement maximum car les pieds serrés se font de l'ombre. La manque de lumière arrête la croissance.

13-Minimum d'herbes

Les mauvaises herbes sont de véritables ennemis qui pompent les éléments minéraux du sol, puisent les éléments nutritifs prévus pour le riz et émettent des toxines réduisant le pouvoir de succion des racines. Il faut sarcler très tôt car les jeunes plants sont très petits et les mauvaises herbes risqueraient de pousser plus vite.

Le sarclage a une double raisons :

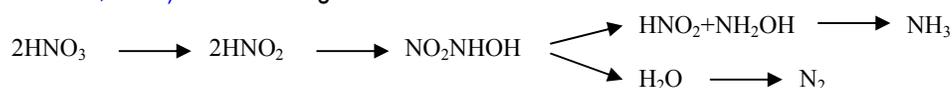
- D' autre part, il évite la compétition entre les mauvaises herbes et les plants de riz. Une action préventive comme: la bonne préparation du sol, le nettoyage systématique de la terre sont très significatifs.
- D' autre part, le sarclage en remuant la terre permet son oxygénation. Donc un sol aéré contribue à une bonne activité racinaire. Ce dernier, s'il est bien développé, permet à la plante de puiser aisément les éléments fertilisants.

14-Minimum d'eau

Le minimum d'eau favorise l'oxygénation que l'on cherche en asséchant les rizières. L'oxygène est indispensable à la vie microbienne dans le sol. Son action s'ajoute à celle des éléments fertilisants. Quant à l'azote, avec l'oxygène, on obtient de l'acide aminé; sans oxygène, il donne de l'ammoniac qui est un gaz toxique.

• L' ammonification est facile et se fera en toute circonstance en anaérobiose qu'en aérobie. La production du NH₃ à partir des acides aminés se fait, soit par hydratation, soit par oxydation, soit par réduction. La submersion fait que la décomposition de matière organique s'arrête au stade d'ammonification et la nitrification est absente par manque d'oxygène dans ce milieu réducteur. Donc l'acidité du milieu se produit.

• Un sol saturé en eau est le siège de dénitrification intense (selon CAMPBELL et Lees DOMMARGUES; 1970). La réaction globale est la suivante :



La dénitrification tend à produire de l'ammoniac en milieu modérément anaérobie et celle-ci tend à produire de l'oxyde nitreux et de l'azote moléculaire en milieu anaérobie strict.

- Les mitochondries ressemblent à des usines chimiques qui assurent le métabolisme et accumulent de l'énergie. Mais leur rôle est celui des cellules animales. Les poils absorbants des racines de riz ont des mitochondries, donc produisent et accumulent de l'énergie. Le métabolisme au niveau des mitochondries comprend 3 phases complémentaires :

- Cyclisation citrique qui fragmente les nutriments
- Production de chaînes d'oxydo-réduction
- Synthèse ATP qui accumule l'énergie

Le cycle citrique se caractérise justement par la production de protons excédentaires et libres. Cela est dû au fait que les enzymes qui pilotent cette phase, ont pour fonction de casser les nutriments afin de libérer de l'énergie de liaison.

Les chaînes d'oxydo-réduction : les protons H^+ sont neutralisés. Mais lorsque l' O^- complémentaires H^+ est faible par défaut d'oxydation, la phase d'oxydo-réduction n'est pas en équilibre et les protons H^+ resteront libres.

La synthèse ATP s'obtient par phosphorylation oxydative. C'est l'effet de l'oxygène moléculaire qui déclenche l'accumulation d'énergie libre.

2- ITINERAIRES TECHNIQUES DES PAYSANS : DESCRIPTIONS ET ANALYSES

21-Les travaux rizicoles

211 Préparation des rizières

Le début de la préparation du sol est fait un peu avant la mise en place de la pépinière, c'est-à-dire 15 jours avant le repiquage. Cette préparation est souvent faite par hersage de la rizière préalablement inondée avec une herse traînée par des bœufs.

On fait de 2 à 3 hersages de deux passages chacun. L'intervalle de temps entre deux travaux est de trois jours pendant lesquels, la rizière est de nouveau inondée pour la décomposition et la pourriture des débris végétaux. Le hersage a pour but de faucher et d'enfouir les herbes et de transformer fluide les rizières en boue. L'apport du compost doit être fait avant le dernier hersage, si c'est possible.

212-Planage

Cette opération est faite la veille du repiquage, elle consiste à combler les creux et enlever les bosses pour avoir une surface bien plane afin que l'eau soit au même niveau, pour mieux contrôler les mauvaises herbes.

A la fin de cette opération, la surface de la rizière est plane, boueuse, sans mauvaises herbes, prête à être semée ou repiquée.

213-Pépinière

Les semences proviennent des paysans eux-mêmes. Ils ne font qu'un simple triage. Le semis est fait sur une parcelle bien préparée et bien propice où l'irrigation et le drainage se font facilement. La majorité des paysans ne font pas la pépinière sur "Tanety. Sa préparation est identique à celle du sol cité précédemment.

L'âge de plant à repiquer est toujours supérieur à 10 jours mais ne dépasse pas 30 jours. Le semis se fait à la volée avec des graines prégermées. La méthode de prégermination consiste à tremper le paddy dans l'eau pendant 12 heures, ensuite à le transférer à l'intérieur d'un fumier ou d'un trou.

214-Repiquage

L'arrachage des plants se fait au moment du repiquage. Les paysans repiquent souvent à la main et en ligne. Le repiquage est guidé par un rayonneur qui trace les lignes et les intervalles entre deux plants repiqués.

Ce traçage en ligne effectué la veille du repiquage facilite le sarclage par usage d'une houe rotative. Le repiquage en foule est aussi justifié par la non disposition de matériel de sarclage ou de l'absence même de celui-ci.

215-Sarclage

Les paysans ne font qu'un seul sarclage à la houe rotative. S'il y a en double, c'est le fait de passer d'une main d'œuvre suffisant. Quand la surface est grande, la famille engage des salariés. Après le sarclage mécanique, les femmes enlèvent manuellement les mauvaises herbes proches des plants.

Le premier sarclage est fait 15 jours après repiquage et le deuxième 15 jours après et ainsi de suite. Le sarclage à la main est décalé de 5 jours après le sarclage mécanique.

216-Moisson

En général, la date de récolte varie en fonction de la date de semis et de la durée du cycle. L'eau de la rizière est drainée environ une semaine avant la récolte. La moisson est généralement effectuée à la faucille. Le riz coupé est laissé 1 à 3 jours dans la rizière puis transporté à l'aire de battage sis à côté du champ lui-même.

217-Battage

Il se fait contre une planche de bois aménagée en une sorte de petite table. En dessous de celle-ci est étalée une natte de grande dimension pour éviter que les sables soient mêlés au riz

218-Séchage et vannage

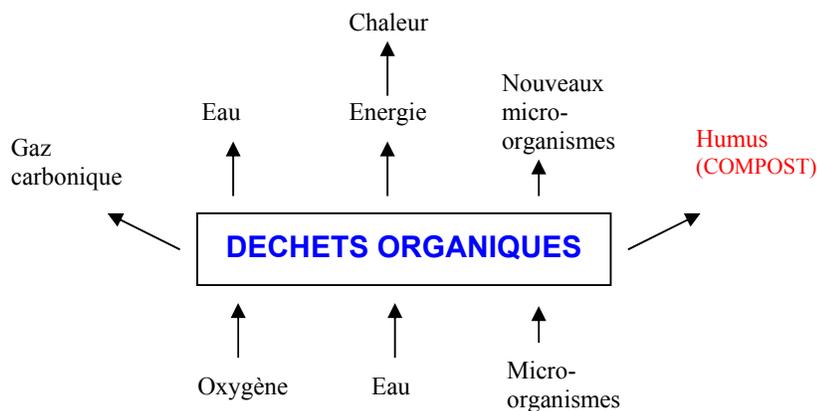
Ils s'effectuent à l'air libre. Le premier est fait en remuant souvent pour ramener l'humidité de 18%, à la récolte, à 14%. Les paddy bien séchés facilitent le vannage.

A part ces principes de minimum, il existe un autre facteur de rendement en SRI : c'est l'apport du compost dans un sol moins fertile. Avant d'entrer dans l'expérimentation sur le SRI, nous avons préparé un compost qui suit la technique démontré scientifiquement, pour avoir un produit de qualité. Les paysans ont l'occasion d'apprendre la méthode car d'après l'enquête que nous avons faite, ils ont peur d'utiliser ce produit. Leur compost est mal préparé et pauvre en éléments fertilisants parce que pendant la fabrication il n'y a pas de dosage précis des matières premières utilisées. De même, Il peut être une source de maladie de la saison suivante par l'emploi des pailles infestées qui ne sont pas totalement détruites à cause de la non maîtrise de cette technique.

22-Les Principes et la préparation du compost à Morondava

Le compostage est une méthode qui permet de réaliser rapidement la transformation du fumier et des matières sèches (tiges, pailles....) et des matières vertes pour obtenir une matière noirâtre riche en humus (MIGEON,1987). C'est une fermentation thermophile aérobie, intéressant une masse de produit dans laquelle règnent certaines conditions physico-chimiques et micro biologiques convenables (POMMEL et JUSTE,1977).

Figure 5 : Processus de compostage



221-Microbiologie

Le compostage est un processus microbiologique en évolution, produit par l'activité d'une succession de groupes de micro-organismes. MUSTIN ;1987 le définit comme "*La biodégradation de la matière organique par une grande variété de micro-organismes*".

A partir d'un tas de déchets organiques que l'on humidifie et que l'on aère, les micro-organismes commencent la dégradation aux dépens des matières organiques et utilisent l'humidité et l'oxygène de l'air. Ils se multiplient et dégagent de l'anhydride carbonique, de l'eau et de l'énergie et éventuellement meurent. Une partie de l'énergie libérée sert à leur croissance et à leur mouvement, le reste se dégage sous forme de chaleur. Cela entraîne une décomposition qui donne finalement l'humus ou compost.

Chaque groupe est adapté à un milieu d'une durée relativement limitée. Une liste des principaux types d'organismes intervenant dans le processus de compostage est donnée ci après. Ils représentent à la fois les règnes végétal et animal.

Tableau 9: Les organismes du compostage

NATURE DES ORGANISMES	TYPES
MICROFLORE	Bactérie Actinomycètes Champignons, Moisissures Levures
MICROFAUNE	Protozoaires
MACROFLORE	Champignons
MACROFAUNE	Mites, Fourmis, Termites, Araignes, Cafard, Vers

Source : Cours AGRI-BIO RANDRIAMIHARISOA Robert

Certains de ces organismes peuvent vivre et être actifs à des températures relativement basses inférieures à 20°C (psychrophiles) ; d'autres préfèrent des températures plus normales de 20 à 40°C (mésophiles), alors que quelques-uns supportent des températures très élevées de 40 à 70°C (thermophiles).

- Les bactéries sont de très petites tailles et forment presque la moitié de la masse totale des micro organismes. Certaines peuvent résister à de très hautes températures et de fortes sécheresse en formant des spores qui éclosent lorsque les conditions s'améliorent.

- Les actinomycètes se développent beaucoup plus lentement que la plupart des bactéries et des champignons et sont beaucoup moins actives durant les premiers stades du compostage. Elle sont plus efficaces durant les derniers stades du processus et deviennent abondantes.

- Les champignons jouent un rôle très important dans la dégradation de la cellulose qui est un des éléments les plus résistants de la matière organique et peut représenter jusqu'à 60% de la masse totale. C'est pourquoi il faudrait que les conditions existant dans les tas en compostage puissent favoriser le travail de ces champignons. Ils meurent si la température est supérieure à 60°C.

- Les protozoaires représentent la forme la plus simple de la vie animale et se nourrissent pour la plupart aux dépens d'autres organismes tels les bactéries, les algues et différents types de protozoaires. Seuls quelques types de bactéries sont attaqués par ces protozoaires, d'autres, ainsi que les actinomycètes, ne le sont pas. Lorsque la température est favorable à leur croissance, les protozoaires peuvent assumer une autre forme capable de supporter pendant longtemps ces nouvelles conditions.

Lorsque le compost se refroidit après avoir atteint sa température maximale il devient accessible à une gamme étendue de la macro faune du sol. Celles-ci se nourrissent aux dépens d'autres animaux et des matières organiques résiduelles.

La décomposition de la matière organique durant le compostage a lieu dans un milieu en changement continu où varient la température, le pH et les disponibilités en vivres. Le nombre et les espèces de micro-organismes changent également au cours du processus.

La vitesse avec laquelle le stade de maturité est atteint, dépend de plusieurs facteurs à savoir

- La taille des particules
- Les apports en nutriments
- La teneur en eau

- L'aération
- Le brassage
- L'acidité
- Les dimensions du tas

a) Taille des particules

Plus les particules du matériel organique sont petites, plus la surface exposée aux attaques des micro-organismes est grande. Par contre, si les particules sont très grandes la surface exposée à l'attaque se restreint considérablement et les réactions se ralentissent et peuvent même s'arrêter totalement. Pour augmenter la surface attaquée par les micro-organismes, il faut diminuer la taille des matières utilisées, en hachant avec un couteau, afin d'accroître le taux de décomposition (KAISER,1983).

Il sera probablement nécessaire de déchiqueter les matériaux grossiers, de réduire la taille des particules. Ceci peut être fait à l'aide de machettes, de faucilles.

b) Apports en nutriments

Le processus de compostage dépend de l'activité des micro-organismes. Ces derniers ont besoin de carbone comme source d'énergie aussi bien que pour multiplier, et d'azote pour augmenter leurs protéines.

Il est souhaitable que le rapport Carbone/ Azote (C/N) des déchets se situe entre 25 et 35/1 dans le mélange initial :

- si le rapport est beaucoup plus élevé, il faudra plus de temps pour qu'une quantité suffisante de carbone soit oxydée en anhydride carbonique.
- s' il est plus faible, l'azote, qui est un élément fertilisant très important du compost, risquera de se perdre sous forme ammoniacale.

Le moyen le plus simple d'ajuster le rapport C/N est de mélanger des matières pauvres et riches en carbone et azote.

c) Teneur en eau.

L'eau est nécessaire à la vie des êtres vivants qui interviennent dans le compostage (MUSTIN,1987). Des essais (SCOTT, W. J. BAUSUM, DANE ET MULLIN) ont démontré que si l'humidité du tas de compost tombe au-dessous de 30% de son poids frais, les réactions biologiques se ralentiront considérablement. Par contre, si l'humidité est très élevée, l'engorgement empêchera la circulation de l'air à l'intérieur du tas.

Durant le compostage, l'eau est produite par les micro-organismes et se perd par l'évaporation dans l'air. Il est donc être nécessaire d'humidifier le tas du compost. Cette humidification peut être réalisée en ajoutant soit de l'eau, soit des matières très humides.

d) Aération

Un apport d'air adéquat à toutes les parties du tas de compost est essentiel afin de fournir l'oxygène aux organismes et de chasser l'anhydride carbonique dégagé. D'après FAUST, il s'agit d'une fermentation aérobie dirigée, il faudrait 20 m³ d'air par kg de matière sèche biodégradable.

L'absence d'air entraîne le développement de divers types de micro organismes qui déclenche soit une conservation acide (ensilage), soit une putréfaction du tas engendrant des odeurs nauséabondes.

L' aération du compostage peut être faite de plusieurs façons à savoir :
-percer une ou plusieurs cheminés d'aération au centre du tas (OUEDRAOGO et al,1984)

-retourner périodiquement

e) Acidité ou pH du tas

Le matériau s'acidifie légèrement au début de l'opération car les premiers produits de la dégradation sont des acides organiques simples. Après quelques jours, le tas devient légèrement alcalin suite à la libération de l'ammoniaque par les protéines dégradées.

Certaines matières à composter ont un pH suffisamment élevé, mais la plupart des déchets végétaux et organiques en agriculture et en maraîchage ont un pH trop bas. Dans ce cas, il est nécessaire d'incorporer à la matière un amendement calcaire parce qu' une acidité élevée au départ de l'opération risque d'empêcher l'échauffement du tas.

f) Température

Durant le compostage des déchets organiques, une partie de l'énergie libérée par la dégradation du matériau se transforme en chaleur, ce qui élève la température. Cette dernière peut s'augmenter très vite (75° en une semaine) si les conditions de formation du tas sont optimales.

Les expériences de GATHE ,1961 citées par POMMEL et JUSTE,1977 ont permis de préciser les liaisons entre l'activité des micro-organismes et la température.

L'évolution de la température dans le tas s'opère par les stades :

- d'échauffement
- de pointe
- de refroidissement

Durant le premier stade, l'augmentation de la température est due à la prolifération des micro-organismes présents. Dans les composés facilement dégradables comme les sucres, et les amidons, les graisses se décomposent.. Les champignons arrêtent leur travail quand la température est de 60 °C, puis les actinomycètes et souches de bactéries productrices continuent la dégradation des substrats.

▪Lorsque les matériaux en compostage dépassent la température maximale, le tas atteint le stade de stabilité où tous les matériaux facilement dégradables l'ont déjà été et la plupart des besoins en oxygène élevés ont été satisfaits.

▪Au cours du stade de refroidissement, les pailles et les tiges sont décomposées principalement par les champignons. En effet, lorsque la température descend au-dessous de 60°C. Ces micro-organismes envahissent de nouveau le tas à partir des zones les plus froides et attaquent les composés moins résistants tels les hémicelluloses et la cellulose, les transformant en sucres simples utilisables par tous les autres organismes. Les actinomycètes apportent également leur concours durant cette période. A la fin du stade de refroidissement, la majorité des aliments aura disparu, la concurrence s'établit entre les micro-organismes, des antibiotiques sont libérés et les animaux du sol de taille majeure, spécialement les vers, s'installent pour quelques semaines. La température atteint celle du sol, de 15°C à 25°C selon le climat (MADELEINE et al,1990).

g) Additifs

Afin de faire démarrer le processus de transformation ou de l'activation ou encore de rééquilibrer ou augmenter les éléments fertilisants, il est parfois nécessaire d'incorporer des additifs. On peut les ranger en 3 catégories :

- Les activateurs à base de plantes : Algues verts
- Les activateurs à base de bactéries ou micro-organismes
- Les activateurs à base d'enzymes

Source : Cours AGRI-BIO RANDRIAMIHARISOA Robert

222-Les matières à composter

En général, on peut utiliser toutes sortes de matières organiques provenant des plantes ou des animaux non toxiques (MADELEINE et al 1990).

Un tas de compost a besoin d'un mélange de déchets organiques, parfois d'un stimulateur apportant l'azote et les micro-organismes, d'un peu de terre et, si possible d'une quantité de compost recyclé.

Cette masse doit être humidifiée soit avec de l'eau, soit par la pluie et exposée à l'air pour que se déclenche le processus de compostage.

Tableau 10 : Les proportions des matières à composter adoptées à Morondava

NATURE DE LA MATIERE PREMIERE	RAPPORT C/N DU DEPART(1)	UNITE DE MESURE(2)	RAPPORT C/N FINAL (1)*(2)
FEUILLES DE MANGUIERS	36,6	0,2	7,32
FEUILLES DE NEEMS	21,02	0,5	10,5
AZOLLA	15,75	1,5	23,625
STEPPE DEBANANIER	32,22	3	96,66
GRAMINEE	63,45	1,5	95,175
PAILLE DE RIZ	40	1,5	60
FUMIER	10,5	1	10,5
		9,2	303,78
		C/N DU MELANGE=33,02	

La dimension du tas est de 1,5 m de hauteur, et 2,5 m de largeur pour les tas à aération naturelle. Les dimensions des tas ou des trous dépendent de la quantité des matériaux (OUEDRAOGO, 1984). Mais le volume initial est supérieur à 1m³ afin que la température interne puisse monter, sinon le processus de décomposition se fera trop lentement et incomplètement (MADELEINE, 1990).

Les matières à composter passent par différentes phases à savoir le ramassage, l'entreposage et la préparation :

■ Ramassage : les matières destinées au compostage sont faciles à trouver dans le milieu où l'on fabrique le compost ainsi que tous les équipements.

■ Entreposage : les déchets destinés au compostage ont souvent besoin d'être stockés jusqu'au moment prévu pour la construction du tas. Une faible décomposition durant le stockage est inévitable, notamment lorsqu'il s'agit de matière facilement putrescibles. Cependant il faudra limiter cette décomposition au minimum et ne laisser activer que lorsque le tas est édifié. Maintenir les déchets secs et froids et les soustraire aux courants d'air sont les meilleures façons de réduire leur décomposition prématurée.

■ Préparation : la taille des éléments est un facteur important car les micro-organismes ont besoin d'une surface d'attaque étendue. Ainsi les steppes de bananiers peuvent être déchiquetées avec un coupe-coupe.

223-Les méthodes pratiques de compostage

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour élaborer un compostage mais, nous avons adopté la méthode **INDORE** proposée par (MADELEINE et al 1990). Celle-ci est une fabrication du compost dont les matières premières sont disposées en couches (des couches de matériau facilement décomposables en alternance avec des couches de matériau plus difficilement décomposables). Elle consiste à construire le tas de compost sur une base de matériau végétal grossier. C'est la façon la plus connue et la plus utilisée pour la fabrication du compost.

La clé du succès du compostage est de savoir adopter un procédé qui est simple et compatible avec la main d'œuvre, les compétences et le budget disponible.

■ Constitution de tas : elle commence par étaler sur le fond les pailles sur une épaisseur de 5cm environ. Ceci favorisera l'aération et préviendra les risques d'engorgement des couches intérieures, puis on superposera trois grandes couches dont chacune recevra une quantité de matériaux divers, proportionnelle à la quantité totale disponible, pour compléter l'opération.

Chaque couche sera arrosée d'eau jusqu'à ce qu'elle soit humide sans être trempée. Puisque nous étions dans la période sèche, nous avons mis plus d'eau parce que les températures sont plus hautes et que l'eau s'évapore du tas plus rapidement. La fréquence de l'arrosage est de 3 fois par semaine.

A la fin de la construction, le tas a une hauteur de 1,5 m, et de 2 m de largeur et 3 m de longueur. Il devra être recouvert de terre et légèrement arrosé.

■ Recoupage ou retournement du tas est nécessaire dans toute méthode de compostage reposant sur le système d'aération naturelle que nous avons adopté. Avant de disposer les matériaux, il faut creuser le sol sur toute la base à une profondeur de 15cm. Et à l'intérieur de cette cavité, on creuse de nouveau la cheminée à forme de croix ayant 15cm de profondeur et de largeur.

Le recoupage permet de mélanger les différents déchets du tas. Il transfère les parties froides et probablement sèches des bords vers le centre chaud. Il favorisera l'aération des parties internes et permettra en outre d'humidifier la masse si elle est devenue trop sèche. Pour obtenir une aération optimale, 2 recoupages sont nécessaires : le premier est 20 jours après la constitution du tas et le second 20 jours après.

224-Maturation du produit

Huit semaines après sa confection, le tas de compost se refroidit progressivement et atteint de nouveau la température de l'air ambiant. La dégradation sera quasi totale et le produit est mûr. Les débris n'auront plus que la moitié environ de leur poids initial par suite de la transformation d'une grande quantité de carbone en gaz carbonique et de la perte d'humidité.

Le volume sera tombé à près d'un tiers de celui de l'initial à cause de la diminution de poids et de transformation d'éléments grossiers en éléments frais occupant moins de place. La masse aura pris une couleur brun noir. C'est à ce moment là où commence le stade de maturation durant lequel les produits de la dégradation vont se transformer par polymérisation en cet humus très complexe et très stable appelé "compost".

225-Résultats et interprétation

Tableau 11 : Résultats d'analyses de 2 échantillons de COMPOST

ECH	pH H2O	CaCl ₂	P ₂ O ₅ %	B.D me /100	K ₂ O me /100	M.H ‰	Ca me/100	C %	N%	C/N
M1	7,4	7,6	0,15	9	4,2	2,5	3,2	25,2	0,9	28
M2	7,7	8,4	0,22	9,4	5,6	4,8	3,2	15,7	1,12	14

Source: Laboratoire SOL EESA

M1: Echantillon de 20 jours

M2: Echantillon de 40 jours

a) pH:

Le bon déroulement de l'activité des micro-organismes se situe au pH initial entre 6,8 et 8. Les variations du pH au cours du compostage suivent en général le modèle de courbe de principe de variation de pH, d'après POINCELOT; 1974, cité par MUSTIN ;1987.

-Vers le 15^e jour, il y a une diminution du pH due à la production de CO₂ et d'acide organique.

-Vers les 30^e jour et 45^e jour, le pH augmente à cause de l'hydrolyse bactérienne de l'azote avec production d'ammoniac.

-Vers le 60^e jour, le pH va se rentabiliser; en effet, l'ammoniac a été perdu par volatilisation et l'azote est utilisé par les micro-organismes pour réaliser la biosynthèse des matières humiques

Quant à nous, nous avons eu un pH de 7,4 au 20^e jour contre le 7,7 au 40^e jour. En effet, le pH final est proche de la neutralité pour avoir un pH optimum avec un sol acide afin que les plantes assimilent les éléments fertilisants au pH autour de 6,5.

b) Evolution du rapport C/N

D'après MUSTIN; 1987, la fermentation aérobie se déroule mieux pour des rapport entre 20 et 70. Pour nous, le C/N de départ se situe aux environs de 33. L'évolution du rapport C/N du compost que nous avons mis en place suit la courbe principe du rapport C/N proposé par MUSTIN; 1987. C'est-à-dire ce rapport diminue en fonction du temps pour se stabiliser entre 8 et 15. Notre tas se caractérise par un C/N 28 au 20^e jour et 14 au 40^e jour.

c) Teneur en Azote, Phosphore, Potasse

D'après les études préalables, pour l'utilisation des proportions différentes en matières premières, nous avons après la fermentation les teneurs moyennes en azote avec la valeur de 1,12% de matière sèche.

Pour le P₂O₅, les teneurs de départ des matières premières utilisées sont de 0,28% pour les feuilles de Neems et 1,24% pour les graminées. MUSTIN;1987 affirme que la teneur minimale est de 0,2 à 0,3%. C'est ce que l'on cherche à obtenir à la fin du compostage.

Enfin, la teneur en K₂O du compost préparé est de 5,6%. Cette valeur relativement élevée est due au fait que les matières premières de départ sont riches en K₂O allant de 0,4 pour les Neems à 3,6 % pour les steppes de bananiers. Les teneurs optimales en K₂O est de l'ordre de 0,2 à 0,5% de la matière sèche d'après MUSTIN;1987

d) Teneur en matière humique et bases déplaçables

La teneur en matière humique ne cesse pas d'augmenter. Nous avons vu une augmentation de 2,3 ‰ dans 20 jours du à la décomposition de la matière organique. Ce taux atteint déjà au 40^eme jours 4,8 ‰ qui est supérieur à 3‰. Ce dernier indique une teneur optimum pour cet élément. De même

les bases déplaçables, avec une teneur de 9,4me/100 au 40^{ème} jours marque la richesse de ces éléments parce que cette quantité est plus proche de 10 qui débute le forte teneur.

3-LES FACTEURS DE BLOCAGE DU SRI

31-Les contraintes sur les activités de la population

L'existence des autres activités rentables, entre autres les pêches maritimes incite les paysans à négliger l'agriculture. Cette situation amène les paysans à ne pas pratiquer la nouvelle technique. Ils adoptent des techniques archaïques seulement pour satisfaire leur propre besoin. Ils préfèrent pratiquer d' autres activités pour assurer leurs besoins quotidiens.

32-Les problèmes économiques et matériels des paysans

Dans cette région, l'utilisation de l'angady est réduite. Les charrues et les herses sont trainées car les zébus dressés y existent en grand nombre. Mais le problème, c'est que la plupart des paysans n'ont pas assez de crédits pour acheter des petits matériels agricoles.

33-Les problèmes d'ordre technique

D'abord, la non- maîtrise de l'eau est le facteur principal aussi bien pour la saison pluie que pour la saison irriguée. En saison Vary be, l'irrigation n'est pas satisfaisante en général, une sécheresse prolongée peut avoir lieu quel que soit le stade de la plante. Ce problème de l'eau est dû surtout au manque d'entretien des canaux d'irrigation qui doit se faire au moins une fois par an pour assurer l'arrivée de l'eau jusqu'aux parcelles. En saison Tsipala, une grande partie de la pluviométrie tombe souvent sous forme de pluies cycloniques. Par conséquent, un problème de mise en place de culture est souvent rencontré et les semis sont fréquemment retardés.

Ensuite, les pratiques traditionnelles peu productives restent encore un facteur de blocage de la production. La préparation sommaire du sol par le hersage est défavorisable l'enracinement et une décomposition incomplète des résidus de récolte pouvant servir de sources d' inoculum des maladies et des mauvaises herbes. Le sarclage est souvent tardif ou même absent et les adventices concurrentes du riz sont ainsi non- maîtrisées, d'où le faible rendement. Les semences utilisées sont également traditionnelles et sont souvent des semences malades dont l'origine est souvent inconnue. La fertilisation des rizières est généralement très limitée, et même absente. Elles sont pourtant surexploitées en faisant une double culture continue par an, sans rotation ni repos des parcelles. Ce qui entraîne alors un épuisement rapide du sol, ne permettant plus de bonnes productions.

CONCLUSION PARTIELLE

L'objectif de notre étude est d'élaborer un compost qui répond aux carences du sol de la région, et particulièrement un compost adapté à la culture du riz car nous savons que par le fait de la double riziculture, le riz tient une place importante au sein de l'agriculture du Menabe.

L'apport de compost en SRI doit, d'une part, améliorer la qualité physique et chimique des sols ferrugineux tropicaux et, d'autre part, pouvoir restaurer les éléments exportés par le haut rendement produit par le SRI.

Ainsi la fertilisation apportée serait le compost riche en N pour répondre aux besoins en riz, avec plus de P₂O₅ pour tenir compte de la carence du sol en phosphore des sols tropicaux et en pH légèrement basique pour le sol acide. Et nous allons employer le compost avec un C/N plus élevé pour la libération lente de l'azote.

III-EXPERIMENTATION

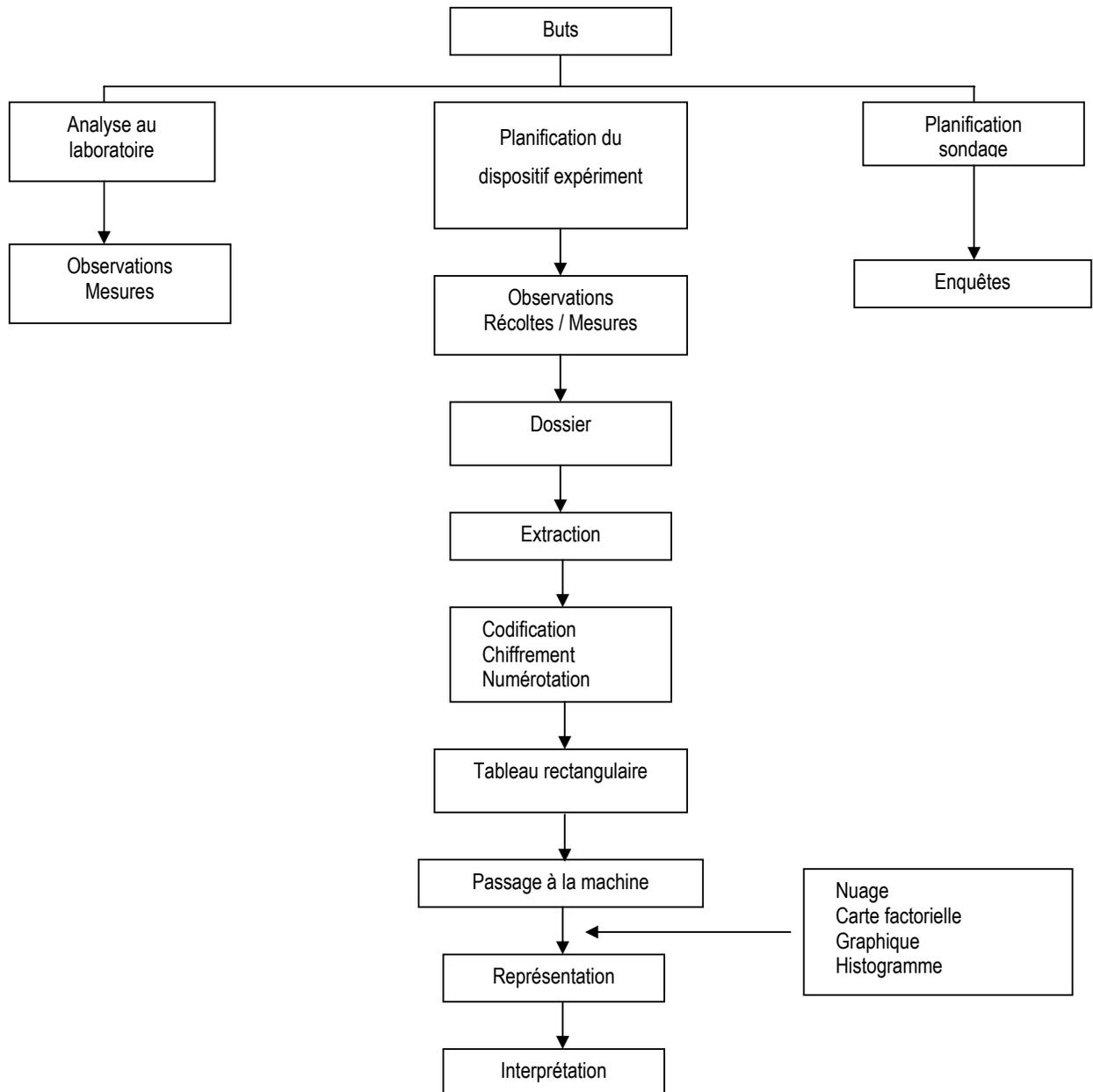
La zone de Menabe est réputée par cette possibilité de pouvoir mener une double riziculture dans l'année. La question qui se pose cependant, consiste au fait que pourquoi les paysans à qui l'on a attribuée des rizières à MAROFOTOTRA, ne veulent pas cultiver en cette saison ? On a appris après une petite enquête, que pendant cette deuxième saison, les paysans n'espèrent pas de rentabilité à cause de la virulence des maladies et l'épuisement du sol lors de la première saison. Nous voulons, par nos essais sur le SRI dans cette zone montrée aux paysans, que beaucoup de parcelles peuvent donner des plants vigoureux et des rendements qui dépassent largement leur prévision. Il y a des parcelles témoins qui ressemblent aux résultats obtenus par les paysans. Mise à part des effets de la maîtrise et la non de l'eau, les paysans nous ont demandés de tester 2 variétés de riz (le riz blanc ou 2798) et (le riz rouge, typiquement Malgache mais de nouveau lancé dans le centre BAOBAB en vue de l'exportation).

1-LES DONNEES SUR L'EXPERIMENTATION

11-Methodologie

Le schéma suivant explique les démarches générales à suivre afin d'atteindre les buts.

Figure 6: méthodologie de travail



12-Buts de l'expérimentation

L'expérimentation a pour but

- d' avoir suffisamment des données nécessaires pour la détermination de corrélation des facteurs du rendement en SRI.
- de confirmer la hiérarchisation des facteurs limitant en fonction de la région, par l'analyse factorielle des correspondances et l'analyse en composante principale.
- de chercher des moyens efficaces et durables pour maintenir le rendement du SRI au niveau élevé et stable, après avoir étudié les corrélations entre les différents variables.

13-Les moyens existants

131-Terrains d'expérimentation

Notre choix est porté sur l' état hydrique du sol, pour assurer l' irrigation et du drainage , il faut que la fertilité du sol soit le plus homogène que possible, pour éviter l'effet du terrain.

- Caractéristiques du terrain d'expérimentation

Pour avoir la surface suffisante à cette expérimentation, nous avons utilisé en plus d'une parcelle de 20 ares (Terrain A) une parcelle de 10ares(Terrain B).

Tableau 12 : Caractéristique du terrain A

PARCELLE		P1 (0-15)	P2 (0-15)	P3 (0-15)	P4 (0-15)	P (15-30)
Granulométrie de la matière minérale	Argile%	23	11	12,5	31	32
	Limon%	10,8	9,8	10,2	18	18
	Sable%	53,5	71	70	45	46,5
Classe structurale						SABLEUX
Matière organique	Matière organique totale%	0,28	0,32	0,3	0,35	0,28
	Carbone total%	1,115	0,87	0,94	0,16	0,12
	Azote total%	0,08	0,06	0,062	0,11	trace
	C/N	14,7	15,6	15,2	14,8	trace
Acidité	pH eau	6,6	6	6,2	6,8	6
Bases déplaçables	Me/100	3,2	2,5	3	3,8	2,6
Phosphore	total	0,08	0,08	0,09	0,12	0,06
Potasse	Me/100	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11

Source : Laboratoire SOL ESSA

Interprétation de l'analyse pédologique du terrain A

L'analyse granulométrique montre que c'est un sol sableux avec un taux moyen de sable à 60%, corrélativement à une teneur en argile faible à raison de 20%, et le limon à 19%. Ce qui permet de constater la pauvreté en complexe absorbant. Les taux de bases déplaçables sont moyens avec teneur comprise entre 2 et 5 me/100.

L'analyse chimique montre un pH est faiblement acide de moyenne 6,5.

-l' azote total varie de 0,05% à 0,11%, inférieur à 0,5% caractérisant un sol faible en cet élément.

-le phosphore assimilable, à une quantité entre 0,08% à 0,12%, qui marque la pauvreté en cet élément lorsque ce taux est inférieur à 0,12%.

-la potasse avec une valeur inférieure à 0,15% , donc très pauvre. Par conséquent, l'adjonction de fumure minérale ou organique est indispensable.

Le rapport C/N entre 14,7 et 15,6 indique que la matière organique est en cours de dégradation.

En effet, il s'agit d'un sol sableux légèrement acide, pauvre, avec une matière organique en voie de décomposition.

Tableau 13 : Caractéristiques du terrain B

PARCELLE		P1 (0-15)	P2 (0-15)	P3 (0-15)
Granulométrie de la matière minérale	Argile%	29	22,5	21,5
	Limon%	9,5	13,5	12,5
	Sable%	52,5	52,5	60
	Classe structurale	SABLEUX		
Matière organique	Matière organique totale%	0,35	0,28	0,4
	Carbone totale%	1,55	1,55	1,3
	Azote total%	0,11	0,11	0,09
	C/N	13,9	13,7	14,6
Acidité	pH eau	6,7	6,5	6,6
Bases déplaçables	Me/100	2,8	2,9	3,2
Phosphore	totale	0,14	0,10	0,12
Potasse	Me/100	0,11	0,08	0,15

SOURCE : Laboratoire SOL ESSA

Interprétation de l analyse pédologique du terrain B

Le sol a un pH légèrement acide. Les teneurs en bases déplaçables du sol se trouvent moyennes avec un taux compris entre 2 et 5. Le rapport C/N entre 13,7 et 14,6 indique l'existence d'une matière organique en cours de dégradation. En général, les éléments nutritifs sont en faible quantité comme :

-l' azote total, avec un taux compris entre 0,09% et 0,11% toujours au dessous de 0,5%, qui marque un sol pauvre en azote

-le phosphore assimilable entre 0,10% et 0,14%, valeur plus proche de 0,12% prouve c'est un sol très pauvre en P₂O₅.

-la teneur en potasse (0,08 à 0,15me/100) est faible selon la table de comparaison de Memento de l'agronome qui est aux environs de 0,15me/100.

Quant à la granulometrie, les différentes proportions en éléments grossiers se caractérisent en moyenne par 67% du sable, 24% d'argile, 19% de limon.

En somme, il s'agit d'un sol sableux légèrement acide, pauvre, avec une matière organique plus ou moins dégradées.

L'interprétation de valeurs des résultats d'analyse est basée sur l'extrait du Memento de l'Agronome. « Ces normes d'interprétation de la richesse du sol d'après les analyses chimiques. »

132-Les matériels végétaux

Nous avons deux variétés : l'une de variété locale et l'autre nouvellement introduite dans la région.

Tableau 14 : Caractéristiques des variétés utilisées

Nom	MAROTEA-2798	TSIPALA MENA-1129
Origine	Tche -kouai	
Cycle Végétatif	Chine	Locale
Aptitudes Culturelles	125 jours	160 jours
	irriguée	irriguée
Caractéristiques variétales		
Hauteur de la plante	90 cm	100-130cm
Port de la plante	semi-érigé	
Port de la feuille Paniculaire	érigé	
Type de graine	rond	long
Paddy		
Aristation	Nulle	Apicules
Longueur	7,5 mm	8,5 mm
Teinte	jaune paille	jaune foncé
Poids de 1000 graines	24 g	28 g
Caryopse		
Longueur	5,4 mm	7,6 mm
Translucidité	assez bonne	assez bonne
Caractéristiques Agronomiques		
Verse	Résistant	Sensible
Rusticité	Assez bonne	bonne
Tolérance à la pyriculariose	Moyenne	Moyenne
Egrenage	Moyennement sensible	sensible
Réponse aux engrais	Assez bonne	Moyenne
Rendement en essai		
Rendement moyen	5,3T/ha	3,8T/ha
Rendement maximal	6,9t/ha	5,8t/ha

14-Protocole d'essai

141-Les programmes d'essai

a) Les travaux culturels

► Terrain d'expérimentation

- Préparation du sol : qui se fait avec la même technique que celle adoptée par les paysans (cf. chapitre 211).

- Repiquage : la veille de celui-ci, le terrain est divisé en petites parcelles élémentaires à l'aide d'une corde munie de nœuds.

La distance entre deux parcelles est de 50 cm. Cette division est suivie d'un traçage au rayonneur pour marquer la distance entre deux plants, lors de la transplantation. Pendant le repiquage, la pépinière est arrosée et les plants du riz sont prélevés à l'aide d'une pelle pour que les mottes de terres collent

aux racines. Cette humidité est utile lors des séparations des petits plants pour ne pas casser les racines. Le repiquage proprement dit se fait dans un terrain humide et le nombre de brins repiqués varie de 1 à 3 suivant l'essai.

- Sarclages : 3 sarclages sont faits à la houe rotative suivant les 2 lignes croisées et le dernier, à la main. Le premier sarclage est fait 8 jours après le repiquage et les autres tous les 8 jours. Cinq jours après le dernier sarclage mécanique, le sarclage manuel est exécuté.

- Maîtrise d'eau : Elle se divise en 3 niveaux :

- Pendant la période végétative, la maîtrise d'eau consiste à introduire l'eau à la fin de l'après-midi et la faire sortir le matin. Le drainage est facilité par la présence des canaux de ceinture qui entourent chaque parcelle et ceux-ci se terminent par un tuyau de 10cm. Quant à l'irrigation, chaque grande parcelle est alimentée par 2 prises munies d'un tuyau de 10cm de diamètre, pour régulariser le débit.

- Pendant la phase de production, le terrain est submergé d'une mince couche d'eau de 4cm

- Enfin, une semaine avant la récolte, on assèche la rizière pour homogénéiser la maturation.

- Récolte : elle a été faite au niveau de chaque parcelle élémentaire. Nous avons laissé les bordures, c'est à dire nous avons matérialisé une ligne qui entoure chaque parcelle. Après 1 jours de coupe, nous avons fait le battage sur chaque parcelle et nous avons mis du paddy dans un sac plastique pour le séchage et le pesage. Ce dernier est fait après le séchage à l'ombre et à l'air libre pendant une journée chacun .

► La pépinière

- Préparation du sol : la pépinière a été placée sur "Tanety". Elle se trouve à proximité d'une source d'eau et des rizières. Ce qui facilite l'arrosage et le transport des plants lors du repiquage. Après le fauchage et l'enlèvement des herbes, on passe au labour puis à l'émottage et enfin au planage.

- Préparation des semences : L'élimination des grains vides est faite par la mise en seau rempli d'eau des graines. A ce moment-là, nous avons versé du RANOMENA (utilisation en riziculture cf. Annexe 12) de 125 cm³ dans 10 l d'eau pour éliminer les sources pathogènes. La durée du trempage a été de 15 minutes. Puis nous avons mis les grains dans le sac et les avons transférés à l'intérieur d'un trou pour avoir une pointe blanche sur les fentes d'ouverture des graines.

- Semis : les 2 variétés de graines germées sont semées. Chaque variété occupe 2 plates-bandes de 10 ares chacune. La quantité semée par parcelle est de 6 kapoaka. Ces parcelles permettent de planter 30 ares de rizières.

- Entretien : après le semis, les graines sont recouvertes de compost mélangé avec de la terre fine au-dessus de laquelle on place un léger paillage. On fait l'arrosage qui se fait 2 fois par jour : le matin avant le lever du soleil et à la fin de l'après midi. Quatre jours après le semis, on enlève le paillage afin que les plants soient vigoureux.

b) Etude topographique

L'étude topographique permet de relever les faits suivants:

les rizières de 30 ares sont divisées en 6 grandes parcelles de même dimensions soit 24,5 m, x 18,5 m, chaque parcelle est protégée par des diguettes afin d'éviter les mouvements d'eau d'une rizière à l'autre, chacune possède son propre canal d'irrigation et de drainage et en fin chaque grande parcelle est divisée en parcelle élémentaire de (2,5 m x 2,5m) donc au total nous avons 288 parcelles élémentaires.

c) Fertilisation

Avant le dernier hersage, on effectue un apport de 12 soubiques de 25 kg chacune dans les parcelles fertilisées avec le compost (caractéristique cf. 225) c'est à dire, dans (24,5 m, x 18,5 m) x2 grandes parcelles, soit environ 5 tonnes à l'hectare. Ce travail est suivi d'un planage pour faciliter la maîtrise d'eau.

Quant aux parcelles fertilisées avec les engrais minéraux (NPK 11 22 16), l'apport se fait 8 jours après repiquage, après le 1^{er} sarclage. La quantité apportée est de 1,5 kg/ parcelle élémentaire soit 500 kg/ hectare.

142-Les facteurs étudiés

L'analyse multifactorielle sur le système de riziculture intensive porte sur les études des variables suivantes :

- La fertilisation
- L' écartement
- L' âge de plants
- Le nombre de plants à repiquer
- Le sarclage

Ces 5 variables sont testés suivant 2 variétés en maîtrise et non maîtrise d'eau.

143-Dispositif expérimental

Nous avons testé 2 variétés de riz :

-Le riz blanc (2798), c'est une variété locale à cycle court.

-Le riz rouge qui est une variété à cycle long. C'est le riz typiquement malgache mais nouvellement introduit dans le centre B.A.O.B.A.B en vue de l'exportation.

Et les variables suivants délimités par la maîtrise d'eau et la non maîtrise d'eau :

-Age des brins à repiquer (8jours ou 16 jours)

-Nombre de plants à repiquer (nombre 1 ou 3)

-Fertilisation (sans fertilisation, avec NPK, avec compost)

-Ecartement (25cmx25cm ou 30cmx30cm)

Les combinaisons entre l'âge des plants, leur nombre à repiquer et leur écartement donnent les 8 traitements suivants :

- 16 jours, 1 brin, 25 cm x 25 cm : T₁ • 8 jours, 1 brin, 25 cm x 25 cm : T₅
- 16 jours, 1 brin, 30 cm x 30 cm : T₂ • 8 jours, 1 brin, 30 cm x 30 cm : T₆
- 16 jours, 3 brins, 25 cm x 25 cm : T₃ • 8 jours, 3 brins, 25 cm x 25 c : T₇
- 16 jours, 3 brins, 30 cm x 30 cm : T₄ • 8 jours, 3 brins, 30 cm x 30 cm : T₈

Ces traitements sont testés dans les milieux suivants :

1-Sans fertilisation avec maîtrise d'eau

2-Sans fertilisation sans maîtrise d'eau

3- Avec NPK avec maîtrise d'eau

4-Avec NPK sans maîtrise d'eau

5-Avec compost avec maîtrise d'eau

6-Avec compost sans maîtrise d'eau

Le dispositif expérimental choisi pour ces 8 traitements dans chaque grande parcelle, est un dispositif "Bloc FISCHER" randomisé à 3 répétitions. La répartition n'est pas identique dans les 6 sous grandes parcelles.

Ainsi, les schémas suivants représentent les dispositifs

Figure 6 : Dispositif expérimental

15-Conduite de l'expérimentation

Le rendement est calculé par parcelle élémentaire puis ramené à l'hectare. Mais avant d'arriver à ce stade, nous avons observé, à un moment précis, les autres facteurs de rendement suivants à savoir :

- le nombre de talles : nous avons pris 10 plantes au hasard dans chaque parcelle élémentaire et les résultats ont été obtenus par la moyenne de comptages. Ces pieds ont été marqués pour faciliter la prochaine observation.
- le nombre de talles fertiles : le comptage est exécuté quelques jours après le début de maturation sur les plants marqués auparavant. Les talles stériles ont été estimés à 5 % en général.
- le nombre de grains pleins par panicule : cette opération est faite au milieu de la phase de maturation; nous avons choisi une panicule sur la plante marquée et on ne compte que les grains pleins.
- la densité racinaire : la mesure de la densité racinaire est faite sur la plante représentative elle-même. On attache au collet de la plante une corde munie d'une balance puis on la tire verticalement et on note la force maximale indiquée par l'aiguille.
- la longueur racinaire : on lave doucement les racines puis on les mesure à l'aide d'un double décimètre.
- le rendement parcellaire : c'est la production obtenue dans une surface de 4m² qu'on a pesée après séchage. Ce dernier se fait sur une bâche appartenant à la station et pendant 2 jours (1 jour à l'ombre et 1 jour au soleil). La nuit, les grains sont ramassés et ramenés dans une salle bien fermée. Avec le soleil à 25 à 35°C, le séchage est efficace. Le rendement à l'hectare est obtenu à partir de la formule suivante: Rendement/ hectare= Production 4 m²*2,38 (2,38 est le coefficient de variation de l'humidité qui est supposée 18% au battage et atteint 14% après séchage)

Pendant l'expérimentation, toutes les opérations de même nature sont faites le même jour, sauf le repiquage que l'on a effectué à des dates variées car semer le riz à une date fixe est beaucoup plus proche des pratiques paysannes. Par contre, les observations des composants de rendement ne peuvent pas se faire en une journée.

IV-INTERPRETATIONS DES RESULTATS ET SUGGESTIONS

1-CONSTATATIONS SUR TERRAIN

11-La maladie

Un mois après le repiquage, nous avons observé une maladie chez le riz rouge. C'est une **pourriture de la gaine**. Le symptôme apparaît sur les gaines foliaires qui enferment les panicules. Une forte attaque du champignon appelé **Sarocladium oryzae** résulte d'une mauvaise émergence de la panicule. Celle-ci peut être soit tout à fait bloquée dans la gaine, soit partiellement émergée. Les panicules non-émergées pourrissent et les grains sont dans l'ensemble vides. Les panicules partiellement émergées, présentent également des grains vides ou mal remplis. D'où les dégâts que nous avons évalués à 30%. Ce sont surtout les plants de riz fertilisés à l'engrais chimique qui ont de plus attaqués.

Afin d'éliminer cette maladie, aucune intervention n'est faite. Le traitement préalable des semences au RANOMENA a permis d'éviter sa gravité et nous n'avons pas fait d'autre traitement. Nous avons remarqué que les plants de 8 jours à un brin sont vigoureux et résistants.



Cliché : Panicule de riz rouge malade au stade maturation

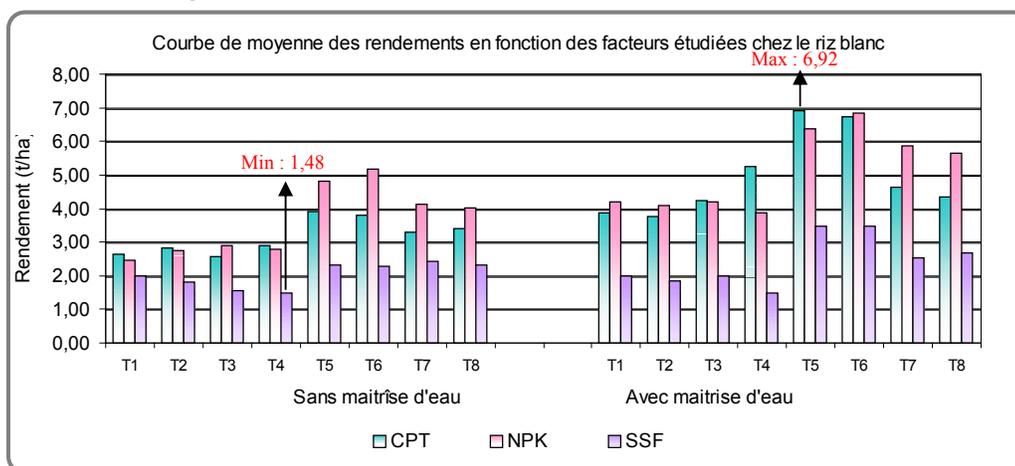
Plant repiqué au 16^{ème} jour avec NPK.

12-Résultats de l'expérimentation

Les résultats de l'expérience évalués selon les mesures ou observations sur terrain sont présentés sous forme de tableau chiffré peu complexe (cf. Annexe 13). Parmi eux, le rendement est le résultat final à attendre. Donc les effets des facteurs se manifestent sur les valeurs moyennes de chaque traitement, ce qui nous a mené à présenter les figures de ces moyennes du rendement, par variété.

● Riz blanc

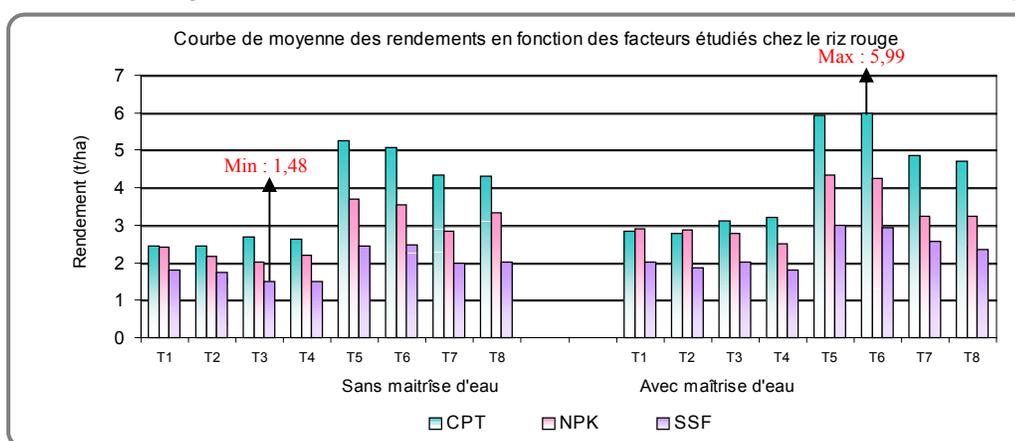
Figure 7 : Courbe de moyenne des rendements en fonction des facteurs étudiés chez le riz blanc



Selon cette figure, le rendement maximum est observé dans une parcelle avec maîtrise d'eau fertilisée par le compost et repiqué à 8 jours, un seul brin, 30cmx30cm (T6). On a obtenu en moyenne 6,92 t/ha marqué par un maximum à raison de 7,09t/ha. Par contre, le rendement médiocre obtenu était de 1,48t/ha. Ce dernier est réalisé dans une parcelle avec maîtrise d'eau, sans fertilisation et repiqués au 16^{ème}jour et 3brins, 30x30cm d'écartement.

● Riz Rouge

Figure 8 : Courbe de moyenne des rendements en fonction des facteurs étudiés chez le riz rouge



T1 :16J1B25 T2 :16J1B30 T3 :16J3B25 T4 :16J3B30 T5 :8J1B25 T6 :8J1B30 T7 :8J3B25 T8 :8J3B30

La figure 8 évoque les différences de rendement entre les différents traitements. Le maximum est de l'ordre de 5,99t/ha contre 1,48t/ha pour le minimum. Les jeunes plants de 8 jours repiqués en 1 seul brin et bien espacés (30cmx30cm) dans une parcelle à bonne maîtrise d'eau, fertilisés par le compost nous a donné ce meilleur rendement. Par contre, le faible rendement est dû par l'effet du traitement suivant : sans maîtrise d'eau, sans fertilisation, et repiqués au 16^{ème}jour, 3brins, 25cmx25cm.

2-ANALYSE STATISTIQUE DES PARAMETRES ETUDIEES

21-Nature des données à analyser

Soit une population de n individus pour lesquels, les valeurs prises par p variables sont mesurées.

Cette population, vis-à-vis de ces variables, peut être représentée par un tableau ; c'est le tableau des données ou matrice des données, comprenant n lignes (une par individu) et p – colonnes (une par variable).

Dans ce tableau, à l'intersection de $j^{\text{ème}}$ ligne et de la $j^{\text{ème}}$ colonne, se trouve inscrite la mesure de la variable, c'est pour l'individu i (x_{ij})

Chaque individu i est caractérisé par p mesures correspondant aux différentes variables pouvant être considérées comme étant ses coordonnées dans l'espace des variables (à p - dimensions).

L'ensemble des individus dans cet espace forme un nuage sur la carte factorielle.

Pareillement, chaque variable est caractérisée par les n - valeurs qu'elle présente au niveau des individus. Ces valeurs peuvent être considérées comme ses coordonnées dans l'espace des individus.

22-Choix de la méthode

Pour pouvoir comparer les effets de ces facteurs, nous avons employé différentes méthodes d'analyses. Compte tenu d'un nombre de facteurs étudiés et des résultats obtenus, nous avons choisi 4 méthodes d'interprétation : l'analyse canonique, l'analyse des variances, l'analyse en composante principale(A.C.P) et l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C). L'interprétation des proximités qui traduisent les relations entre les facteurs étudiés (maîtrise d'eau, fertilisation, traitement, variétés) fera l'objet de la première et la deuxième analyses. Tandis que les autres donnent des informations entre les facteurs et les résultats. Le schéma suivant confirme le choix de notre méthode d'interprétation.

Figure 9: Choix de la méthode d'interprétation

23-Principe des méthodes

L'analyse canonique est la méthode la plus grande dont dérive toutes les méthodes connues par particularisation. Elle permet donc d'expliquer les relations de plusieurs variables dépendants à expliquer en fonctions de plusieurs variables explicatives ou variables de travail.

Pour un grand nombre de données, il nous est impossible de regarder un nuage dans l'espace à p dimensions.

L'A.C.P et l'A.F.C permettent de faire une étude des projections des points de nuage. Cette projection se fera dans un espace de dimension plus faible qui sera représentable graphiquement.

Cette représentation sera donc approximative, mais la déformation est minimisée. Le principe de ces analyses consiste à réduire « m » variables initiales (observées ou mesurées) liées ou intercorrélées en « p » nouvelles variables indépendantes appelées FACTEURS pour (pour l'AFC) ou COMPOSANTES PRINCIPALES (pour l'ACP).

En conséquence, ces nouvelles variables synthétiques (composantes principales ou facteurs) en nombre réduit, apportent presque autant d'informations que le grand nombre de caractères initiaux.

L'objectif de l'analyse est de déterminer des axes déterminant des plans de projection pour la visualisation des phénomènes à l'instar des cartes géographiques.

Cette détermination consiste à extraire les valeurs propres de la matrice des corrélations entre les variables par la méthode de diagonalisation

Les vecteurs propres qui représentent un fort pourcentage de variance, constituent les axes factoriels à considérer.

Les p points-observations sont donc projetés dans des plans formés par les axes 2 à 2 ainsi que les q points-variables.

24-Les techniques de l'analyse statistique en AFC et ACP

Le procédé comporte 7 étapes

1°) Arrangement des données de mensuration et d'observation de façon à obtenir une matrice rectangulaire [x_{ij}]

2°) Saisie à l'ordinateur des données et calcul de la valeur centrée et normée x de chaque variable par la formule

$$x = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sqrt{n_j} s} \quad \text{où } n : \text{ nombre d'individus}$$

x_{ij} = valeur du caractère "j" pour un individu "i"

\bar{x}_j = moyenne de x_j (valeur du caractère "j")

s = écart – type de x_j

3°) Etablissement d'une matrice carrée x'x qui représente n fois la matrice de corrélation 2 à 2

4°) Diagonalisation : C'est une opération qui fournit essentiellement

a) les valeurs propres

Ce sont les variances sur les axes principaux. Le rapport de chaque valeur propre avec la somme de toutes les valeurs propres fournit la part de l'information expliquée par chaque axe. Celui-ci représente le taux d' inertie ou pouvoir informatif de l'axe, exprimé en pourcentage

b) les "vecteurs propres" V_i

Ce sont les coefficients des variables centrés réduits dans l'équation linéaire des axes principaux.

A chaque valeur propre de la matrice des corrélations correspond un vecteur propre.

Pratiquement, on s'arrête à l'extraction des trois premières valeurs propres quand leur somme représente une proportion notable de la trace de la matrice. Dans ce cas, l'information perdue est relativement faible.

5°) Projection des coordonnées sur les vecteurs propres dans un plan, en contribuant 2 à 2 les premiers axes principaux. (axe₁ et axe₂; axe₁ et axe₃, axe₂ et axe₃)

Pour un axe donné, les variables qui ont les plus forts coefficients, en valeur absolue, sont ceux qui contribuent le plus à la formation de cet axe.

6°) Représentation graphique simultanée des lignes (individus) et des colonnes (variables). Les coordonnées de chaque variable ou de chaque individu, relatives aux axes ont été démontrées mathématiquement comme les corrélations de la variable ou des facteurs avec l'axe.

7°) Interprétation : chaque axe représente une direction d'organisation dont la dénomination est suggérée par l'ensemble des caractéristiques qui lui sont rattachées.

3-INTERPRETATION DES SYNERGIES DES VARIABLES DE TRAVAIL

L'analyse canonique permet de nous donner une matrice de corrélation des variables. Cette dernière permet de voir la corrélation entre eux. Pour cette analyse, nous avons choisi entre les deux écartements car d'après les résultats, la variation de ce facteur n'a pas varié significativement le rendement. On peut identifier 3 types de corrélations :

- une corrélation négative veut dire que la confrontation des 2 facteurs nuit le bon rendement.
- une corrélation nulle lorsque les 2 variables sont indépendants.
- une corrélation positive marque que leurs synergies ont un effet favorable au rendement.

Tableau 15 : Matrice de corrélation des variables

MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES											
	SSF	NPK	CPT	AME	SME	RBO	RBL	S1V	S3V	H1V	H3V
SSF	1.00										
NPK	-0.50	1.00									
CPT	-0.50	-0.50	1.00								
AME	0.00	0.00	0.00	1.00							
SME	0.00	0.00	0.00	-1.00	1.00						
RBO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00					
RBL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	1.00				
S1V	-0.68	0.36	0.31	0.48	-0.48	-0.32	0.32	1.00			
S3V	-0.71	0.28	0.43	0.49	-0.49	-0.32	0.32	0.96	1.00		
H1V	-0.76	0.21	0.55	0.44	-0.44	-0.18	0.18	0.88	0.96	1.00	
H3V	-0.74	0.29	0.45	0.34	-0.34	-0.22	0.22	0.86	0.92	0.94	1.00

Liste d'abréviation :

- SSF : Sans fertilisation
- NPK : Engrais minéral (11-22-16)
- CPT : Compost
- AME : Avec maîtrise d'eau
- SME : Sans maîtrise d'eau
- RBO : Riz rouge
- RBL : Riz blanc
- S1V : 16jours 1brin 25cm*25cm
- S3V : 16jours 3brins 25cm*25cm
- H1V : 8jours 1brin 25cm*25cm
- H3V : 8jours 3brins 25cm*25cm

● Le coefficient de corrélation entre les facteurs est nul comme la matrice de corrélation nous montre. Nous pouvons faire allusion à la corrélation entre « sans fertilisation (SSF) » et « maîtrise d'eau (AME) », puis « NPK » et « riz rouge ». Autrement dit, ces facteurs cités auparavant sont indépendants mais c'est leur synergie qui permet d'augmenter le rendement.

- Une valeur négative est observée entre :
 - les traitements (S1V,S3V,H1V,H3V) et le sans fertilisation
 - les traitements et le sans fertilisation
 - les traitements et la variété riz rouge

La fertilisation, la maîtrise d'eau, la variété sont donc les facteurs limitants du rendement dans cette région parce que même si les traitements choisis sont efficaces, par exemple repiquage à 8jours1brin 25cm*25cm , mais aucune fertilisation, mauvaise maîtrise d'eau et variété non adaptée, les rendements sont faibles. On obtient une corrélation négative . Les paysans pensent toujours que le riz est une plante aquatique. L'analyse matricielle de corrélation montre que si on repique les plants, jeunes et en un seul brin (H1V : 8jours 1brin 25cm*25cm) mais la maîtrise d'eau n'est pas régulière (coefficient de corrélation entre H1V et sans maîtrise d'eau :-0,48) les rendements se diminueront. En effet, la rizière maintenue humide jusqu'au stade de montaison favorise le tallage, après le besoin en eau augmente pour la formation des panicules et remplissage des grains. Puis, il est incontestable que quelle que soit la variété cultivée, on obtient toujours un

rendement, mais le mieux c'est de cultiver la variété améliorée locale car la matrice nous montre une corrélation négative entre la variété riz rouge nouvellement introduite et les traitements choisis lors du repiquage.

Ensuite le non apport de fumier organique ou minéral entraîne une immobilisation de l'azote du sol par les micro-organismes préexistants pour bio dégrader les matières organiques déjà enfouies lors de la préparation du sol. Dans ce cas, la concurrence au niveau de l'assimilation de l'azote minéral existe entre les micro-organismes telluriques et le plant. C'est le système de blocage, et il se prolonge tant que les besoins physiologiques des microbes ne sont pas satisfaits, donc la corrélation est négative entre les divers traitements et le traitement « sans fertilisation ». C'est pourquoi l'apport du NPK ou compost permet de réduire ce système de blocage de la part des micro-organismes, d'autant plus que la faible fertilité du sable-roux nécessite un apport en élément fertilisant.

Par contre, une corrélation positive s'observe entre les autres facteurs mais la valeur se différencie les unes des autres.

- Des corrélations positives vérifient l'importance de l'apport de fertilisation quelle que soit la méthode pratiquée lors de la transplantation. Dans le sol sableux, les coefficients de corrélation entre les différents traitements et le compost sont plus hauts avec une valeur maximum (CPT-H1V :0,55) à celle du NPK (S1V-NPK :0,36). Le compost est considéré comme source de matières organiques en voie de dégradation permettent une bonne décomposition et humification si les micro-organismes peuvent trouver ailleurs un complément d'azote comme le NPK. Parallèlement, la présence des éléments nutritifs dans le sol, l'absorption des éléments nutritifs s'effectue normalement par les poils absorbants des racines. Les plants repiqués très jeunes (H1V) permettent une grande efficacité de leurs racines correspondant au grand pouvoir de tallage. En outre, le repiquage à un brin octroie bien aux racines une bonne exploitation des réserves nutritives du sol dans toutes directions. En effet, on trouve cette corrélation égale à 0,55. La corrélation maximum du NPK, qui est de 0,36 se trouve avec S1V tandis que celle du compost se trouve avec H1V et est à 0,55. Donc le compost est meilleur que NPK.

Le développement végétatif pour les plants de 16 jours suscite un bon développement racinaire. La corrélation avec le NPK est inférieure à celle du compost parce que le faible complexe absorbant est observé dans le sol sableux et la perte par lessivage est intense.

Avec le système maîtrise d'eau, on peut favoriser la forme d'azote minérale adéquate aux différents stades de développement du riz. L'azote ammoniacale favorise le tallage, tandis que la nitrique active la production de grains des panicules. [GRIST 1975](#) signale que la plante jeune donne une meilleure réponse à NH_4 et que la plante adulte répond mieux à NO_3^- . La submersion favorise donc le processus d'ammonification (transformation des matières organiques en NH_4) et l'assèchement favorise le phénomène d'oxydation qui transforme le NH_4 en NO_3 . Par conséquent les coefficients de corrélation entre les traitements avec maîtrise d'eau ne montrent pas une très grande signification.

4-INTERPRETATION PAR LES ANALYSES DES VARIANCES DU RENDEMENT

Est-ce que les études des relations des facteurs cités auparavant influent vraiment sur le rendement en riziculture ? Plusieurs méthodes permettent de répondre à cette question; la plus utilisée est l'analyse des variances. Cette dernière a pour but de mettre en évidence les différences significatives des synergies des traitements sur terrain.

Le tableau de l'analyse de la variation du rendement se présente comme suit :

Tableau 16 : Tableau d'analyse de variance

ANALYSE DE VARIANCE							
=====							
	S.C.E.	DDL	CARRES MOYENS	F CALCULEE.	F TABLE	OBS	
VAR.TOTALE	533.51	287	1.86				
VAR.FACTEUR FERT	178.12	2	89.06	456.12	3		TSS
VAR.FACTEUR MAIT	49.53	1	49.53	253.65	3.84		TSS
VAR.FACTEUR VAR	19.04	1	19.04	97.51	3.84		TSS
VAR.FACTEUR TRAIT	160.22	7	22.89	117.23	2.02		TSS
VAR.INTER FERT*MAIT	6.91	2	3.46	17.70	3		TSS
VAR.INTER FERT*VAR	26.19	2	13.09	67.06	3		TSS
VAR.INTER FERT*TRAIT	17.02	14	1.22	6.23	1.71		TSS
VAR.INTER MAIT*VAR	9.36	1	9.36	47.92	3.84		TSS
VAR.INTER MAIT*TRAIT	5.80	7	0.83	4.24	2.02		TSS
VAR.INTER VAR*TRAIT	0.39	7	0.06	0.28	2.02		NSS
VAR.INTER FERT*MAIT*VAR	4.56	2	2.28	11.67	3		TSS
VAR.INTER FERT*MAIT*TRAIT	2.24	14	0.16	0.82	1.71		NSS
VAR.INTER FERT*VAR*TRAIT	12.27	14	0.88	4.49	1.71		TSS
VAR.INTER MAIT*VAR*TRAIT	2.14	7	0.31	1.57	2.02		NSS
VAR.INT.FERT*MAIT*VAR*TRAIT	2.25	14	0.16	0.82	1.71		NSS
VAR.RESIDUELLE 1	37.49	192	0.20				

Liste d'abréviation :

FERT :	fertilisation	S.C.E :	somme des carrés des écarts
MAIT :	maîtrise d'eau	OBS :	observation
VAR :	variété	TSS :	très significative
TRAIT :	traitement	NSS :	non significative

Selon le tableau d'analyse de variance, les différences significatives des facteurs étudiés sont observées quand le F calculée est supérieure au F lue sur la table de Snédécour, à savoir :

41-L'effet de la fertilisation

La différence due à la fumure est significative (F calculée 456,12 >F lue 3). Les meilleurs rendements ont été réalisés sur des parcelles ayant reçu du compost : 3,95 t/ha, viennent ensuite les parcelles ayant reçu NPK à 3,70 t/ha et s'il n'y a aucune fertilisation, le rendement est de 2,17t/ha

Tableau 17 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de la fertilisation

test de NEWMAN-KEULS - seuil = 5%				
=====				
FACTEUR 1 FERTILISATION				

NOMBRE DE MOYENNES	2	3		
VALEURS DES PPAS	0.13	0.15		
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES	HOMOGENES
3	CPT (compost)	3.95	A	
2	NPK	3.70	B	
1	SSF (aucun)	2.17		C

La détermination de l'influence de la fertilité du sol sur la végétation est un problème très courant en agriculture, même en riziculture. La médiocrité des rendements est en général imputée à la faible fertilité du sol. La zone d'essai avec une majorité de terres sableuses et peu fertiles a réussi de bonnes performances avec la fertilisation (NPK ou compost).

En raison de la double riziculture annuelle et de rendements si élevés, il est fort probable que les terres s'épuisent rapidement si les paysans continuent le SRI sans fumure.

Les éléments nutritifs exigés en quantité majeure par les plantes sont l'azote, le phosphore et le potasse. En outre, bien d'autres éléments nutritifs secondaires ou oligo-éléments sont nécessaires, de façon complémentaire, mais en quantité minime. Les sols, constitués principalement par des sables, sont pauvres et à drainage ; ils se dessèchent vite et possèdent de faibles réserves d'éléments nutritifs.

L'approvisionnement en éléments nutritifs est un aspect très important de la fertilité du sol et l'on a eu souvent tendance à croire que, tant que la plante parvient à satisfaire ses besoins en nutriments principaux à partir des engrais minéraux, les rendements continueront à s'améliorer. L'expérience a montré que cela n'est pas tout à fait vrai. En effet, les engrais minéraux n'apportent pas aux plantes tous les éléments nutritifs indispensables et n'ont qu'un effet insignifiant sur les autres facteurs de la fertilité du sol d'autant plus que l'aspect de celle-ci est le problème du choix entre l'engrais chimique et l'engrais organique.

L'augmentation est due au rendement créé par le compost, c'est dire par le fait que, le compost constitue dans le sol une source d'azote à libération lente que la plante peut absorber tout au long de son développement. Néanmoins, les engrais chimiques ne sont disponibles qu'au moment de l'épandage et ils sont lessivés à cause des caractéristiques des sols et d'une faible capacité d'échange.

42-Effet de la maîtrise d'eau

L'analyse de variance avec (F calculée 253,65 > F lue 3,84) entraîne une différence significative au niveau du rendement avec 3,69t/ha avec la maîtrise d'eau contre 2,86t/ha sans maîtrise d'eau. Les résultats et la comparaison des effets de ce facteur sont donnés par le tableau 18 suivant :

Tableau 18 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de la maîtrise d'eau

test de NEWMAN-KEULS - seuil = 5%				
=====				
FACTEUR 2 MAITRISE D'EAU				

NOMBRE DE MOYENNES		2		
VALEURS DES PPAS		0.10		
F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE	HOMOGENES
1	AME (avec maîtrise)	3.69	A	
2	SME (sans maîtrise)	2.86		B

Avec la maîtrise d'eau, on obtient une augmentation du rendement de 0,83 t/ha. L'oxygène du à la maîtrise d'eau paraît le facteur principal pour les hauts rendements. Il stimule l'humus du sol, l'assimilation par les racines, le métabolisme de production d'énergie. Selon le KHIND ; 1978, il n'est pas nécessaire que la rizière soit maintenue submergée pendant toute la période de croissance pour obtenir des rendements élevés.

L'alternance de périodes d'assèchement et de submersion active le processus de minéralisation. Dans les conditions de réduction créées par la submersion des sols, la matière organique est consciente en

ammoniac et l'assèchement par la réaction d'oxydation transforme l'ammoniac en nitrate. Ce dernier est la forme la plus assimilée par les plantes.

La bonne maîtrise d'eau est un désherbage plus efficace, selon De DATTA ; 1981, il semble que la période de compétition la plus critique avec les mauvaises herbes soit le début de la période de croissance, tout de suite après le repiquage. Si l'eau est réglable, une submersion élimine les mauvaises herbes terrestres mais provoque la germination des Cypéracées et des adventices aquatiques. Par la suite, un assèchement momentané conduit à détruire ces plantes hydrophiles. En effet il sera incontestable que l'introduction d'un contrôle uniformisé d'apport d'eau est l'un des objectifs si on veut atteindre la production du riz.

43-Effet du traitement

Les différents traitements jouent aussi un rôle dans le rendement avec (F calculée 117,23 >F lue 2,02) et selon le traitement choisi, il y en a 8 en tout. Le rendement varie entre 4.38t/ha pour T5 (8jours, 1brin, 25cmx25cm) et 2,51t/ha pour T4 (16jours, 3brins, 30cmx30cm). Le tableau suivant en fait état.

Tableau 19 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet du traitement

test de NEWMAN-KEULS - seuil = 5%							
=====							
FACTEUR 4		: TRAITEMENTS					

NOMBRE DE MOYEN	2	3	4	5	6	7	8
VALEURS DES PPAS	0.21	0.25	0.27	0.29	0.30	0.31	0.32
F4	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES	HOMOGENES			
5	T5 (8J1B25)	4.38	A				
6	T6 (8J1B30)	4.37	A				
7	T7 (8J3B25)	3.56	B				
8	T8 (8J3B30)	3.53	B				
3	T3 (16J3B25)	2.64		C			
1	T1 (16J1B25)	2.62		C			
2	T2 (16J1B30)	2.60		C			
4	T4 (16J3B30)	2.51		C			

Le fort développement des talles qu' on obtient souvent avec un écartement plus grand ne pourra pas compenser le large écartement entre les plants. Quant à l'écartement, il n'y a pas de différence significative à propos du rendement pour les plants repiqués à 25 cm X 25 cm et 30 cm X 30 cm. Ce qui nous permet de dire que les rôles de l'espace et des éléments nutritifs sont impliqués ; toutefois, le sol peu fertile comme le sable roux ne peut pas donner un bon nombre de tallage. Le nombre de talles assez élevé pour l'écartement de 30 x 30 cm ne peut pas être compensé par le nombre de pieds au mètre carré de surface. En effet le système racinaire n'est pas très développé par l'écartement car il ne faut pas oublier que le système bien développé, fournit à la plante d'énormes quantités nutritives.

Les plants âgés de 8 jours repiqués un à un donnent les meilleurs rendements par le fait que un plant de riz transplanté à ce jour ne subit que trop peu de traumatisme de transplantation même si les racines séminales se sont développées dans les parties souterraines. Par contre les plants âgés de 16 jours, lors de l'arrachage, environ un tiers de son système racinaire, reste dans le sol, avec presque toutes les parties délicates, racelles, et poils absorbants.

Ainsi le repiquage jeune est la condition pour l'apparition des premières tiges, le riz ne risque pas de perdre les talles et leur génération, puisque dans la pépinière trop dense, elles ne peuvent pas pousser. De même, le plant repiqué un à un au lieu de trois prolonge la période de naissance des tiges, grâce à la lumière.

En outre lorsqu'ils sont repiqués à trois, ils entrent en compétition pour la lumière et les éléments nutritifs. Chaque plante cherche à acquérir une certaine prédominance entre elle dans chaque touffe. Elle dépense inutilement ses énergies dans le développement excessif des organes végétatifs en hauteur pour chercher de la lumière

44-Effet de la variété

La différence du rendement vient encore des variétés (F calculée 97,51 > F lue 3,84) : les variétés locales (RBL/2798) donnant 3,53t/ha et les variétés nouvellement introduites le riz rouge 3,02t/ha. Le tableau 20 suivant montre l'existence d'une différence significative des rendements des 2 variétés testées :

Tableau 20 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de la variété

test de NEWMAN-KEULS - seuil = 5%				
=====				
FACTEUR 3		: VARIETES VAR		

NOMBRE DE MOYENNE		2		
VALEURS DES PPAS		0.10		
F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES	HOMOGENES
2	RBL (riz blanc)	3.53	A	
1	RRO (riz rouge)	3.02	B	

Pour avoir un bon rendement, il faut choisir les variétés les plus adaptées pour la région et même pendant la saison de culture. Trois éléments déterminent le niveau du rendement :

- Le nombre de tiges porteuses de panicules par unité de surface
- Le nombre de grains par panicule
- Le poids d'un grain.

Or l'assimilation des éléments nutritifs peut varier quelques peu au cours de ces différentes phases en fonction de la variété, de la longueur de la période, de la végétation ou de la latitude sous laquelle la plante est cultivée (ISHIZUKA ; 1973). Les variétés à croissance lente comme le riz rouge peuvent absorber et assimiler des quantités d'azote plus importantes et ont par conséquent des exigences plus élevées en cet élément que les variétés à cycle court. Par conséquent, cette variété (Riz rouge) peut nous donner un plus haut rendement que le riz blanc, cependant il ne résiste pas aux maladies, d'où son rendement faible. C'est la raison pour laquelle la variété riz rouge ne donne pas un bon rendement même si les nombres de grains par panicule et le poids de 100 g sont supérieurs à ceux du riz blanc.

45-Effet de l'interaction entre " Fertilisation – Variétés - Traitements "

Les variations du rendement sont significatives lorsque les différents facteurs cités ci-dessus varient simultanément (F calculée 4,49 > F lue 1,71). Ce qui est le cas dans cette étude. Les rendements obtenus varient d'une combinaison des facteurs à l'autre. Le Test de NEWMAN-KEULS suivant montre ces différences.

**Tableau 21 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de l'interaction entre
" Fertilisation- Variétés- Traitements "**

INTER F1*3*4 : FERTILISATION-VARIETES VAR-TRAITEMENTS												
NOMBRE DE MOYENNES		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VALEURS DES PPAS		0.51	0.61	0.66	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85
NOMBRE DE MOYENNES	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
VALEURS DES PPAS	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95
NOMBRE DE MOYENNES	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
VALEURS DES PPAS	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
NOMBRE DE MOYENNES	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
VALEURS DES PPAS	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04
F1	F3	F4	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES	HOMOGENES						
2	2	6	NPK-RBL-T6	5.98	A							
2	2	5	NPK-RBL-T5	5.64	A B							
3	1	5	CPT-RRO-T5	5.60	A B							
3	1	6	CPT-RRO-T6	5.53	A B C							
3	2	5	CPT-RBL-T5	5.41	A B C							
3	2	6	CPT-RBL-T6	5.26	A B C							
2	2	7	NPK-RBL-T7	4.99	B C D							
2	2	8	NPK-RBL-T8	4.84	C D							
3	1	7	CPT-RRO-T7	4.59	D E							
3	1	8	CPT-RRO-T8	4.51	D E							
2	1	5	NPK-RRO-T5	4.02	E F							
3	2	7	CPT-RBL-T7	3.96	E F							
2	1	6	NPK-RRO-T6	3.89	E F G							
3	2	8	CPT-RBL-T8	3.88	E F G							
2	2	3	NPK-RBL-T3	3.54	F G H							
3	2	3	CPT-RBL-T3	3.48	F G H I							
3	2	4	CPT-RBL-T4	3.44	F G H I J							
2	2	2	NPK-RBL-T2	3.43	F G H I J							
2	2	4	NPK-RBL-T4	3.34	F G H I J K							
2	2	1	NPK-RBL-T1	3.33	F G H I J K							
3	2	2	CPT-RBL-T2	3.30	F G H I J K L							
2	1	8	NPK-RRO-T8	3.28	F G H I J K L							
3	2	1	CPT-RBL-T1	3.24	F G H I J K L							
2	1	7	NPK-RRO-T7	3.04	G H I J K L M							
1	2	5	SSF-RBL-T5	2.91	H I J K L M							
3	1	3	CPT-RRO-T3	2.90	H I J K L M							
1	2	6	SSF-RBL-T6	2.88	H I J K L M							
3	1	4	CPT-RRO-T4	2.85	H I J K L M N							
1	1	5	SSF-RRO-T5	2.73	H I J K L M N O							
1	1	6	SSF-RRO-T6	2.71	H I J K L M N O P							
3	1	2	CPT-RRO-T2	2.69	H I J K L M N O P							
3	1	1	CPT-RRO-T1	2.64	H I J K L M N O P Q							
2	1	1	NPK-RRO-T1	2.62	I J K L M N O P Q R							
2	1	2	NPK-RRO-T2	2.55	J K L M N O P Q R S							
1	2	8	SSF-RBL-T8	2.49	K L M N O P Q R S T							
1	2	7	SSF-RBL-T7	2.48	K L M N O P Q R S T							
2	1	3	NPK-RRO-T3	2.42	L M N O P Q R S T							
2	1	4	NPK-RRO-T4	2.33	M N O P Q R S T							
1	1	7	SSF-RRO-T7	2.28	M N O P Q R S T							
1	1	8	SSF-RRO-T8	2.19	M N O P Q R S T U							
1	2	1	SSF-RBL-T1	1.99	N O P Q R S T U							
1	1	1	SSF-RRO-T1	1.92	O P Q R S T U							
1	2	2	SSF-RBL-T2	1.84	P Q R S T U							
1	1	2	SSF-RRO-T2	1.81	Q R S T U							
1	2	3	SSF-RBL-T3	1.76	R S T U							
1	1	3	SSF-RRO-T3	1.74	S T U							
1	1	4	SSF-RRO-T4	1.65	T U							
1	2	4	SSF-RBL-T4	1.45	U							

La nécessité de la fertilisation dans la région tropicale est devenue encore plus évidente depuis l'introduction en riziculture des méthodes d'exploitation intensives et à la culture des variétés de haut rendement qui extraient du sol des quantités importantes des éléments nutritifs. Pour les variétés améliorées (2798), elles exigent des conditions favorables pour donner de bons rendements. Nous pouvons faire allusion au riz blanc fertilisé à la N.P.K, puis avec T6 (8J,1B,30), on a obtenu 5,90 t/ha ainsi que des plants jeunes développant

profondément dans le sol un système racinaire vigoureux; puis l'engrais chimique est tout de suite disponible pour les racines.

Même si le compost constitue une source d'azote à libération lente que la plante peut absorber tout au long de son développement, le rendement est inférieur à celui du NPK à raison de 5,64 t/ha pour les variétés (riz blanc) par le fait que cette substance a un rapport C/N assez élevé et l'apport est fait très peu avant le repiquage. Par conséquent, elle a tendance à fixer l'azote soluble au sol dès les premiers stades de sa décomposition; alors il peut en résulter une baisse passagère de la quantité d'azote du sol disponible.

46-Effet de l'interaction entre " Fertilisation - Maîtrise d'eau - Variétés "

Nous avons observé des différences significatives du rendement due aux interactions des facteurs mentionnés ci-dessus (F calculée 11,67 >F lue 3). L'analyse de la variance qui est précisée par le tableau du test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% indique leurs différences.

Tableau 22 : Test de NEWMAN-KEULS-seuil = 5% ; effet de l'interaction entre " Fertilisation - Maîtrise d'eau - Variétés "

test de NEWMAN-KEULS - seuil = 5%													
=====													
INTER F1*2*3 : FERTILISATION-MAITRISE D'EAU-VARIETES VAR													

NOMBRE DE MOYENNES			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VALEURS DES PPAS			0.25	0.30	0.33	0.3	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
F1	F2	F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES	HOMOGENES							
2	1	2	NPK-AME-RBL	5.14	A								
3	1	2	CPT-AME-RBL	4.83	B								
3	1	1	CPT-AME-RRO	4.18	C								
3	2	1	CPT-SME-RRO	3.65		D							
2	2	2	NPK-SME-RBL	3.63		D							
2	1	1	NPK-AME-RRO	3.27			E						
3	2	2	CPT-SME-RBL	3.16			E						
2	2	1	NPK-SME-RRO	2.77				F					
1	1	2	SSF-AME-RBL	2.42					G				
1	1	1	SSF-AME-RRO	2.32					G				
1	2	2	SSF-SME-RBL	2.02						H			
1	2	1	SSF-SME-RRO	1.93						H			

A mesure que le riz se développe, il prélève dans le sol une partie de chacun de ces éléments. Les éléments solubles dans l'eau sont soustraits à la zone racinaire par le mouvement descendant de l'eau ; c'est notamment le cas de l'azote sous forme d'ion nitrate. L'eau du sol représente la source d'eau des microbes et des plantes, elle transporte des éléments solubles qui seront absorbés par ces dernières. La fonction nutritionnelle du sol est donc de fournir des éléments nutritifs, de diminuer la perte par lessivage et d'augmenter la disponibilité de ces nutriments sous forme assimilable par les plantes.

Les variétés riz blanc répondent aux applications des techniques nouvelles, elles nous donnent 5,14 t/ha avec l'engrais chimique et en bonne maîtrise d'eau contre le rendement avec compost à maîtrise d'eau, à raison de 4,83 t/ha. Par contre les variétés riz rouge nouvellement introduites dans la région tolèrent plus le mauvais contrôle de l'eau en présence de compost parce qu'on a obtenu avec " CPT – AME – RRO ", 4,18t/ha et 3,6 t/ ha pour le " CPT – SME – RRO. "

47-Effet de l'interaction entre "Fertilisation - Maîtrise d'eau - Variétés - Traitements"

L'étude de l'interaction des quatre facteurs n'est pas significative au niveau du rendement. par l'analyse de variance (F calculée 0,82 < F lue 1,71). Il est vrai que,

D'une part, l'effet bénéfique de l'emploi de fumure que ce soit chimique et/ou organique, des techniques modernes (la maîtrise d'eau) et des traitements que nous avons testés (T_1 à T_8), ne peut être pleinement atteint que si les maladies et les parasites ne sont contrôlés de façon satisfaisante.

D'autre part les mauvaises préparations du sol pratiquées par les paysans que nous avons adoptées rendent aux petits plants de 8 jours une difficulté de vivre après le repiquage que les plants de 16 jours.

En effet, le nombre de tallage assez élevé pour le seul brin ne peut pas être récompensé par le nombre de tallage au m^2 pour les 3 brins.

Mais Comme les analyses de variance sont **monodimensionnelles**, il a fallu encore recourir aux analyses des **données multidimensionnelles**. En effet, on ne s'intéresse pas seulement aux effets principaux de chaque traitement ni à leur interaction 2à2 et/ou 3à3 qui caractérisent les analyses de variances, mais aux effets de synergie de tous les traitements testés sur terrain.

L'analyse de variance traite seulement des résultats des données quantitatives. Or dans cette expérience, nous avons à la fois des traitements qualitatifs et quantitatifs mélangés. Force est donc d'utiliser deux des méthodes d'analyses multidimensionnelles : **A.C.Pet A.F.C**

5-INTERPRETATIONS DES RESULTATS SUIVANT A.C.P

L'analyse en composantes principales permet de visualiser sur carte factorielle les effets et relations des données quantitatives par le phénomène de proximité.

- Deux ou plusieurs traitements qui sont proches sur la carte, **sont corrélés**. Et la corrélation quantitative est exprimée par une valeur supérieure en valeur absolue à 0,202 d'après la valeur numérique obtenue avec la formule (voir tableau de corrélation)

- Une proximité entre 2 ou plusieurs résultats (une ligne sur le tableau) s'interprète comme un comportement analogue ou différent par suite ou envers les traitements.

- La proximité d'un traitement et des résultats met en exergue que ce traitement à un effet sur le résultat qui est le rendement.

51-Matrice de corrélation

Liste des abréviations

FERT : fertilisation TLi : Tallage LPi : Longueur paniculaire LRi : Longueur racinaire i : Répétition
 VAR : variété RDi : Rendement GPI : Grains par panicule DRi : Densité racinaire

Tableau 23 : Matrice de corrélation totale

FERT	1.000																					
EAU	0.000	1.000																				
VAR	0.000	0.000	1.000																			
TL1	0.336	-0.187	0.216	1.000																		
RD1	0.576	-0.267	0.113	0.874	1.000																	
LP1	0.039	-0.010	-0.989	-0.103	-0.010	1.000																
GP1	0.126	-0.029	-0.795	0.235	0.261	0.869	1.000															
LR1	0.011	-0.189	-0.176	0.738	0.574	0.282	0.532	1.000														
DR1	-0.290	-0.110	0.247	0.540	0.273	-0.162	0.211	0.553	1.000													
TL2	0.313	-0.236	0.261	0.926	0.821	-0.165	0.125	0.610	0.435	1.000												
RD2	0.537	-0.346	0.152	0.828	0.923	-0.057	0.188	0.524	0.203	0.835	1.000											
LP2	0.031	-0.016	-0.989	-0.122	-0.025	0.994	0.849	0.256	-0.185	-0.154	-0.065	1.000										
GP2	0.071	-0.044	-0.792	0.160	0.188	0.844	0.917	0.452	0.127	0.165	0.146	0.864	1.000									
LR2	-0.051	-0.224	-0.079	0.629	0.499	0.154	0.349	0.689	0.423	0.752	0.512	0.188	0.494	1.000								
DR2	-0.261	-0.135	0.327	0.501	0.271	-0.263	0.059	0.407	0.855	0.564	0.247	-0.238	0.136	0.590	1.000							
TL3	0.287	-0.207	0.344	0.904	0.803	-0.255	0.020	0.561	0.407	0.913	0.802	-0.258	0.004	0.588	0.455	1.000						
RD3	0.492	-0.313	0.282	0.786	0.861	-0.195	0.038	0.463	0.199	0.800	0.913	-0.199	0.016	0.469	0.240	0.855	1.000					
LP3	0.022	-0.009	-0.979	-0.120	-0.011	0.985	0.842	0.253	-0.177	-0.163	-0.072	0.986	0.837	0.158	-0.253	-0.248	-0.201	1.000				
GP3	0.104	-0.089	-0.838	0.176	0.239	0.889	0.931	0.446	0.116	0.116	0.184	0.887	0.913	0.358	0.033	0.061	0.058	0.889	1.000			
LR3	-0.111	-0.269	0.055	0.707	0.564	0.023	0.217	0.729	0.506	0.697	0.552	0.024	0.232	0.723	0.499	0.766	0.597	0.036	0.302	1.000		
DR3	-0.320	-0.144	0.386	0.514	0.262	-0.322	-0.003	0.413	0.881	0.492	0.232	-0.325	-0.017	0.438	0.863	0.553	0.298	-0.307	0.033	0.643	1.000	

La formule ci-après :

$$\lambda \geq \frac{t_{\alpha=0,05}}{\sqrt{n-2+t^2_{\alpha}}} \Leftrightarrow \frac{2}{\sqrt{96-2+4}} = 0,202$$

explique les valeurs dans ce tableau de matrice de corrélation totale. Tous les facteurs dont les coefficients de corrélation sont supérieurs à 0,202 sont liés de la façon suivante :

- Une corrélation négative entre 2 facteurs veut dire qu'ils varient en sens inverse surtout par rapport au rendement.
- Une corrélation positive marque une proximité dans les graphes et une synergie positive donc un effet favorable pour le rendement. Les facteurs varient dans le même sens.

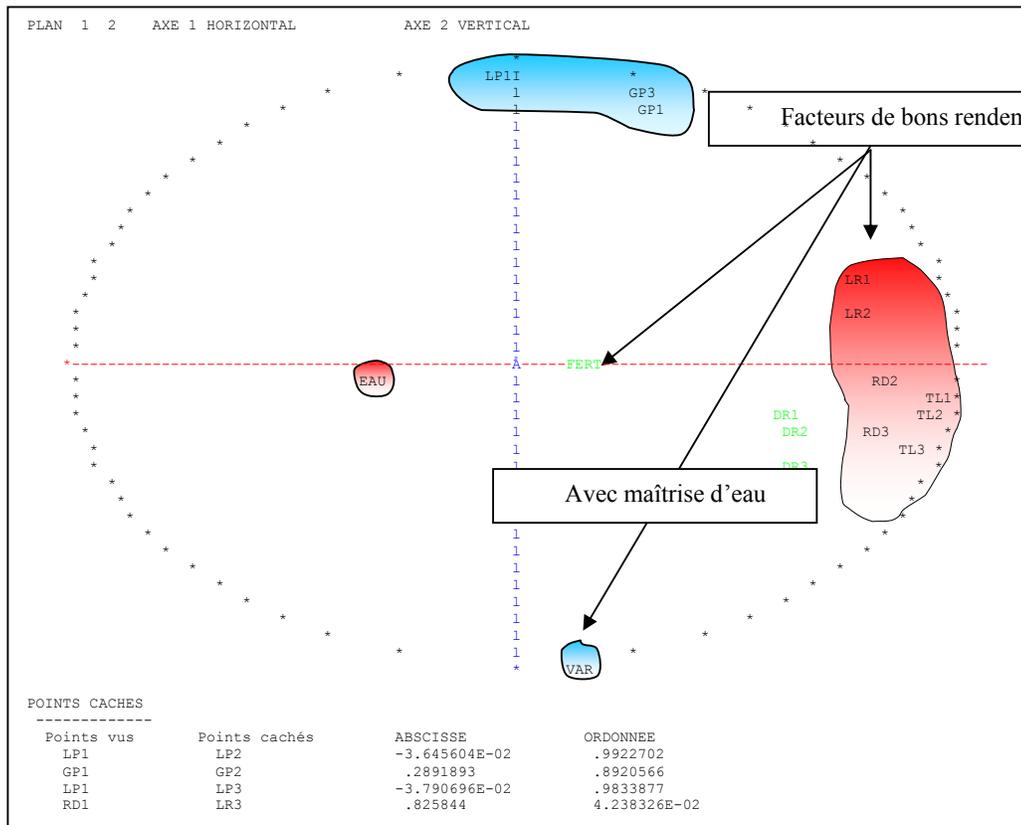
Un facteur corrélé positivement avec le rendement est favorable à celui-ci donc il faut l'augmenter dans la mesure possible et sans excès.

Deux facteurs liés dont la corrélation est positive varient dans le même sens. Si cette corrélation est négative, les facteurs s'inhibent.

52-Grappe de corrélation

Les informations obtenues à partir de la matrice de corrélation telle que ci-dessus et les facteurs peuvent être visualisés sous forme d'images plus facile à interpréter. Les variables sont éparpillés dans le cercle de corrélations. Ce sont les coefficients de corrélations qui réunissent les variables, donnant une signification de l'axe où ils se trouvent.

Figure 10: Plan de corrélation formé par l'axe1,2 en A.C.P



531-Projection des points nuages et des variables formés par l'axe 1,2

a) Axe N° 1.

L'eau se trouve dans la partie gauche de l'axe et va s'opposer au rendement, au tallage et à la longueur racinaire. En outre la matrice des corrélations montre qu'il existe des liaisons

moyennement négatives entre l'eau et les tallages ($TL_1 = -0,187$, $TL_2 = -0,234$, $TL_3 = -0,207$) puis l'eau et les rendements ($RD_1 = -0,267$, $RD_2 = -0,346$, $RD_3 = -0,313$), et en fin entre l'eau et les longueurs racinaires LR ($LR_1 = -0,189$, $LR_2 = -0,224$, $LR_3 = -0,269$).

Par contre, des liaisons fortement positives existent entre les 3 variables (TL,RD,LR): le tallage (TL_1) et les rendements (RD_1) avec un coefficient de corrélation 0,874, ensuite le TL_1 et la longueur racinaire LR_1 pour une valeur de 0,738. De même pour ($TL_2-RD_2: 0,835$) ($TL_2-LR_2=0,752$).

En effet, le fort tallage avec un système racinaire vigoureux est un critère d'appréciation du bon rendement.

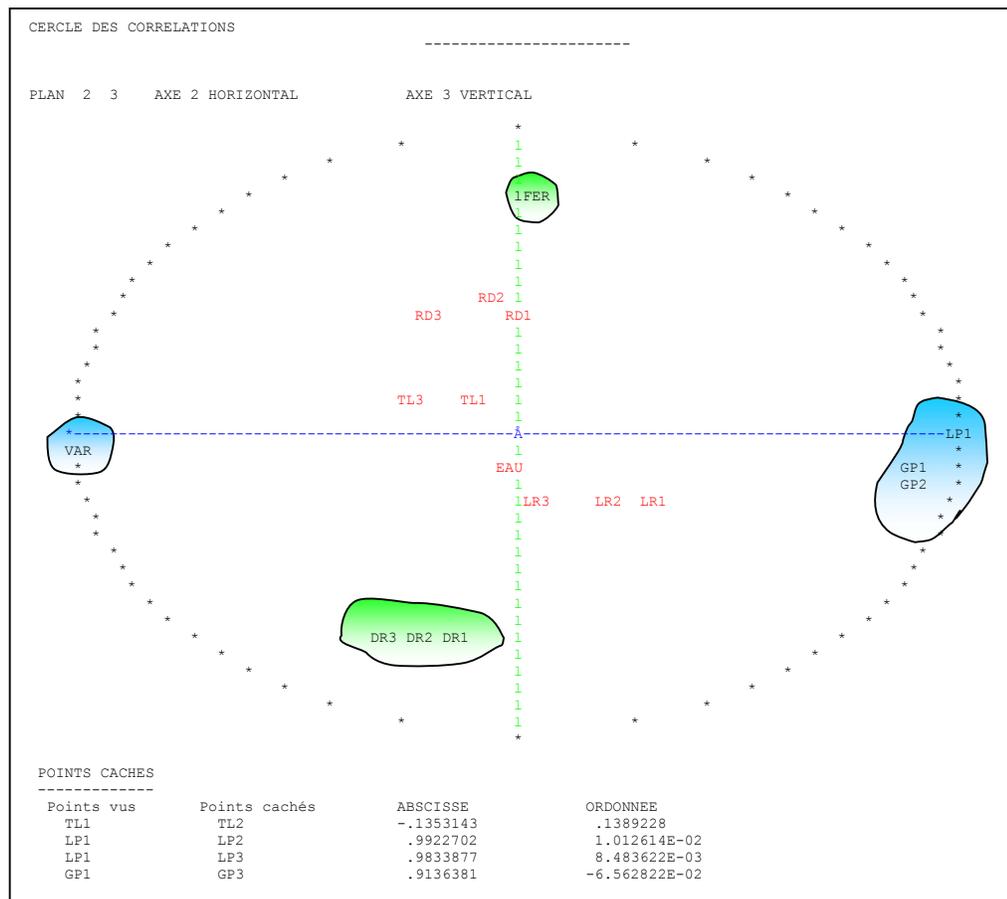
b) Axe N° 2

Etant perpendiculaire à l'axe 1, il montre que la longueur paniculaire et le nombre des grains par panicule ne sont pas du tout influencés par les variétés cultivées et ne leur sont pas des signes distinctifs en quoi que ce soit dans cette expérimentation. Des liaisons fortement positives s'observent entre les longueurs paniculaires et des grains par panicules. La matrice de corrélation montre pour LP_1 et GP_1 (0,869) puis LP_2 et GP_2 (0,864) et enfin LP_3 et GP_3 (0,889), d'où leur proximité à une extrémité de l'axe 2 en bleu.

Généralement, la longueur paniculaire influe sur les nombres de grains qu'elle porte à condition que les plantes puissent trouver les éléments nutritifs dans le sol.

Le plan 2-3 suivant donne plus d'information sur les corrélations suivant l'axe3

Figure 11: Plan de corrélation formé par l'axe2,3 en A.C.P



532-Projection des points nuages et des variables formés par l'axe 2,3

a) Axe N° 3

Etant perpendiculaire aux 2 premiers axes, il indique que la longueur et la densité racinaires ne dépendent pas complètement de la fertilisation apportée. La matrice de corrélation indique une forte corrélation entre la densité racinaire et la longueur racinaire : DR_1 et LR_1 (0,553). Par ailleurs, des liaisons négatives et faibles existent entre la fertilisation et DR_1 , LR_1 , FERT et LR_1 (0,011), FERT et DR_1 (-0,290), FERT et LR_2 (0,054), FERT et DR_2 (0,0261), FERT et LR_3 (-0,111), FERT et DR_3 (-0,320).

6-INTERPRETATIONS PAR A.F.C

Pour tenir compte des effets de la synergie de mélange des informations quantitatives et qualitatives, on a du recourir à la 3^{ème} méthode qui est l'A.F.C. Les cartes factorielles correspondantes s'interprètent de la même manière que celle de l'A.C.P : signification des proximités ou d'éloignements

- De 2 ou plusieurs traitements ou facteurs
- De 2 ou plusieurs résultats observés
- De plusieurs traitements avec plusieurs résultats

Tout ceci sera l'objet de cette paragraphe 6

61-Graphe de corrélation

Listes des abréviations utilisées

CODIFICATION DES INDIVIDUS EN A.F.C							
1:	SSF-AME-RRO-16J1B25	25:	SSF-SME-RBL-16J1B25	49:	NPK-SME-RRO-16J1B25	73:	CPT-SME-RRO-16J1B25
2:	SSF-AME-RRO-16J1B30	26:	SSF-SME-RBL-16J1B30	50:	NPK-SME-RRO-16J1B30	74:	CPT-SME-RRO-16J1B30
3:	SSF-AME-RRO-16J3B25	27:	SSF-SME-RBL-16J3B25	51:	NPK-SME-RRO-16J3B25	75:	CPT-SME-RRO-16J3B25
4:	SSF-AME-RRO-16J3B30	28:	SSF-SME-RBL-16J3B30	52:	NPK-SME-RRO-16J3B30	76:	CPT-SME-RRO-16J3B30
5:	SSF-AME-RRO-8J1B25	29:	SSF-SME-RBL-8J1B25	53:	NPK-SME-RRO-8J1B25	77:	CPT-SME-RRO-8J1B25
6:	SSF-AME-RRO-8J1B30	30:	SSF-SME-RBL-8J1B30	54:	NPK-SME-RRO-8J1B30	78:	CPT-SME-RRO-8J1B30
7:	SSF-AME-RRO-8J3B25	31:	SSF-SME-RBL-8J3B25	55:	NPK-SME-RRO-8J3B25	79:	CPT-SME-RRO-8J3B25
8:	SSF-AME-RRO-8J3B30	32:	SSF-SME-RBL-8J3B30	56:	NPK-SME-RRO-8J3B30	80:	CPT-SME-RRO-8J3B30
9:	SSF-AME-RBL-16J1B25	33:	NPK-AME-RRO-16J1B25	57:	NPK-SME-RBL-16J1B25	81:	CPT-SME-RBL-16J1B25
10:	SSF-AME-RBL-16J1B30	34:	NPK-AME-RRO-16J1B30	58:	NPK-SME-RBL-16J1B30	82:	CPT-SME-RBL-16J1B30
11:	SSF-AME-RBL-16J3B25	35:	NPK-AME-RRO-16J3B25	59:	NPK-SME-RBL-16J3B25	83:	CPT-SME-RBL-16J3B25
12:	SSF-AME-RBL-16J3B30	36:	NPK-AME-RRO-16J3B30	60:	NPK-SME-RBL-16J3B30	84:	CPT-SME-RBL-16J3B30
13:	SSF-AME-RBL-8J1B25	37:	NPK-AME-RRO-8J1B25	61:	NPK-SME-RBL-8J1B25	85:	CPT-SME-RBL-8J1B25
14:	SSF-AME-RBL-8J1B30	38:	NPK-AME-RRO-8J1B30	62:	NPK-SME-RBL-8J1B30	86:	CPT-SME-RBL-8J1B30
15:	SSF-AME-RBL-8J3B25	39:	NPK-AME-RRO-8J3B25	63:	NPK-SME-RBL-8J3B25	87:	CPT-SME-RBL-8J3B25
16:	SSF-AME-RBL-8J3B30	40:	NPK-AME-RRO-8J3B30	64:	NPK-SME-RBL-8J3B30	88:	CPT-SME-RBL-8J3B30
17:	SSF-SME-RRO-16J1B25	41:	NPK-AME-RBL-16J1B25	65:	CPT-AME-RRO-16J1B25	89:	CPT-AME-RBL-16J1B25
18:	SSF-SME-RRO-16J1B30	42:	NPK-AME-RBL-16J1B30	66:	CPT-AME-RRO-16J1B30	90:	CPT-AME-RBL-16J1B30
19:	SSF-SME-RRO-16J3B25	43:	NPK-AME-RBL-16J3B25	67:	CPT-AME-RRO-16J3B25	91:	CPT-AME-RBL-16J3B25
20:	SSF-SME-RRO-16J3B30	44:	NPK-AME-RBL-16J3B30	68:	CPT-AME-RRO-16J3B30	92:	CPT-AME-RBL-16J3B30
21:	SSF-SME-RRO-8J1B25	45:	NPK-AME-RBL-8J1B25	69:	CPT-AME-RRO-8J1B25	93:	CPT-AME-RBL-8J1B25
22:	SSF-SME-RRO-8J1B30	46:	NPK-AME-RBL-8J1B30	70:	CPT-AME-RRO-8J1B30	94:	CPT-AME-RBL-8J1B30

23:	SSF-SME-RRO-8J3B25	47:	NPK-AME-RBL-8J3B25	71:	CPT-AME-RRO-8J3B25	95:	CPT-AME-RBL-8J3B25
24:	SSF-SME-RRO-8J3B30	48:	NPK-AME-RBL-8J3B30	72:	CPT-AME-RRO-8J3B30	96:	CPT-AME-RBL-8J3B30
SSF	Sans fertilisation	CPT	Compost	RBL	Riz blanc	RRO	Riz rouge
J:	Jours de repiquage	B:	Nombre de brins	30:	Ecartement 30cmx30cm	25:	Ecartement 25cmx25cm

Liste des abréviations des paramètres mesurés

FERT : fertilisation TLij : Tallage LPij: Longueur paniculaire LRij : Longueur racinaire i : Répétition
VAR : variété RDij :Rendement GPij : Grains par panicule DRij : Densité racinaire j : Classement

Le graphe suivant est formé par l'axe 1 horizontal en rouge et l'axe 2 vertical en bleu.

Figure 11: Plan de corrélation formé par l'axe1,2 en A.F.C

figure 12 : Plan de corrélation formé par l'axe 1,3 en A.F.C

62-Interprétations des résultats suivant l'axe

Les 3 premiers axes réunis expliquent 83,7% de la variabilité du rendement. 70,6% de la variabilité sont déjà expliqués par les deux premiers axes réunis. Donc les 2 premiers axes donnent suffisamment d'information.

- **L'axe 1**, de la figure 11 et de la figure 12 nous donne 38,5% d'informations. Sur cet axe où l'on trouve corrélés le rendement et la maîtrise d'eau. A gauche, il y a le rendement élevé à côté de la maîtrise d'eau ce qui prouve que celle-ci est le facteur principal du rendement. Ceci se lit dans la carte factorielle en même temps que dans le tableau 24.

Tableau 24 : Regroupement des individus et des variables suivant l'axe n°1²

AXE N°1 (RENDEMENT PAR LA MAITRISE D'EAU)			
DROITE (TYPE I)		GAUCHE (TYPE II)	
Individus	Variables	Individus	Variables
,1:SSF-AME-RRO-16J1B25	T34:31à54	,59:NPK-SME-RBL-16J3B25	T31:15à20
,11:SSF-AME-RBL-16J3B25	L24:78à89cm	,4:SSF-AME-RRO-16J3B30	I11:13à16cm
,12:SSF-AME-RBL-16J3B30	L34:79à119	,6:SSF-AME-RRO-8J1B30	I21:13à16cm
,2:SSF-AME-RRO-16J1B30	I34:19,5à25	,60:NPK-SME-RBL-16J3B30	D11:20à34kgf
,3:SSF-AME-RRO-16J3B25	I14:19,5à25	,1:SSF-AME-RRO-16J1B25	D21:15à34kgf
,38:NPK-AME-RRO-8J1B30	R24:4,21à6,9t	,51:NPK-SME-RRO-16J3B25	R21:1,4à2,43t
,45:NPK-AME-RBL-8J1B25	R34:4,05à7t	,52:NPK-SME-RRO-16J3B30	R31:1,18à2,07t
,47:NPK-AME-RBL-8J3B25	T14:28à52	,57:NPK-SME-RBL-16J1B25	T11:15à19
,48:NPK-AME-RBL-8J3B30	T24:29à55	,58:NPK-SME-RBL-16J1B30	T21:14à19
,69:CPT-AME-RBO-8J1B25	T33:24à31	,73:CPT-SMERRO-16J1B25	T12:19à23
,70:CPT-AME-RBO-8J1B30	D13:39à46Kgf	,74:CPT-SME-RRO-16J1B30	T22:19à23
,93:CPT-AME-RBL-8J1B25	D23:40à49Kgf	,75:CPT-SME-RRO-16J3B30	T32:20à24
,94:CPT-AME-RBL-8J1B30	I13:18à19,5cm	,81:CPT-SME-RBL-16J1B25	R12:2,38à2,83t
,95:CPT-AME-RBL-8J3B25	I33:18à19,5cm	,83:CPT-SME-RBL-16J3B25	R22:2,43à3,05t
,96:CPT-AME-RBL-8J3B30	R14:4,12à7,09t	,84:CPT-SME-RBL-16J3B30	R11:1,43à2,38t
	L14:78à95	,17:SSF-SME-RRO-16J1B25	I31:14 à16,5cm
	G14:132à219	,24:SSF-SME-RBL-16J1B25	G31:65à82
	AVECMAITRISE		SANS MAITRISE

Le type I regroupe les individus plus jeunes, repiqués un à un et bien espacés ayant reçu de la fertilisation et de la bonne maîtrise d'eau. Ce groupe représente des meilleurs rendements. Par contre, le type II rassemble les individus qui ont des mauvais rendements. Ceci est dû par le mauvais contrôle d'eau, les plants repiqués nombreux et plus âgés et l'absence de la fertilisation.

621-La bonne performance des jeunes plants avec la bonne maîtrise d'eau

Selon GRIST ;1975, l'eau est pour la riziculture encore plus importante que le sol lui-même, sans les diverses catégories de riz, en culture humide, les plus forts rendements proviennent de rizières où l'apport d'eau est contrôlé de façon à empêcher tout défaut en tout excès.

La zone de surface où le sol est oxydé, est suffisamment grande pour qu'il s'y produise une très forte oxydation de l'ammonium en nitrate par des bactéries nitrifiantes. L'ammonium provient de la minéralisation de la matière organique ou de l'engrais. Les facteurs limitants sont le taux de nitrification et la différence de l'ammonium de la couche anaérobie à la couche aérobie.

L'axe n° 1 horizontal et rouge montre de gauche à droite l'évolution du rendement due à la bonne maîtrise d'eau. A l'extrême gauche, il regroupe les individus de bon rendement. Ce dernier varie de 4,12t/ha à 7,09t/ha. Lorsque la maîtrise d'eau est bien soignée, le meilleur rendement est observé chez les plants repiqués à 8 jours en un seul brin et fertilisés avec le compost. Avec la maîtrise d'eau, les jeunes plants de 8 jours arrivent à avoir un bon rendement par le fait qu'il y a pu former une quantité de talles. Le minimum de rendement, avec la bonne maîtrise d'eau est de 4,12t/ha même si les paysans ont repiqués à 16jours et de 1 ou3 brins. Les variables qui marquent ce bon rendement sont (R₁₄, R₂₄, R₃₄), le tallage (T₁₄, T₂₄, T₃₄), les longueurs paniculaires (L₁₄,L₂₄,L₃₄) et enfin la longueur racinaire (l₃₄,l₂₄). Nous pouvons nous référer aux individus N (69,70,93,94,95,96,38,45,47,48). Par contre, plus les plants sont âgés, plus les rendements deviennent catastrophiques lorsque la maîtrise d'eau n'est pas bien contrôlée. Le rendement observé tourne de 1,18t/ha à 3,05t/ha. Il est obtenu parallèlement en observant les variables suivants comme les tallages obtenus (T₁₁,T₁₂,T₁₃,T₂₁,T₂₂,T₂₃) ; ensuite les longueurs racinaires (l₁₁,l₂₁,l₃₁) avec leurs densités correspondantes (D₁₁,D₂₁). Toutes ces variables sont observés sur les individus ci-après N°(73,74,75,81,83,84,51,52,57,58,59,60,1,4,6).

• L'axe n°2 (avec 32,1% d'information), vertical et bleu de la figure11 indique les effets de la variété sur le rendement car cet axe partage ces deux variétés en 2 groupes; dans la partie positive indique les caractéristiques de la variété riz rouge regroupé dans le type III tandis que le type IV dans la partie négative nous montre la variété riz blanc. Par conséquent, ce facteur est aussi un facteur du rendement car il fait varier le rendement selon le traitement adopté que l'on observe dans la carte factorielle et dans le tableau suivant :

Tableau 25 : Regroupement des individus et des variables suivant l'axe n°2

AXE N°2 (RENDEMENT PAR LA VARIETE)			
TYPE III		TYPE IV	
Individus	Variables	Individus	Variables
,67:CPT-SME-RRO-16J3B25		,67:CPT-AME-RBL-16J3B25	
,71:CPT-AME-RRO-8J3B25		,79:CPT-AME-RBL-8J3B25	
,72:CPT-AME-RRO-8J3B25		,87:CPT-SME-RBL-8J3B25	
,78:CPT-SME-RRO-8J1B25		,88:CPT-SME-RBL-8J3B30	D34:29kgf
,79:CPT-SME-RRO-8J3B25		,91:CPT-SME-RBL-16J3B25	D24:21kgf
,80:CPT-SME-RRO-8J3B30	G24:130à228	,92:CPT-SME-RBL-16J3B30	D14 :46 à 63kgf
,37:NPK-AME-RRO-8J1B25	G34:131à184	,33:NPK-AME-RBL-16J1B25	R33 :2,78à 4,05t/ha
,39:NPK-AME-RRO-8J3B25	L14:78à98cm	,43:NPK-AME-RBL-16J3B25	
,40:NPK-AME-RRO-8J3B30	L24:78à89cm	,44:NPK-AME-RBL-16J3B30	
,53:NPK-SME-RRO-8J1B25	D24:47à63kgf	,63:NPK-SME-RBL-8J3B25	
,56:NPK-SME-RRO-8J3B30		,64:NPK-SME-RBL-8J3B30	
,5:SSF-AME-RRO-8J1B25			
,21:SSF-AME-RRO-8J1B25		,84:CPT-SME-RBL-16J3B25	
,22:SSF-AME-RRO-8J1B30		,90:CPT-AME-RBL-16J3B25	
,23:SSF-SME-RRO-8J3B25		,41:NPK-AME-RBL-16J1B25	
,68:CPT-AME-RRO-16J3B30		,42:NPK-AME-RBL-16J1B30	
,65:CPT-AME-RRO-16J1B25		,58:NPK-SME-RBL-16J1B30	L21:21cm
,76:CPT-SME-RRO-16J3B30	L33:73 à 79cm	,9:SSF-AME-RBL-8J3B30	L11:19cm
,75:CPT-SME-RRO-16J3B25	L23:69 à 78cm	,10:SSF-AME-RBL-16J1B30	L31:24 à 29cm
,66:CPT-AME-AME-16J1B30	L13:31 à 78cm	,11:SSF-AME-RBL-16J3B25	G11:61 à 80
,34:NPK-AME-RRO-16J1B30	G33:95 à131	,12:SSF-AME-RBL-16J3B30	G21:62 à 80

,36:NPK-AME-RRO-16J3B30	G23:91 à 130	,15:SSF-AME-RBL-8J3B25	G31:65 à 80
,49:NPK-SME-RRO-16J1B25	G13:95 à 132	,16:SSF-AME-RBL-8J3B30	R21 : 1,4 à 2,43t
,33:NPK-AME-RRO-16J1B25	R32:2,07à 2,78t	,25:SSF-SME-RBL-16J1B25	
,50:NPK-SME-RRO-16J1B30	l32:16à17,5cm	,26:SSF-SME-RBL-16J1B30	
,35:NPK-AME-RRO-16J3B25		,27:SSF-SME-RBL-16J3B25	
,8:SSF-AME-RRO-8J3B30		,28:SSF-SME-RBL-16J3B30	
,19:SSF-SME-RRO-16J3B25		,32:SSF-SME-RBL-8J3B30	

Chez le riz rouge mentionné par le type III, on peut lire dans le tableau ci-dessus et dans la carte factorielle, le rendement est de 2,07t/ha à 2,78 t/ha même avec maîtrise ou sans maîtrise d'eau et repiqué en 8jours 3brins ou en 16 jours 3brins/1brin. Par contre chez le riz blanc, la maîtrise d'eau différencie les rendements même si les traitements sont égaux (8jours 3brins ou 16jours 1brin/3brins). Sans la maîtrise d'eau, les traitements nous donnent 1,4t/ha à 2,43t/ha et avec maîtrise d'eau le rendement devient 2,78t/ha à 4,05t/ha.

622- L'utilité de la variété améliorée en SRI en une saison peu rentable.

Le riz rouge est une variété plastique car il donne toujours des rendements moyens de l'ordre de 2,07 t/ha à 2,78 t/ha même si toutes les conditions d'avoir un bon rendement ne se présentent pas. Nous avons vu les composantes du rendement suivant, les grains par panicule (G24,G34) de même les longueurs paniculaires (L14,L24).

En prenant par exemple pour les individus N° 5.,21, 22, le rendement est toujours moyen malgré l'absence de fertilisation. Nous savons que la majorité des paysans dans la région côtière ne fertilise pas leurs rizières même s'ils ont le courage de repiquer 1 à 1 les jeunes plants de 8 jours.

Puis les individus N° 37,78,53 nous montrent que même si les paysans ne dominent pas très bien la maîtrise d'eau, et vu la difficulté de la majorité des rizières pour le drainage et l'irrigation, les variétés riz rouge (RBO) tolèrent la submersion et donnent des rendements moyens.

En outre, les individus N° 34,33 (NPK, AME, 16J 1B30), lors de la transplantation, les plants plus âgés risquent de perdre les talles et leurs descendances. Les paysans, à cause de la peur des petits plants de mourir, repiquent les plants plus âgés de 16 jours. En effet le riz rouge nous donne toujours un rendement moyen en présence des autres facteurs favorables du rendement si on repique à 16 jours.

En outre les nombreux talles formées par les plants plus jeunes entraînent l'apparition de nombreuses racines aux nœuds inférieurs de chaque talle en plus d'une forte oxygénation qui améliore les facultés d'assimilation par les racines. Elles peuvent explorer un volume important du sol en présence d'assez de nourriture provenant de compost ou d'engrais, par exemple les individus N°53,35... Par contre les individus qui risquent d'avoir des faibles rendements, nous donnent la même production que les individus cités ci-dessus. Pour les individus N°19, 75, 76 (SSF-SME-16J3B25), nous avons les mêmes rendements que ceux qui sont avec des fumures, à maîtrise d'eau et repiqués à un seul brin comme les individus N°34, 65, 66, 33, 50. Les résultats sont marqués par les longueurs paniculaires (L33, L23, L13) et (G13, G23, G33). Il est vrai que un seul plant par touffe donne des meilleurs rendements par rapport aux 3 plants par touffe même si leur âge sont égaux parce qu'il n'y a pas de concurrence pour la lumière et pour les matières nutritives dans le sol. Toutefois, un seul plant à repiquer n'assure plus la survie après la transplantation en cas des attaques de maladies et de ravageurs.

D'après la carte factorielle par contre, le riz blanc, qui est une variété améliorée, ne pourra pas donner de meilleures récoltes si les conditions sont mauvaises par exemple, en matière de maîtrise d'eau, de fertilisation et d'âge des plants.

Avec la mauvaise maîtrise d'eau et sans fertilisation, le riz blanc donne des rendements médiocres. Les longueurs paniculaires (L11, L21, L31) et le nombre de grains par panicules (G11, G21, G31)

sont les signes de rendement marqués par les individus cités dans le tableau ci-dessus. En outre, pour les plants repiqués à 3 par touffes représentent la concurrence pour la lumière. Cette dernière joue un grand rôle pour le métabolisme de la plante comme la photosynthèse, l'assimilation d'azote par les racines et la durée du développement du tallage.

Néanmoins, en présence d'éléments fertilisants, le système racinaire très développé fournit à la plante des éléments nutritifs provenant des éléments fertilisants (NPK ou compost) entre autre le phosphore et l'azote. Ce dernier est nécessaire pour le développement végétatif et le phosphore pour l'élaboration des graines.

La variété améliorée comme le riz blanc a besoin d'une alimentation en azote, durant toute sa croissance, qualitativement et quantitativement. L'approvisionnement doit être adapté aux besoins des organes reproducteurs de la plante et aux différents stades de développement. De même les autres conditions exigées en SRI, si toutes les conditions sont bonnes, le riz blanc avec les individus dans le tableau ci-dessus donnera la meilleure densité racinaire (D24,D34).

- La lecture de la figure 12 permet de voir sur l'axe n°3 en vert qu' il y a une augmentation du rendement avec fertilisation que sans fertilisation. Le type 5 dans la partie positive indique la conséquence de la non fertilisation sur certains traitements. Quant au type 6 qui se situe dans la partie négative de l'axe, montre les effets de la fumure. En effet, l'axe 3 avec 2,57% d'information nous montre que la fertilisation est un facteur de rendement.

Tableau 26 : Regroupement des individus et des variables suivant l'axe n°3

AXEN°3 (RENDEMENT PAR FERTILISATION)			
TYPE 5		TYPE 6	
Individus	Variables	Individus	Variables
,9 : SSF-AME-RBL-16J1B25	SANS FERTILISATION	,89 :CPT-AME-RBL-16J1B25	NPK-CPT
,11 : SSF-AME-RBL-16J3B25	I24:19,5à25cm		T23:23à29
,12 : SSF-AME-RBL-16J3B30	L34:79à119cm		T13:23à28
,28 : SSF-SME-RBL-16J3B30	D24:49à63kgf		I23:17,5à19cm
,29 : SSF-SME-RBL-8J1B25			R13:2,83à4,12t/ha
,30 : SSF-SME-RBL-8J1B30			R23 :3,05à4,21t/ha
,31 : SSF-SME-RBL-8J3B25			R33 :2,78à4,05t/ha
			G12:80à91
			G22:80à91
			L32:29à73cm
			L22:29à69cm
			I12:28à31cm

Pour vérifier l'importance de la fertilisation, il y a une différence de rendement même si le traitement (avec maîtrise d'eau, riz blanc et 16jours, un brin 25cmx25cm) est égal dans les parcelles non fertilisées et fertilisées.

623-La nécessité de la fertilisation sous le sol pauvre

Les quantités de fumure apportées durant l'expérimentation n'ont pas permis d' accroître le rendement en fonction du nombres de tallages obtenus T23 marqués par l'individu 89 (avec compost, maîtrise d'eau et 16Jours, 1brin, 25cm).

Les causes peuvent être, à l'origine, le sol, la nature de la fumure, l'état du sol, les techniques adoptées et aussi la plante elle-même.

Pour le compost, il sert de liant aux sols. Il a une influence sur leur structure. Il les aère et les rend plus actifs très hydrophiles lors de l'assèchement pendant le jour. L'humidité facilite l'assimilation racinaire des éléments nutritifs. Puis, le sol se comportera mieux tant en phase humide qu'en période de sécheresse. En milieu sableux, les particules siliceuses s'agglutinent avec lui, et le sol devient plus stable et plus continu. L'humus a une activité chimique. Les grosses molécules d'humus et d'argile forment le complexe absorbant. Celle-ci attire à une surface électronégative des ions minéraux qui nourrissent les plants et les répartissent dans le sol. Ils ne risqueront plus d'être lessivés et emportés par les eaux. Ils pourront être mobilisés par les racines qui alimentent les grains. Nous pourrions en conclure que la quantité de compost que nous avons apportée de l'ordre de 5t/ha ne suffit pas.

Dans les sols sableux l'azote se perd au lessivage et au ruissellement, par volatilisation et dénitrification, selon PRASARD ET DE DATTA ; 1979, on doit fractionner la dose en plusieurs apports pour éviter les pertes par lessivage et assurer une bonne récolte. Or, malgré la quantité assez suffisante 500 kg/ ha de N.P.K, la majorité des éléments fertilisants sont perdus par l'écoulement superficiel du à l'entrée et à la sortie d'eau et aussi à la perte par lessivage due à la moindre présence du complexe absorbant qui fixe les éléments minéraux.

Par contre, "la sans fertilisation" peut nous donner des densités racinaires et des grains par panicules maxima. Selon FUJI ; 1974, il existe une corrélation positive entre le développement des racines et l'épaisseur de la couche supérieure du sol d'une part et entre la profondeur d'enracinement et le rendement de riz d'autre part. Autrement dit dans un sol présentant une couche supérieure profonde, se développe un système racinaire vigoureux, avec des racines jeunes enracinées profondément dans le sol. De ce fait une couche anaérobie proche de la surface nuit au développement de la plante. Ce qui se passe généralement lorsque l'alimentation en eau est mauvaise et où le travail de sol défectueux.

63-L'effet du sarclage

A cause de l'insuffisance de terrain, nous n'avons étudié que partiellement ce facteur. Pour faciliter la comparaison de l'effet du sarclage sur le rendement, nous avons pris en considération les plants plus jeunes de 8 jours.

Tableau 27 : Effet des sarclages sur le rendement

	PARCELLES AVEC MAITRISE D'EAU + NPK+ 2 SARCLAGES			
	T6	T5	T8	T7
Nombre tallage	20	21	15	14
Rendement parcellaire	1,05	1,02	0,75	0,78
Rendement à l' hectare	2,50	2,43	1,79	1,86
Longueur paniculaire	29	29	28	23
Nombre de grains pleins par panicule	84	90	79	62
Longueur racinaire	18	21	16	13
Densité racinaire	35	32	28	30

Les interventions tardives contre les adventices permettent à ces derniers à atteindre un certain développement et ont largement accompli leurs actions néfastes.

Le tableau suivant démontre la production que l'on pourrait obtenir selon le nombre et le moment du sarclage.

Tableau 28 Production en riz en fonction du moment et du nombre de sarclages

	Sarclage précoce	Sarclage tardif	Production escompté
2 sarclages	X	X	100%
1 sarclage	X		90%
1 sarclage		X	60%
Sans sarclage			40%

Source : RABEZANDRINA, Cas concret sur l'agriculture à Madagascar

D'après les résultats obtenus en comparant avec les parcelles de même traitement mais sarclées 4 fois (3 à la houe rotative, et une manuelle). Nous avons obtenu comme rendement pour T5: 4,09t/ha, T6: 5.24t/ha, T7: 3,33t/ha, T8: 3,45t/ha. Pour notre cas, si on attribue le rendement 100% pour une culture sarclée 4fois au lieu de 2, les 2 sarclages précoces à la place d'un seul sarclage précoce peuvent nous faire escompter 90% de production. Par contre, la diminution nos résultats qui tombe aux environs 50% au lieu de 90% n'est pas due seulement aux adventices mais aussi au fait de la maladie.

7-SUGGESTIONS

Pour promouvoir la rentabilisation et mieux valoriser l'efficacité de la pratique du SRI dans la région du Menabe, nous avons essayé de proposer des solutions aux problèmes qui semblent constituer des facteurs limitants. Les améliorations proposées sont d'ordres techniques et organisationnels à savoir :

71-les techniques adoptées par les paysans

711-La préparation du sol

Les pratiques traditionnelles peu productives restent encore un facteur de blocage de la production. La préparation sommaire du sol par le hersage répété 3 fois, faite très peu avant le repiquage, est défavorable leur enracinement d'une part et ne détruit pas complètement les résidus de récolte pouvant servir de sources d'inoculum des maladies, d'autre part . La pratique de la traction animale pour la préparation du sol dans cette région peut faciliter le labour qui permet de décompacter et d'aérer la surface arable. En outre , cette préparation est une façon d'enfouir les mauvaises herbes. Après, les paysans le font suivre de 2 hersages ou d'un piétinage bovin avant le repiquage dans le but d'affiner le sol, et surtout de détruire les adventices ayant germé après le labour.

D'ailleurs, malgré l'utilisation de la houe rotative nécessitant une puissante force de bras, les paysans autochtones n'aiment pas le faire. Parallèlement à cela, les surfaces rizicoles sont grandes. Or, la bonne préparation du sol est l'une des méthodes pour la lutte contre les mauvaises d'herbes afin que les paysans arrivent à terminer le sarclage qu'ils ont commencé.

Le labour peut être fait soigneusement après la récolte ou le plus tôt possible avant la nouvelle campagne.

712-La rotation culturale

La rotation culturale au même titre que la jachère peut être pratiquée dans cette région pour les raisons suivantes :

D'une part, à cause de la maladie qui détruit la riziculture durant la saison TSIPALA ; elle a une action phytosanitaire étant donné qu'elle ne permet pas aux ravageurs de coloniser définitivement la rizière. D'autre part, elle permet d'éliminer les adventices ayant la même écologie que le riz en rompant leur cycle puisqu'en plus de leurs actions néfastes réduisant le rendement, ils peuvent être des facteurs qui favorisent les

insectes vecteurs des maladies. En effet, en plus de la rotation culturale pour ne pas propager les maladies, il est conseillé de :

- ne pas transporter les plants d'une région infestée à une autre non infestée
- ne pas éparpiller les débris des plants après la récolte
- ne pas utiliser les pailles infestées comme litière
- brûler les résidus dans les champs fortement infestés

En terme de rendement rizicole, celui-ci est encore plus important pour la saison VARY BE que pendant la campagne TSIPALA. Pour avoir les meilleurs rendements sans épuiser localement le sol, il ne faut cultiver qu'une saison sur deux. Dans les parcelles difficiles à irriguer, c'est mieux de cultiver pendant la saison TSIPALA. Par contre, comme le SRI demande une bonne maîtrise d'eau, il semble être plus adapté à la saison sèche dans la mesure où l'utilisation de l'eau est minimale et mieux partagée.

713-Emploi de la fumure

Pour maintenir le rendement toujours élevé en SRI, il est fort probable d'appliquer une bonne fumure. Dans les sols ferrugineux tropicaux " sables roux ", les interactions entre les engrais minéraux et le compost augmente les rendements au-delà de ceux obtenus avec les quantités équivalentes de nutriments provenant de l'une ou de l'autre source. Ces interactions résultent :

- L'amélioration de la structure du sol sableux par le compost, qui se traduit par une meilleure rétention d'eau et une diminution des parties d'éléments nutritifs par le lessivage.
- La disponibilité plus immédiate des éléments nutritifs provenant des engrais minéraux et la libération à long terme de ces éléments par le compost.
- La diminution des pertes d'éléments nutritifs entraînés par lessivage.

Les bénéfices obtenus varient en fonction des régions, des saisons et du type de culture. Ils tendent à diminuer lorsqu' augmentent les doses tant des engrais minéraux que du compost. On a pu faire les constatations suivantes :

- Les mélanges d'engrais minéraux et de compost empêchent les maladies carencielles
- Les engrais minéraux et les composts combinés maintiennent ou améliorent la fertilité du sol et se complètent mutuellement.
- De meilleurs rendements sont obtenus lorsqu' au moins 30% de l'azote sont fournis par chacune des deux sources.
- Des essais sur place permettent de définir la meilleure combinaison entre le type et le pourcentage de l'engrais minéral utilisé.

714-Pratique de la variété améliorée locale

Pour la région côtière où la pratique de la double riziculture est possible, il vaut mieux pratiquer les variétés locales et aussi les variétés à cycle court. L'emploi de ces variétés à cycle court permet d'avoir un peu de temps entre les deux saisons pour la bonne préparation du sol. Vu la mauvaise préparation du sol, en plus de la rapidité de la propagation des mauvaises herbes, les jeunes plants de 8 jours souffrent à cause du mauvais état du sol qui provoque un nombre de manquants assez élevé. Face à ce problème, les paysans repiquent 2 à 3 brins, ce qui risque de diminuer le rendement.

Ainsi la variété locale s'adapte mieux à la condition climatique de la région car les problèmes se posent dès à la pépinière. La majorité des paysans ne veulent pas pratiquer la pépinière sur

« tanety » mais en submersion dans la rizière. D'après l'enquête et l'inspection sur terrain, on aperçoit que la pépinière sur tanety est fortement attaquée par les maladies et les ravageurs que celle dans la rizière. Ce sont les variétés non adaptées qui n'en résistent pas. En effet, il est à conseiller de pratiquer la pépinière sur tanety, après avoir maîtriser les ravageurs et maladies pour que les racines des jeunes plants ne soient pas endommagées lors de la transplantation. Leur séparation est facile avec les mottes de terre qu'avec la boue.

Puis la pratique du SRI demande l'utilisation de la variété améliorée pour valoriser son importance. Nous prenons par exemple la place de la maîtrise d'eau. Sur le haut plateau où le climat se refroidit durant la nuit. L'introduction de l'eau à la fin de l'après-midi, dans la rizière, permet de maintenir la température lors de l'assèchement. Par contre dans la région de Menabe, en plus du sable qui caractérise la sol, la forte température pendant la journée le réchauffe. Ce qui entraîne le flétrissement des jeunes plants. Nous pouvons avancer dans cette région, une petite submersion durant la journée qui va se lessiver et devenir humide à la fin de l'après midi. L'assèchement se fait pendant la nuit où la température et l'importance de l'oxygène sont toujours favorables à la culture.

715-Suggestions sur le compostage

Le compostage exige des travaux de main-d'œuvre supplémentaire de la part des paysans : le ramassage, le broyage, ainsi que le transport et l'épandage de plusieurs tonnes à l'hectare dans leurs rizières. Ainsi, il vaut mieux pratiquer le compostage près de la parcelle de culture avec la végétation qui y existe pour réduire le transport des matières premières même si les charrettes sont nombreuses dans cette région.

Du point de vue économique, les matières premières qui reviennent le moins chers, compte tenu de la teneur en éléments fertilisants, sont des feuilles ou/et stipe de bananiers. En outre, la culture de bananier sur les terres alluviales (BAIBOHO) permet de produire de la matière première par le compostage, d'une part, et de fournir de l'argent sans faire de travail pénible, d'autre part.

L'apport de compost augmente l'humus du sol, par conséquent le complexe absorbant. Ce qui limiterait des pertes par lessivage des éléments minéraux. En riziculture, l'apport du compost est fait 1 mois avant le repiquage pour avoir le temps de donner un humus stable au moment où les plantes en ont besoin.

Parallèlement à l'amélioration technique, nous pouvons avancer les suggestions suivantes sur le plan organisationnel comme :

72-Le renforcement de système de vulgarisation

Faute de structure d'encadrement et d'information, les riziculteurs ont mal conçu, d'un côté les moyens à entreprendre pour protéger leurs rizières, d'autre côté la vulgarisation de méthode adoptée, pour avoir un bon rendement. Face au premier problème, il est à conseiller à,

721-L'amélioration d'un réseau de surveillance des ravageurs et des maladies du riz

Le problème phytosanitaire est favorisé par les aléas climatiques et par la dominance des techniques traditionnelles, n'apportant pas d'entretien à la culture ni de soins en cas de maladie. De plus, ce problème est aggravé par l'insuffisance d'encadrement en matière de protection de la culture. En effet, la capacité des riziculteurs à distinguer le parasites potentiels du riz est faible voire nulle.

a) Objectif

Le principal objectif permet aux paysans de maîtriser les ennemis au moment adéquat, de gérer eux même leurs problèmes phytosanitaire à partir des moyens de contrôle d'ordre cultural, biologique, génétique et chimique.

b) Méthode de sensibilisation et de communication aux paysans

L'équipe pluridisciplinaire composé de PNVA, de FOFIFA et de la CIRPV a essayé de résoudre ce problème en proposant aux agriculteurs des méthodes de protection. Les zones d'action des vulgarisateurs sont limitées faute de l'enclavement et l'absence de moyen de déplacement. Par conséquent, malgré l'importance des actions menées par ces agents, il leur est difficile de convaincre les paysans. En effet, on pourrait avancer faute des moyens une séance de sensibilisation sur le ravageurs et maladies, qui doivent être organisés à des moments et des endroits précis de façon à attirer l'attention des paysans et le plus nombre possible afin d'agir efficacement. Elle est effectuée juste avant la saison TSIPALA qui fortement attaquée par les parasites. La formation est portée sur l'identification des ravageurs et des maladies du riz et l'initiation en matière de phytopharmacie concernant les produits phytosanitaires et appareil de traitement.

Malgré le pourcentage élevé au courant des sensibilisations faites par ces différents organismes, aucun résultat n'est obtenu pour les raisons suivantes : les thèmes d'intervention proposés n'intéressent pas les riziculteurs car ils ne sont pas accompagnés des mesures d'alternative. C'est pour cette raison pourquoi les chercheurs doivent intervenir. Ils doivent à la fois effectuer des recherches partant des besoins réels des paysans et approfondir les expériences sur les moyens de lutte traditionnelle. Ils doivent également participer à la diffusion des méthodes de protection des cultures au niveau des paysans. Leur objectif est donc de contribuer à la valorisation et à l'améliorations des techniques locales.

Pour promouvoir l'efficacité de la recherche, il faut intervenir la dynamise des paysans. Ils sont les premiers responsables de la protection de leurs cultures. Ainsi, ils doivent être conscients des problèmes phytosanitaires. Ils doivent être organisés en groupement pour faciliter les formations nécessaires. Ces derniers doivent être sous la responsabilité d la CIRPV en collaboration avec la CIRAGRI. Leurs équipes sont représentés par des ingénieurs, des agents de développement ; des chefs de zone et des moniteurs motivés.

c) Moyens de la région de Menabe

L'existence d'une station météorologique est très indispensable afin de prévoir le dynamisme et l'importance des ravageurs et maladies. En effet, le développement de ces derniers est fortement influencé par les conditions climatiques particulièrement la pluviométrie, le température et l'humidité.

La présence de la direction régionale d'agriculture facilite les actions de sensibilisations des paysans et la communication avec ces derniers à savoir, les affiches les brochures ou le fiches techniques et surtout le radio rurale Menabe.

722-Le choix de thème à vulgariser

A Madagascar, divers types de personnes physiques ou morales doivent être intéressées à la recherche sur le riziculture. C'est pourquoi, actuellement, il y a plusieurs tendance aux techniques adoptées. Le problème, c'est l'absence d'études des techniques rentables pour une région déterminée par exemple le SRI en question. Il est à conseiller le renforcement s'il en a ou la création d'une service qui assure la liaison entre la recherche et la vulgarisation par adoption et confirmation en milieu réel des résultats techniques trouvés par les recherches. Par conséquent, on dispose des centres d'expérimentation en SRI repartis dans différentes zones. Pour faciliter l'action de vulgarisation et tester l'efficacité de cette méthode, on doit demander :

a) Le regroupement des paysans

Il offre beaucoup d'avantages aux planteurs tels que

-l' accès à la formation et aux démonstrations par le biais de parcelles de travail.

D'abord les champs de démonstration permettent de transmettre les acquis aux techniciens et aux vulgarisateurs et même aux paysans, puis les parcelles d'écoles destinées aux paysans et aux groupements des paysans, enfin aux parcelles d'adoption qui représentent les résultats des actions entreprises par les agents de développement.

-l' accès au crédit : le SRI demande un peu plus d'investissement pour les achats d'intrants ou de matériels par rapport à la culture traditionnelle. Mais le bon rendement permet aux paysans de rembourser leurs dettes.

b) Les projet et ONG

Les projets et ONG doivent aider l'état, les techniciens et les paysans en contribuant au financement et à l'achat de matériels nécessaires à la bonne marche de vulgarisation du SRI

CONCLUSION

Le centre BAOBAB situé à Marofototra, Morondava abritant des paysans métayers a été choisi pour réaliser les essais multifactoriels sur le SRI. Les expérimentations ont été menées en période semi-pluviale(TSIPALA).

Il a été justifié par ces essais que des rendements appréciables de 7,09tonne par hectare ont été obtenus dans certaines parcelles avec la variété 2798 répétés 3fois. A partir de ces résultats, la double riziculture dans les grandes rizières de Morondava reste toujours rentable pas seulement en une saison (Vary be) que les paysans pratiquent.

Nous avons également mis au point un compost efficace pour le SRI adapté au sol ferrugineux tropical de Morondava à dominance de sable roux. En effet, l'abondance de fumiers et de matières organiques dans cette localité justifie ce choix. Les engrais minéraux solubles utilisés sans support de matières organiques risquent d'être lessivés facilement à travers les sables roux.

Les plants repiqués à 8 jours et à un seul brin sont très remarquables surtout au niveau des racines où l'on peut constater un développement spectaculaire. Si les paysans ont peur de la virulence des mycoses, des maladies, ils sont étonnés de voir les plants de riz en SRI qui tallent beaucoup et qui résistent à ces attaques. A titre de comparaison, les parcelles traitées avec le NPK ont été très infectées.

Avec les essais multifactoriels, nous avons pu montrer que : les plants de riz repiqués à 1 brin à 8jours fertilisés par du compost sont légèrement performants. La comparaison entre essai avec maîtrise et sans maîtrise d'eau devient plus intéressant en adoptant la première avec une différence de 3tonnes à l'hectare.

Les meilleurs rendements ont été réalisés sur les parcelles ayant reçu du compost avec la variété 2798 repiquée un à un à 8 jours. Ils étaient de 7,09 tonnes à l'hectare. Les rendements médiocres étaient de 1,48 tonnes à l'hectare, réalisés dans les parcelles sans maîtrise d'eau, sans fertilisation et repiqués en 16 jours et 3brins. Les analyses statistiques des variables et des résultats nous montrent que

- l'analyse canonique a mis en évidence la synergie entre les différents variables étudiés. Les jeunes plants de 8 jours à 1brin qui nous ont donnés de bon rendement, sont corrélés fortement avec la compost, la maîtrise d'eau et la variété améliorée riz blanc.

- puis, l'analyse en composantes principales nous a informé par les axes perpendiculaires qui la caractérisent que la maîtrise d'eau a un effet sur le rendement, le tallage et la longueur racinaire. La longueur paniculaire et le nombre de gains par panicule ne sont pas du tout influencés par les variétés cultivées. La densité et la longueur racinaire ne dépendent pas complètement la fertilisation apportée.

- enfin, l'analyse factorielle de correspondance nous a évoqué que la maîtrise d'eau est un facteur de rendement car elle permet aux jeunes plants la bonne performance. La comparaison des résultats obtenus chez le riz rouge(variété introduite) et le riz blanc(variété locale améliorée) montre que la variété est un autre facteur de rendement, le SRI préfère la variété adaptée. La fertilisation est toujours nécessaire dans le sol sableux.

L'habitude des paysans à pratiquer les techniques traditionnelles, la présence de l'activité peu rentable comme la pêche sont des facteurs de blocage pour la vulgarisation de SRI dans la région de Menabe. Or, cette région a une potentialité non négligeable que confirment les différentes spéculations pratiquées. En effet, il est à conseiller le renforcement de système de vulgarisation parce que les riziculteurs ont mal conçu d'un côté les moyens entrepris pour protéger leurs rizières, d'autre côté les techniques adoptées pour produire mieux. La région de Menabe pourra être considérée comme un grenier de Madagascar en adoptant le SRI vu la présence de la grande plaine et les conditions de milieu favorables. Mais cette possibilité est empêchée par les sarclages car les paysans n'arrivent pas à exploiter une surface supérieure à 0,25 ha. Pour résoudre à ce problème, on peut avancer pour les recherches futures, la pratique de SRI avec l'emploi des herbicides dans la grande plaine comme Menabe.