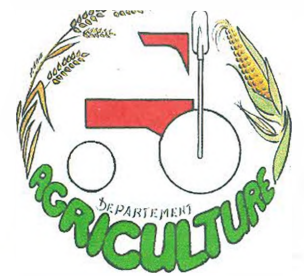




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
Département Agriculture



Mémoire de fin d'étude



**Influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire
cultural sur la phase végétative et l'élaboration du
rendement de variétés de riz pluvial d'altitude :
Recherche d'adaptations spécifiques**

Pour obtenir le diplôme

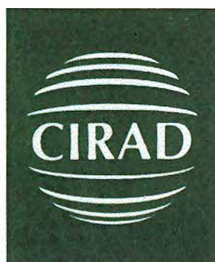
Ingénieur en Agronomie
Option : Agriculture

Présenté par :

Fidiniaina RAMAHANDRY ANDRIANDRAHONA

Le 12 Septembre 2003

Promotion « INTSA »
1998 - 2003



PCP
SRID



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
Département Agriculture



Mémoire de fin d'étude



**Influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire
cultural sur la phase végétative et l'élaboration du
rendement de variétés de riz pluvial d'altitude :
Recherche d'adaptations spécifiques**

Pour obtenir le diplôme

Ingénieur en Agronomie
Option : Agriculture

Présenté par :

Fidiniaina RAMAHANDRY ANDRIANDRAHONA

Le 12 Septembre 2003

Promotion « INTSA »
1998 - 2003



Remerciements

Ce travail réalisé à la Station FOFIFA/CIRAD à Antsirabe, n'aurait pu aboutir sans l'aide de Dieu que nous remercions en premier.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui, par leur sollicitude, leurs conseils et leur gentillesse, ont permis à ce mémoire de voir le jour.

Nous adressons plus particulièrement nos vifs remerciements à :

♥ *Monsieur Robert Philliposon RANDRIAMIHARISOA, Docteur ès sciences, Chef du Département AGRICULTURE à l'ESSA, Professeur titulaire d'Université, notre tuteur et encadreur pédagogique, qui malgré ses hautes et nobles fonctions a consacré beaucoup de son temps et nous a encadré pour mener à bien ce travail. Veuillez retrouver ici le témoignage de notre reconnaissance d'avoir bien voulu être à la fois le rapporteur de ce mémoire et le Président du Jury de notre soutenance.*

♥ *Monsieur Jean Chrysostome RAKOTONDRAVELO, Docteur en Agro - économie, Maître de Conférence, Enseignant chercheur à l'ESSA, pour les précieuses directives et la formation de qualité qu'il nous a octroyé tout au long de notre formation à l'ESSA Département Agriculture et l'honneur que vous nous faites d'être parmi les examinateur de cette soutenance.*

♥ *Monsieur Alain RAT NADASS et Monsieur Bertrand MULLER, coordinateurs du PCP- SCRID, qui finance toutes les analyses et la réalisation matérielle afin de mener à bien tous les travaux de recherche et la mise en forme de ce mémoire.*

♥ *Monsieur Alain RAMANANTSOANIRINA, PHD en amélioration des plantes, chercheur en sélection variétale riz FOFIFA, malgré vos nombreuses occupations, vous avez sacrifié un temps précieux pour honorer cette soutenance. Veuillez trouver ici l'assurance de notre considération la plus distinguée.*

Nos remerciements s'adressent également à tous ceux qui ont œuvré sans la moindre hésitation pour l'élaboration du présent mémoire :

♥ *à Mademoiselle Julie DUSSERE, Docteur en écophysiologie végétale, Chercheur au sein du CIRAD, notre encadreur professionnel, pour ses contributions et pour son aide constante au cours de ce travail, pour la qualité de ses directives et ses conseils dans la conception de ce mémoire ainsi que pour son étroite et efficace collaboration pendant les travaux sur terrain. Veuillez trouver ici nos respectueuses reconnaissances et nos vifs remerciements.*

♥ à Monsieur Jean Luc DZIDO, responsable de la sélection variétale riz au CIRAD et coordonnateur du pôle.

♥ à Monsieur RAZAKAMIARAMANANA, Directeur régional du FOFIFA dans la région d'Antsirabe et toute l'équipe.

♥ à l'ONG TAFI, de nous avoir permis de faire nos expérimentations sur leurs terrains.

♥ à tout le personnel du PCP – SCRID, qui n'ont pas manqué de faire preuve de soutien à notre égard. En particulier les techniciens et les chauffeurs.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre profonde gratitude.

Nous ne pourrions oublier tous les stagiaires en particulier Laingo, Ary et Herizo.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, nous désirons témoigner notre gratitude à toutes les personnes (collaborateurs, amis) dont il serait bien difficile de dresser la liste, qui nous ont aidé dans la préparation de ce mémoire.

Que chacun trouve ici le cordial merci qui lui revient.



Résumé

L'augmentation rapide de la population à Madagascar induit le parcellement, le morcellement et l'insuffisance des terres fertiles telles les bas - fonds. Or, le riz est la base de l'alimentation des Malagasy (110kg /hab. /an ; INSTAT, 1999) et constitue la principale culture vivrière de la Grande île (tiers de la surface cultivée totale ; Robert HIRSCH, 2000). Pour que la progression de la production arrive à suivre la croissance démographique, l'extension de la riziculture sur les versants de *tanety* malgré leur basse fertilité s'impose. Cependant le problème d'érosion et de formation de ravins et de *lavaka* devient plus qu'un fléau national.

L'étude de l'influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire cultural (SCV et Labour) sur la phase végétative et l'élaboration du rendement de variétés de riz pluvial d'altitude en vue d'une recherche d'adaptations spécifiques s'avère utile que nécessaire pour orienter les recherches et pour donner des perspectives aux organismes intéressés (Le PRA, l'ONG TAFA, le FOFIFA et le CIRAD). Pour cela, un essai multilocal est installé. Quatre sites d'expérimentation (avec station météo) en fonction de leur altitude et des caractéristiques physico - chimiques des sols, 2 modes de gestion du sol (SCV et labour) et 6 variétés de riz pluviales (3 variétés FOFIFA déjà diffusées et 2 variétés expérimentales) ont été alors retenus.

Dans les conditions de cette année, nous pouvons ressortir les critères d'adaptations des variétés selon le classement :

- Variétés « rustiques » : cas de E 206, F 133 grâce à leur faible stérilité et leur PMG élevé. Nous recommandons de les utiliser en début du SCV.
- Variétés « productives » : cas de F 152, F 154, E 933 grâce à leur fort tallage. Elles sont à conseiller sur SCV en phase de croisière de quelques années.
- Variétés compétitives par rapport aux adventices : Botramaitso. En effet, elle a un fort développement foliaire (LAI et SLA élevés, phyllochrone faible, valeur SPAD faible aussi).

Sur SCV, on observe un rendement élevé et le tallage ainsi que le nombre d'épillettes améliorés. Pour comprendre ce qui se passe en SCV, il faut :

1. Ramener l'expérience sur d'autres années successives ;
2. Intégrer dans l'analyse des comportements variétaux, des conditions de culture : effets des systèmes de culture sur les propriétés du sol, bilans hydriques et de l'azote des différents systèmes ;
3. Faire l'étude du système racinaire (accès aux ressources, compaction du sol).

Mots Clés : *Madagascar, Vakinankaratra, Riz Pluvial sur tanety, essai variétal multilocal, écophysiologie, froid, SPAD, composantes du rendement et stratégie variétale.*



ONG - TAFA
TAny sy FAmpanandrosoana



Foibem-pirenena momba ny
Fikarohana ampiarina amin'ny
Fampanandrosoana ny Ambanivohitra

Centre de coopération
Internationale en Recherche
Agronomique pour le Développement

SOMMAIRE

<i>Introduction</i> :	1
PARTIE I : CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE :	4
I.1. Situation globale :	5
I.1.1. Problème d'augmentation rapide de la population :	6
I.1.2. Parcellement, morcellement et insuffisance des terres fertiles :	7
I.1.3. Problème d'érosion et de formation de ravins et de <i>lavaka</i> :	8
I.1.4. La politique sectorielle du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage :	9
I.2. Le contexte rizicole à Madagascar et dans la région du Vakinankaratra :	10
I.2.1. La place de la riziculture dans l'agriculture malagasy:	10
I.2.2. La région du Vakinankaratra et la riziculture pluviale d'altitude :	11
I.2.2.1.- Le milieu physique :	13
a) <i>Le facteur altitudinal</i> :	13
b) <i>Le facteur climatique</i> :	13
c) <i>Les sols</i> :	14
I.2.2.2. - Le milieu humain :	14
I.2.2.3. - Le contexte rizicole :	15
a) <i>La structure des exploitations du Vakinankaratra</i> :	15
b) <i>La composition des exploitations</i> :	16
c) <i>Les systèmes de riziculture</i> :	16
1.3. La riziculture pluviale d'altitude :	18
1.3.1. Le projet riz d'altitude (PRA) :	18
1.3.1.1. Son origine :	18
a) <i>Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural (FOFIFA)</i> :	18
i) <i>Sa mission</i> :	18
ii) <i>Organisation générale</i> :	19
iii) <i>Programmes de recherche et leur réalisation</i> :	19
iv) <i>Dimension Internationale</i> :	19

b) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) :	19
i) <i>Organisation :</i>	19
ii) <i>Activités du CIRAD – CA à Madagascar :</i>	20
1.3.1.2. Ses principales réalisations :	20
1.3.1.3. Ses activités :	21
1.3.1.4. Diffusion de variétés :	21
1.3.2. L'Organisation Non Gouvernementale « Tany sy Fampanandrosoana » ou Terre et Développement (ONG TAFA) :	22
1.3.2.1. Présentation :	22
1.3.2.2. Les interventions menées en relation avec le P.R.A :	22
1.3.3. Le Pôle de Compétence en partenariat « Systèmes de Cultures et Rizicultures Durables » :	22
I.4. Objectifs de l'étude :	23
PARTIE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE :	25
II.1. Généralités sur le riz pluvial :	26
II.1.1. Classification :	26
II.1.2. Importance mondiale :	27
II.1.3. Notion de « Croissance et développement » :	28
II.2. Les différentes phases du cycle du riz et l'élaboration des composantes du rendement :	28
II.2.1. La phase végétative :	29
II.2.1.1. Nombre plantes par m² :	31
II.2.1.2. Nombre panicules par plantes :	31
II.2.1.3. Tallage et déterminants du nombre de talles maximum :	33
II.2.1.4. Caractéristique du couvert foliaire et colonisation de l'espace :	33

II.2.2. La phase reproductive proprement dite et la maturation : Nombre épillets par panicules ; Pourcentage de grains pleins ; Poids de milles grains (poids moyens d'un grain) :	34
<i>a) L'épiaison</i> :	37
<i>i) La montaison</i> :	37
<i>ii) La floraison</i> :	38
<i>iii) La fécondation</i> :	39
<i>b) La maturation</i> :	40
II.3. Influence de l'environnement :	43
II.3.1. Facteurs climatiques :	43
<i>II.3.2.1. Les exigences écologiques du riz au point de vue climat</i> :	44
<i>a) Besoins en eau</i> :	44
<i>b) Hygrométrie</i> :	44
<i>c) Température</i> :	44
<i>d) Lumière</i> :	44
<i>e) Latitude limite</i> :	45
<i>f) Altitude limite</i> :	45
<i>II.3.2.2. L'effet de la température sur la durée des cycles, sur le phyllochrone, sur la stérilité</i> :	45
II.3.2. Facteurs propres au sol et à sa gestion :	47
PARTIE III : MATERIELS ET METHODES :	50
III.1. Dispositif expérimental :	51
III.1.1. Site d'Andranomanelatra :	51
III.1.2. Site d'Ibity :	53
III.1.3. Site d'Ivory :	54
III.1.4. Site de Soanindrariny :	55
III.2. Matériel génétique et conditions de culture :	55
III.2.1. Caractéristiques des variétés :	56
III.2.2. Itinéraires techniques :	57

III.2.2.1.Semis :	57
a) Les préparations des sols :	57
b) Les dates de semis :	57
c) Les densités de semis :	57
d) Modes de semis :	57
III.2.2.2.Entretien :	58
III.2.2.3.Récolte :	58
III.3. Mesures :	58
III.3.1. Observations non destructives :	58
III.3.1.1. Suivi phénologique :	60
a) Apparition des feuilles et évolution du tallage toutes les semaines :	60
b) Détermination des dates d'épiaison, de floraison et de maturité :	62
III.3.1.2.Suivi de la nutrition azotée :	62
III.3.2. Prélèvements destructifs :	64
III.3.2.1. La Matière Sèche des limbes, des gaines et tiges ainsi que des panicules :	64
III.3.2.2. La Surface foliaire et la masse surfacique foliaire :	66
III.3.3. Composantes du rendement à la récolte :	66
III.3.3.1. Le nombre de pieds par m² (NP/m²) :	66
III.3.3.2. Le nombre de panicules par pied (NPa/P) et par la suite le NPa/m² :	66
III.3.3.3. Le nombre d'épillets par panicule (NEpts/Pa) :	66
III.3.3.4. Le pourcentage de grains pleins (% G.P.) :	66
III.3.3.5. Le poids moyen du grain (P.G.) :	66
III.4. Traitement statistique et présentation des graphiques :	67

PARTIE IV : RESULTATS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES :	68
IV.1. Résultats :	69
IV.1.1. Conditions de culture :	69
<i>IV.1.1.1. Conditions climatiques :</i>	69
<i>IV.1.1.2. Valeurs SPAD :</i>	72
IV.1.2. Croissance et développement :	75
<i>IV.1.2.1. Croissance :</i>	75
<i>a) Nombre de feuilles maximum sur la talle principale :</i>	75
<i>b) Surface foliaire :</i>	76
<i>c) Matière sèche :</i>	76
<i>d) Surface massique : SLA (specific leaf area):</i>	80
<i>IV.1.2.2. Phénologie :</i>	81
<i>IV.1.2.3. Tallage :</i>	82
IV.1.3. Rendement :	83
<i>IV.1.3.1. Classement des variétés par site :</i>	83
<i>IV.1.3.2. Effet du mode de gestion du sol sur les composantes du rendement :</i>	86
<i>IV.1.3.3. Analyse de l'interaction site x variété :</i>	87
IV.2. Synthèse, critique et perspectives :	90
IV.2.1. Synthèse des résultats : définition des critères d'adaptation des variétés :	90
IV.2.2. Critiques et perspectives :	90
 Conclusion :	 91

LISTES DES PHOTOS :

Photo N° 1 : La <i>crotalaire</i> en floraison :	48
Photo N° 2 : photo d'une station météo à Andranomanelatra :	53
Photo N° 3 : photo du site d'Ibity :	54
Photo N° 4 : photo du site d'Ivory :	55
Photo N° 5 : La mesure au SPAD :	63

LISTES DES CARTES :

Carte N° 1 : Madagascar : Carte de repérage de la région du Vakinankaratra :	12
Carte N° 2 : Les emplacements approximatives des sites d'expérimentations dans la région du Vakinankaratra :	52

LISTES DES ENCADRES :

Encadré N° 1 : Alimentation moyenne d'un Malagasy :	10
Encadré N° 2 : Définition du climat :	43

LISTES DES TABLEAUX :

Tableau N° 1 : Evolution de la population malagasy :	6
Tableau N° 2 : Evolution de la superficie agricole et production de paddy :	6
Tableau N° 3 : Quantités et valeurs des importations de riz de l'année 1998 à 2001 :	8
Tableau N° 4 : Valeurs totales des exportations des produits du règne végétal :	10
Tableau N° 5 : Résumé des caractéristiques des variétés :	56
Tableaux N° 6 a-b : Comparaison des valeurs SPAD jusqu'à floraison (en Jours Après Semis) par variété et par mode de gestion du sol (SCV et labour) sur les sites d'Andranomanelatra et d'Ibity :	74
Tableau N° 7 : Nombre de feuilles maximum par variété et par modes de gestion du sol (SCV et labour) sur les sites d'Andranomanelatra et d'Ibity :	75

Tableau N° 8 : Surface foliaire par plante (en cm²) par site (Andranomanelatra et Ibity), par variété et par mode de gestion du sol (SCV et labour) :	76
Tableau N° 9 : Surface foliaire massique (en cm²/g) par site (Andranomanelatra et Ibity) et par variété :	80
Tableau N° 10 : Effets du site (Andranomanelatra, Ibity), de la variété, et du mode de gestion du sol (SCV – labour) sur la durée semis – floraison, semis – récolte et floraison – récolte (en jours après semis et en degrés-jours après semis, base 10°C) :	81
Tableau N° 11 : Effet du mode de gestion du sol sur le nombre de talles par plante mesuré à partir de prélèvements d'un placette de 4 poquets consécutifs par bloc à 45 Jours Après Semis, 75 JAS, à floraison et de 2 placettes par bloc à récolte (moyenne sur 2 sites : Andranomanelatra et Ibity) :	82
Tableau N° 12 : Comparaison du tallage par plante par site (Andranomanelatra, Ibity et Ivory) et par variété :	83
Tableaux N° 13 a-b-c-d : Composantes du rendement et rendement (mesurés par placette de prélèvement (8 poquets) et par parcelle (4,8 m²)) par variétés et par modes de gestion du sol (semis direct sur couverture végétale et labour) sur les 4 sites d'expérimentation :	84
Tableau N° 14 : Contribution des composantes au rendement placette pour chaque variété (rendement moyen sur 4 sites sauf pour <i>Botramaitso</i> 2 sites) :	86
Tableau N° 15 : Effet du mode de gestion du sol sur les composantes du rendement (moyenne sur 3 sites : Andranomanelatra, Ibity et Ivory, sauf pour <i>Botramaitso</i> 2 sites) :	87
Tableau N° 16 : Composantes du rendement et rendement moyen (poids grains sur 8 poquets) observés sur chaque site :	87
Tableau N° 17 : Composantes du rendement et rendement moyen (poids grains sur 8 poquets) observés par variété (moyenne sur 4 sites sauf pour <i>Botramaitso</i> 2 sites) :	88
Tableau N° 18 : Régression linéaire entre les rendements moyens par variété et ceux par site :	89

LISTES DES FIGURES :

Figure N° 1 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN :	13
Figure N° 2 : Evolution du nombre de talles au cours du cycle. D'après SHIGA (1982) cité par TANAKA et al. (1995) :	62
Figures N° 3 a-b-c: Evolution des températures moyennes, minimales et maximales sur les 4 sites d'expérimentation :	70
Figures N° 4 a-b : Pluviométrie durant le cycle cultural sur les sites d'Andranomanelatra et Ibity :	71
Figure N° 5 : Evolution des valeurs SPAD par variété pour chaque mode de gestion du sol (SCV – labour) pour le site d'Andranomanelatra :	72
Figure N° 6 : Evolution des valeurs SPAD par variété pour chaque mode de gestion du sol (SCV – labour) pour le site d'Ibity :	73
Figure N° 7 a – b - c : Evolution de la matière par site (Andranomanelatra et Ibity), par variété et par mode de gestion du sol (SCV – labour) :	77
Figures N° 8 a - b - c: Répartition de la matière sèche à récolte par site (Andranomanelatra et Ibity), par variété et par mode de gestion du sol (SCV – labour) :	79
Figures N° 8 c - d : Répartition de la matière sèche à la récolte entre limbes (MS limbes), tiges plus gaines (MS tig+gaine) et panicules (MS pan total*) pour le site d'Ibity :	81
Figure N° 9 : Comportement moyen des variétés en fonction des 4 sites :	89

LISTES DES SCHEMAS :

Schéma N°1: Différence entre la ligule d' <i>Oryza sativa</i> et celle d' <i>Oryza glaberrima</i> :	26
Schéma N° 2 : Les différents types variétaux de l'espèce « <i>Oryza sativa</i> »:	27
Schéma N° 3 : Les différentes périodes de la phase végétative:	30
Schéma N° 4 : Morphologie d'une feuille de riz:	31
Schéma N° 5 : Synthèse des déterminants du NPa/m ² :	32
Schéma N° 6 : Observation de la jeune panicule en ôtant les gaines des feuilles successives :34	
Schéma N° 7 : Chronologie et morphogenèse de la phase reproductive :	36

Schéma N° 8 : Structure d'une panicule à floraison :	37
Schéma N° 9 : Début de la montaison : montée de la jeune panicule :	38
Schéma N° 10 : Epillet :	39
Schéma N° 11 : Etapes de la formation du grain :	40
Schéma N° 12 : Coupe d'un grain plein à maturité :	41
Schéma N° 13 : les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement :	42
Schéma N° 14 : Schéma d'un pied de riz à la récolte :	43
Schéma N° 15 : Exemple d'emplacement des placettes dans une parcelle : d'une part les 2 placettes d'observations et d'autre part les 3 placettes de prélèvement :	59
Schéma N° 16 : Identification des feuilles et des talles d'un plant de riz :	61
Schéma N° 17 : Structure d'une feuille de riz :	65
Schéma N° 18 : Structure de la panicule et des entre-nœuds d'une tige :	65

LISTES DES ANNEXES :

ANNEXE N° 1 : Place du riz (cf. : Première Partie Tableau N° 2 : Evolution de la superficie agricole et production de paddy) par rapport aux autres cultures :	100
ANNEXE N° 2 : Les préférences alimentaires et les quantités d'aliments consommés par milieu (1999) :	101
ANNEXE N° 3 : Renseignement climatologique pour le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (Août 2003) :	102
ANNEXE N° 4 : Cartes géologique et rapport des <i>tanety</i> cultivables sur les <i>tanety</i> cultivés du Vakinankaratra :	103
ANNEXE N° 5 : Par Moreau D., 1987 : le modèle d'émission des talles de KATAYAMA :	106
ANNEXE N° 6 : Les origines et les caractéristiques des variétés étudiées observées au champ :	108
ANNEXE N° 7 : Fiche de suivi d'expérimentation :	110
ANNEXE N° 8 : Plan du site d'Andranomanelatra :	112

ANNEXE N° 9 : Plan du site d'Ibity :	113
ANNEXE N° 10 : Plan du site d'Ivory :	114
ANNEXE N° 11 : Plan du site de Soanindrariny :	115
ANNEXE N°12 : Carte écologique du Fivondronana Antsirabe I / II présentant les sites d'Andranomanelatra, d'Ibity, d'Ivory et de Soanindrariny suivant leur altitude respective :	116

LISTES DES ABREVIATIONS

- % G.P.** : Pourcentage de Grains Pleins
- °C** : degré Celsius
- °J ou DJ** : Degré Jour
- A.C.L.** : « *Centre foliaire actif* » (*Active Center Leaf*)
- AIEA** : Agence Internationale de l’Energie Atomique
- Andrano.** : Site d’Andranomanelatra
- BFDI** : Bas- Fonds Difficilement Irrigables
- BFI** : Bas- Fonds Irrigués
- BT** : Bas de Tanety
- CIAT** : Centre International d’Agronomie Tropical
- CIRAD** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. Le CIRAD comprend sept départements de recherche : Cultures Annuelles (CIRAD – CA), Cultures pérennes (CIRAD – CP), Productions Fruitières et Horticoles (CIRAD – FLHOR), Elevage et Médecine Vétérinaire (CIRAD - EMVT), Forêts (CIRAD Forêts) Systèmes Agroalimentaires et ruraux (CIRAD – SAR), Gestion, Recherche, Documentation et Appui Technique (CIRAD – GERDAT).
- CIRAGRI** : Circonscription de l’Agriculture
- Exp. ou E** : Variété Expérimentale 206
- F 154, 152, 133** : Variété Fofifa 154, 152, 133.
- FAO-UPDR** : *Food and Alimentation Organization of the United Nations*
- FIFAMANOR** : « *Fiompiana sy FAmbolena Malagasy NORveziana* » (Centre de Développement Rural et de Recherche Appliquée)
- FOFIFA** : Foibe Fikarohana ho Fampanandrosoana ny tontolo eny Ambanivohitra (Centre National de Recherche Agronomique appliqué au Développement Rural)
- FTM** : Foibe Taosarintanin’i Madagasikara
- GLM** : *General Linear Model*
- HT** : Hauts de Tanety
- HTV** : Hautes Terres du Vakinankaratra
- ILRI** : International Food Policy Research Institute
- INSTAT** : Institut National de la Statistique
- JAS** : Jours Après Semis
- KOBAMA** : « *KOBA Malagasy* » (Minoterie Malagasy)
- LAI** : *Leaf Area Index*
- M.S. et M.S.A.** : Matière Sèche et M.S. Aérienne
- NEpts/Pa** : le nombre d’épillets/panicule
- NP/m²** : le nombre de pieds /m²
- NPa/P** : le nombre de panicules/pied
- NT max** : Nombre de talles maximum
- O.N.G. TAFA** : Organisation Non Gouvernementale TAny sy Fampanandrosoana (Terre et Développement)
- P.G.** : Poids moyen du Grain
- PADR** : Plan d’ Action pour le Développement Rural
- PCP – SCRID** : Pôle de Compétence en Partenariat « *Systèmes de Cultures et Rizicultures Durables* »

PMG : Poids de Milles Grains
PRA : Programme Riz d'Altitude
RDT : rendement
RP : Riz Pluvial
SAS : Système d'Analyse Statistique
SF : Surface Foliaire
SLA : *Specific Leaf Area*
SPAD : *Soil and Plant Analysis Development*
SRAT : Service Régional de l'Agriculture de Tananarive
STAT MAEL : Statistique du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
T.M.P : Tests en Milieux Paysans
VRPA : Variétés de Riz Pluvial d'altitude

Introduction



Introduction

A Madagascar, le riz est la base de l'alimentation et constitue la principale culture vivrière. Avec une consommation de l'ordre de 110 à 145 kg / habitant / an (INSTAT, enquête prioritaire, 1999), Madagascar fait partie des pays les plus consommateurs de riz dans le monde. La riziculture malgache occupe une superficie d'environ 12 100 km² et produit environ 2,4 millions de tonnes de paddy par an depuis 12 ans (INSTAT, 2000). Or, durant ces mêmes périodes, la population est passée de 11 à 15 millions d'habitants. Le niveau de production actuel ne permet donc pas de couvrir les besoins en riz de la population, estimés à 3,5 millions de tonnes depuis l'an 2000, et le recours à une importation annuelle devient alors inévitable. Les causes de cette stagnation de la production rizicole nationale sont multiples : faible évolution des surfaces cultivées, insuffisante maîtrise de l'eau, dépendance des premières pluies pour la mise en culture, ancienneté du matériel végétal, faible utilisation des fertilisants et produits phytosanitaires, stérilisation croissante des terres cultivables dans les grands périmètres rizicoles (crues, érosion), prix du paddy en période de récolte jugé peu incitatif... (INSTAT, 2001).

Les paysans ont toujours donné la priorité aux cultures de bas - fonds et de bas de versants par rapport aux cultures pluviales, sauf dans la région humide de l'Est de l'île où ils pratiquent la culture sur brûlis (*tavy*). Les actions étaient de donner la priorité aux zones foncières qui sont exploitées de façon intensive par les agriculteurs, car la main - d'oeuvre est toujours la clef de blocage. Les temps de travaux sont très élevés et la pénibilité du travail est dissuasive pour la mise en culture des *tanety*, pour la plupart des agriculteurs.

La riziculture sur *tanety* ne se développe pas alors comme il faut par la mise en confiance des paysans qui est difficile. Par peur des échecs dans ce domaine, les paysans ne veulent pas investir. Des systèmes de culture adéquats aux conditions difficiles des *tanety* accompagnées par des propositions de variétés bien adaptées s'avèrent alors nécessaire pour appuyer ce secteur.

L'utilisation des variétés locales est identifiée comme l'un des principaux facteurs limitant l'accroissement des rendements (RAZAFINDRAKOTO, 1996). Le développement et la diffusion de variétés améliorées constituent donc un élément majeur des programmes de Recherche rizicole du FOFIFA (« Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampanandrosoana ny Ambanivohitra ») (RAVATOMANGA, 1996).

Dans la région des Hautes Terres du Vakinankaratra, l'introduction de variétés de riz pluvial améliorées a été initiée en 1983 par le PRA ou Programme Riz d'Altitude, né de la collaboration du FOFIFA (Centre National de Recherche Agronomique pour le Développement Rural) et du CIRAD (Centre de Coopération Internationale de la Recherche Agronomique pour le Développement), pour développer une riziculture en condition de haute altitude, encore absente jusqu'à cette date.

En outre, depuis le début des années 90, des agronomes du CIRAD associés à l'ONG TAFE (Organisation Non Gouvernementale – « Tany sy Fampanandrosoana ») ont développé dans le contexte des Hauts Plateaux malagasy des systèmes de culture pluviaux en Semis direct sur Couverture Végétale ou SCV.

Plusieurs variétés et techniques de culture ont été introduites pour valoriser les plateaux par le riz pluvial. Souhaitant améliorer les performances des variétés suivant les

systemes de culture et selon les natures des sols des *tanety*, nous avons étudié sous l'égide du PCP – SCRID (Pôle de Compétence en Partenariat – Systemes de Cultures et Riziculture Durable) au sein du FOFIFA et du CIRAD sis à Antsirabe, **l'influence des conditions pédo-climatiques et de l'itinéraire cultural sur la phase végétative et l'élaboration du rendement de variétés de riz pluvial d'altitude dans le but d'une recherche d'adaptations spécifiques**. Cette étude se déroule dans la région du Vakinankaratra.

Nous avons scindé notre travail en quatre parties :

La première partie de ce rapport présentera le contexte général de l'étude au niveau de Madagascar ainsi que sur la région du Vakinankaratra, objet de cette étude.

La deuxième partie parlera d'une part, des synthèses bibliographiques que nous avons effectuées sur les différentes phases du cycle du riz et l'élaboration des composantes du rendement et d'autre part, de l'influence de l'environnement sur la riziculture pluviale.

La troisième partie suivante précisera la méthodologie mise en œuvre pour atteindre les objectifs fixés.

Et la dernière et quatrième partie exposera primo, les résultats obtenus et leurs analyses ; et secundo, la discussion avec les critiques et les perspectives qui s'en suivent.

A l'issue de l'étude menée, des pistes d'amélioration et perspective sont formulées à l'attention du PCP- SCRID, du FOFIFA, du CIRAD, ONG TAFI et les autres intervenants de la région.

Première partie.

I. CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE



I. CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

I.1. Situation globale :

La république de Madagascar est indépendante depuis le 26 juin 1960. De toutes les îles appartenant au continent africain, dont elle est séparée par le canal Mozambique (large de 400 à 850 Km), Madagascar est de loin la plus vaste. L'origine de sa population est très diversifiée avec deux prédominances; africaine et asiatique (existence de 18 ethnies).

Pour ce qui est de l'économie, la monnaie est le franc malgache (100 Fmg = 0,015 euros) et depuis Août 2003, cette monnaie est changée par le ariary (1 ariary = 5 Fmg). Le PNB (1998) est évalué à 3,8 milliards de \$. Le PNB/hab. est donc de 260 \$. Le budget (1996) se répartit comme suite : recettes, 1937 milliards de Fmg ; dépenses, 2 867 milliards. La dette extérieure (1997) est estimée à 4,1 milliards de \$. Les importations (1997) sont de 477 millions de \$; tandis que les exportations de 170 millions de \$ (dont 19 % de café, 13,4 % de vanille, 10,8 % de crevettes).

Au point de vue géographique, la superficie de la Grande île est de 587 041 km² avec 1500 km de longueur, 550 km de largeur au maximum et 5 000 km de côtes. Le relief se caractérise par trois zones distinctes, marquées par une nette dissymétrie : plaine littorale à l'ouest ; plateaux granitiques au centre s'abaissant doucement vers l'ouest (point culminant : 2 876 m au massif du Tsaratanàna); versant Est à forte pente (escarpement) vers des collines étroites bordant la côte rectiligne à lagunes de l'océan indien. Le climat est tropical chaud et humide à l'Est (3 500 mm de pluie à Toamasina) du fait de la mousson, plus sec et plus frais sur les hautes terres (1 270 mm de pluie à Antananarivo) avec une saison sèche de plus en plus longue vers l'Ouest (6 mois à Maintirano avec 1 000 mm de pluie) ; le climat est de type nord-sahélien (350 mm de pluie à Toliara) au Sud. La forêt est dense sur le versant des Hautes Terres, mais la déforestation est importante ; ailleurs, on trouve des prairies et des savanes à bosquets résiduels. Au Sud et au Sud Ouest, on trouve une végétation buissonnante xérophile à euphorbe et baobabs. Ses longues façades côtières et l'isolement géographique de l'île sont à l'origine d'une grande richesse biologique, avec une faune et une flore originales.

En ce qui concerne la population, en 2000 : il y a 15,085 millions d'habitants avec une densité de 24,5 hab./km². La croissance démographique est de +2,8 % par an ; 44 % de la population sont de moins de 15 ans ; le taux de natalité est de 44 ‰ ; c'est-à-dire 6 enfants par femme. L'espérance de vie (1997) pour les hommes est 56 ans ; et pour les femmes, 59 ans. La population urbaine (1997) constitue les 27,6%. Les villes principales sont Antananarivo (capitale), avec 700 000 habitants (agglomération : 930 000 hab.) ; Toliara, Mahajanga, Toamasina, Fianarantsoa. Les langues officielles sont le malagasy et le français (pays francophone). D'origine malayo-polynésienne en majorité, la population malgache a connu des apports variés; notons la présence de minorités telles que chinois, Comoriens, Indo-Pakistanaï.

Cette dynamique de la croissance démographique engendre certaines conséquences néfastes et pose un problème majeur.

I.1.1. Problème d'augmentation rapide de la population :

La croissance annuelle de la population malgache est évaluée à 2,8 %. Le dernier recensement a montré qu'il y avait 15 085 milles individus. La population rurale représente 78% de la population totale dont les 94% constituent la population agricole qui sont majoritairement des riziculteurs. Nous assistons donc à une évolution démographique galopante, un évolution qui est plus nette en milieu rural. (Cf. : Tableaux N° 1).

Tableau N° 1 : Evolution de la population malagasy.

	1998	1999	2000
Population (x 1000)	14 222	14 650	15 085
Féminine	7 132	7 343	7 559
Masculine	7 091	7 306	7 526
Population rurale (x 1000)	10 661	10 909	11 158
Féminine	5 315	5 436	5 558
Masculine	5 346	5 473	5 600

Source : INSTAT

Tableau N° 2 : Evolution de la superficie agricole et production de paddy.

S : superficie agricole (ha)

P: production de paddy (t)

Années :					
à Antsirabe :		1998	1999	2000	2001
	S	13 140	13 770	13 790	13 815
	P	33 300	38 300	38 360	39 950
par faritany :		1998	1999	2000	2001
Antananarivo	S	193 375	194 310	194 970	195 640
	P	482 555	523 070	524 720	560 850
Fianarantsoa	S	211 140	212 710	213 370	214 025
	P	384 785	404 395	396 370	417 540
Toamasina	S	333 155	334 240	334 220	335 745
	P	631 810	680 305	594 560	706 060
Mahajanga	S	223 675	220 520	220 610	220 700
	P	533 405	548 430	558 145	559 095
Toliary	S	103 495	104 030	104 295	104 560
	P	148 685	157 590	159 660	158 910
Antsiranana	S	138 160	141 690	141 835	141 980
	P	255 970	256 510	247 015	260 010
Dans le cadre national :		1998	1999	2000	2001
Madagascar	S	1 203 000	1 207 500	1 209 300	1 212 650
	P	2 447 210	2 570 000	2 480 470	2 662 465

Source : STAT MAEL

Il est évident que, si la population malagasy continue d'augmenter avec son rythme actuel, les systèmes de culture devront être intensifiés de façon considérable pour continuer à approvisionner le marché local. Les surfaces cultivées par exploitant vont diminuer et la demande augmente. Le tableau N° 2 consigne respectivement l'évolution de la superficie agricole (ha) et production de paddy (t) de 1998 jusqu'en 2001.

Or, si l'on veut privilégier la sécurité alimentaire des familles malagasy par la croissance de la production agricole, une intensification ne sera possible qu'en améliorant la fertilité des sols et en limitant les phénomènes d'érosion.

I.1.2. Parcellement, morcellement et insuffisance des terres fertiles :

Ceci concerne surtout les bas-fonds qui sont intensifiés au maximum et vont arriver au seuil d'intensification. C'est pourquoi on assiste de plus en plus à l'extension de la superficie cultivée sur les bassins versants des *tanety* à basse fertilité.

Les contraintes liées à la démographie provoquent le plus souvent une surexploitation des sols, une atomisation du parcellaire agricole et une mise en valeur anarchique du terroir. Les zones qui avaient été exclues des aménagements initiaux, du fait de leur faible fertilité ou de leur pente, de même que les surfaces correspondant aux andains et courbes de niveau enherbées, sont progressivement mises en culture, entraînant toutes sortes de dégradations.

L'extension des cultures sur les collines (*tanety*) se développe de plus en plus pour pallier le manque de surface en rizières irriguées, dont les rendements stagnent ou des fois diminuent dus aux problèmes d'érosion et d'ensablement (Tableau N° 2). Les sociétés paysannes connaissent des pratiques de conservation des sols plus ou moins efficaces pour les cultures sur *tanety*, mais leur mise en valeur demande un investissement en main – d'œuvre souvent incompatible avec le travail en rizière. Les périodes favorables pour les labours et les plantations coïncident avec les périodes de repiquage du riz. Les surfaces utilisées restent faibles, 0,3 à 0,5 ha par famille, car le travail se fait le plus souvent à la main. Les bas de *tanety* sont progressivement transformés en rizières et en cultures maraîchères en fonction de la disponibilité d'irrigation. Les versants de *tanety* malgré leur basse fertilité commencent à leur tour à être exploités. Cette basse fertilité peut être rehaussée par la pratique du Semis Direct.

La production de riz reste assez faible et le problème de sécurité alimentaire prend de l'ampleur car les productions locales restent peu compétitives par rapport aux importations de riz qui progressent régulièrement. Entre 1998 et 2001, la quantité de riz importée a presque triplé 58 079 tonnes à 158 403 tonnes (cf. : Tableau N° 3).

Tableau N° 3 : Quantités et valeurs des importations de riz de l'année 1998 à 2001.

Q : quantités en tonne

V : valeurs en millier de FMG

Produit	Q/V	1998	1999	2000	2001
Riz de luxe	Q	261	140	2332	28
	V	859 155	518 149	3 534 575	62 993
Riz en brisure	Q	5 570	11 394	17 125	8 730
	V	8 427 686	16 270 556	21 453 647	15 473 805
Riz décortiqué	Q	344	0.04	0.6	1
	V	410 059	4 822	6 217	11 305
Autres riz semi blanchi	Q	51 904	82 937	188 199	149 650
	V	79 550 133	127 912 123	249 164 774	198 255 238

Source : INSTAT

L'importation de riz serait un frein au développement économique de Madagascar. L'augmentation de la production de paddy comme en 2001 (tableau N° 2) permet la réduction du volume des importations de riz l'année suivante (en 2002). Afin de réduire les quantités importées en riz, l'effort de la recherche agricole devra s'orienter avant tout sur la baisse des coûts de production des cultures vivrières telles la riziculture. Cela doit passer par une amélioration des pratiques exigeantes en main – d'œuvre qui sont observées actuellement telles que le labour manuel à l'*angady* et le sarclage manuel ou le sarclage à la houe rotative manuelle, qui en occurrence peuvent être remplacés respectivement par la faucheuse et le rayonneur attelés ainsi que l'herbicide.

I.1.3. Problème d'érosion et de formation de ravins et de *lavaka* :

Madagascar est reconnu comme un pays où l'érosion est particulièrement active. Elle est la conséquence de plusieurs facteurs naturels, mais elle est accentuée depuis quelques décennies par des pratiques agricoles très dégradantes, par la réduction du couvert naturel du fait de la déforestation et des feux de brousse. La situation générale de l'île est un décapage progressif des sols avec des particularités dans chaque région.

Dans le sud-ouest, les sols sont sableux, fragiles, indurés en surface, ce qui favorise le ruissellement. L'érosion en nappe est très forte et entraîne la création de ravins spécifiques appelées *sakasaka*. Cette érosion ensable les bas – fonds. Dans les plateaux, les phénomènes d'érosion par ruissellement sont intenses et créent des ravins et *lavaka*. Ceux-ci sont plus actifs à l'est qu'à l'ouest. La région du lac Alaotra est particulièrement touchée. Dans la région Est forestière, les glissements de terrain en coup de cuillère, sous l'effet des pluies cycloniques, sont favorisés par la déforestation et par les jachères (*savoka*) après culture sur brûlis (*tavy*). Presque partout, des savanes herbeuses dégradées à vocation pastorale remplacent la forêt. Les feux répétés sur ces vastes espaces (1 à 2 millions d'ha sont brûlés tous les ans) empêchent le développement des ligneux et favorisent l'érosion. En aval, cela se traduit par l'ensablement de rizières (10 000 ha perdus par an ; soit 20 000 t de riz paddy), des plaines alluviales fertiles (*baiboho*), et des ports dans les estuaires (*Journal télévisé du mardi 29 juillet 2003*).

Il est évident que le sol est le support nourricier direct ou indirect de toute forme de vie sur terre. Or actuellement l'exploitation irrationnelle de cette ressource naturelle a causé sa dégradation jusqu'à un état alarmant. Ce fait est surtout aggravé dans les Pays en Voie de Développement où la pression démographique est forte, il provoque un déséquilibre écologique importante. Ainsi l'opinion mondiale est sensibilisée pour la nécessité urgente de conserver le sol. Elle est maintenant convaincue que le développement écologique et économique d'un pays est lié d'une manière très étroite à la gestion rationnelle et à la protection de ces ressources naturelles en particulier le sol.

Depuis quelques années, on constate que c'est le couvert de résidus posé en surface du sol qui apparaît le plus efficace contre l'érosion. Les travaux du CIRAD dans plusieurs pays du monde, et notamment au Brésil, justifient ce rôle du couvert de résidus. En effet, le premier rôle important du couvert est celui de protéger la surface du sol contre l'impact de l'énergie cinétique des gouttes de pluies. Son deuxième rôle important aussi est d'opposer une résistance mécanique efficace au ruissellement donc au transport solide et au ravinement. Son troisième rôle est l'amélioration de la structure du sol et de la macroporosité par le système racinaire et l'activité biologique. Ce qui engendre une capacité d'infiltration meilleure du sol. Outre le paillage, c'est aussi le cas des végétations permanentes comme les prairies et les forêts.

I.1.4. La politique sectorielle du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche :

Les objectifs de la politique agricole de Madagascar visent, depuis des années, à prioriser l'autosuffisance alimentaire par l'augmentation et la diversification de la production ainsi que l'amélioration du niveau de vie de la population rurale. Le riz fait partie de cette priorité pour faire face à l'accroissement des consommateurs. Il représente plus de la moitié de la ration journalière alimentaire des Malagasy. La riziculture est très importante à Madagascar et représente actuellement plus de 30 % de la production agricole en valeur et en surface cultivée (STAT MAELP). Pour les paysans, le qualificatif « agriculteur » requiert avant tout la possession d'une rizière quoique minime soit sa superficie.

Le secteur agricole dispose d'un Plan d'Action pour le Développement Rural (PADR) élaboré selon une approche participative et évolutive. Le PADR constitue le référentiel à tous les programmes et projets de développement rural. Il a été identifié cinq orientations devant permettre d'atteindre les objectifs assignés par la politique de développement rural qui sont :

- assurer la sécurité alimentaire ;
- contribuer à l'amélioration de la croissance économique ;
- réduire la pauvreté et améliorer les conditions de vie en milieu rural ;
- promouvoir la gestion durable des ressources naturelles ;
- promouvoir la formation et l'information en vue d'améliorer la production en milieu rural.

Malgré les différents efforts entrepris en matière de la riziculture pour atteindre l'autosuffisance alimentaire, le pays importe des quantités importantes de riz pour assurer les besoins de sa population

Théoriquement, l'augmentation de la production est réalisable, étant donné que le pays possède des atouts et des potentialités énormes.

I.2. Le contexte rizicole à Madagascar et dans la région du Vakinankaratra

I.2.1. La place de la riziculture dans l'agriculture malagasy:

Occupant 80 % de la population active, l'agriculture contribue à 40% à la formation du Produit Intérieur Brut (*Interfrance Media, 1998*).

Les valeurs totales des exportations des produits du règne végétal sont données en milliers de FMG dans le tableau N° 4.

Tableau N° 4 : Valeurs totales des exportations des produits du règne végétal.

Année	1998	1999	2000	2001
Valeur en millier de FMG	284302493	342234140	416106750	158184287

Source : INSTAT

La forte variabilité géo-pédo-climatique du pays permet une grande diversité des productions agricoles qui se répartissent en trois principaux sous-secteurs :

- les cultures vivrières : essentiellement riz, manioc, maïs, pomme de terre ;
- les cultures d'exportation : café, vanille, girofle, poivre, tabac, cacao ;
- les cultures industrielles : arachides, canne à sucre, tabac, coton, blé.

Les cultures vivrières dominent largement et la principale est le riz (33% de la production agricole totale). Estimée à 1 300 000 ha, la surface cultivée en riz représente plus du tiers de la surface cultivée totale. L'atomisation de la production, les faibles rendements (autour de 2 T de paddy / ha) et une production stagnante (2,42 millions de tonnes en 1990 et 2,45 millions de tonnes en 1998) sont les traits dominant de la production rizicole malgache. (Hirsch ROBERT., 2000).

(cf. : Annexe N° 1)

La consommation moyenne de riz en 1999-2000 est de 110 kg de riz blanchi par hab./an (Encadré N° 1), ce qui classe le pays en cinquième position derrière quatre pays asiatiques (Chine, Vietnam, Cambodge et Thaïlande) . C'est l'aliment de base des Malagasy.

Encadré N° 1 : Alimentation moyenne d'un Malagasy.

En termes quantitatifs, les Malagasy mangent en moyenne un peu plus de 110 kg de riz par personnes par an, 35 kg de manioc, 15 kg d'autres tubercules et viandes et 10 kg de maïs.

Source : INSTAT, 1999

(cf. : Annexe N° 2)

Madagascar couvrait sa consommation intérieure et exportait une partie de sa production jusqu'en 1970. Depuis, la situation tend à s'inverser. Du fait de l'évolution des conditions économiques générales et de la désorganisation périodique des structures, la production de riz n'a pas suivi l'augmentation de la demande (Etude filière riz FAO, 2000).

Le faible taux de croissance de la production de riz (0,5% par an enregistré de 1990 à 1996 et 1,8% de 1998 à 2001), largement inférieur au taux de croissance démographique (2,8%), est loin de satisfaire les besoins alimentaires de la population (Ministère de l'Agriculture, 1997 et INSTAT, 2001).

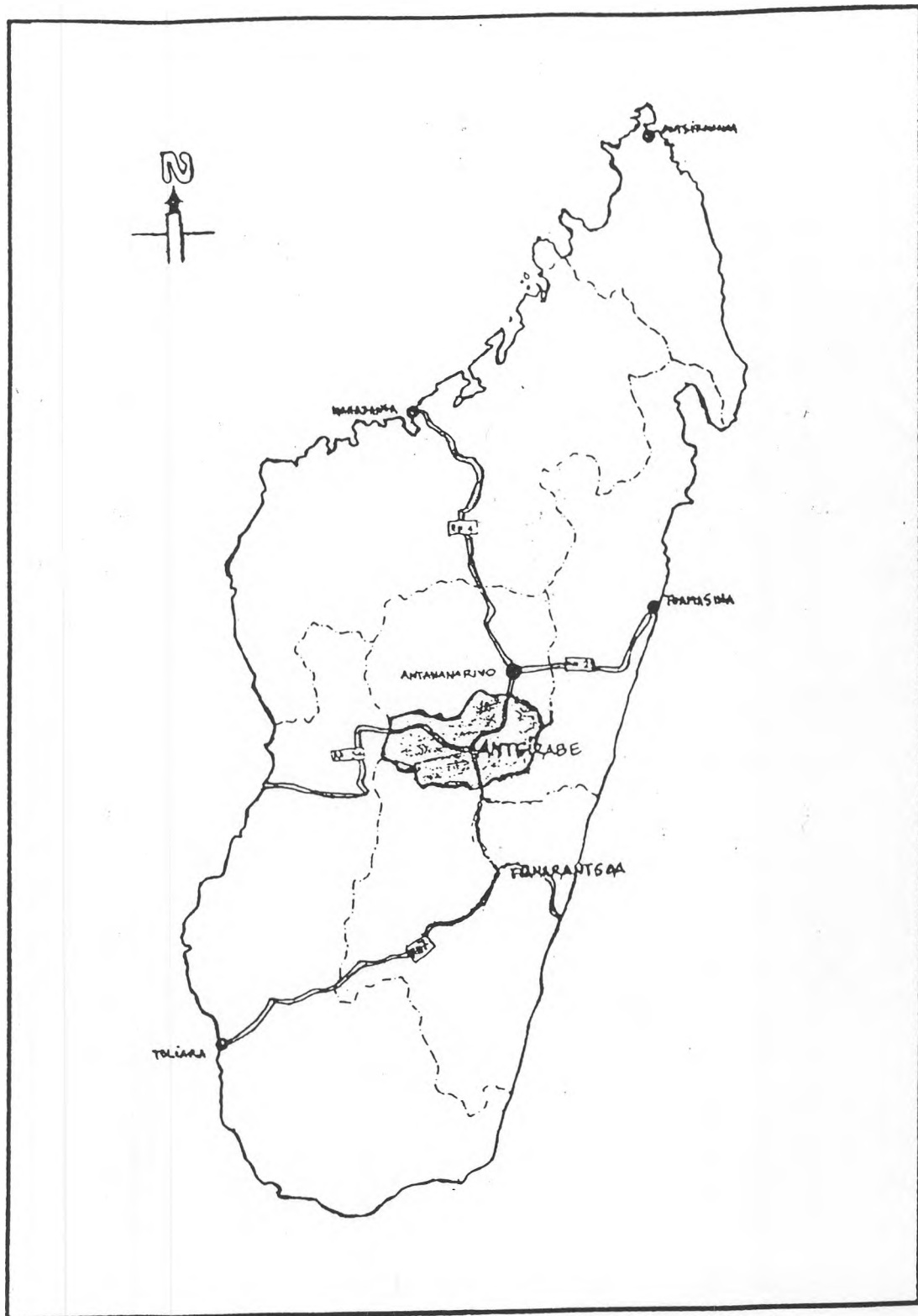
Les importations ont permis de compenser partiellement le déficit de la production locale et de maintenir à un niveau acceptable les disponibilités en riz de la population urbaine, elles n'ont pas connu de croissance exagérée. Les importations sont maintenues à moins de 100 000 tonnes par an depuis 1988 (soit moins de 7% de la production), elles interviennent principalement pendant les 4 à 5 mois de soudure (INSTAT, 1998). Mais depuis 1999, les quantités de ces importations tendent à augmenter et dépassent les 100 000 tonnes (tableau N° 3).

I.2.2. La région du Vakinankaratra et la riziculture pluviale d'altitude :

L'étude s'est localisée dans le Vakinankaratra qui fait partie des régions d'altitude de Madagascar (cf. : carte N° 1). Le Vakinankaratra constitue la partie méridionale du *Faritany* (ancienne province) d'Antananarivo et fait partie du massif de l'Ankaratra sur les Hauts-Plateaux malagasy. Cette région couvre 15 600 km² et peut être divisée globalement en 2 zones agro écologiques : une rattachée aux hautes terres et une au moyen ouest.

Nous présenterons la région du Vakinankaratra à travers ses aspects physiques, humains et institutionnels.

Carte N° 1 : Madagascar : Carte de repérage de la région du Vakinankaratra.



Source : FTM, 1998.

I.2.2.1.- Le milieu physique

a) Le facteur altitudinal :

Le Vakinankaratra est caractérisé par une hétérogénéité des conditions écologiques. Les altitudes sont comprises entre 400m (Mandoto) et 2 400m (Faratsiho). Sur plus de 2 000m de dénivelée, le climat, la végétation, l'évolution du sol, les potentialités et contraintes pour les cultures seront très différentes. La région du Vakinankaratra est divisée en 3 types altitudinaux :

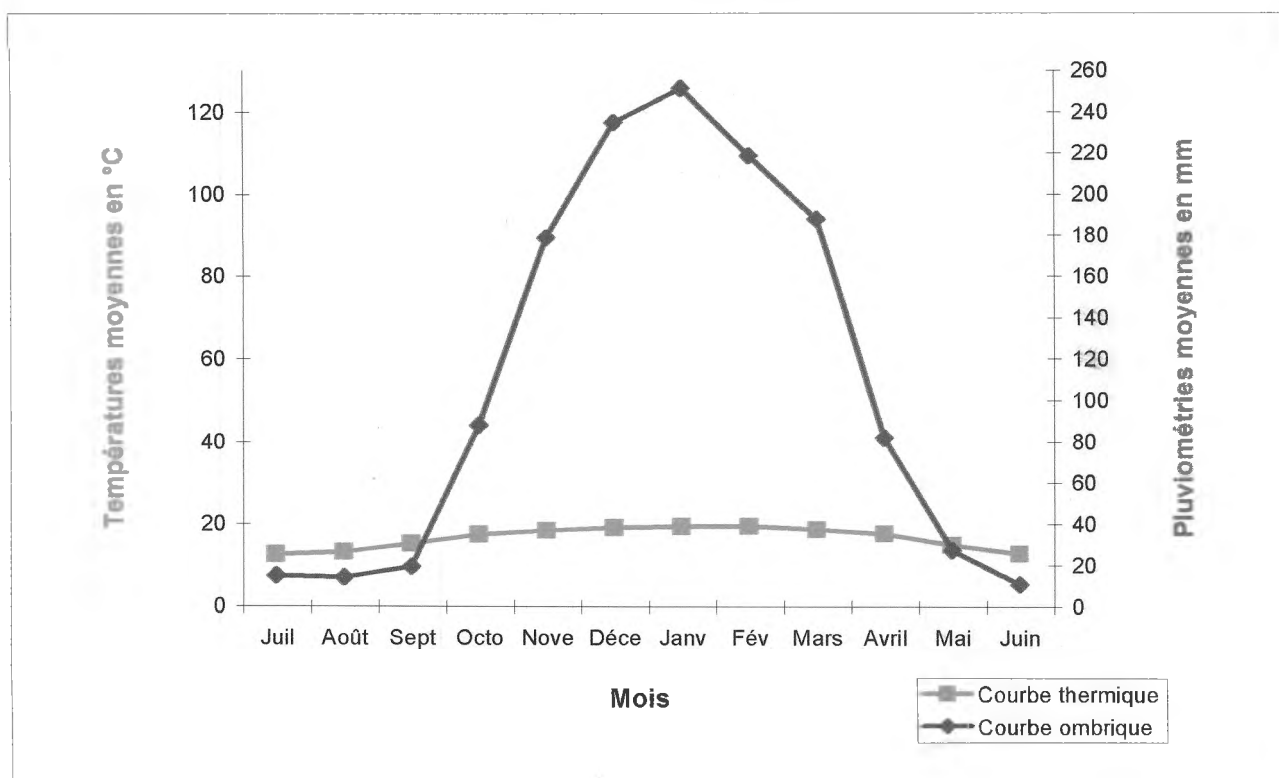
- zone de basse altitude : inférieure à 1 200m, surtout du coté ouest (Mandoto, partie du Vakinankaratra rattaché au moyen ouest), climat chaud;
- zone de moyenne altitude : de 1 200 à 1 600, côté est et centre (Antsirabe : latitude Sud : 19° 52' ; longitude Est : 47° 04' ; sur la R.N. 7, à 168 km de Tananarive);
- zone de haute altitude : supérieure à 1 600m, côté nord et sud-est.

La plus grande partie écologique du Vakinankaratra se situe entre 1 300 et 1 600m.

b) Le facteur climatique :

H. GAUSSEN pense que les mois secs d'une région sont ceux pour lesquels $P \leq 2T$, (P : Pluviométrie moyenne et T : Température moyenne). Dans cette formule, plus l'écart entre P exprimée en millimètres de pluies par mois et 2T le double de la température moyenne du mois considéré, exprimée en degré centigrade est grand, plus la sécheresse est prononcée. Les valeurs pour le cas du Vakinankaratra sont d'ailleurs exprimées graphiquement pour obtenir ce qu'on appelle un diagramme ombrothermique (cf. : figure N° 1).

Figure N° 1 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.



Source : D'après les données obtenues au service Météo TANA (cf. : Annexe N° 3), 2003.

Sur cette figure N° 1, tous les paliers situés au dessous de la courbe thermique correspondent à des mois secs. Inversement, les traits au dessus représentent les mois humides. Si les deux lignes se confondent, les mois en cours sont déjà secs conformément à cette formule de GAUSSEN. Ainsi, le Vakinankaratra est donc caractérisé par un climat de type humide tempéré marqué par 2 saisons principales :

- 4 à 5 mois de saison sèche et fraîche marquée (Mai - Septembre) : le versant Est exposé au vent est plus frais que le versant Occidental (où se situe la partie rattachée au moyen ouest) ;
- 4 à 5 mois de saisons pluvieuses (Novembre – Mars) : la pluviométrie dépend de l'altitude, de l'orientation de la région et de la proximité par rapport à des hauts reliefs. Il pleut davantage sur le versant Ouest qu'à l'Est à un même niveau d'altitude. Les pluies sont rares en Avril et Octobre.

La hauteur de pluie varie de 900mm à 2 000mm par an en moyenne, selon les postes pluviométriques existants dans la circonscription agricole. A Antsirabe, la pluviométrie moyenne annuelle est de 1 330,6 mm et la température varie de 2,72 °C à 28,48 °C avec une température moyenne annuelle de 16,67 °C (Météo de Madagascar, 2003).

c) Les sols :

Il est possible de différencier 3 grands types de géologie : les formations volcaniques récentes (Antsirabe, Betafo, région Ouest), les formations volcaniques anciennes (massif de l'Ankaratra), et le socle cristallin (cf. : Annexe N° 4). L'unité pédo-géologique du Vakinankaratra est dominée par :

- des sols hydromorphes : dans les bas-fonds pour la riziculture,
- des sols ferralitiques. (RAUNET, 1981).

Les sols des collines (*tanety*) sont constitués, d'une part sur socle cristallin et d'autre part sur socle volcanique, par des sols essentiellement ferralitiques fortement désaturés rouges et très peu fertiles et par des sols riches volcaniques (Betafo).

I.2.2.2. - Le milieu humain

Du point de vue historique, la région fut colonisée par les Merina et le terme de Vakinankaratra, d'origine relativement récente (début du XIX^{ème} siècle), fut créé par l'administration Merina pour désigner la 6^{ème} province de l'Imerina (ROLLIN D., 1991). Le Vakinankaratra est le lieu de rencontre entre les ethnies Merina et Betsileo ; Bara dans le Sud-Ouest.

- Depuis 1902, Antsirabe est la capitale de la région du Vakinankaratra. Le découpage territorial mis en place en 1995 divise la région en 64 Communes et 7 départements aux 5 fivondronana (Antsirabe I, Antsirabe II (2 départements), Antanifotsy, Betafo, Faratsiho)
- En 1999, la région du Vakinankaratra compte 1 455 000 habitants avec une densité moyenne de 65,8 hab. /km². La région d'Antsirabe est 2,5 fois plus peuplée que la moyenne malagasy (Base de donnée SRAT Vakinankaratra, 2000).

La structure de la population est homogène sur la région. La proportion de la population active est moyennement importante, entre 37% (Antsirabe I) et 67% (Betafo). Les sous-préfectures d'Antsirabe II et Faratsiho sont caractérisées par l'extrême jeunesse de la population. Le point caractérisant le Vakinankaratra est la grande proportion de la population rurale (jusqu'à 95% à Antanifotsy), mais aussi un grand dynamisme reconnu tant au niveau

agricole qu'industriel caractérisé par une forte implantation d'industries (Atlas CIRAGRI, 1996) :

- textiles : *Cotona*,
- agroalimentaires : *Socolait, Tiko*,
- cimenterie : *Holcim*.

Et depuis Mars 2003, le *Cotton Line* qui est spécialisé dans la confection.

I.2.2.3. - Le contexte rizicole

a) La structure des exploitations du Vakinankaratra :

Au même titre que l'hétérogénéité des conditions écologiques, le Vakinankaratra présente des variations importantes des conditions socio-économiques qui entraînent une grande diversité de paysages et de types d'occupation des terres.

En ce qui concerne l'occupation des terres :

- La région rurale des Hautes terres se caractérise essentiellement, par des densités d'occupation des terres très inégales fonction de la qualité des sols, de très faibles rendements agricoles et une très forte dégradation du milieu naturel.

- Le système de production dominant sur les hautes terres est centré sur la riziculture irriguée depuis la royauté Merina jusqu'à nos jours ; depuis l'indépendance, toutes les actions conduites par les pouvoirs publics dans le domaine agricole ont été orientées quasi exclusivement vers l'intensification rizicole dans les grandes plaines et bas fonds.

- Mais face à une pression démographique périurbaine croissante au cours des 20 dernières années, le système de production rizicole n'est plus en mesure de répondre aux besoins vivriers et monétaires de la plupart des familles paysannes. Ceci d'autant plus que, dans la crise économique sans précédent que connaît Madagascar depuis une vingtaine d'années, la faiblesse des ressources monétaires des agriculteurs et les conditions désastreuses du marché remettent en cause l'acquisition d'intrants que nécessitent les pratiques intensives rizicoles qui ont été vulgarisées (De RHAM et al, 1995).

- Dans ces conditions, la riziculture de bas fonds, qui est un trait essentiel de la vie économique sociale et culturelle, ne suffit plus à assurer l'auto consommation familiale et les stratégies paysannes visent à diversifier les sources de nourritures et de revenus monétaires des exploitations au-delà de la riziculture irriguée, notamment dans la conquête des *Tanety* (versant de colline) (MENDEZ Del VILLAR P, 1999).

- En milieu périurbain, autour des grandes agglomérations comme Antsirabe, les stratégies paysannes ont consisté essentiellement à diversifier l'exploitation des bas fonds par des cultures de contre saison (pomme de terre, blé, maraîchage) nécessaire à l'alimentation des marchés des grandes villes qui offrent des prix rémunérateurs (De RHAM et al, 1995).

- Une seconde option s'est également développée plus récemment, en étendant et diversifiant les activités de productions sur les *Tanety*, malgré leur faible fertilité naturelle : productions vivrières telles que le maïs, le haricot, le manioc, la patate douce, cultures de rentes, les oignons, l'horticulture, embouche bovine, production de lait ou encore activités d'exploitation du bois (De RHAM et al, 1995).

- Dans le Vakinankaratra, selon la Circonscription de l'Agriculture d'Antsirabe (Atlas CIRAGRI, 1996), 80% des bas fonds sont valorisés et 67% des *tanety* sont cultivés. Les *tanety* sont utilisés pour les arboricultures fruitières et les cultures vivrières : principalement le maïs, puis la pomme de terre, le manioc, la blé, les légumes (haricots,

tomates, carottes, choux, etc...), le riz pluvial, la patate douce, le taro, ... Le riz représente 20% des cultures pluviales.

- Le maïs, cultivé seul ou associé avec le haricot, la pomme de terre ou le soja (régions supérieures à 1000m) est cultivé en octobre, novembre, septembre en fonction de la hauteur de pluie ;
- Le haricot et la pomme de terre : cultures à cycle court (3 mois) qui rentabilisent les surfaces car on peut les cultiver toute l'année aussi bien sur *tanety* que sur les rizières en contre saison (Avril – Juin) ;
- La patate douce, très appréciée des paysans, est cultivable en toute saison. Seule la région du Moyen Ouest ne convient pas à cette spéculation.
- Le manioc est la spéculation la plus répandue dans le Moyen Ouest (basse altitude). Mais dans les zones de moyenne et haute altitude, le cycle est très long, jusqu'à un an et demi d'où la raison de sa faible adoption dans ses zones.

b) La composition des exploitations :

- Le Vakinankaratra compte 155 453 exploitations en 1999, caractérisées par une taille familiale de 6 à 7 personnes (Service Régional de l'Agriculture de Tananarive ou SRAT dans la région du Vakinankaratra, Mars 2000). Il s'agit d'exploitations de polyculture associée à l'élevage et la quasi-totalité des agriculteurs cultivent sur collines et plateaux (*tanety*) et sur bas-fonds (*rizières*). En effet, les systèmes de production du Vakinankaratra associent les bas-fonds (riz en saison et parfois culture de contre saison, pomme de terre, blé ou légumes) et les *tanety* (élevage et cultures pluviales, pomme de terre, maïs, haricots) qui permettent de compléter partiellement l'alimentation et « éventuellement » de fournir un revenu. Selon les données de l'Atlas CIRAGRI 1996, les disponibilités moyennes en terre cultivée par exploitation sont de 43 ares de rizières et de 83 ares de *tanety*. Ceci reflète l'intensité de la pression foncière sur cette zone du fait de la forte densité de population.

- Le rapport par exploitant des superficies cultivées en rizières sur *tanety* est de 0,51, soit une superficie de *tanety* deux fois supérieure à celle des rizières. Il apparaît donc que les cultures de *tanety* jouent un rôle essentiel dans l'agriculture du Vakinankaratra (Annexe N° 4).

c) Les systèmes de riziculture :

La riziculture d'altitude (supérieure à 1 000 m) occupe environ la moitié des surfaces rizicoles malagasy et est située sur les Hautes terres centraux qui correspondent aux zones les plus densément peuplées (CHABANNE A. AMARY A., 1995).

La riziculture d'altitude regroupe 2 types de riziculture :

- La riziculture « aquatique » englobe toute culture de riz qui se pratique sur les sols de rizières sous une lame d'eau durant tout le cycle cultural. Les surfaces concernées sont les bas-fonds. Ceux-ci peuvent être classés en deux catégories : les Bas-Fonds Irrigués (BFI), où les aménagements hydrauliques permettent une bonne maîtrise de l'eau, et les Bas-Fonds Difficilement Irrigables (BFDI) où la maîtrise de l'eau n'est pas

assurée du fait d'un aménagement rudimentaire ou de son absence. Les « *Sakamaina* », « rizières hautes pluviales », sont des rizières en terrasse sans gestion de l'eau. Dans les Hautes Terres du Vakinankaratra (HTV), d'une façon générale, les températures trop basses et la pluviométrie médiocre ne permettent pas deux campagnes de riz sur une année.

- La riziculture « pluviale » se trouve sur les sols exondés dont l'alimentation hydrique est assurée exclusivement par les pluies et par la capacité de rétention du sol. Ce type de riziculture ne peut se pratiquer par conséquent que pendant la saison des pluies allant d'octobre à avril. Il est fréquemment installé sur des zones à fortes pentes ou sur les *tanety*. On peut distinguer les Hauts de *Tanety* (HT), partie cultivée la plus haute et proche des parties boisées du haut des collines, des Bas de *Tanety* (BT) à proximité des « *Sakamaina* ».

Le développement de la riziculture pluviale sur les Hautes terres est récent : Depuis le début du Programme riz d'Altitude ou PRA, la riziculture pluviale d'altitude s'est développée dans le Vakinankaratra, la région autour d'Antsirabe, où le PRA est basé depuis son origine. En dehors de cette région, existent des pôles de développement dus aux actions de *Fiompiana sy Fambolena Norveziana* ou FIFAMANOR (à Ambatolampy, à Antanifotsy).

La plupart des données sur l'agriculture de la région sont de mai 1996, date de parution de l'atlas CIRAGRI. Nous rappelons ici ce qui nous intéresse. Les surfaces en riz pluvial dans la région du Vakinankaratra étaient d'un peu plus de 10 700 ha pendant la campagne 1994-1995, pour un total de cultures vivrières sèches de 124 124 ha, soit 8,6 % des surfaces cultivées. Ces surfaces varient beaucoup d'une année sur l'autre, les paysans semant moins de riz pluvial quand l'arrivée des pluies est tardive. A titre de comparaison, les surfaces de rizières irriguées étaient de 48 700 ha.

Les disponibilités moyennes en terre par exploitation seraient en moyenne de 6000 m² de rizière et 7000 m² de *tanety*, avec, évidemment, des particularités régionales. Par exemple, dans le Moyen Ouest, la surface moyenne en *tanety* est de 1,5 ha (Base de données SRAT Vakinankaratra, 2000).

Cependant, les surfaces cultivées en riz pluvial auraient fortement augmenté depuis 1995-1996, date du début de la diffusion des nouvelles variétés, (communication personnelle). Et jusqu'à maintenant, les parcelles de riz pluvial se sont multipliées à l'ouest d'Antsirabe, suite à la diffusion de tests chez les agriculteurs par le projet. Malheureusement, nous n'avons aucun chiffre à fournir comme appui à cette déclaration. Cependant, nous assistons à un véritable engouement pour cette spéculation et tous les agriculteurs que nous avons interrogés ont déclaré vouloir utiliser le riz pour l'alimentation et pour garder ou vendre comme semence.

1.3. La riziculture pluviale d'altitude

1.3.1. Le projet riz d'altitude (PRA)

1.3.1.1. Son origine :

En vue de l'autosuffisance alimentaire, l'augmentation de la production rizicole peut être envisagée par l'augmentation de la productivité des systèmes traditionnels mais aussi par la diversification des modes de culture. Le recours à la riziculture pluviale est déjà utilisé de longue date dans les zones de basse et moyenne altitude. Cependant, c'est sur les hautes terres où la population est la plus concentrée que cette diversification est la plus intéressante.

La pratique de la riziculture pluviale en zone d'altitude comprise entre 1000m et 1600m n'est pas récente. En effet, face à la pression démographique et à l'utilisation quasi totale des surfaces irrigables, les paysans ont commencé à cultiver du riz sur les *tanety* (collines), avec des variétés irriguées, comme « *Botramaitso* » ou pluviales provenant de zones plus basses. Mais les agriculteurs ont souvent rencontré des déboires, les rendements obtenus étant souvent très faibles et les cycles trop tardifs pour que les panicules soient suffisamment fertiles.

Cependant, pour remédier à cet état de chose, un programme « Riz d'Altitude » réalisé en collaboration entre le FOFIFA et le CIRAD fut initié en 1983 et a été financé par la Communauté Européenne de 1983 à 1998 (il est actuellement financé par le FOFIFA et le CIRAD).

a) Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (FOFIFA)

Créé en 1974 à la suite du départ des instituts français de recherche agronomique, le FOFIFA est la principale institution de recherche agricole du Système National de Recherche Agricole à Madagascar. Toutes les recherches intéressant le développement rural sont, en effet, réalisées par le FOFIFA, à part certaines recherches d'accompagnement exécutées dans des structures rattachées directement à la production (cas du blé, de la pomme de terre, de l'orge, du cocotier, du tabac, etc...).

i) Sa mission :

Mettre en œuvre la politique nationale de recherche en matière de développement rural et définir, orienter, promouvoir, coordonner et capitaliser toutes les activités de recherche concernant :

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

ii) Organisation générale :

- Une direction générale appuyée par trois directions sectorielles :
 1. la direction scientifique
 2. la direction service d'appui à la recherche
 3. la direction administrative
- Six départements scientifiques d'appui
- Huit centres régionaux de recherche correspondant chacun à une région agro - écologique homogène.

iii) Programmes de recherche et leur réalisation :

Les actions de recherche sont structurées en programme filière ou discipline. Mais pour répondre aux problématiques des régions, la définition devient de plus en plus opérationnelle. FOFIFA Antsirabe, une branche régionale du Centre œuvre surtout dans la production végétale : riziculture, autres cultures vivrières (maïs, haricot, voandzou,...).

En adoptant l'approche participative, les chercheurs se sont familiarisés aux conditions réelles de leur domaine et se forment auprès de leurs partenaires. Les vulgarisateurs élaborent avec la recherche les programmes de diffusion des nouvelles technologies à tester. Les agriculteurs ne jouent plus le rôle d'observateurs : ils prennent part à la définition des programmes de recherche et aux expérimentations dont bon nombre sont menées en milieu réel.

Les expériences acquises par les trois acteurs (paysans, vulgarisateurs et chercheurs) constituent aujourd'hui le début d'une nouvelle recherche « chacun est un protagoniste à part entière des résultats obtenus ».

iv) Dimension Internationale :

Le FOFIFA consolide ses domaines de compétences par le biais de la coopération internationale avec les Centres tels IRRI, CIAT, ILRI, IFPRI, etc...) ou avec d'autres institutions internationales de recherche ou de formation comme CIRAD, AIEA, etc...).

b) Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

C'est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires des régions chaudes. Sa mission : contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique.

i) Organisation :

Le CIRAD emploie plus de 1800 personnes dont 900 cadres, qui interviennent dans une cinquantaine de pays, son budget s'élève à près de 1 milliard de francs, dont plus de la moitié proviennent des fonds publics. Il comprend sept départements de recherche : Cultures Annuelles (CIRAD – CA), Cultures pérennes (CIRAD – CP), Productions Fruitières et

Horticoles (CIRAD – FLHOR), Elevage et Médecine Vétérinaire (CIRAD - EMVT), Forêts (CIRAD Forêts) Systèmes Agroalimentaires et ruraux (CIRAD – SAR), Gestion, Recherche, Documentation et Appui Technique (CIRAD – GERDAT). Le CIRAD travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des recherches de développement.

ii) Activités du CIRAD – CA à Madagascar :

Du fait de la nature des sols et du régime des précipitations, les milieux tropicaux sont, pour l'essentiel, des milieux fragiles, rapidement dégradables si les modes de cultures sont inadaptés. Ce sont aussi les régions où la pauvreté affecte le plus grand nombre. C'est donc dans ces régions que le défi de concilier production agricole et protection de l'environnement paraît le plus important mais aussi le plus difficile à relever.

Parmi les différentes voies qu'agronomes et agriculteurs ont exploré pour relever ce défi, les Systèmes de culture à base de Couverture Végétale et semis direct (SCV), apparaissent comme un des modes de culture les plus appropriés pour assurer à la fois production et protection de la ressource en sol, et permettre ainsi une gestion durable des milieux tropicaux. Alors que pendant longtemps la recherche agronomique tropicale n'a pas accordé à ces systèmes toute l'attention qu'ils méritaient, on note depuis une dizaine d'années un développement important des recherches les concernant et un intérêt croissant des agences de coopération bi- et multilatérales pour la mise en œuvre de ces systèmes de culture.

Dans plusieurs régions du monde tropical le CIRAD a joué et joue un rôle majeur dans la mise au point et la diffusion de ces systèmes. A Madagascar, le CIRAD – CA qui travaille sur la riziculture pluviale fait, en plus en collaboration avec le FOFIFA, des créations variétales dans le cadre du Projet Riz d'Altitude.

Ce « Projet Riz d'Altitude » a pour principal objectif de proposer à la vulgarisation des variétés de riz pluvial et de riz irriguées performantes face aux contraintes propres aux Hautes Terres du Vakinankaratra.

Ce projet devait aboutir à l'obtention de variétés de riz avec les techniques culturales adaptées à celles-ci dans des conditions de hautes altitudes : 1 200 - 1 600 m pour les Variétés de Riz Pluvial d'altitude (VRPA) et 1500 - 2000m pour les variétés irriguées.

En réalité, les variétés de riz pluvial mises au point sont, aujourd'hui, (enquêtes), présentes sur le Vakinankaratra dès 1 200 m. Mais, malgré leurs contraintes en zones d'altitudes, elles sont cultivées jusqu'à près de 1 700 m.

1.3.1.2. Ses principales réalisations

Malgré les nombreuses introductions de matériels de riziculture d'altitude provenant d'autres pays, il s'est vite avéré qu'en culture irriguée, le seul matériel tolérant à la bactérie *Pseudomonas fuscovaginae*, maladie grave typique de la haute altitude causant une pourriture des gaines et des grains, était d'origine malgache (variété de type « *Latsika* »). De faibles progrès ont été réalisés dans ce domaine avec de nouvelles variétés plus productives que les *Latsidahy* (variété irriguée traditionnelle malgasy) (J. L. DZIDO, 2001).

Par contre, un important pas en avant a pu être réalisé en ce qui concerne la riziculture pluviale d'altitude avec une première série de 3 Variétés de Riz Pluvial d'Altitude Améliorés (V.R.P.A.) en 1992 (FOFIFA 62, 64 et 116), provenant du criblage de variétés créées par d'autres projets à Madagascar, puis une seconde série de 6 variétés plus performantes en 1995 et 1996 (FOFIFA 133, 134, 151, 152, 153 et 154), créées spécialement par le programme.

Ces variétés de riz pluvial constituent des premières mondiales, dans le sens où, auparavant, n'existait aucune variété pluviale adaptée dans les Andes de Colombie et plusieurs projets de développement de cette culture y sont proposés. Actuellement, 8 des 9 variétés sont diffusées par FIFAMANOR (*Fiompiana sy Fambolena Malagasy Norveziana*) et le projet Maïs Moyen Ouest (PMMO).

1.3.1.3. Ses activités

Dans la continuité des réalisations précédentes et des acquis déjà enregistrés depuis 1983, l'ensemble des activités du PRA étaient conduites de façon pluridisciplinaire et concernent directement :

- La sélection de nouvelles variétés effectuées sur la station FOFIFA – PRA,
- Les essais multi locaux pour la confirmation des variétés sélectionnées et avant leur vulgarisation (tests variétaux préliminaires suivis de tests comparatifs variétaux),
- La Production de semences de base,
- Les Tests en Milieux Paysans (T.M.P.) variétaux et sur les techniques culturales (traitements de semences, fertilisation, sarclage, herbicides, mode de semis, précédent cultural).

L'objectif des T.M.P. est de démontrer par un dispositif simple et pédagogique en milieu réel l'intérêt des variétés et des innovations techniques. La diffusion des variétés et des techniques est ainsi facilitée auprès des paysans. Ces derniers, en accueillant les T.M.P., adoptent immédiatement les techniques et les nouvelles variétés qu'ils jugent adaptées à leur condition en les multipliant par la suite, et transmettent ces acquis aux paysans environnants par une diffusion latérale non négligeable.

1.3.1.4. Diffusion de variétés

En 1990, le Projet Riz d'Altitude (PRA) a diffusé sur les hautes terres malgaches les premières variétés de riz pluvial au monde, productrices jusqu'à des altitudes de 1500 à 1600m (FOFIFA 62, 64 et 116). Leur potentiel de rendement est de 3,5 t/ha en conditions expérimentales, mais leur sensibilité au froid de fin de cycle conduit à des taux de stérilité de l'ordre de 50% des épillets. Afin de corriger ce défaut, elles ont été hybridées avec des variétés aquatiques de hautes altitudes (*Latsidahy* et *Latsibavy*) ; ce qui a conduit à l'homologation de six nouvelles variétés (FOFIFA 133, 134, 151, 152, 153, 154). Leur fertilité dépasse souvent 70% des épillets à 1500m d'altitude. Du fait également d'un meilleur tallage utile (250 à 300 panicules/m²), le rendement potentiel de ces variétés dépasse 3t/ha.

Le Programme Riz d'Altitude a fortement contribué à la diffusion par le biais de nombreux tests effectués en milieu paysan qui amènent les paysans à adopter immédiatement les nouvelles variétés et à les multiplier. Certaines techniques culturales sont aussi adoptées : le sarclage précoce du riz pluvial avant le sarclage du riz irrigué, le traitement des semences et le mode de semis approprié au site (lignes ou poquets).

La diffusion des nouvelles variétés est aussi assurée par les organismes collaborant avec le projet ou le FOFIFA (>FIFAMANOR, CIRAGRI, ONG TAFE, ...).

1.3.2. L'Organisation Non Gouvernementale « Tany sy Fampanandroana » ou Terre et Développement (ONG TAFE)

1.3.2.1. Présentation

L'ONG TAFE a été créée à Antsirabe en 1995. Elle poursuit les expérimentations entreprises depuis 1991, à la station d'Andranomanelatra par l'opération blé de la KOBAMA (Minoterie Malagasy). Ces expérimentations portent sur les techniques du semis direct (ou « zéro labour ») du Projet « Système de culture avec couverture permanente des sols ». Les cultures concernées par ces techniques sont principalement le maïs, le soja, le haricot et le Riz Pluvial.

Les objectifs de TAFE à travers les techniques de semis direct sont :

- la préservation et la conservation des sols,
- le développement de la capacité de production par l'utilisation rationnelle des sols,
- l'amélioration de la gestion des sols et des cultures, et plus généralement des conditions de vie des paysans.

Pour réaliser ces objectifs, TAFE s'est engagé dans deux activités principales :

- les expérimentations en milieux réels et contrôlés : les itinéraires techniques élaborés et maîtrisés en milieux contrôlés sont validés en milieu réel dans des « sites de diffusion » ;
- la formation des vulgarisateurs : TAFE a pour rôle de dispenser un appui technique aux partenaires dans la mise en place et le suivi des sites de diffusion.

1.3.2.2. Les interventions menées en relation avec le P.R.A.

Compte tenu des problèmes d'érosion rencontrés dans le Vakinankaratra et en particulier du caractère érosif de la culture du riz pluvial, l'ONG TAFE réalise, entre autres, des tests variétaux en zéro - labour (sur couverture morte d'*Aristida* ou « *bozaka* ») conjointement et en complémentarité avec le PRA. Par ailleurs, TAFE réalise des tests de Variétés de Riz Pluvial Améliorées, en semis direct sur couverture morte en bas-fonds drainés.

1.3.3. Le Pôle de Compétence en partenariat « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables » :

A Madagascar, la consommation de riz par habitant est l'une des plus élevées du monde. Or depuis une trentaine d'années, la progression de la production ne suit plus la croissance démographique. Par ailleurs, l'augmentation de la pression foncière sur les terres inondées conduit au développement de systèmes de culture pluviaux intégrant le riz pluvial. Le FOFIFA et le CIRAD ayant très tôt pris en charge l'accompagnement agronomique de ces évolutions, ont à leur actif plusieurs acquis :

- Leurs programmes de création variétale du riz pluvial, initiés au milieu des années 70, ont permis le développement de la culture dans les régions du Moyen Ouest, Lac Alaotra et Hautes terres.

- Depuis une dizaine d'années, la création et la diffusion de techniques agrobiologiques de gestion des systèmes de culture, en partenariat avec l'ONG TAFI, ouvrent de nouvelles perspectives de durabilité des systèmes pluviaux.

Le FOFIFA, l'Université d'Antananarivo et le CIRAD se sont associés alors en septembre 2001. L'enjeu majeur de l'association porte sur l'amélioration de la productivité et la durabilité technique, économique et sociale des systèmes pluviaux qui, venant en complément des rizicultures aquatiques, conditionnent dans de nombreuses régions du pays la sécurité alimentaire et le développement rural.

La riziculture peut se développer à Madagascar, occuper des superficies encore plus importantes sur les *tanety*, et obtenir des rendements/ha élevés, mais il faut que sa promotion soit accompagnée d'actions qui en diminueraient la peine exigée pour la pratiquer (diminution du labour, maîtrise des mauvaises herbes par des techniques moins pénibles que les sarclages manuels...), tout en préservant l'environnement à commencer par le sol. C'est la raison d'être de l'Organisation.

En créant le PCP/SCRID à Antsirabe en 2001, le FOFIFA et le CIRAD ont renforcé leur coopération dans les domaines de la riziculture pluviale et des systèmes de culture à base de semis sur couverture végétale (SCV), et en y associant l'Enseignement Supérieur Malgache de manière à promouvoir à la fois une recherche d'excellence répondant aux besoins du développement et la formation sous tous les aspects, autour des questions relevant du thème « Système de Culture et Rizicultures Durables ».

En effet, les tendances actuelles et perspectives de l'agriculture sont :

- agriculture et environnement : L'ingénieur agronome doit concilier l'amélioration de la productivité agricole et la préservation de l'environnement. Dans ce cas, l'évaluation du système de culture sur couverture végétale s'avère être intéressant.
- biotechnologie et agriculture : Rassembler les génomes du riz afin d'informatiser la recherche de nouvelles variétés pourrait être envisageable.

I.4. Objectifs de l'étude

Cette étude est une composante d'un programme de recherche en écophysiologie dont les objectifs sont d'analyser les effets des conditions de culture (climat, sol) et des techniques culturales sur le fonctionnement de la culture pour :

- identifier les facteurs limitant la production du riz pluvial et leurs modes d'action ;
- identifier les caractères adaptatifs spécifiques du riz pluvial aux conditions du milieu et aux systèmes de culture.

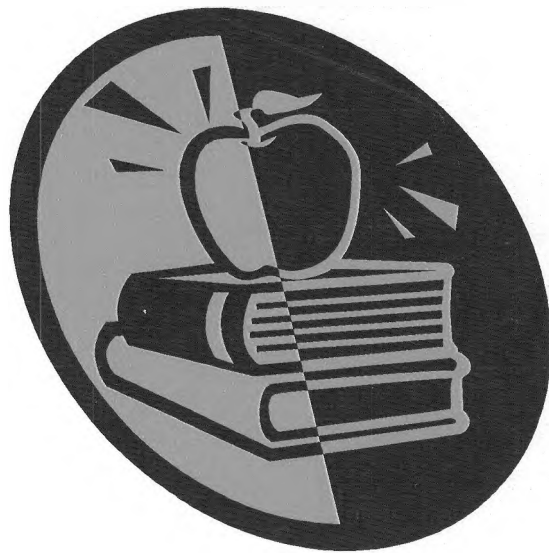
Dans le cadre de ce stage nous nous intéressons à la phase d'installation de la culture (phase végétative : suivis du tallage et du couvert foliaire) et à la mise en place des différentes composantes contribuant au rendement tout au long du cycle de culture.

Le fonctionnement de la culture est étudié en dynamique (suivis de la croissance et du développement) et pas uniquement à récolte, afin de mettre en évidence des caractères d'adaptation climatiques (par rapport à l'altitude), édaphiques et aux systèmes de culture (labour / SCV).

Pour cela nous utilisons une gamme de variétés contrastées (en terme de longueur de cycle, de tallage, de type de grain), afin de caractériser les différents comportements variétaux concernant la mise en place du peuplement et la stratégie d'élaboration du rendement.

Deuxième partie.

II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE



II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Généralités sur le riz pluvial

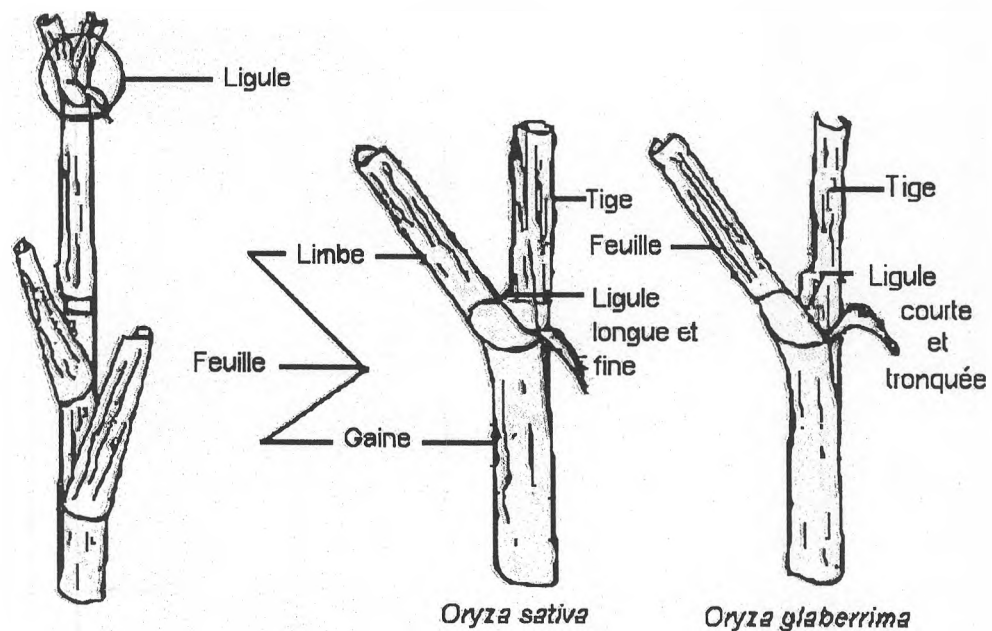
II.1.1. Classification :

Le riz appartient :

- Règne : VEGETAL
- Division : SPERMATOPHYTES
- Embranchement : PHANEROGAMES
- Sous-embranchement : ANGIOSPERMES
- Classe : MONOCOTYLEDONES
- Ordre : GLUMIFLORES
- Famille : GRAMINACEES
- Genre : ORYZA
- Espèces cultivées : *Oryza sativa* (à ligule longue et fine)

d'origine asiatique et *Oryza glaberrima*, d'origine africaine (en régression). Elle se distingue d'*Oryza sativa* grâce à sa ligule courte et tronquée (cf. : schéma N° 1).

Schéma N°1 : Différence entre la ligule d'*Oryza sativa* et celle d'*Oryza glaberrima*.
(Par Michel Jacquot et Brigitte Courtois)

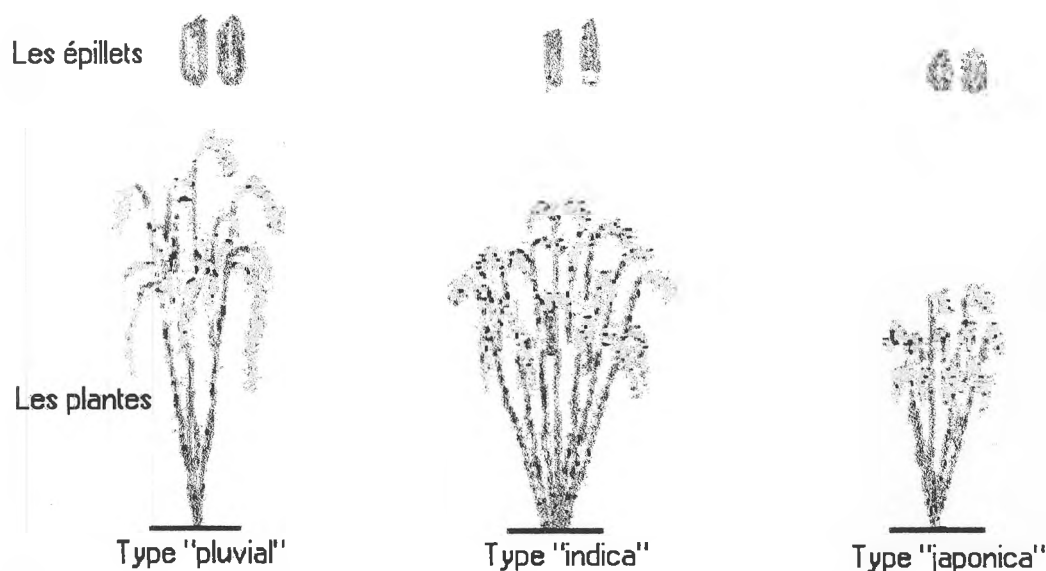


• Deux grands groupes très différents de variétés chez *Oryza sativa* (cf : schéma N° 2):

- Le groupe *indica* à grains longs : caractérisé par le rapport entre la longueur et la largeur du caryopse, supérieur à 3) ;
- Le groupe *japonica* à grains ronds : caractérisé par le rapport entre la longueur et

la largeur du caryopse inférieur à 3, pouvant être cultivé en conditions pluviales sous climat tropical. Sa remarquable plasticité lui a permis de s'adapter à diverses conditions pédoclimatiques très contrastées (Cours de Cultures Vivrières, quatrième année Agri ESSA).

Schéma N° 2 : Les différents types variétaux de l'espèce « *Oryza sativa* ».
(Par Michel Jacquot et Brigitte Courtois)



II.1.2. Importance mondiale :

En 1983, on compte plus de 5000 variétés à majorité de riz long. L'une des caractéristiques les plus originales du riz est son aptitude à être cultivé dans des conditions de milieu très diverses en particulier du point de vue de son alimentation hydrique : de la culture pluviale, alimentée uniquement par les eaux de pluies, à la culture flottante dans une lame d'eau pouvant atteindre plusieurs mètres, tous les intermédiaires sont possibles.

A Madagascar, il y a la riziculture pluviale stricte qu'on rencontre surtout sur les *tanety* ; là où les sols sont exondés, bien drainés, où l'alimentation hydrique est assurée exclusivement par les pluies et par la capacité de rétention du sol. Elle est donc fréquemment installée sur des zones à fortes pentes ou sur des collines faiblement ondulées.

Dans le monde, 16 millions d'hectares sont consacrés à la riziculture pluviale. Le Brésil à lui seul totalise 4,5 millions d'hectares, ce qui en fait le plus gros producteur mondial. Les pays asiatiques qui n'y consacrent en fait qu'une assez faible part de leurs surfaces rizicoles en possèdent cependant près de 9 millions d'hectares. En Afrique, la riziculture pluviale stricte est le mode de production dominant où elle touche 60% des surfaces, soit environ 1,2 million d'hectares.

En culture traditionnelle, le rendement est généralement assez faible, de l'ordre de 1 t / ha, souvent inférieur. En culture intensive, le rendement peut atteindre 2,5 t / ha ou plus en fonction des conditions du milieu.

(Le riz pluvial, par Michel Jacquot et Brigitte Courtois, Mai 1983)

II.1.3. Notion de « croissance et développement » :

Notre étude concerne surtout la croissance et le développement du riz pluvial. La croissance est l'augmentation continue et irréversible de toutes les dimensions de la plante : longueur, largeur, diamètre, surface, volume et masse. Cette augmentation est mesurable dans le temps. La croissance d'une plante entière fait intervenir deux phénomènes concomitants.

- La croissance en dimension de chacun des organes après leur initiation : c'est la croissance stricte (*auxesis* : élongation cellulaire souvent isodiamétrique).
- La multiplication du nombre de ces organes (*meresis* : division cellulaire se passant dans les zones méristématiques) : c'est la liaison avec le développement.

Le développement représente des transformations qualitatives de la plante liées à l'initiation et à l'apparition de nouveaux organes. Contrairement à la croissance, le développement est un phénomène repérable dans le temps. Il s'agit d'événements discrets qu'on peut observer à un instant donné : germination des graines suite à leur imbibition, émergence des plantules, initiation florale, maturité des graines, mort du végétal.

II.2. Les différentes phases du cycle du riz et l'élaboration des composantes du rendement :

Le rendement de la culture du riz s'élabore tout au long de son cycle au cours de trois phases successives :

- la phase végétative comprenant la germination et le tallage ;
- la phase reproductive englobant l'épiaison
- et la phase de maturation.

(Moreau D. 1987)

Les composantes importantes du rendement de riz sont :

- Le nombre de panicules exprimé par le nombre de panicules entièrement mature par plantes ou par unité de surface
- Le nombre de grains pleins ou remplis par panicule ;
- Le pourcentage de grains vides exprimé par la proportion de grains totalement non développés ;
- Le poids des grains estimé à partir du poids des grains totalement développés, et rapporté sur la base de 100 ou 1000 graines.

(KWANCHAI A. Gomez, 1972)

D'où la formule suivante:

$$\text{RDT} = \text{Nbr plantes/m}^2 \times \text{Nbr panicules/plantes} \times \text{Nbr épillets/pan} \times \% \text{GP} \times \text{PMG}/1000$$

Chacune de ces composantes est déterminée à une période bien définie du cycle et constitue donc un témoin des conditions et facteurs de croissance durant cette période. La méthode de diagnostic à l'aide des composantes de rendement est très enrichissante sur les parcelles expérimentales, où un contrôle maximum des facteurs et conditions de croissance est possible. On peut ainsi affiner l'analyse du processus d'élaboration du rendement et éclaircir les relations :

Systèmes de culture x **Milieu** → **Composantes du rendement.**

Chaque composante du rendement est influencée par les facteurs et conditions du milieu pendant sa phase de formation. Les effets –favorables ou défavorables- se manifestent le plus souvent au niveau de la durée des périodes de développement de la vitesse des processus mis en jeu et des valeurs atteintes par chaque composante. De ce fait, l'analyse des composantes du rendement constitue un outil intéressant de diagnostic des problèmes agronomiques pour chacune des périodes considérées.

II.2.1. La phase végétative :

Elle débute avec le semis et se termine avec l'initiation paniculaire. Durant cette phase se mettent en place les organes végétatifs : racines, feuilles, tiges. Un pied donne naissance à plusieurs tiges appelées également talles.

Cette phase végétative constitue donc la première phase du cycle et représente le développement et la croissance des organes végétatifs, jusqu'au début de l'initiation des organes reproducteurs (cf. : schéma N° 3).

La durée de la phase végétative varie suivant les variétés. Les différences de durées du cycle sont liées essentiellement à la durée de la phase végétative. Les grains semés dans le sol, soumis aux conditions d'humidité, de température et d'oxygénation suffisantes vont germés. Après la levée, les grains donnent des plantules qui vont grandir par la suite.

La connaissance de la morphologie d'une feuille de riz est utile pour la distinction et la séparation des différentes organes de la plantes et surtout pour la reconnaissance de la première feuille lors des comptages pour l'étude du rythme d'apparition des feuilles (cf. : schéma N° 4).

Pour la talle principale, la coléoptile émerge en premier de la graine. Il est suivi par la première feuille, puis par la deuxième feuille avec le premier limbe développé, ensuite par les autres feuilles. La dernière feuille est dite paniculaire, ou « drapeau ».

Le riz est une graminée. Une feuille de riz, comme pour toutes les graminées, présente des nervures parallèles. Les autres graminées ont un collier, mais peuvent n'avoir que la ligule, que les auricules, ou encore ni ligule ni auricule. Une feuille de riz présente à la fois une ligule et deux auricules.

Les feuilles de la tige principale sont produites l'une après l'autre. Une nouvelle feuille est produite environ 7 jours après celle qui la précède. Chaque feuille pousse du coté opposé à celle qui la précède.

La première talle primaire se développe en général entre la tige principale et la deuxième feuille partant de la base de la plantule. Cette talle reste fixée à la plante mère lorsqu'elle pousse, mais en est indépendante car elle produit ses propres racines.

Schéma N° 3 : Les différentes périodes de la phase végétative par Moreau D., 1987.

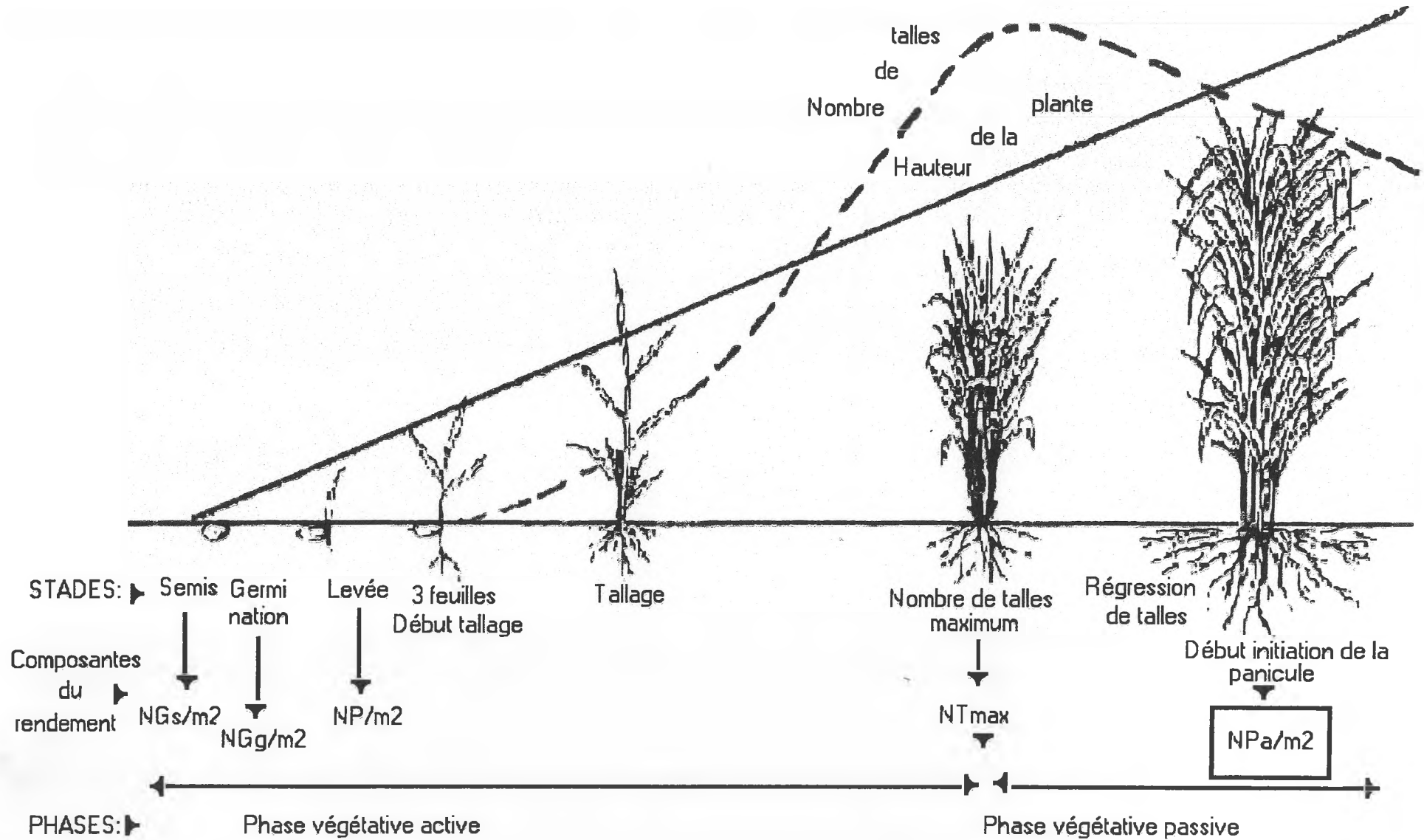
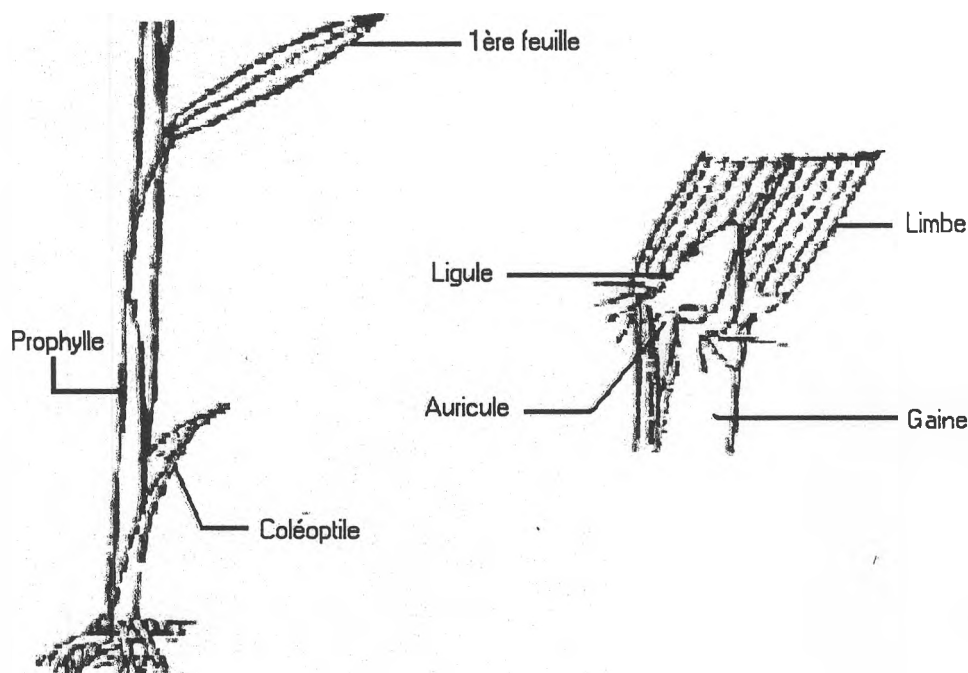


Schéma N° 4 : Morphologie d'une feuille de riz. D'après Hoshikawa (1993)



Le nombre de talles, de feuilles, et la surface foliaire pour chaque plante augmentent alors au cours de cette phase végétative. Les composantes du rendement élaborées durant cette phase sont le **Nombre de plantes par m²** (*Nbr plantes/m²*) et **Nombre de panicules par plantes** (*Nbr panicules/plantes*).

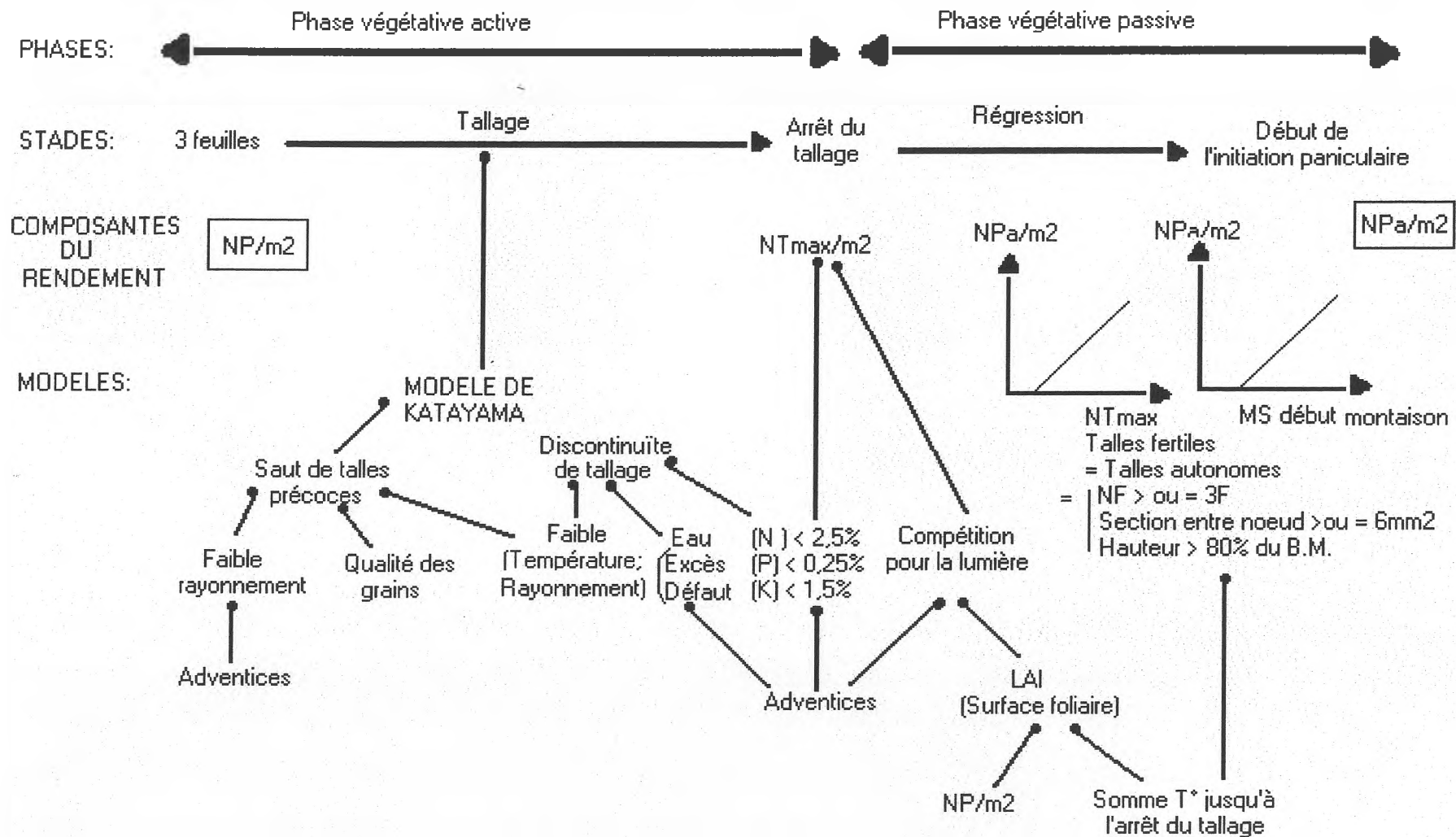
II.2.1.1. Nombre de plantes par m² :

Les déterminants du nombre de pieds au m² sont : la germination et la levée ; pour avoir le nombre de grains germés et qui ont survécu. Nous avons le nombre de grains semés par m² NGs/m² lors du semis, ensuite le nombre de grains qui ont germé après la germination, qui aboutit au nombre de pieds au m².

II.2.1.2. Nombre de panicules par plantes :

Les principaux stades, modèles (cf. : annexe N° 5) et déterminants du tallage et par la suite du NPa / m² sont résumés dans le schéma N° 5.

Schéma N° 5 : Synthèse des déterminants du NPa/m² par Moreau D. ,1987.



Après l'arrêt du tallage, un certain nombre d'entre elles va donner des panicules (une panicule par talle fertile) et d'autres vont régresser (talles stériles). Cette discrimination se fait selon l'acquisition par la talle d'une autonomie nutritionnelle. C'est à dire :

- le nombre de feuilles de la talle supérieur au stade critique de 3 feuilles ;
- la hauteur de la talle supérieure à 80% de la hauteur du maître – brin ;
- l'épaisseur du dernier entre-nœud supérieure à 6 mm².

Le nombre de talles n'ayant pas atteint ce degré d'autonomie au moment de l'arrêt du Tallage est relativement constant. S. MATSUSHIMA (1987) établit ainsi une régression entre le nombre de talle maximum (au moment de l'arrêt du tallage) et le nombre de panicules.

Nous pouvons également considérer que le NPa / m² est globalement révélateur des conditions de croissance et de développement durant tout le tallage. Ces conditions peuvent être représentées par la Matière Sèche au début montaison où la compétition pour la lumière est la plus importante.

II.2.1.3. Tallage et déterminants du nombre de talles maximum :

Le tallage commence normalement au stade 3 feuilles. Le tallage est la faculté du riz à former des tiges primaires, secondaires, tertiaires à partir des nœuds inférieurs qui sont le « plateau de tallage ». C'est la première phase déterminante du rendement. Durant cette phase, le brin maître émet des talles primaires qui, à leur tour se ramifient et ainsi de suite. La production des talles démarre 20 à 30 jours après semis et atteint son maximum 60 à 100 jours après semis. Après la phase de tallage maximal, les talles faibles commencent à mourir, particulièrement chez les variétés à fort tallage.

Il est important de distinguer : la phase *végétative active* aboutissant au nombre de talles maximum (NT max) et la phase *végétative passive* qui correspond à la période séparant la date du NT max de l'initiation de la panicule. Durant cette phase, un certain nombre de talles meurent et ne donneront pas de panicules (talles stériles).
(Cf. : Schémas N° 3 et N° 5)

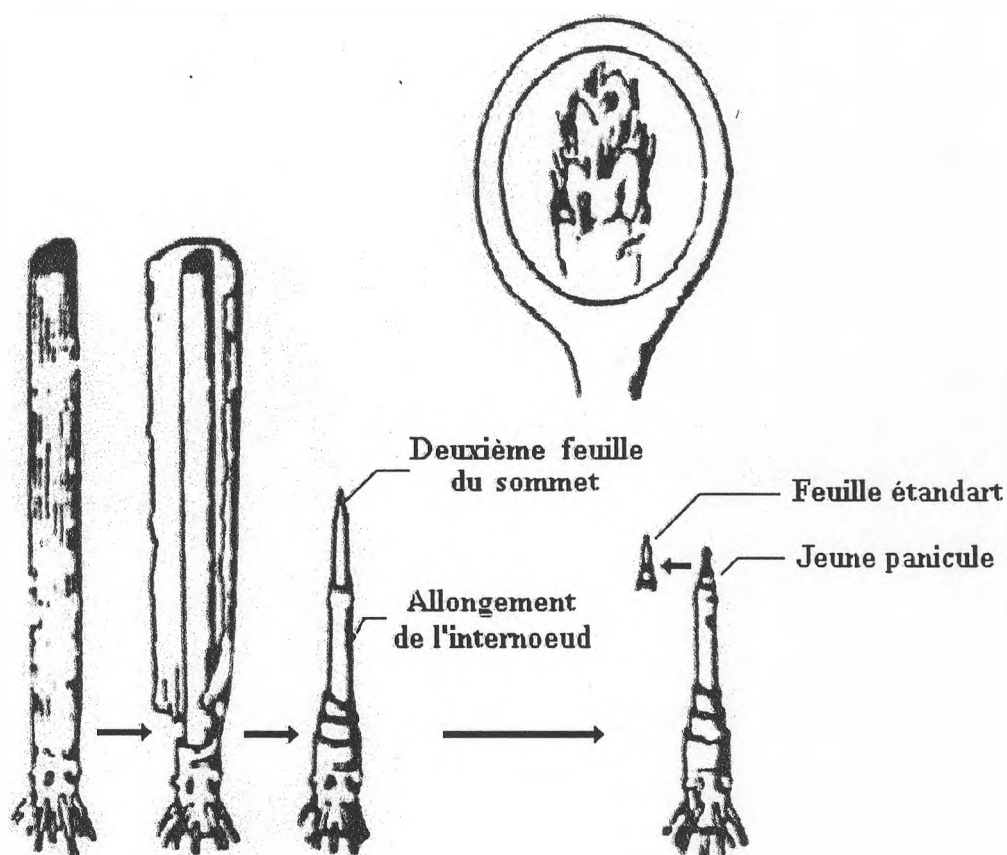
II.2.1.4. Caractéristique du couvert foliaire (*surface foliaire, surface spécifique*) et colonisation de l'espace (*compétition avec les mauvaises herbes*) :

La taille, la surface et le port des feuilles (fouillis, érigées, retombantes,...) pour chaque variété permettent d'étudier la colonisation de l'espace par les plants de riz. Ce qui implique l'existence d'une concurrence vis-à-vis de la lumière et par conséquent vis-à-vis des éléments nutritifs entre les plants de riz et les plantes adventices. Et cette quasi- couverture du sol par les plants de riz limite la dégradation du sol par les gouttes de pluies et le ruissellement.

II.2.2. La phase reproductive proprement dite et la maturation : Nombre d'épillets par panicules, pourcentage de grains pleins et poids de milles grains :

La phase reproductive débute avec l'initiation du *primordium* de la panicule et se termine avec la fécondation, généralement confondue dans le temps avec l'épiaison et la floraison. Chaque talle porte au maximum une panicule, comportant de nombreux épillets. Chaque épillet peut donner naissance à une fleur puis à un grain (ou paddy). L'observation de la jeune panicule se fait en ôtant les gaines des feuilles les unes après les autres, ainsi que les deux dernières feuilles recouvrant au début, la jeune panicule (cf. : schéma N° 7).

Schéma N° 6 : Observation de la jeune panicule en ôtant les gaines des feuilles successives, d'après HOSHIKAWA, 1987.



Outre la formation des organes reproducteurs, les trois dernières feuilles se développent durant cette phase et les trois derniers entrenoeuds s'allongent.

La phase reproductive dure de 25 à 35 jours environ en principe mais peut varier suivant la sensibilité de la variété à la photopériode pour les variétés sensibles et à l'accomplissement de la phase végétative pour les variétés non photosensible.

La morphogenèse durant la phase reproductive se décrit comme suit :

- la formation de la jeune panicule (environ 20 jours) : différenciation des racèmes, des axilles et des épillets.
- la formation des cellules reproductives (environ 15 jours) qui comprend la méiose des cellules mères de spore, qui regroupe la division réductionnelle puis la division équationnelle et la fin de formation de grains de pollen.

La chronologie de la phase reproductive est représentée sur le schéma N° 7.

La formation de la jeune panicule dure 20 jours dont 11 jours de formation du nœud basal, des racèmes et des axilles. Et 9 jours de formation des épillets. La formation de la jeune panicule peut être découpée en différents stades selon l'échelle de MATSUSHIMA :

- stade I à II : début de l'initiation paniculaire, initiation du nœud basal ;
- stade II à VI : différenciation des racèmes ;
- stade VI à VIII : différenciation des axilles ;
- stade VIII à XII : différenciation des épillets ;

Après, les cellules reproductives se forment durant la méiose des cellules mères du pollen, en plusieurs étapes : la division réductionnelle, la division équationnelle et la fin de formation des grains de pollen avant l'ouverture des anthères et la fécondation. Cette formation dure 15 jours. L'échelle de MATSUSHIMA correspondante est :

- stade XII : fin de la formation de la jeune panicule ;
- stade XII à XVII : méiose des cellules mères des spores ;
- stade XVII à XXI : fin de la formation des grains de pollen.

En outre, durant la formation de la jeune panicule (stade I à XII) le nombre d'épillets potentiel par panicule est déterminé. Il existe une corrélation étroite entre le nombre d'épillets différenciés et le nombre d'axilles. Et durant la formation des cellules reproductives, le nombre d'épillets par panicule ne peut plus augmenter, et ne peut au contraire que diminuer, par le phénomène de dégénérescence.

Schéma N° 7 : Chronologie et morphogénèse de la phase reproductive (Moreau, 1987).

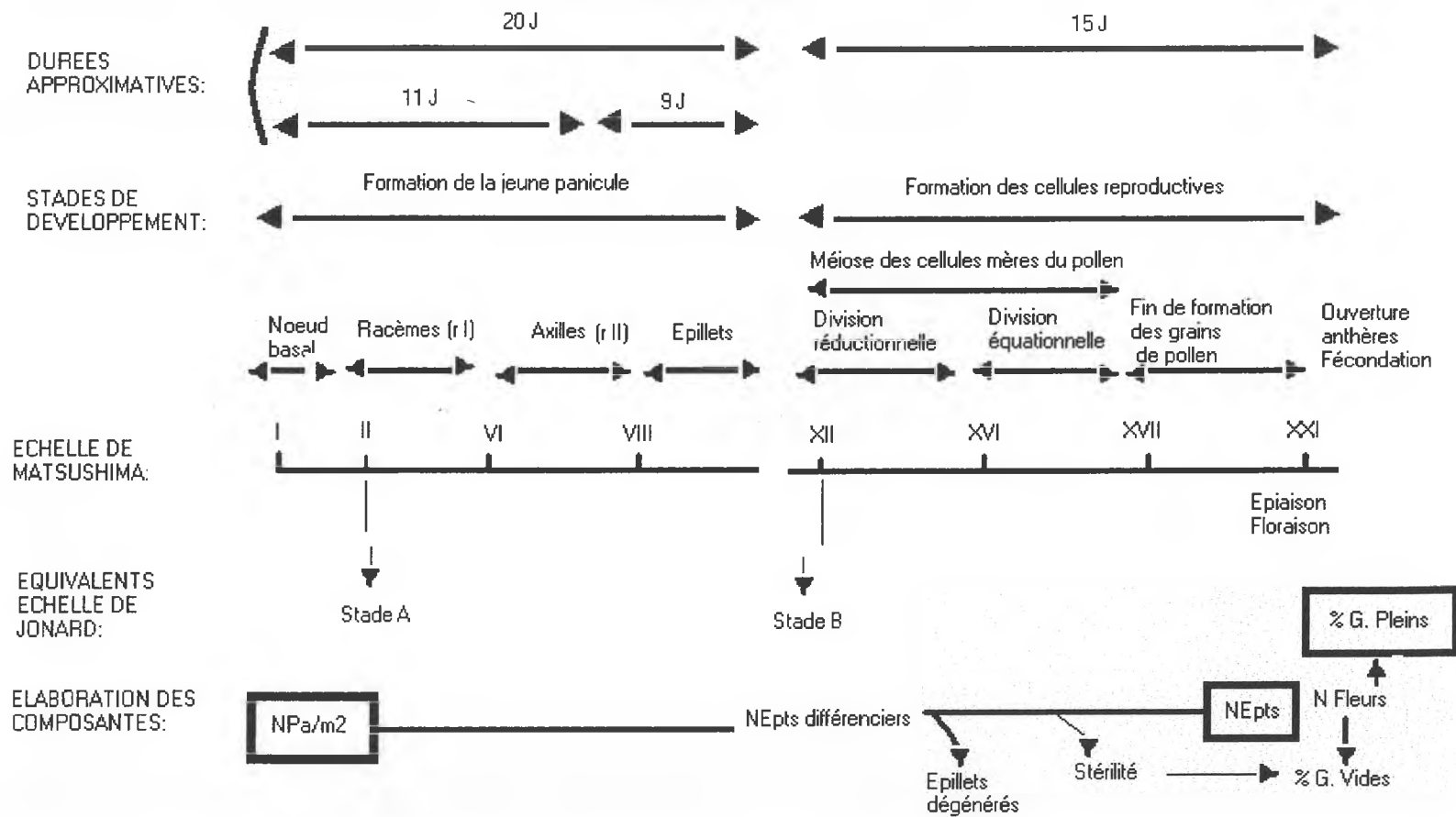
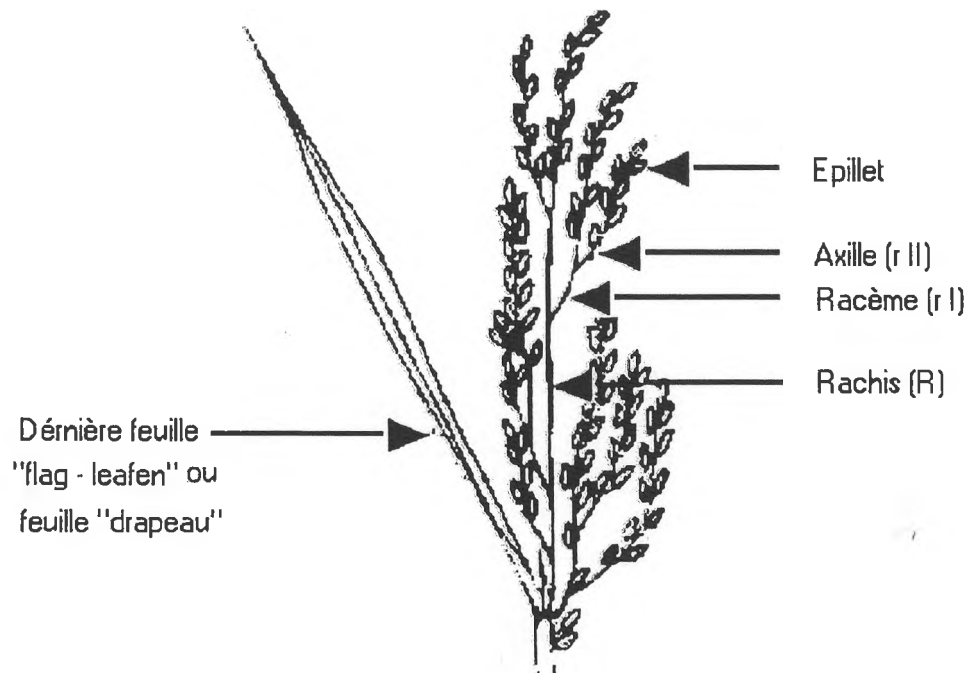


Schéma N° 8 : Structure d'une panicule à floraison (Moreau, 1987).



Dans le schéma N° 13, les composantes du rendement élaborées durant la phase reproductive sont mentionnées dont :

- le nombre de panicule par m^2 (NPa/ m^2) suite à l'initiation paniculaire,
- le nombre d'épillets différenciés par panicule (NEptsdifés/Pa) à la fin de différenciation des épillets, et en fin de phase
- le nombre d'épillets par panicule (NEpts/Pa).

Durant la division réductionnelle, une dégénérescence des épillets avec la malformation des grains de pollen et des ovaires peut se produire. Cette dégénérescence étant influencée par les conditions extérieures de température, de rayonnement, ou du régime hydrique.

a) *L'épiaison*

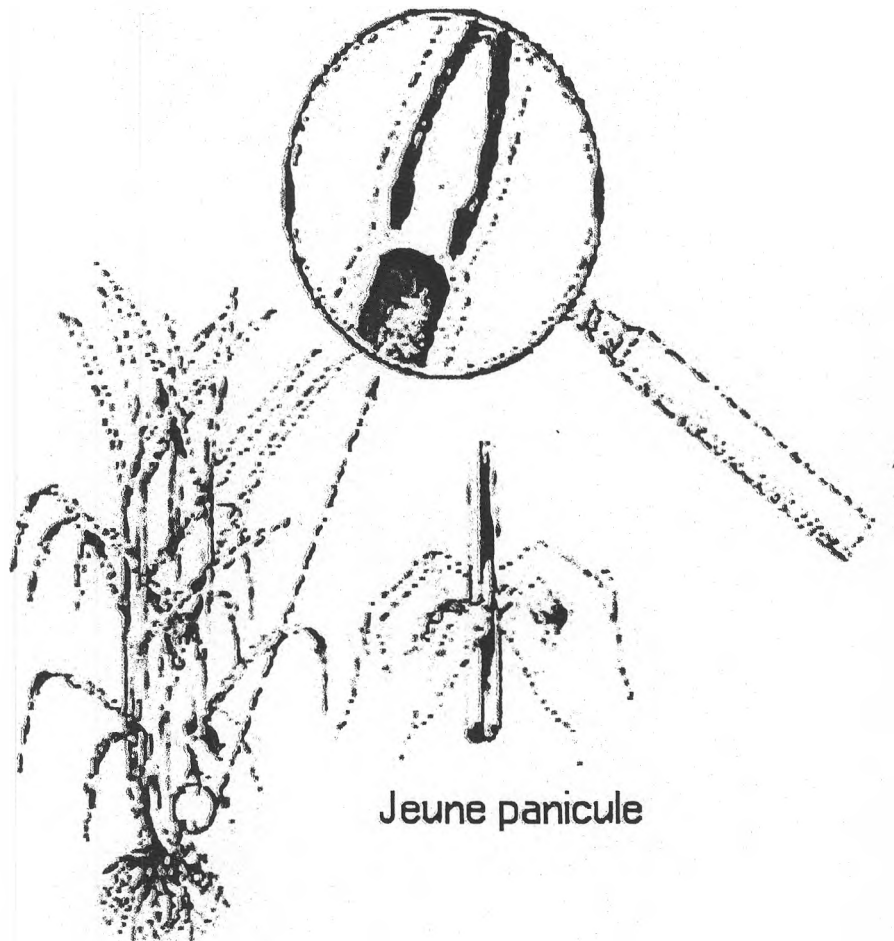
Elle comprend trois stades :

- la montaison ;
- la floraison ;
- la fécondation ;

i) *La montaison :*

C'est la phase succédant à la formation de l'ébauche paniculaire à partir de la dernière feuille (ou feuille étandard ou feuille « drapeau »). Le schéma N° 9 explique (comment on détermine la montaison) la reconnaissance de la période « début de la montaison » par constat de la montée de la jeune panicule.

**Schéma N° 9 : Début de la montaison : montée de la jeune panicule
(M.A. Arraudeau et B.S. Vergara)**



La panicule se forme au sommet de son site de croissance dans la tige. La panicule devient visible à l'œil nu lorsqu'elle mesure 1 mm de long. A ce stade, la jeune panicule présente de nombreuses structures fines, blanches et velues. Entre ce stade et celui où la panicule émerge hors de la gaine foliaire, trois feuilles sont produites.

La montaison se produit 20 à 25 jours avant la floraison, alors que la panicule mesure environ 1 mm de long. La base de la gaine foliaire gonfle lors de la montaison. Les tiges commencent à se renfler et la panicule se dégage.

ii) La floraison :

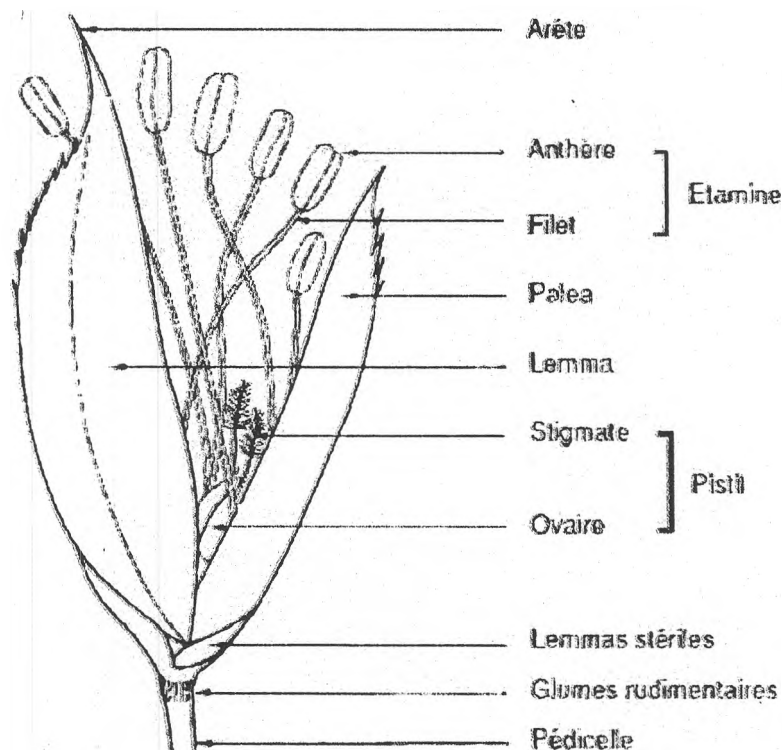
La floraison commence 35 jours après le début de la formation de la panicule. Elle a lieu donc juste après la montaison, les anthères sortent après l'écartement des glumelles. Les fleurs sont généralement autogames.

iii) La fécondation :

Le riz étant une plante fortement autogame, les grains de pollen sont libérés pour une pollinisation directe, les anthères restent à l'extérieur tandis que les glumelles se referment. La forme de l'épillet à ce stade est schématisée dans le schéma N° 10.

La température optimum est supérieure à 22 °C. Pour le riz pluvial, elle a lieu de 9 heures à 17 heures suivant l'exposition de la parcelle de culture au soleil.

Schéma N° 10 : Epillet (M.A. Arraudeau et B.S. Vergara).



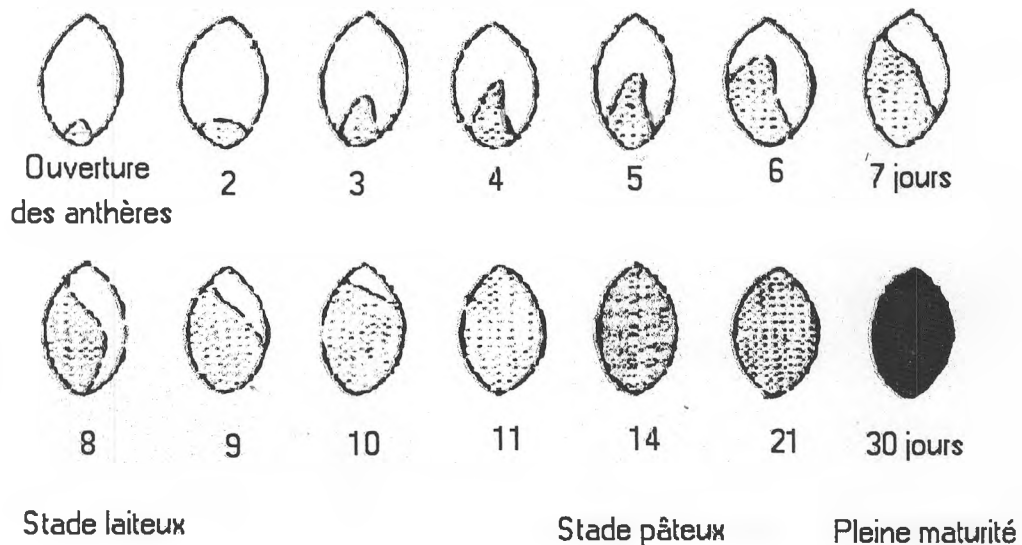
L'anthère s'ouvre 1 jour après l'émergence de la panicule. Une température basse retarde l'ouverture des anthères. Le pollen (ressemblant à une fine poussière) émis par les anthères doit se déposer sur les stigmates et féconder l'œuf à l'intérieur de l'ovaire pour qu'un grain se développe. Le grain est un ovaire mûr avec la *lemma* et la *palea*. Chaque épillet comporte un seul grain.

La floraison des épillets d'une panicule prend environ 7 jours. Les épillets les plus hauts fleurissent les premiers. Les épillets du bas de la panicule fleurissent en dernier et, pour les panicules les plus grosses, ne se remplissent souvent qu'incomplètement. La variété haute traditionnelle a souvent plus d'épillets que les autres types de plantes.

b) La maturation

Elle a lieu si la température est supérieure à 19 °C. Les grains fécondés se remplissent et à leur tour, les panicules s'inclinent. Les glumelles jaunissent et se durcissent, tandis que les stigmates et les étamines disparaissent. Les grains passent à l'état laiteux, à l'état pâteux puis à l'état vitreux. Une période sèche à cette époque homogénéise la maturation. Durant cette phase, les grains vont se remplir pour atteindre la maturité en fin de cycle (cf. : schéma N° 12).

Schéma N° 11 : Etapes de la formation du grain (M.A. Arraudeau et B.S. Vergara).

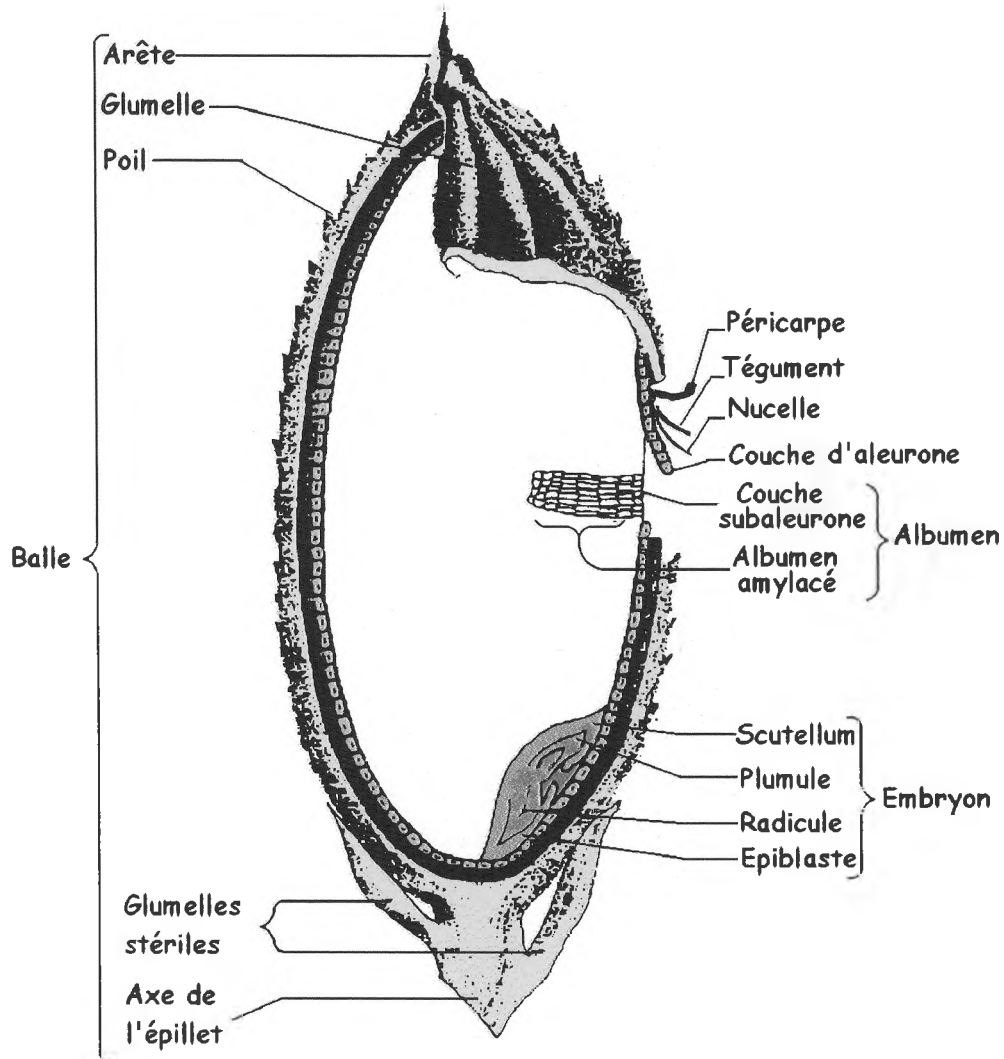


L'élaboration de l'amidon dans l'épillet démarre après qu'une partie de la cellule mâle (pollen) ait fusionné avec l'ovule dans l'ovaire (fécondation). L'épillet atteint son poids maximal 21 jours après la fécondation. Attendu qu'il faut 7 jours maximal pour que tous les épillets d'une panicule aient fleuri, la pleine maturité de la panicule tout entière ne se produit que 30 jours après la floraison.

Quelques jours de plus sont nécessaires pour que tous les grains mûrissent car les panicules n'émergent pas toutes au même moment.

La coupe d'un grain plein à maturité est représentée sur le schéma N° 12.

Schéma N° 12 : Coupe d'un grain plein à maturité (Cours de cultures vivrières 4^{ème} année AGRI - ESSA).



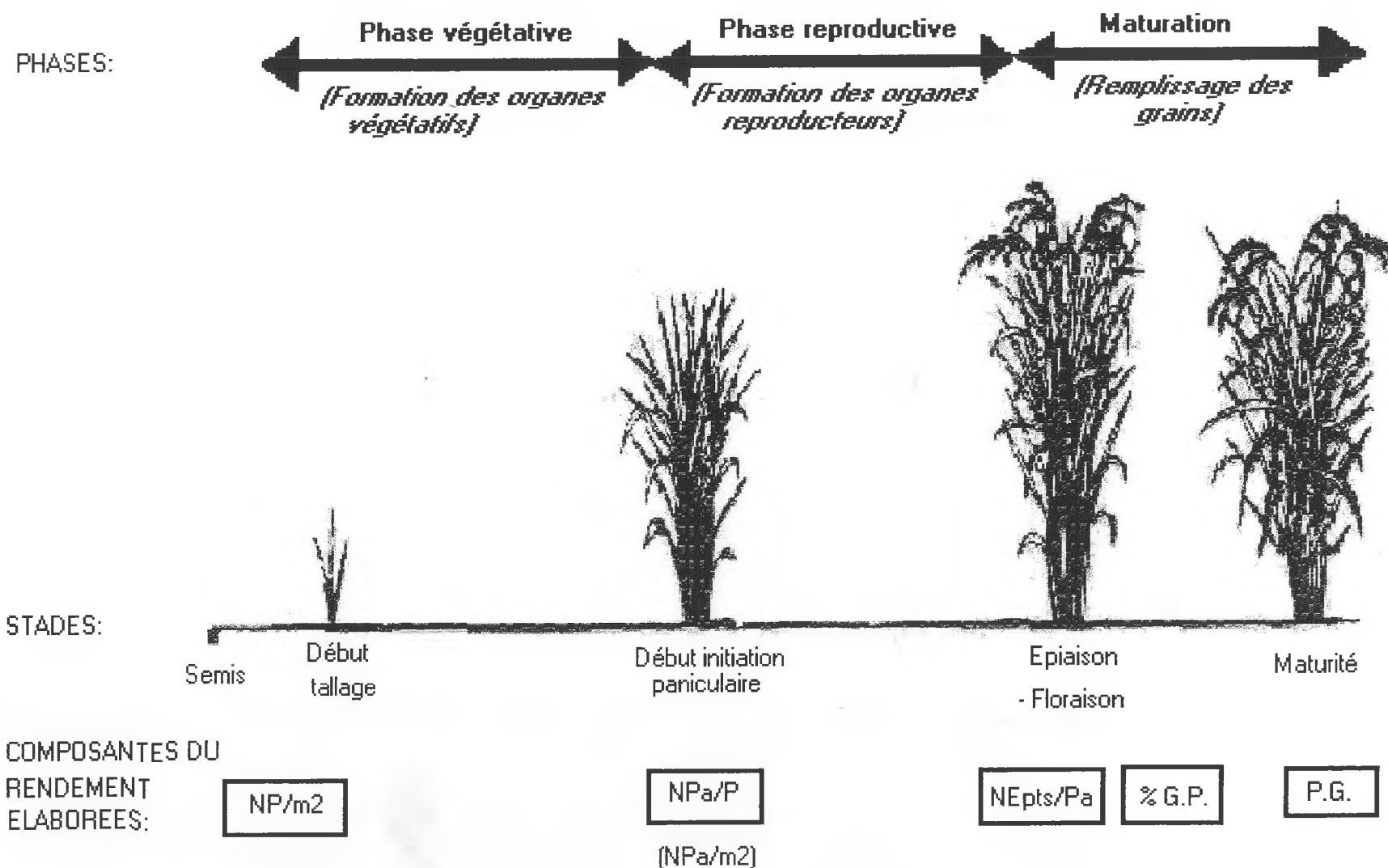
Pour récapituler, nous pouvons dire que durant chacune de ces phases (végétative, reproductive et maturation), des composantes participant l'une après l'autre à l'élaboration du rendement final vont être mises en place :

- le nombre de pieds /m² (NP/m²)
- le nombre de panicules/pied (NPa/P) } NPa/m²
- le nombre d'épillets/panicule (NEpts/Pa)
- le pourcentage de grains pleins (% G.P.)
- le poids moyen du grain (P.G.)

(Moreau D. 1987)

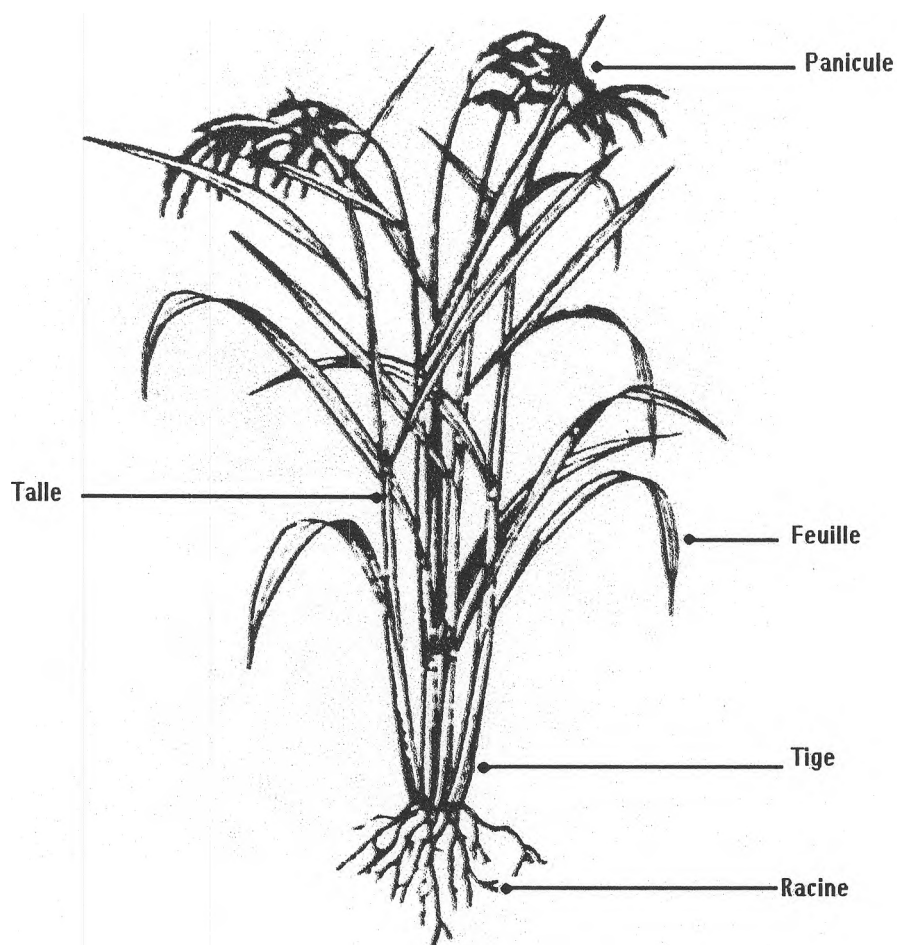
Nous pouvons reprendre ces différents éléments par le schéma N° 13.

Schéma N° 13 : les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement.



La structure d'un pied de riz à la récolte est donc la suivante :

Schéma N° 14 : Schéma d'un pied de riz à la récolte.



Pieds de riz à la récolte, avec cinq talles fertiles.

II.3. Influence de l'environnement

II.3.1. Facteurs climatiques :

La riziculture pluviale, comme toute culture pluviale, est soumise aux aléas climatiques et ses résultats sont donc plus incertains que ceux de la riziculture irriguée.

Encadré N° 2 : Définition du climat.

CLIMAT : ensemble des phénomènes météorologiques (Température, Pression, Vent, ...) qui caractérisent l'état et l'évolution de l'atmosphère en un lieu donné.

Source : Larousse agricole ; 1981 ; p. 312.

Il existe une température minimum, optimum et maximum de végétation. Il semblerait que chaque phase de développement ait ses exigences propres en chaleur et lumière.

II.3.2.1. Les exigences écologiques du riz au point de vue climat :

Elles sont les suivantes :

a) *Besoins en eau :*

Ils s'élèvent et croissent avec l'âge des plants. En culture sèche, il faut 160 à 300 mm par mois pendant la période végétative ; soit de 1000 à 1800 pour la totalité de celle-ci. Les fortes pluies sont nuisibles à l'épiaison (car il y a effet de lavement du pollen pendant la pollinisation) et en période de moisson. Le régime hydrique conditionne aussi la plante. En effet, elle est très sensible au stress hydrique, entre la division réductionnelle et l'épiaison.

b) *Hygrométrie :*

La floraison, phase la plus sensible, nécessite une humidité de 70 à 80% et une hygrométrie élevée favorise le développement des maladies.

c) *Température :*

- **Germination :**
 - température minimum : 14 – 16 °C*
 - température optimum : 30 – 35 °C*
 - température maximum : 42 °C*
 - température létale : 50 °C.*
- **Tallage :**
 - température minimum : 16 – 18 °C*
 - température optimum : 28 – 30 °C.*
- **Floraison :**
 - température minimum : 22 °C*
 - température optimum : 27 – 29 °C.*
- **Maturation :**
 - température optimum : 25 °C.*

Durant le cycle, la température optimale est comprise entre 28 et 30 °C, la $T^{\circ} > 40^{\circ}\text{C}$ est nuisible. (IRRI, 1980)

d) *Lumière :*

Le riz est une plante de lumière. L'optimum est de l'ordre de 500 calories/cm²/jour. Si le rayonnement est faible durant la phase reproductive, il existe une forte stérilité. Autour de l'épiaison, qui est la période critique, les besoins de radiation sont très importants.

Quelques études ont été effectuées : la lumière n'aurait effet qu'à haute intensité, dans un sens défavorable à la qualité du grain ; la lumière rouge serait plus active ; quant aux

radiations à la limite du violet (4000Å), et du jaune et rouge (5600 à 7200Å), elles ont une action inhibitrice de la floraison chez les plantes à jour court (ANGLADETTE, 1996).

En ce qui concerne l'épiaison et la floraison, l'influence de l'intensité lumineuse complémentaire ne semble se faire sentir que sur quelques variétés seulement et indépendamment de leur photosensibilité en matière d'initiation florale.

Le photopériodisme influence la durée du cycle et le rendement.

e) Latitude limite:

Le riz est cultivé depuis le 40° Sud, en Argentine, jusqu'à 53° Nord. Cependant sa principale zone de culture est l'Asie intertropicale. Au Sud, nous fixons la latitude limite vers 35° (Australie, Amérique du Sud).

f) Altitude limite:

L'altitude limite à Madagascar est supérieure à 1800m, et elle agit par l'intermédiaire de la température. La plus haute altitude de culture se situe au Népal à plus de 3000 m, mais la plus grande partie des surfaces cultivées se trouve au dessous de 300 m.

(Cours de Cultures Vivrières, quatrième année Agri ESSA)

Ce qui nous intéresse ici c'est l'effet de la température sur la durée des cycles, sur le *phyllochrone* (rythme d'apparition des feuilles) et sur la stérilité.

II.3.2.2. L'effet de la température sur la durée des cycles, sur le phyllochrone (rythme d'apparition des feuilles), sur la stérilité :

On devrait en principe en Agriculture (et en particulier en riziculture pluviale), chercher le plus grand développement végétatif possible, notamment si on récolte les organes végétatifs, et si on considère qu'un tel développement est suivi ou accompagné d'une accumulation intense de réserves dans les grains. Plus il y a des feuilles, plus l'assimilation chlorophyllienne est importante, plus les réserves augmentent. Toutefois, le phénomène entraîne une importante assimilation d'éléments fertilisants et d'eau (grande évaporation) qui ne doit absolument pas manquer sous peine de compromettre la fructification (épiaison) c'est-à-dire la récolte. Le développement végétatif est favorisé par une réduction de la lumière en présence d'une humidité suffisante et d'une température élevée, ainsi que par une forte fumure azotée. En d'autres termes, la masse du végétal élaborée est souvent fonction de la durée de la période végétative. Et cette durée elle-même peut dépendre d'un certain nombre de facteurs externes, notamment la durée du jour et la température.

(Manuel d'Agriculture générale malagasy, RABEZANDRINA R., 2002)

Le nombre maximum de talles qui correspond en fait au nombre de talles atteint au moment de l'arrêt du tallage est fonction de trois paramètres :

1- *La vitesse d'émission des talles lors du tallage* : Si rien ne vient perturber ce tallage, le rythme d'émission des talles suit le *phyllochrone* surtout lié à la température. Le *phyllochrone* est l'intervalle de temps s'écoulant entre l'apparition de deux feuilles successives. Son unité

est le degré – jour ($^{\circ}\text{J}$), c'est à dire la somme des températures moyennes journalières. Plus la température est élevée (tout en restant dans la gamme « normale »), plus le *phyllochrone* exprimé en jour sera petit et donc plus le rythme d'émission des talles sera grand.

2- *La date d'arrêt du tallage* : qui correspond, en absence de tout autre facteur limitant, à l'intervention d'une compétition pour la lumière, à l'intérieur des pieds et entre les pieds. Cette date de compétition pour la lumière dépend:

- du rayonnement incident, lié à la région et à la période de l'année
- du rythme antérieur d'émission des talles. Plus ce rythme est élevé (fortes températures), plus la compétition sera précoce

- du nombre de pieds/m². Plus la densité sera grande, plus la compétition sera précoce. C'est ainsi que l'on peut définir, en fonction du rayonnement, de la température et des éléments nutritifs disponibles une densité de pieds optimums visant à atteindre le plus de talles possibles au m².

3- *L'intervention d'autres facteurs ou conditions limitants* : qui peuvent entraîner des sauts de talles ou bien un arrêt du tallage plus précoce. Ceci peut être:

- une compétition précoce et temporaire pour la lumière. Outre une baisse anormale du rayonnement incident, la présence d'adventices peut avoir de tels effets ; il est donc important de noter les infestations d'adventices.

- une compétition pour les éléments nutritifs : l'absorption minérale atteint son maximum durant le tallage et une limitation d'un de ces éléments peut provoquer une discontinuité ou bien un arrêt définitif du tallage. Selon MURAYAMA (1987), une corrélation positive et hautement significative entre le % d'azote dans la plante durant ce tallage et l'augmentation du nombre de talles existe.

- des conditions défavorables comme de trop fortes ou de trop faibles températures au-delà des gammes « normales ». Les températures optima dépendent des variétés et sont d'environ 18 – 32 $^{\circ}\text{C}$ chez *Japonica*.

La température agit très fortement sur les phénomènes se déroulant au cours de la phase reproductive. Les basses températures sont les principales causes de stérilité des épillets. Le stade le plus sensible se situe autour de la méiose et surtout durant la division réductionnelle des cellules mères des grains de pollen. L'ouverture des épillets et la déhiscence des anthères peuvent également être retardées ou défectueuses à cause des basses températures durant la floraison. Les effets des basses températures, durant la période de l'initiation – fécondation, agissent défavorablement pour une période allant aux environs du 25^e au 10^e jour avant l'épiaison. La réduction des cellules mères de grains de pollen et de sacs embryonnaires, pouvant se traduire par la destruction de 40 à 45% du poids des épillets. C'est-à-dire qu'une température basse lors de la formation de la panicule peut entraîner la dégénérescence des épillets.

En général, la température optimum se trouve entre 20 $^{\circ}\text{C}$ et 30 $^{\circ}\text{C}$, et les températures minimales critiques entre 15 $^{\circ}\text{C}$ et 20 $^{\circ}\text{C}$. Mais la résistance et la tolérance dépendent des variétés.

De fortes températures peuvent également entraîner la stérilité des épillets par dessèchement des stigmates par exemple.

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

II.3.2. Facteurs propres au sol et à sa gestion

A part les facteurs climatiques, les facteurs édaphiques et agronomiques font aussi partie de l'environnement qui influence la croissance et le développement du riz pluvial.

Le riz préfère les sols à texture contenant 40% d'argile, perméables sans trop, de pH compris entre 5 et 8, l'optimum se situe entre 6 et 7, les éléments grossiers sont défavorables. En culture sèche, le sol riche, meuble, limoneux à limono argileux est favorable. (Cours de Cultures Vivrières, quatrième année Agri ESSA)

Le riz pluvial s'est révélé le plus mauvais élève du semis direct, à cause principalement de son exigence en forte macroporosité dans le profil cultural. L'espace poral créé, avec rotation soja - riz pratiquée en semis direct sur les seuls résidus de récolte, est insuffisant, tout au moins au départ, pour assurer un développement racinaire puissant (surface d'interception, profondeur) qui conditionne l'obtention de hautes productivités, stables.

De plus, ce système de semis direct construit sur une seule culture annuelle, favorise une très forte concurrence des adventices difficilement maîtrisable, même à coût très élevé, la couverture du sol par la paille étant trop insuffisante.

Ces deux fortes contraintes agronomiques : espace poral trop limité (aspect quantitatif et qualitatif) et concurrence des adventices ont été les principaux facteurs responsables de l'échec de la culture de riz pluvial dans les systèmes de semis direct qui n'offrent pas une couverture totale du sol en surface. (L. SEGUY, S. BOUZINAC et al, 1996)

On a introduit alors la *crotalaire*, une légumineuse arbustive (cf. : Photo N°1) pour les décompactations du sol en techniques de semis direct pour gérer le profil cultural afin d'intégrer et de pérenniser, avec succès, le riz pluvial. (L. SEGUY, S. BOUZINAC; 1998).

Photo N° 1 : La *crotalaire* en floraison (T. RAZAFIMBELO, 2003).



En effet, les trois rôles exigés du labour sont :

- Ameublissement du sol
- Enfouissement du fumier
- Lutte contre les mauvaises herbes.

Par contre, le labour, quand cette opération est effectuée avec une charrue (et non à l'*angady*) toujours à la même profondeur, elle aboutit à la constitution d'un horizon d'étranglement très tassé que les racines des plantes ne peuvent plus traverser. Dans les terrains à éléments fins, cet horizon existe effectivement et nécessite l'intervention d'une sous-soleuse pour le briser.

(Cours de Machinisme Agricole, troisième année, Tronc Commun, ESSA)

Cette opération accentue les effets de l'érosion, surtout pour les terrains en pente. Elle favorise également la dessiccation du sol, dessiccation qui n'a pas d'importance dans les régions humides où le problème de l'eau ne se pose pas.

Dès 1912, JEAN a déjà préconisé l'abandon du labour et son remplacement par un passage d'appareil de grattage (cultivateur ou scarificateur) qui ameublissent le sol sans retournement.

Actuellement, on peut dire que sur des sols à structure stable, l'opération du labour n'est pas nécessaire tous les ans, car le tassement en profondeur n'est pas très important. Cependant pour des sols riches en éléments fins, il faut des labours pour rétablir une porosité normale en profondeur, résultat qui peut également être obtenu en effectuant un sous-solage.

La porosité qui est élevée après le travail du sol diminue plus ou moins lentement avec le temps, vers une valeur limite correspondant au tassement. Cette évolution sera plus ou moins rapide suivant la constitution du milieu, ou plus exactement suivant la stabilité de la

structure du sol, et suivant l'intensité des phénomènes responsables de la dégradation de cette structure. Cette dégradation résulte essentiellement de deux processus : l'*effet de battance* et le *phénomène de prise en masse*. Ils sont dus à la combinaison des effets des gouttes de pluies, de la formation d'une lame d'eau, et de la constitution d'une croûte litée caractéristique.

Cette dégradation de la porosité peut être atténuée par la couverture du sol avec une végétation ou par un *mulching* artificiel (paillage) qui fournit en même temps de la matière organique au sol.

(RABEZANDRINA R., 2002) Manuel d'Agriculture générale Malagasy

La pratique continue du travail profond du sol x rotations et/ou successions, offre un profil cultural toujours très poreux, dans lequel les fluides et les organes racinaires peuvent circuler avec facilité et rapidement ; dans ces conditions, le système racinaire du riz pluvial peut assurer sa nourriture (eau, éléments minéraux, substances de croissances) dans un grand volume de sol facilement accessible sur une grande profondeur, qui permet de garantir de fortes productions de matière sèche, stables, même en conditions climatiques peu favorables.

A l'inverse, tout profil cultural peu poreux, où domine la microporosité, et qui peut comporter des horizons compactés entre 10 et 30 cm de profondeur conduit toujours à de faibles productivités de matière sèche, même en conditions climatiques favorables ; le système racinaire concentré dans les 15 premières cm du sol, occupe un espace alimentaire réduit et subit tous les excès climatiques (sécheresse ou au contraire excès pluviométrique). Le semis direct sur les seuls résidus de récolte conduise à ce type de profil cultural « sensible », défavorable à la culture du riz pluvial. C'est encore une des raisons pour laquelle, la *crotalaire* est introduite dans la gestion du profil cultural pour le riz pluvial en semis direct.

Ce système qui protège totalement le sol contre l'érosion, reproduit le fonctionnement de l'écosystème forestier. Il y a une production de biomasse renouvelable à moindre coût, protectrices et alimentaires pour les cultures, au dessus du sol ; c'est également de puissant restructurant du profil cultural et d'efficaces recycleurs des éléments nutritifs lixivés en profondeur qui permettent d'assurer une intense activité biologique, pourvoyeuse alimentaire importante, à moindre coût.

Ce système de culture, pratiqués en semis direct , qui sont véritablement adaptés aux conditions pédoclimatiques des zones tropicales, sont aussi les moins exigeants en intrants, les plus lucratifs et les plus stables. (SEGUY L., BOUZINAC et al; 1998).

En ce qui concerne les éléments nutritifs, le manque d'azote à la fin de la phase reproductive augmente les risques de stérilité. En effet, un apport d'azote en pleine épiaison diminue le taux de stérilité, donc, un trop faible apport d'éléments nutritifs par épillet serait l'une des principales causes de la stérilité. Le plant du riz a besoin de 73 à 75 % d'azote durant son cycle de développement.

Troisième partie ^{III}

III. MATERIELS ET METHODES



III. MATERIELS ET METHODES

III.1. Dispositif expérimental :

Presque 2/3 des sols de Madagascar sont des sols ferralitiques qu'on rencontre sous forme de *tanety* à relief plus ou moins accidenté. La mise en valeur de ces *tanety* est un impératif de ces dernières années avec l'insuffisance des bas fonds et l'accroissement démographique auprès des agglomérations.

Dans la région du Vakinankaratra, 4 sites sur *tanety* ont été choisis (Cf. : Carte N° 2). Ces 4 sites retenus ont été choisis en fonction des critères suivants. Il s'agit de reconstituer une gamme de supports agronomiques reposant sur la variabilité naturelle des hauts plateaux à partir des éléments suivants :

- l'altitude ;
- les caractéristiques physico - chimiques des sols selon la nature du substrat qui les supporte.

III.1.1. Site d'Andranomanelatra

- **Coordonnées du site :** latitude Sud 19° 46,756', longitude Est 47° 6,411'.

(Sur la R.N. 7 menant vers Tananarive, à 16km d'Antsirabe. Au bout de la bifurcation à gauche, juste après le Centre de Santé de Base, après 800m de trajet environs, on arrive sur le site. C'est un site qui se trouve juste derrière la minoterie KOBAMA).

- **Altitude :** 1645m.
- **Sol :** Alluvions volcano – lacustres.

Ce site est équipé d'une station météorologique Cimel complète comprenant la température, l'humidité, la pluie, le vent et le rayonnement (cf. : photo N° 2)

Le dispositif est en split-plot (Gestion du sol / Variétés) avec 4 répétitions. Les traitements consistent en 2 modes de gestion (labour – SCV sur résidu *crotalaire* et soja) et 6 variétés. La parcelle élémentaire est constituée de 22 lignes de 3,2 m, soit 21 m² avec un écartement entre lignes de 0,30 m et sur la ligne, entre poquets, de 0,20 m. 5 graines sont semées par poquet.

Sols minéraux bruts et peu évolués

- Squelettiques sur granite
- Squelettiques sur cipolins
- Squelettiques sur quartzites
- Squelettiques sur trachytes

Sols hydromorphes

- Alluvionnaires d'hydromorphes

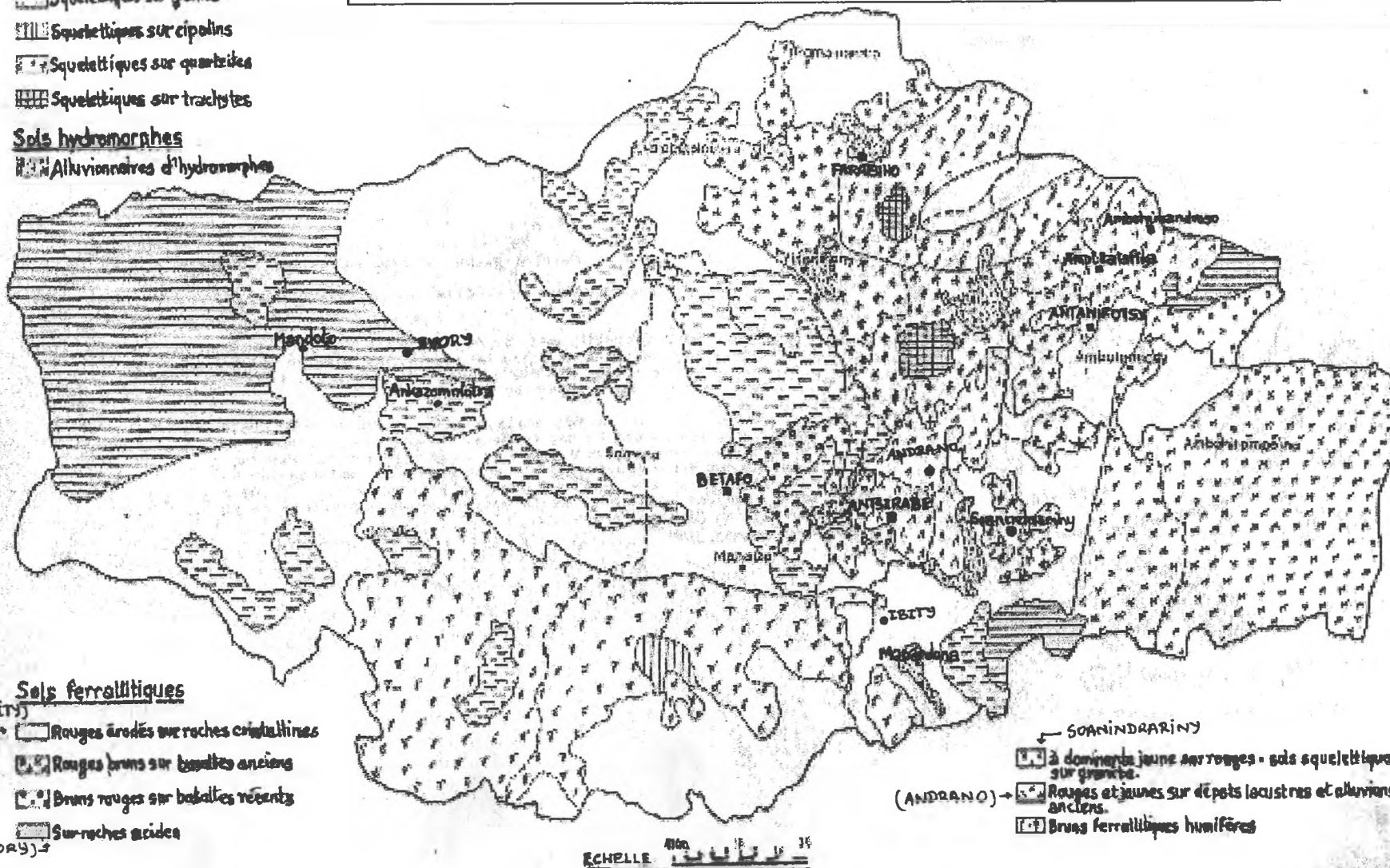
Sols ferrallitiques

(IATY)

- Rouges érodés sur roches cristallines
- Rouges bruns sur bauxites anciens
- Bruns rouges sur bauxites récents

- Sur roches acides
- (NOBY)

Carte N° 2 : Les emplacements approximatifs des sites d'expérimentations dans la région du Vakinankaratra sur l'esquisse de carte pédologique.

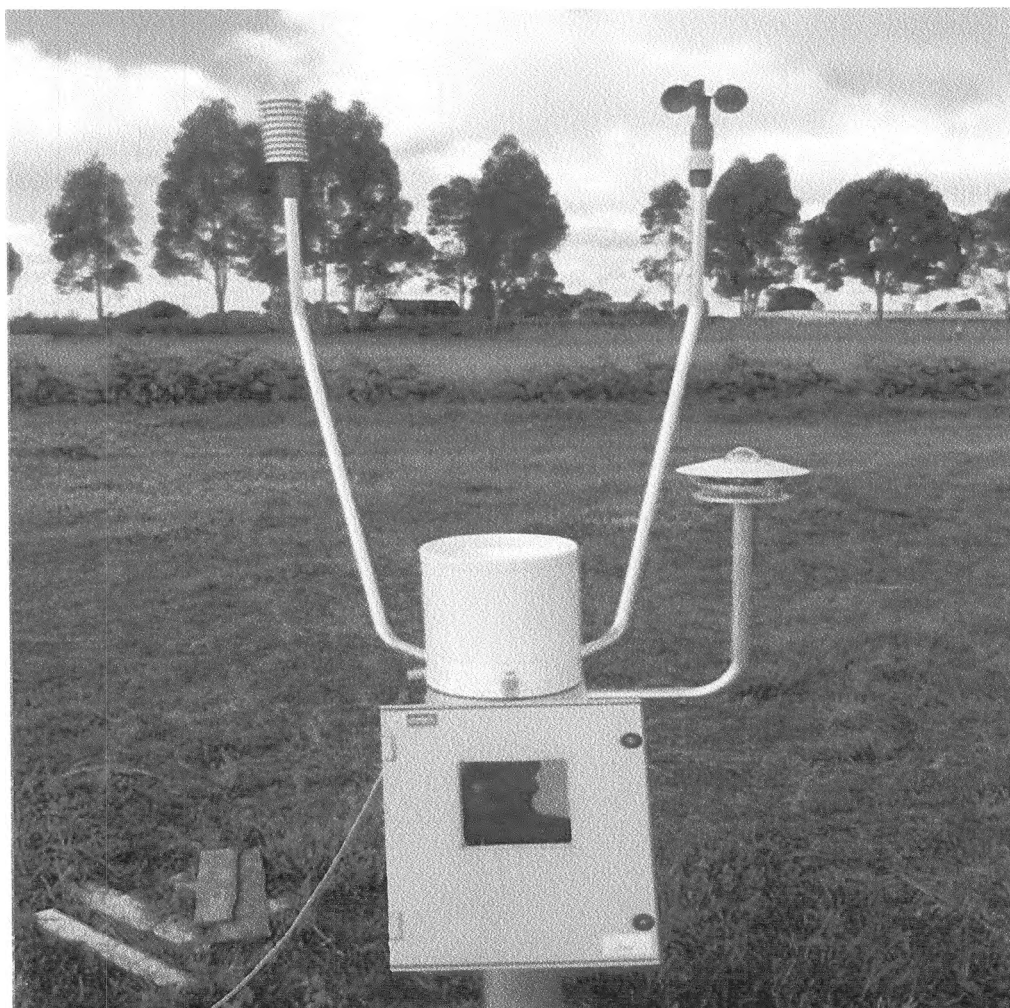


ECHELLE 1:100 000

- SOANINDRARINY à dominante jeune sur rouges - sols squelettiques sur granites.
- (ANDRANO) → Rouges et jaunes sur dépôts lacustres et alluvions anciens.
- Bruns ferrallitiques humifères

Source : Enquête secteur URER Antsirabe, 1968.

Photo N° 2 : photo d'une station météo à Andranomanelatra.



III.1.2. Site d'Ibity_ (cf. : photo N° 3)

- **Coordonnées du site :** latitude Sud 19° 59,711', longitude Est 47° 2,433'.

(Sur la route R.N. 7, vers l'axe Ambositra – Fianarantsoa. Approximativement à 18km d'Antsirabe dont 13km jusqu'à la sortie de Vinaninkarena plus 4km sur la route secondaire menant vers l'usine Cimenterie HOLCIM, et après le village où il y a l'ex magasin de FIFAMANOR, prendre la bifurcation à gauche ; on a encore 1km de trajet à partir de là).

- **Altitude :** 1540 m.
- **Sol :** sols acides de basse fertilité ou ferrallitiques fortement désaturés sur migmatite avec érosion et remaniement.

Ce site est équipé d'une station météorologique Cimel non complète avec la température et la pluie.

Le dispositif est en split-plot (Gestion du sol / Variétés) avec 4 répétitions : Les traitements consistent en 2 modes de gestion (labour – SCV sur résidu *crotalaire* et soja) et 6 variétés. La parcelle élémentaire est constituée de 22 lignes de 3,2 m, soit 21 m² (écartement entre lignes de 0,30 m et sur la ligne entre poquets de 0,20 m, 5 graines par poquet).

Photo N° 3 : photo du site d'Ibity (J.L. Dzido)



III.1.3. Site d'Ivory (Moyen - Ouest) (cf. : photo N° 4)

- **Coordonnées du site** : latitude Sud 19° 33,459', longitude Est 46° 24,841'.

(Sur la R.N. 34, axe Antsirabe - Betafo – Miandrivazo. Approximativement à 101km d'Antsirabe, après 5km d'Ankazomiriotra, prendre une bifurcation à droite de 6km).

- **Altitude** : 950 m.
- **Sol** : sols ferralitiques sur migmatite granitoïde.

Le site a été équipé d'un enregistreur de température au cours du cycle (en fin de phase végétative).

Le dispositif est en split-plot (Gestion du sol / Variétés) avec 2 répétitions. Les traitements consistent en 2 modes de gestion (labour – SCV sur résidu *muncuna*) et 6 variétés. La parcelle élémentaire est constituée en 22 lignes de 6 m (4,5 m x 6 m, écartements entre lignes et sur la ligne de 0,20 m).

Photo N° 4 : photo du site d'Ivory (J.L. Dzido)



III.1.4. Site de Soanindrarinny

- **Coordonnées du site :** latitude Sud 19° 53,934', longitude Est 47° 14,232'.
(A 50km environ à l'Est d'Antsirabe, juste derrière le pic de Vontovorona).
- **Altitude :** 1780m.
- **Sol :** sols latéritiques sur granito gneissique.

Le site a été équipé d'un enregistreur de température au cours du cycle (en fin de phase végétative).

Le dispositif est en blocs complets avec 4 répétitions, 5 variétés. La parcelle élémentaire est constituée de 10 lignes de 7 m (2 m x 7 m, écartements entre lignes et sur la ligne de 0,20 m).

III.2. Matériel génétique et conditions de culture :

A l'opposé du riz irrigué, la culture du riz pluvial n'est pas du tout traditionnelle sur les Hauts Plateaux et les paysans ne disposent pas de variétés traditionnelles performantes au-dessus de 1400 m.

Le P.R.A. a été créé principalement pour répondre au besoin des paysans de cultiver du riz pluvial en altitude.

FOFIFA 133, 152 et 154 ont déjà été proposées à la vulgarisation. Ces variétés ont été obtenues par des croisements avec des variétés *Latsika* (*Latsidahy* et *Latsibavy*) qui ont apporté leur résistance au froid, mais aussi une certaine sensibilité à la Piriculariose

III.2.1. Caractéristiques des variétés :

Sur ces sites, 6 variétés de riz pluvial ont été étudiées : Fofifa 152, Fofifa 154, et Fofifa 133 qui sont des variétés déjà diffusées, Expérimental 933 et Expérimental 206 qui sont encore en cours d'évaluation. Et la variété traditionnelle *Botramaitso*. Nous en donnons les caractéristiques des variétés que nous avons utilisées, dans le tableau N° 5 ci-joint.

Tableau N° 5 : Résumé des caractéristiques des variétés.

Désignation	Points forts	Points faibles	Longueur du cycle (JAS) à 1500 m d'altitude
Fofifa 152	Précocité, certaine rusticité par rapport à la fertilité des sols	Sensibilité aux maladies et à la verse	150
Fofifa 154	Productivité, grain long	tardive	162
Fofifa 133	Productivité, certaine résistance à la sécheresse	Sensibilité à la piriculariose et à la verse	158
Exp 933	Fort tallage, pailles longues, tolérance aux maladies, fertilité des épillets, productivité	Hétérogène, tardive, petit grain	165
Exp 206	Résistance à la piriculariose, rusticité, fertilité, état sanitaire des grains, panicules compactes	Tallage faible	150
Botramaitso	Variété traditionnelle Variété aquatique qui a été cultivée aussi en pluvial Forte vigueur, fort tallage	Tardive	Néant

Source : résumé des données obtenues de l'équipe sélection variétale CIRAD / FOFIFA.

Selon la traduction en français des fiches techniques FOFIFA concernant les variétés de riz pluvial, les caractéristiques des variétés étudiées observées au champ sont dans l'annexe N° 6.

III.2.2. Itinéraires techniques :

En annexe N° 7 sont données les fiches des suivis des expérimentations.

III.2.2.1. Semis

Le semis est réalisé en poquets alignés (à 1 cm de profondeur ; 35 à 40 kg de semences par hectare) avec des écartements différents selon les sites (Andranomanelatra, Ibity avec un écartement entre lignes de 0,30 m et sur la ligne, entre poquets, de 0,20 m. 5 graines sont semées par poquet. Ivory et Soanindrariny avec un écartement entre lignes et sur la ligne de 0,20 m).

a) Les préparations des sols :

Elles se font une semaine avant semis. Une partie est labourée (travail du sol à l'*angady*) et une partie en SCV.

Le semis direct (SD) ou SCV est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures, dans lequel la semence est placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Seul, un petit trou (ou un sillon) est ouvert, de profondeur et largeur suffisantes avec des outils spécialement conçus à cet effet pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol. Aucune autre préparation du sol n'est effectuée. L'élimination des mauvaises herbes, avant (et après le semis, pendant) la culture, est faite avec des herbicides, les moins polluants possibles pour le sol qui doit toujours rester couvert de paillage ou de résidus de récolte.

Une bonne préparation du sol est importante au cours de la phase de démarrage du riz pluvial. En effet, une bonne préparation du sol entraîne une croissance vigoureuse et un nombre correct de plantes à l'unité de surface. Et aussi, les particules des sols de culture pluviale sont souvent irrégulières. Il faut alors éviter une mauvaise texture du sol qui peut entraîner une croissance irrégulière car les sols à texture fine et régulière sont les meilleurs.

b) Les dates de semis :

Les dates de semis sont à Andranomanelatra le 06/11/02, Ibity le 13/11/02, Soanindrariny le 15/11/02 et à Ivory le 19/12/02 en raison de la plus faible altitude. En général, le semis est un peu tardif.

Le SD a démarré avec un minime couvert de résidus. Le concept de multifonctionnalité des biomasses de couverture en SD était donc moins évident. C'est à dire :

- Fonction alimentaire,
- Fonctions protection contre l'érosion, pouvoir restructurant, recharge en carbone,
- Fonction recycleuse,
- Fonction contrôle des adventices.

c) Les densités de semis :

Pour le riz, il faut augmenter la densité des semis en sol pauvre où le tallage est en principe plus faible. Nous avons semés 35/40 kg/ha de semences traités au Gaucho (nom

III.3.1.1. Suivi phénologique :

Beaucoup d'auteurs utilisent l'idée du « *centre foliaire actif* » (*Active Center Leaf*: A.C.L. en anglais), prononcé en premier par TANAKA (1971). Celui-ci a, en effet, constaté que toutes les feuilles ne participent pas de la même manière à l'activité photosynthétique de la plante. Il remarque que la feuille ayant juste fini son élongation avait la plus forte activité photosynthétique. Ce « *centre foliaire actif* » s'élève le long de la plante au cours de sa croissance et constitue la feuille la plus importante, de par sa plus grande contribution au développement de la plante. Ce modèle du centre foliaire actif nous amène à effectuer au cours du cycle l'observation de la feuille ayant juste fini son élongation pour le comptage des nombres de feuilles (étude du rythme d'apparition des feuilles) sur le maître brin et l'appréciation des teneurs en N par le biais des mesures au SPAD (*Soil and Plant Analysis Development*) ou *Chlorophyl Meter*. Nous avons alors choisi deux plants de riz dans la première placette d'observations et trois dans la deuxième. Au total, 5 plantes dont chacune a été prise dans de différent poquet.

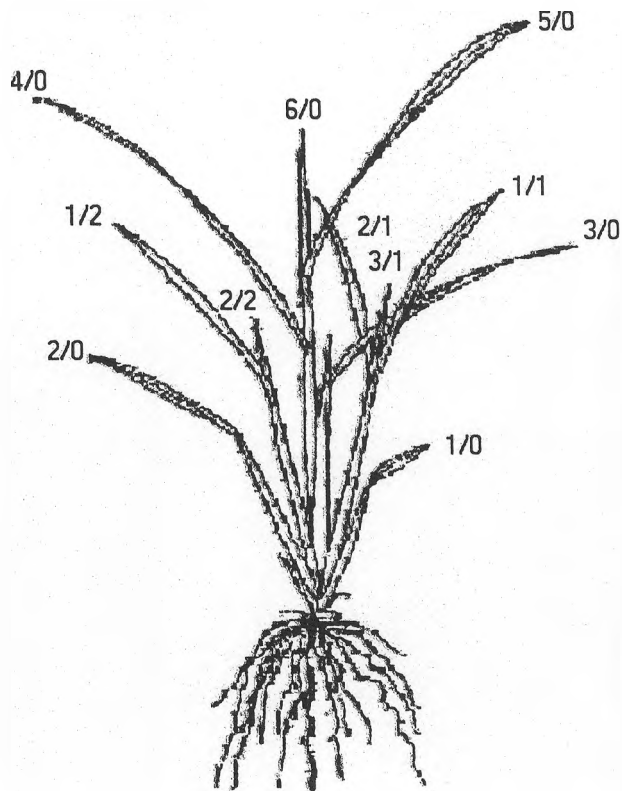
a) *Apparition des feuilles et évolution du tallage toutes les semaines :*

Au sein des 2 placettes d'observation, toutes les semaines, nous avons suivi l'apparition des feuilles sur le maître-brin de 5 plantes identifiées. La dernière feuille complètement déroulée (observation de la ligule) a été colorée avec des marqueurs de couleurs différentes. Le stade de développement de la dernière feuille non déroulée est estimé par rapport à celle qui est dernièrement déroulée ayant la ligule bien sortie et bien distincte. Ces observations nous ont permis d'estimer le rythme d'apparition des feuilles (phyllochrone).

Le nombre de talles est aussi compté par plante sur les 5 plantes identifiées.

On compte le nombre de talles par unité de surface ou le nombre de talles par plante si un brin par touffe a été utilisé comme dans notre cas. A la récolte, les talles peuvent être séparées en talles fertiles et en talles stériles. Le schéma N° 16 explique l'identification des feuilles et des talles d'un plant de riz, d'après Hanada (1993).

Schéma N° 16 : Identification des feuilles et des talles d'un plant de riz, d'après Hanada (1993).



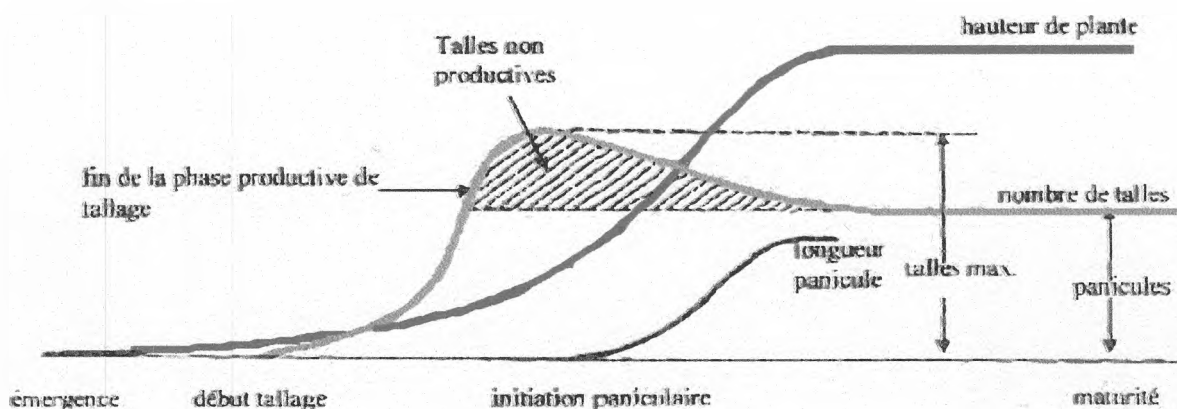
Sur ce schéma N° 16, le numérateur correspond à la position de la feuille sur la ramification et le dénominateur à l'identification de la talle (0 maître brin ou B.M.).

La structure du tallage est la suivante : la talle primaire provient de la tige principale. La talle secondaire se développe à partir de la talle primaire. La talle tertiaire se développe à partir de la talle secondaire. Plus le point d'origine de talle est bas, plus elle est âgée.

Le modèle de tallage découvert par KATAYAMA est présenté et expliqué dans l'annexe N° 5.

La figure N° 2 montre l'évolution du nombre de talles au cours du cycle d'après SHIGA (1982).

Figure N° 2 : Evolution du nombre de talles au cours du cycle. D'après SHIGA (1982) cité par TANAKA et al. (1995).



Le tallage commence normalement au stade 3 feuilles. Le nombre de talles augmente ensuite selon le modèle de KATAYAMA, atteint un maximum, puis diminue par suite de la mort de certaines talles, jusqu'à l'initiation paniculaire.

A la fin du cycle, le nombre de talles diminue au fur et à mesure que les graines mûrissent. En effet, les talles encore plus jeunes ou malingres n'arrivent pas à résister et meurent. Ils vont constituer ainsi des litières et vont produire un arrière effet pour les prochaines cultures.

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

Un des préalables au bon suivi de la culture est le repérage des stades et des passages successifs d'une phase à une autre. La date début d'épiaison a été déterminée comme étant la date où au moins une panicule était complètement sortie sur les placettes d'observation par parcelle. La date de floraison a été définie comme étant la date où 90% des plantes des placettes d'observation par parcelle présentaient la panicule du maître-brin complètement sortie.

La maturation complète a, à peu près, lieu à 30 jours après la mi-épiaison ; lorsque 2/3 des épis sur les panicules jaunissent. Et s'il y a la barbe, cette barbe de couleur verte auparavant car elle participait à la photosynthèse, devient de plus en plus blanche au fur et à mesure de la maturité du paddy (Communication personnelle, 2003).

III.3.1.2. Suivi de la nutrition azotée :

Une estimation de la nutrition azotée a été réalisée par le biais du SPAD ou *Soil and Plant Analysis Development* (cf. photo N° 5) ou *Chlorophyl Meter*. Les mesures ont été réalisées toutes les deux semaines. Chaque mesure au SPAD s'effectue au centre de la feuille

nouvellement déroulée et ceci pour 20 feuilles appartenant à des tiges différentes par placette. Nous avons alors une valeur moyenne par placette pour chaque placette d'observations. Les valeurs SPAD donnent des indices sur la teneur en chlorophylle, teneur en chlorophylle qui a une relation avec la nutrition azotée.

Photo N° 5 : La mesure au SPAD ou *Soil and Plant Analysis Development* (J. DUSSE,RE, Janv. 2003) :

Une valeur supérieure à 35 indique un degré de verdure correspondant à une nutrition azotée suffisante.



II.3.2. Prélèvements destructifs :

Trois prélèvements destructifs d'une placette de 4 poquets consécutifs sont réalisés. Chaque placette de prélèvement est délimitée par deux piquets non colorés (cf. : schéma N°15). Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un biseau de manière à arracher les plantes avec des racines. Ils ont lieu à 45 jours après semis (approximativement à mi-tallage), 75 JAS (tallage maximale et formation de la panicule) et 110 JAS (floraison). Ces prélèvements nous permettent d'avoir :

- La Matière Sèche des limbes, des gaines et tiges ainsi que des panicules ;
- La Surface foliaire et la masse surfacique foliaire.

En effet, lors de ces prélèvements ont été comptabilisés :

- le nombre de plantes par prélèvement
- le nombre de talles par plante, (et de panicules à partir de la floraison)
- la matière sèche aérienne du prélèvement, décomposée en matières sèches des limbes, des tiges plus gaines, et des panicules à partir de la floraison, après séchage au soleil, puis de 2 jours à l'étuve à 60°C.
- la surface foliaire totale par plante (sur 5 plantes pour le premier prélèvement, puis sur 2 pour les 2^e et 3^e, sur une seule répétition par mode de gestion du sol), par mesure au scanner et analyse d'image. La pesée des échantillons ayant servis à déterminer la surface foliaire après séchage, nous a permis de calculer, la surface foliaire massique ou SLA (specific leaf area, en cm²/g).

III.3.2.1. La Matière Sèche des limbes, des gaines et tiges ainsi que des panicules :

Ces différents organes végétaux sont séparés avant leur entrée dans l'étuve (de grande capacité) et évidemment durant leur pesage respectif. Le séchage dure 2 jours à 60 °C. Pour cela, ont été utilisées :

- 3 paires de ciseaux,
- une dizaine de petites bassines,
- plus de 1500 enveloppes que nous avons confectionnées à partir d'un rouleau de papier – emballage épais et de colle d'empois d'amidon,
- 2 grandes caisses en plastique,
- une agrafeuse,
- 4 balances dont une balance de 60 g très précis au millième de gramme pour le pesage des grains, une autre balance de précision de 200 g (décimale : 0,01) pour les pesées de limbes et une autre à 1 200 g (décimale : 0,1) pour les tiges associées aux gaines ainsi qu'une balance de 10 kg réservée au pesage des récoltes de paddy par parcelle (dont 100 g de grains par parcelle sont pris comme échantillons et seront séchés après dans l'étuve pour enlever l'humidité).

La distinction des limbes, des gaines et tiges, des panicules nécessite un dépouillement de la plante de manière à mettre en évidence chaque organe. Les schéma N° 17 et N° 18 présentent respectivement la structure d'une feuille de riz et la structure de la panicule et des entre-nœuds d'une tige.

Schéma N° 17 : Structure d'une feuille de riz.

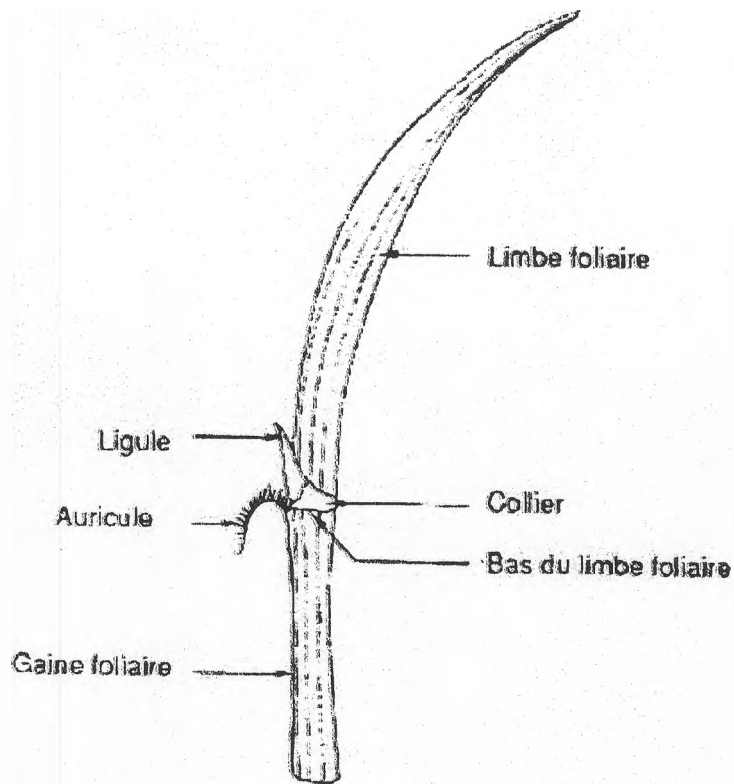
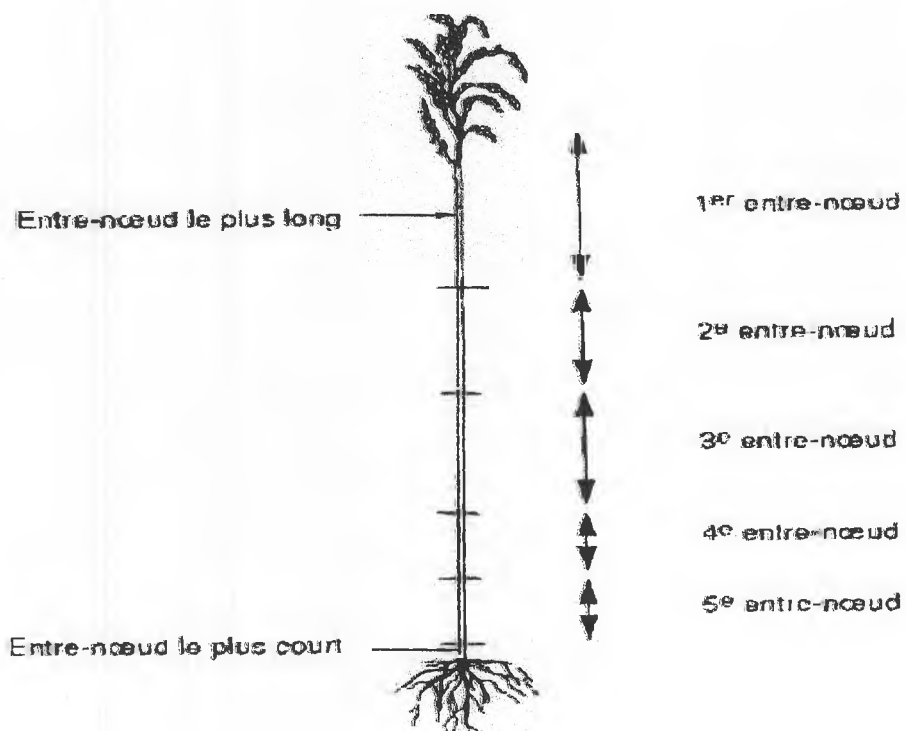


Schéma N° 18 : Structure de la panicule et des entre-nœuds d'une tige.



III.3.2.2. La Surface foliaire et la masse surfacique foliaire :

La surface foliaire (limbes) totale des plantes dont les feuilles sans leurs gaines sont disposées sur un papier album, est mesurée à l'aide d'un scanner dont l'unité en pixels, puis convertie en centimètres carrés sous Excel (Microsoft). Et après pesée, nous obtenons la masse surfacique foliaire de 5 plantes (45 JAS) et 2 plantes (75 et 110 JAS) sur une seule répétition par mode de gestion du sol.

II.3.3. Composantes du rendement à la récolte

III.3.3.1. Le nombre de pieds par m² (NP/m²) :

Il est obtenu par le nombre de pieds par placette d'observations, ramené au m². Le comptage a lieu au début tallage (stade 3 à 4 feuilles). Bien que possible à des dates ultérieures, le NP/m² est plus facile à compter avant que le tallage ne rende difficile la distinction des pieds. Cependant avec les différents prélèvements et à la récolte, nous avons toujours compté le nombre de pieds par placette.

III.3.3.2. Le nombre de panicules par pied (NPa/P) et par la suite le nombre de panicules par m² (NPa/m²):

C'est la valeur du nombre de panicules par placette, à deux répétitions par parcelle, divisée par le nombre de pieds par la même placette. Et par extension, ceci est rapporté au m². Les périodes de prélèvement pertinente pour ce comptage semblent être au milieu de la phase reproductive (floraison - épiaison) et à la récolte.

III.3.3.3. Le nombre d'épillets par panicule (NEpts/Pa) :

20 panicules par parcelle sont choisies en fonction de leur état sanitaire, nous avons donc 2 à 4 répétitions par site pour chaque variété. Cette opération a lieu juste avant la récolte et sur les parcelles même. Et puis, le nombre de grains pour ces 20 panicules est compté manuellement au laboratoire. En faisant le rapport, le nombre d'épillets par panicule est en moyenne obtenu.

III.3.3.4. Le pourcentage de grains pleins (% G.P.) :

Les grains remplis et les grains totalement vides sont séparés de part et d'autre après le comptage des grains pour ces 20 panicules sus – mentionnées. Cette opération est faite en vue d'estimer le pourcentage de grains pleins.

III.3.3.5. Le poids moyen du grain (P.G.) :

Grâce à une balance très précis (au dixième de milligramme), les grains remplis sont pesés pour avoir le poids de milles grains et par la suite, le poids moyen d'un grain.

Les plans de ces différents sites où l'on a effectué ces suivis et ces mesures sont présentés dans :

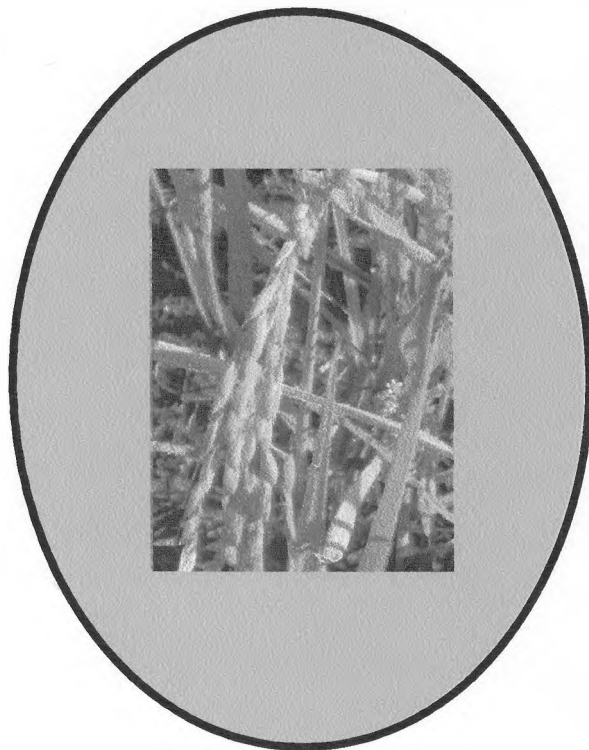
- Annexe N° 8 pour le site d'Andranomanelatra ;
- Annexe N° 9 pour le site d'Ibity ;
- Annexe N° 10 pour le site d'Ivory ;
- Annexe N° 11 pour le site de Soanindrariny.

III.4. Traitement statistique et présentation des graphiques :

Le traitement statistique des données a été fait avec le logiciel SAS version 6.12 pour Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA). Les analyses de variance ont été faites avec la procédure GLM (*General Linear Model*). C'est à dire des analyses de variance des moyennes avec le Test Student – Newman - Keuls au seuil de 5 %. Les figures et graphiques ont été réalisés avec le tableur Excel (Microsoft).

Quatrième partie^{IV}

IV. RESULTATS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES



IV. RESULTATS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES

IV.1. Résultats

IV.1.1. Conditions de culture

IV.1.1.1. Conditions climatiques :

Les figures N° 3 a-b-c dans la page ci-après présentent l'évolution des températures moyennes, minimales et maximales sur les 4 sites d'expérimentation. On observe qu'en général c'est à Ivory qu'il fait le plus chaud, cette région est, en effet, rattachée au Moyen Ouest. Ensuite viennent Ibity, puis Andranomanelatra et Soanindrariny : les températures diminuent suivant la montée en altitude.

Concernant les températures minima (cf. figure N° 3-b) on remarque que pendant les deux premiers mois, février et mars, la température minimale avoisine les 10°C. Une période relativement froide de basse température est observée durant le mois d'Avril. La température minimale descend jusqu'à 5°C au début du mois d'avril.

La figure N° 4 a-b montre les pluviométries de la campagne dans les sites d'Andranomanelatra et à Ibity.

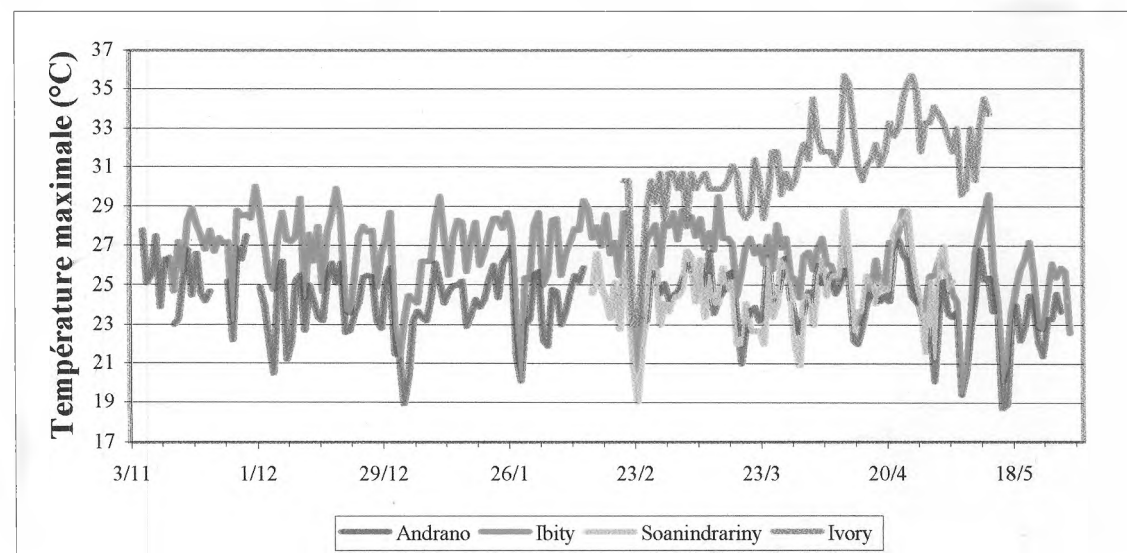
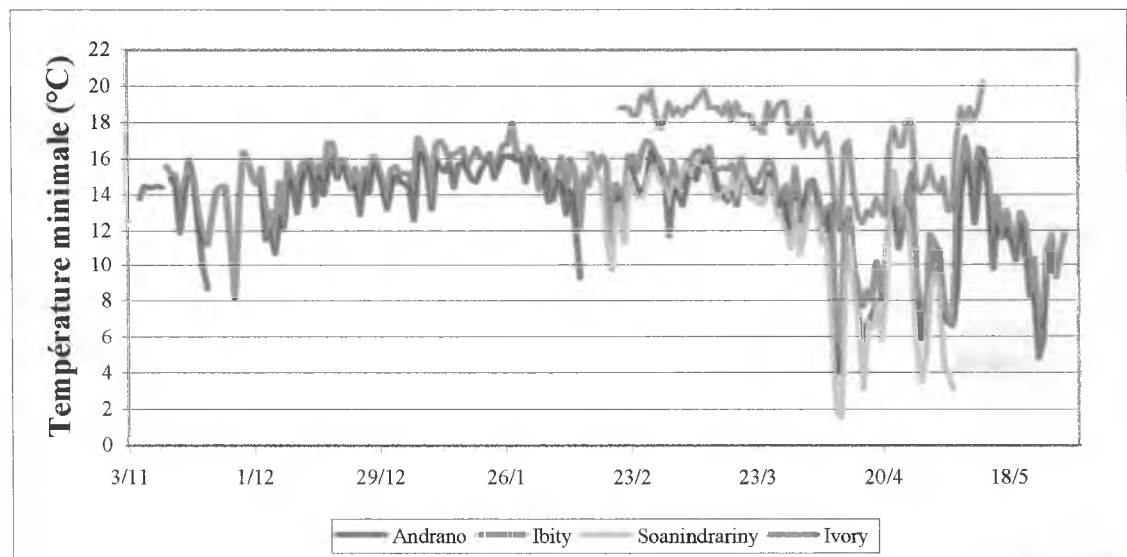
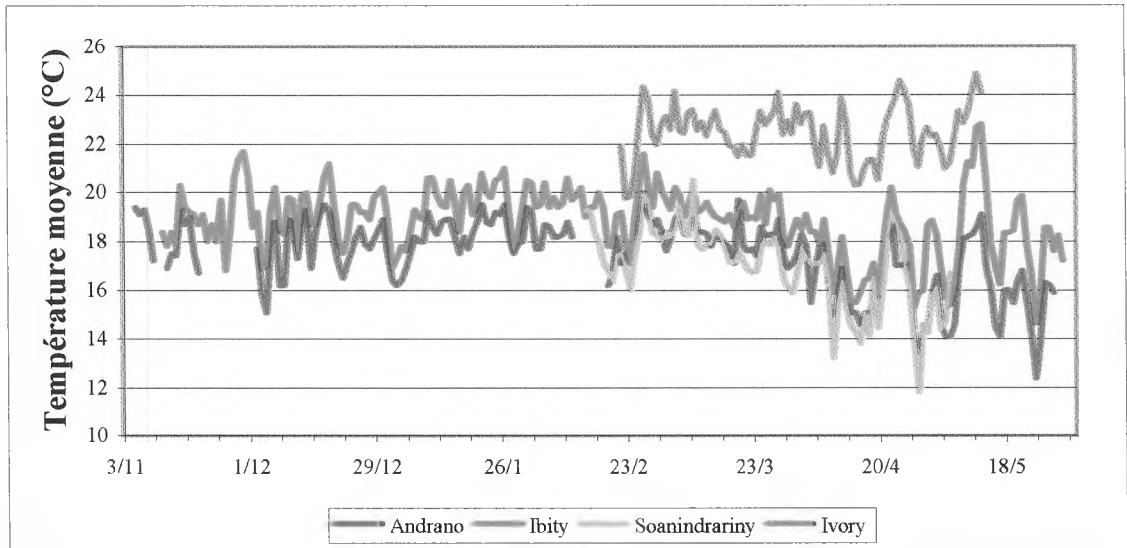
A Andranomanelatra, on notera l'existence de deux trous pluviométriques relativement importants : de mi-novembre à mi-décembre et le mois de février (durant deux phases essentielles de croissance et de développement de la riziculture pluviale : la première concerne les semis, la germination et la levée des graines ; la seconde le début de la phase de reproduction).

A Ibity, beaucoup de petits périodes sèches sont observées, mais la plus importante est celle du mois de février (correspondant au début de la phase de reproduction).

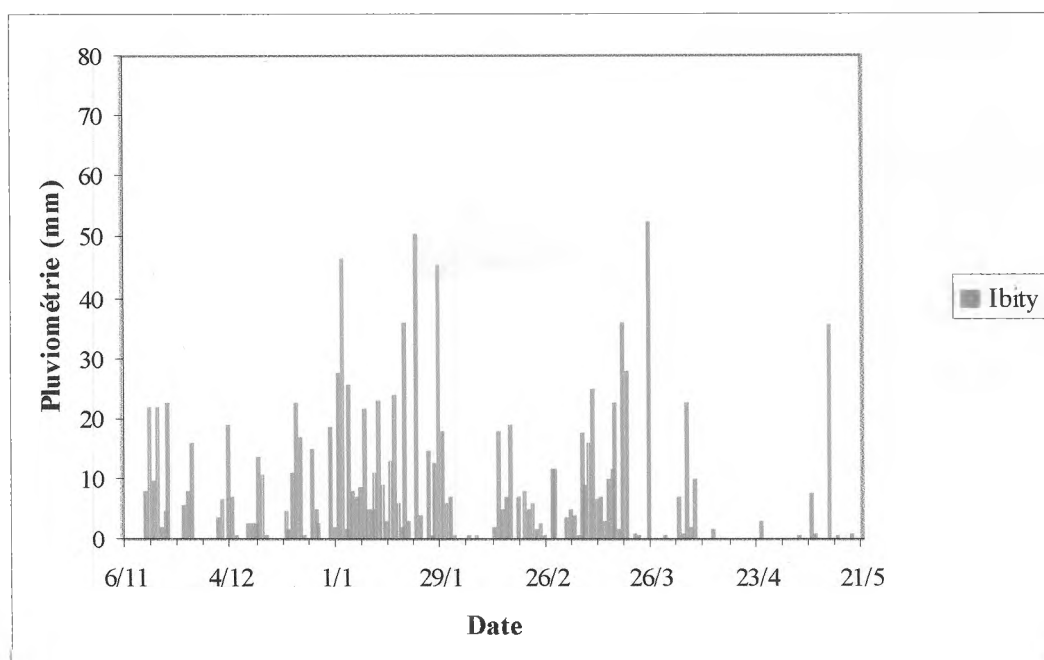
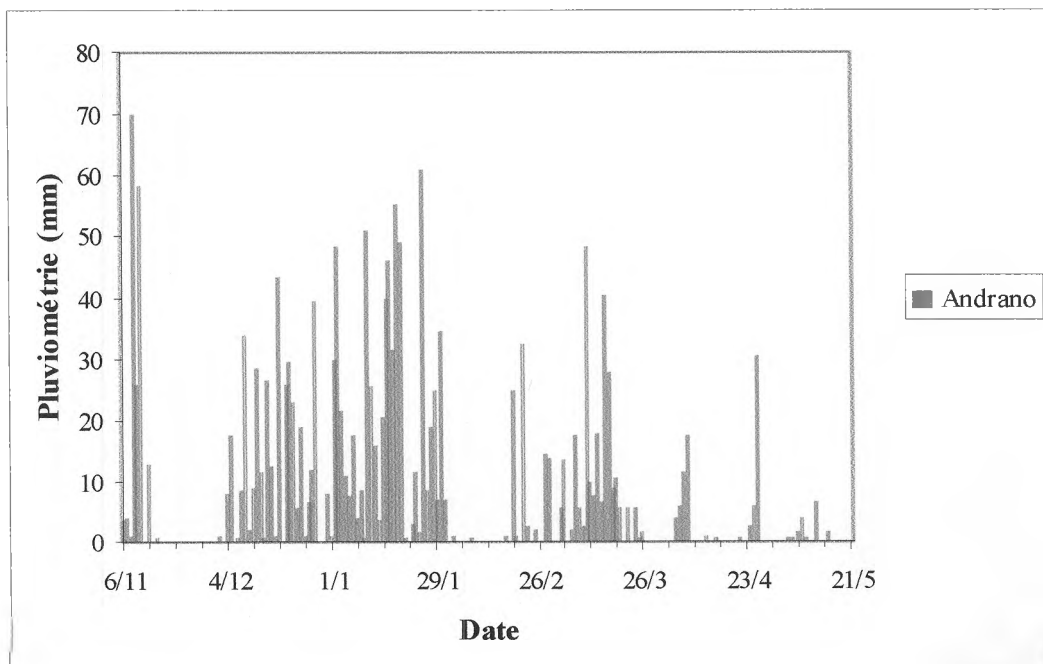
A Ibity, les précipitations sont plus réparties. Par contre, les grosses pluies, surtout en début de campagne s'observent plus à Andranomanelatra.

Comme ces périodes de sécheresse ne sont pas trop prolongées, elles n'ont pas eu de conséquences fâcheuses. On peut même dire que c'est une année satisfaisante pour la distribution des pluies.

Figures N° 3 a-b-c : Evolution des températures moyennes, minimales et maximales sur les 4 sites d'expérimentation (Andranomanelatra 1645m, Ibity 1540m, Ivory 950m, Soanindrariny 1750m)



Figures N° 4 a-b : Pluviométrie durant le cycle cultural sur les sites d'Andranomanelatra et Ibity.



IV.1.1.2. Les valeurs SPAD (indicateur de la teneur en chlorophylle)

Figure N° 5 : Evolution des valeurs SPAD par variété pour chaque mode de gestion du sol (SCV – labour) pour le site d'Andranomanelatra.

Chaque point est la moyenne de 2 répétitions sur 4 blocs (moyenne sur 20 mesures par répétition).

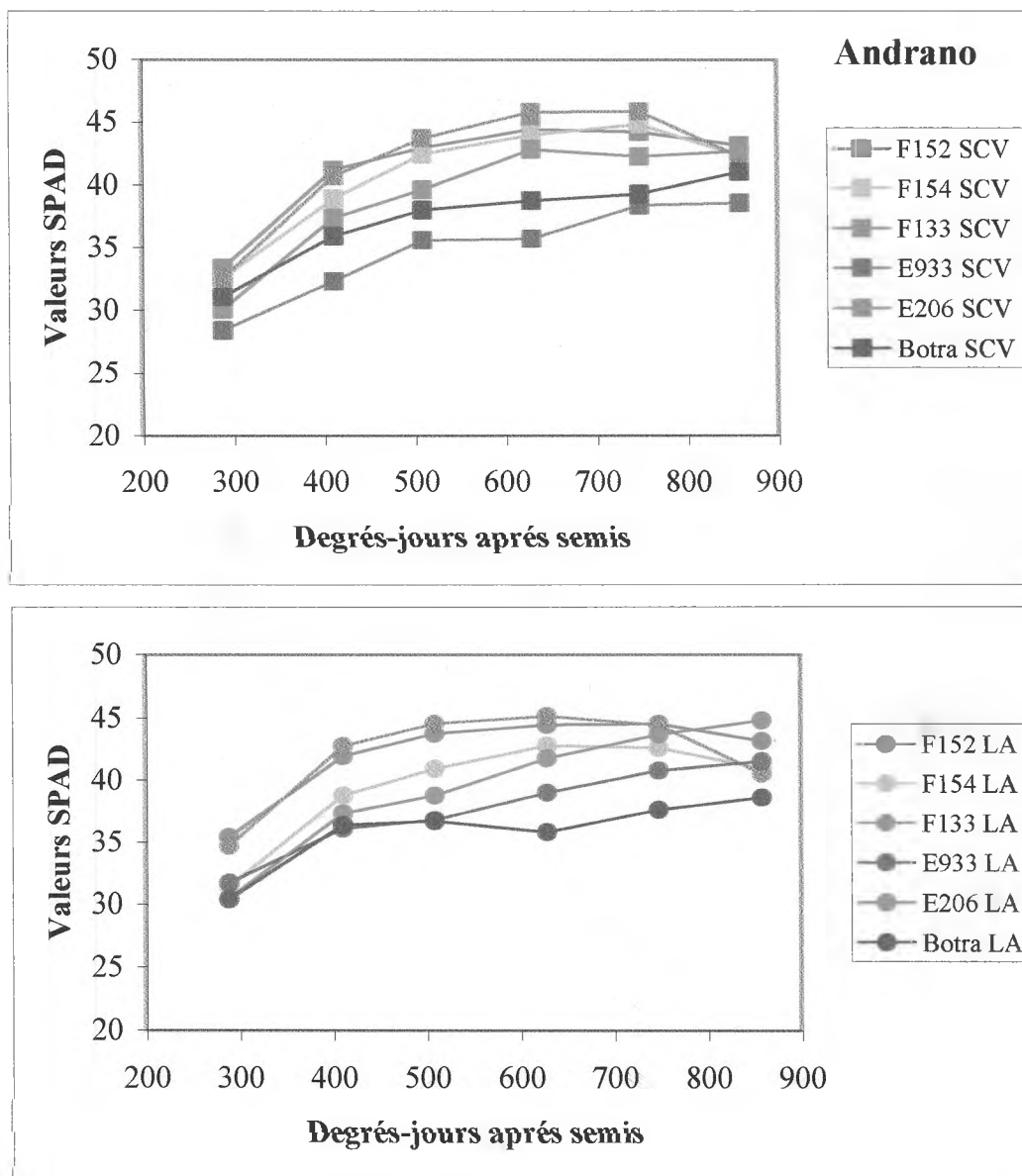
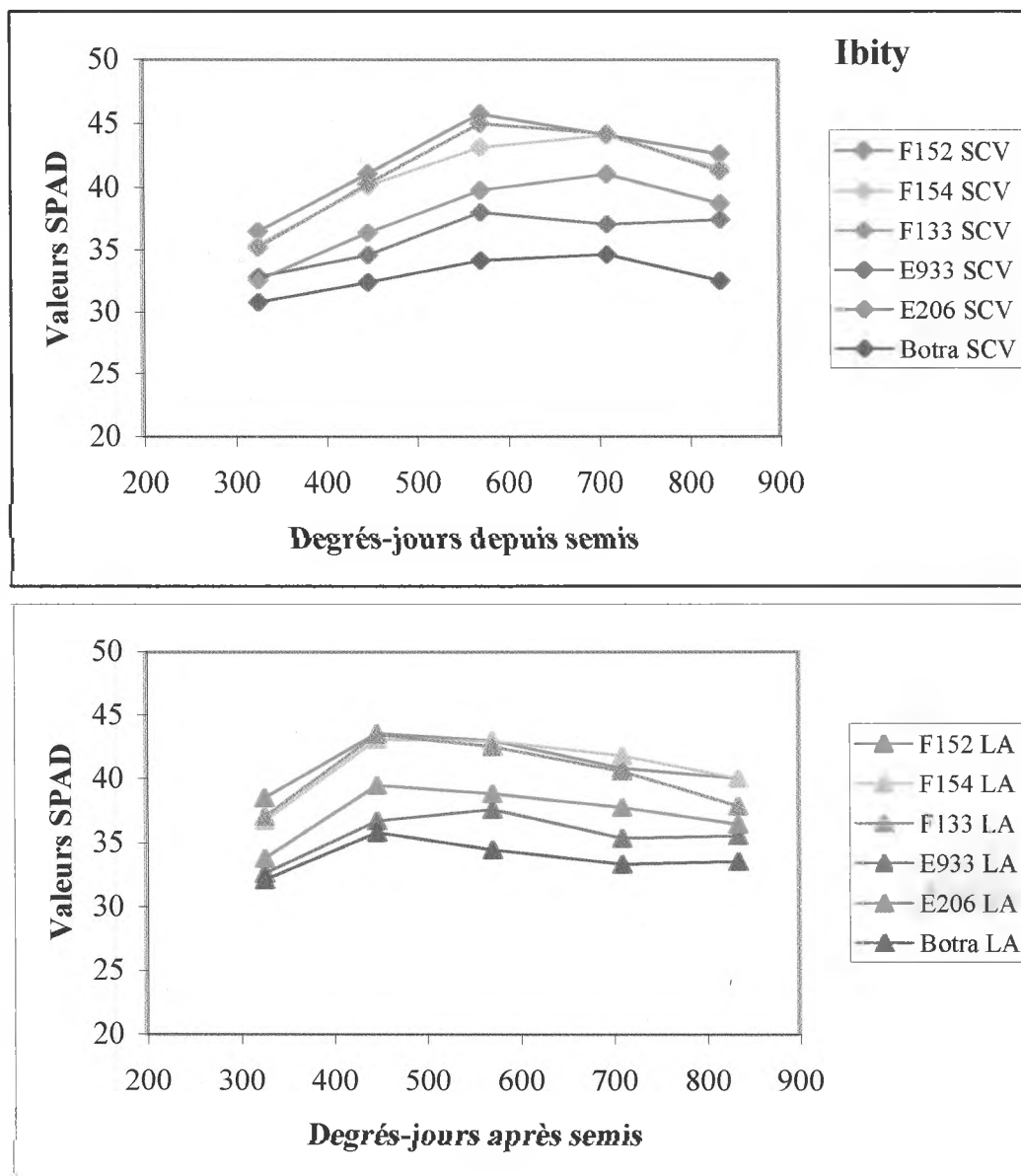


Figure N° 6 : Evolution des valeurs SPAD par variété pour chaque mode de gestion du sol (SCV – labour) pour le site d'Ibity.

Chaque point est la moyenne de 2 répétitions sur 4 blocs (moyenne sur 20 mesures par répétition).



Tableaux N° 6 a-b : Comparaison des valeurs SPAD jusqu'à floraison (en Jours Après Semis) par variété et par mode de gestion du sol (SCV et labour) sur les sites d'Andranomanelatra et d'Ibity.

* Entre variétés et entre modes de gestion du sol, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

a- Site d'Andranomanelatra

Variétés Modes de gestion du sol	Valeurs SPAD à 36 JAS	Valeurs SPAD à 51 JAS	Valeurs SPAD à 64 JAS	Valeurs SPAD à 78 JAS	Valeurs SPAD à 92 JAS	Valeurs SPAD à 106 JAS
F133	33,63 a*	41,74 a	44,16 a	45,50 a	45,16 a	41,42 bc
F152	34,07 a	41,48 a	43,25 ab	44,45 a	44,35 ab	43,18 ab
F154	32,2 b	38,87 b	41,97 b	43,61 ab	44,12 ab	41,9 abc
E206	30,29 c	37,35 bc	39,20 c	42,32 b	42,99 b	43,79 a
E933	30,09 c	34,22 d	36,19 d	37,37 c	39,59 c	40,06 c
Botra	30,76 c	36,16 c	37,37 d	37,29 c	38,46 c	39,84 c
SCV	31,35 b	37,76 a	40,42 a	41,95 a	42,50 a	41,72 a
Labour	32,16 a	38,58 a	39,83 a	41,07 a	42,01 a	41,49 a

b- Site d'Ibity

Variétés Modes de gestion du sol	Valeurs SPAD à 35 JAS	Valeurs SPAD à 48 JAS	Valeurs SPAD à 62 JAS	Valeurs SPAD à 76 JAS	Valeurs SPAD à 89 JAS
F152	37,50 a	42,33 a	44,39 a	42,47 a	41,33 a
F133	36,12 a	41,89 a	43,76 a	42,41 a	39,59 b
F154	36,07 a	41,62 a	43,06 a	42,96 a	40,78 ab
E206	33,21 b	37,94 b	39,31 b	39,42 b	37,60 c
E933	32,75 b	35,66 c	37,83 b	36,22 c	36,51 c
Botra	31,48 c	34,11 d	34,31 c	33,99 d	33,04 d
SCV	33,90 b	37,50 b	41,00 a	40,88 a	39,05 a
Labour	35,14 a	40,35 a	39,89 b	38,27 b	37,23 b

D'après les Figures N° 5 et N° 6 et les tableaux N° 6 a-b, présentant l'évolution des valeurs SPAD par variété pour chaque mode de gestion du sol (SCV – labour) pour les deux sites, on constate que :

* Peu de différence est observée entre modes de gestion du sol pour Andranomanelatra sauf en tout début de cycle où les valeurs SPAD sont supérieures pour le labour. Par contre les traitements de gestion du sol sont plus marqués pour Ibity, des valeurs SPAD plus faibles sont observées en début du cycle sur SCV par rapport au labour, par la suite la tendance s'inverse en faveur du SCV par rapport au labour.

Les valeurs plus faibles en début de cycle sur SCV par rapport au labour pourraient s'expliquer par une moins bonne disponibilité en azote lié soit à des problèmes de mauvaises herbes mal contrôlées ou de faim d'azote (mobilisation de l'azote par les micro-organismes du sol). Les valeurs supérieures de SPAD à partir de 62 JAS sur le site d'Ibity traduisent une

meilleure disponibilité en azote pour les plantes. Il est possible que les effets des modes de gestion du sol soit plus marqués sur le site d'Ibity en raison de la moins bonne fertilité des sols de ce site, ainsi la gestion en SCV améliorerait les conditions de nutrition.

* un classement des six variétés par ordre croissante de valeurs SPAD donne 4 groupes : 1) *Botramaitso*, 2) E 933, 3) E 206 et 4) les Fofifa (F 154, F 133, F 152). En raison de la méthode de mesure (mesure la transmission de la lumière au travers de la feuille pour juger de sa teinte verte) il sera intéressant de mettre en relation les valeurs SPAD avec le SLA (surface foliaire par unité de masse, en cm²/g), qui est une caractéristique variétale.

IV.1.2. Croissance et développement

IV.1.2.1. Croissance

a) Nombre de feuilles maximum sur la talle principale :

Tableau N° 7 : Nombre de feuilles maximum par variété et par modes de gestion du sol (SCV et labour) sur les sites d'Andranomanelatra et d'Ibity.

*Entre variétés et entre modes de gestion du sol par site, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variétés Modes de gestion du sol	Andrano Nombre de feuilles maximum	Ibity Nombre de feuilles maximum
Botra	14,21 a	12,71 a
E933	11,9 b	11,07 b
E206	11,71 b	11,26 b
F154	11,19 c	10,81 b
F133	11,79 b	10,82 b
F152	11,57 bc	10,92 b
SCV	12,11 a	11,01 b
Labour	12,07 a	11,52 a

Le nombre de feuilles maximum sur la tige principale atteint par chaque variété et par mode de gestion du sol, sur les 2 sites d'expérimentation, est donné dans le tableau N° 7. A Andranomanelatra, il n'y a pas de différence significative entre SCV et Labour. A Ibity par contre, c'est sur Labour que le nombre de feuille maximum est le plus élevé.

En ce qui concerne les variétés, la variété *Botramaitso* présente le nombre de feuilles sur la talle principale le plus élevé. On peut regrouper ensuite dans un seul groupe les autres variétés.

b) Surface foliaire :

Tableau N° 8 : Surface foliaire par plante (en cm²) par site (Andranomanelatra et Ibity), par variété et par mode de gestion du sol (SCV et labour).

Sites Variétés Gestion sol	Surface foliaire par plante à 42 JAS	Surface foliaire par plante à 75 JAS	Surface foliaire par plante à Floraison
Andranomanelatra	20,51 b	130,50 b	290,45 a
Ibity	35,34 a	216,81 a	309,95 a
Botra	35,90 a	209,66 a	536,35 a
E933	25,46 b	183,55 ab	362,95 b
E206	29,98 ab	194,60 ab	246,61 c
F152	26,81 b	192,72 ab	225,77 c
F154	21,46 b	143,49 bc	214,94 c
F133	28,86 ab	127,26 c	214,58 c
SCV	29,11 a	202,97 a	335,91 a
Labour	27,31 a	145,58 b	264,49 b

D'après le tableau N° 8, la comparaison entre site indique que c'est à Ibity que l'on observe la surface foliaire par plante la plus élevée. La différence est significative sur les 2 premières dates de prélèvement, mais pas sur la troisième à floraison, qui est le stade où la surface foliaire atteint sa valeur maximale durant le cycle de développement. Entre variétés, c'est *Botramaitso* qui présente les valeurs les plus élevées, en accord avec un nombre de feuilles mise en place le plus élevé également (cf. tableau N° 7). A floraison, on peut classer les variétés en 3 groupes décroissant : 1) *Botramaitso*, 2) E933 puis 3) E206 et les 3 Fofifa. Un effet du mode de gestion apparaît, c'est sur SCV que la surface foliaire par plante est la plus élevée.

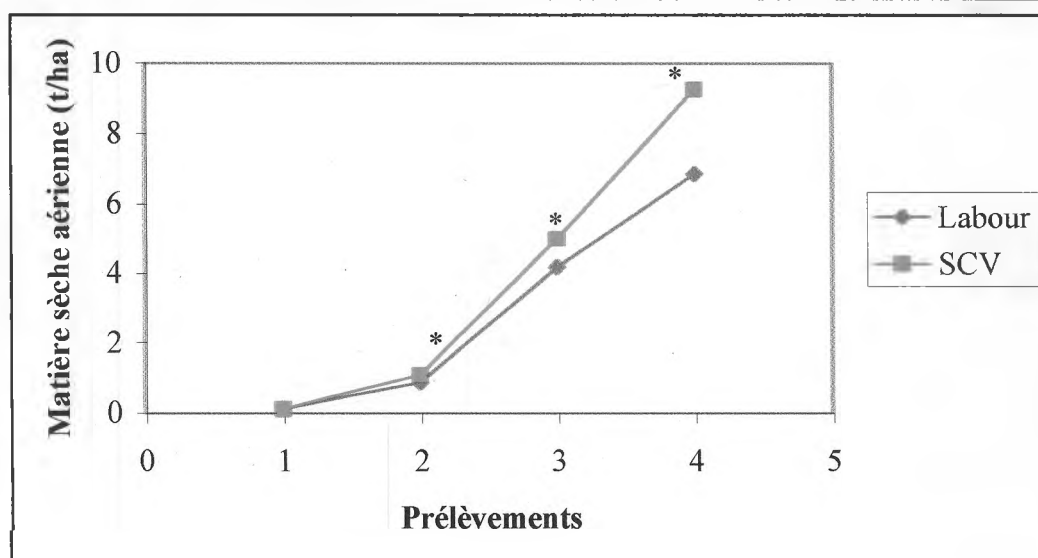
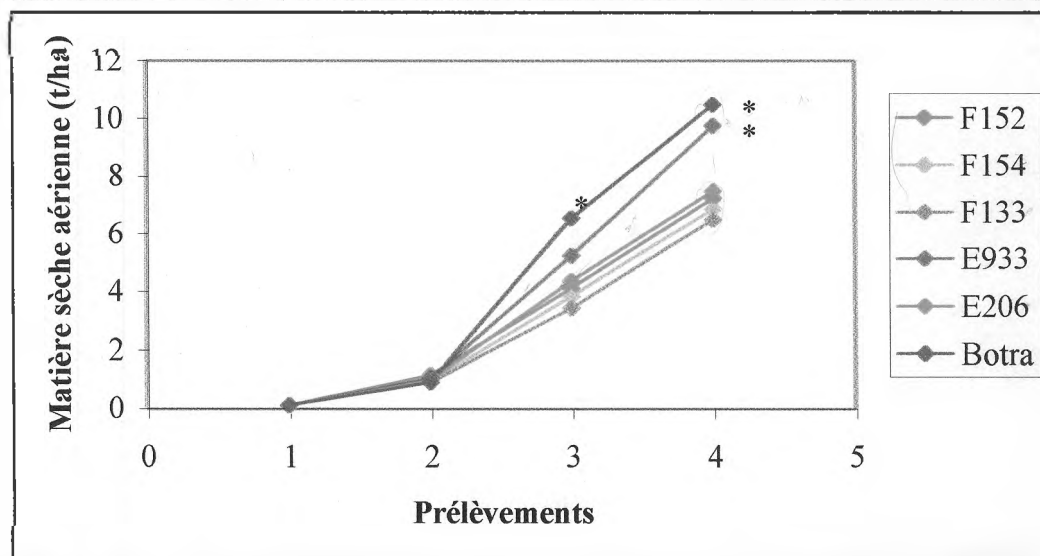
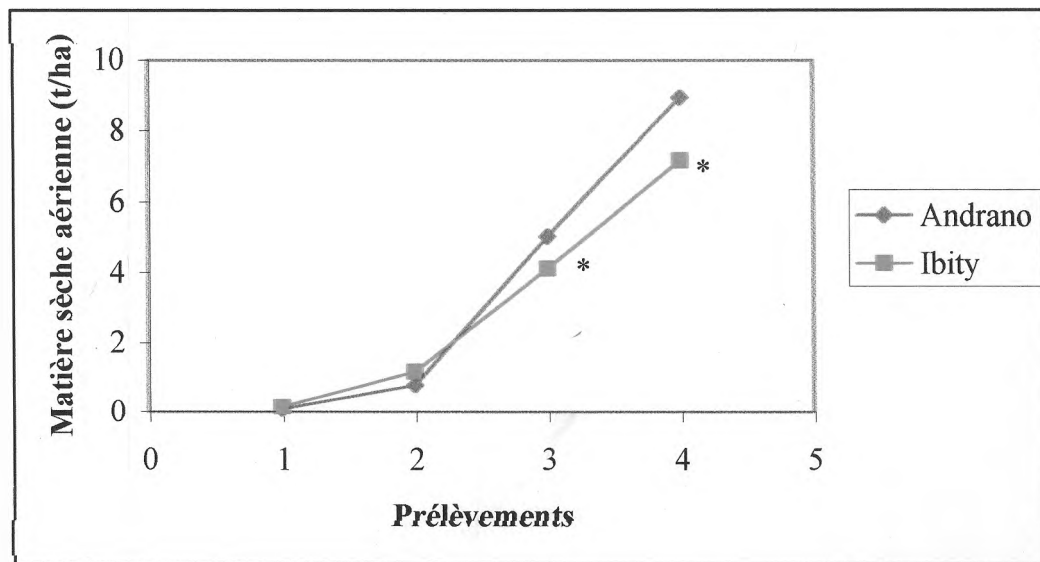
c) Matière sèche :

Les courbes d'évolution de la matière sèche aérienne ont été reconstituées à partir des prélèvements destructifs (1 : 42 JAS, 2 : 75 JAS, 3 : floraison et 4 : récolte).

Les figures N°7a-b-c, présentent ces évolutions de matière sèche aérienne (MSA) par site, par variété et par mode de gestion du sol. Nous pouvons constater :

- Entre sites : des valeurs supérieures de MSA sont observées pour Andranomanelatra par rapport à Ibity à partir de la floraison.
- Entre variétés : A floraison, *Botramaintso* présente la plus forte valeur de MSA. A récolte, nous pouvons considérer 2 groupes : le premier constitué de *Botramaintso* et de E933 avec les plus fortes valeurs, et ensuite un deuxième groupe avec E206, F152, F154 et F133.
- Entre mode de gestion du sol : à partir du 2^e prélèvement, les valeurs de MSA du traitement SCV sont significativement supérieures à celle du traitement labour.

Figures N°7 a-b-c : Evolution de la matière sèche par site (Andranomanelatra et d'Ibity), par variété et par mode de gestion du sol (SCV – labour)
 * indique une différence significative au seuil de 5%.



La répartition de la matière sèche aérienne à la récolte (gainés et tiges, limbes et panicules) par site, par variété et par mode de gestion du sol, sont présentées dans les figures N°8 a-b-c.

- Entre sites : les différences de MSA (cf. figure N° 7a) sont dues à des valeurs plus faibles de masses végétatives (gainés, tiges et limbes, ou **masse de paille**) pour Ibity. En effet, il n'y a pas de différence de masses des grains entre les 2 sites.

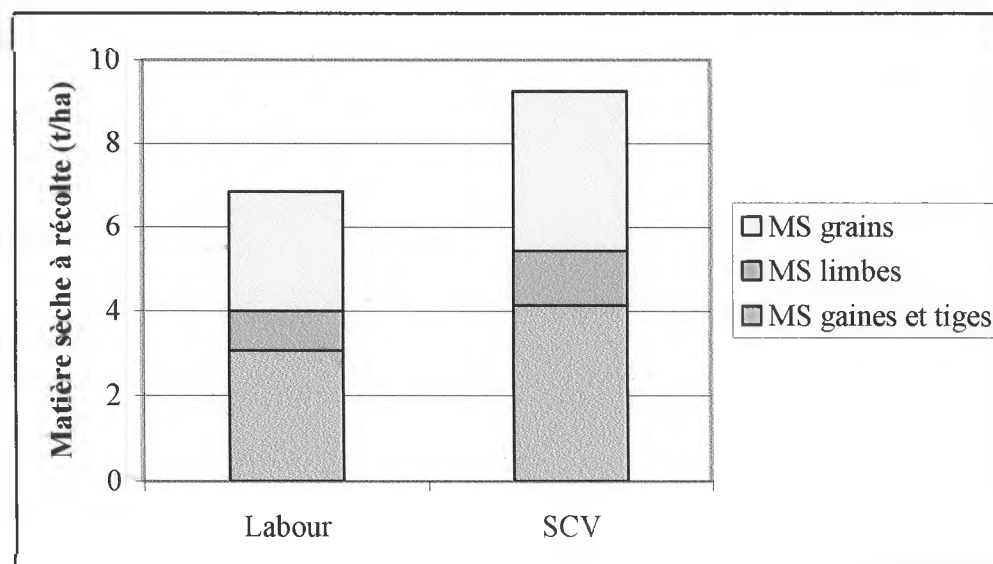
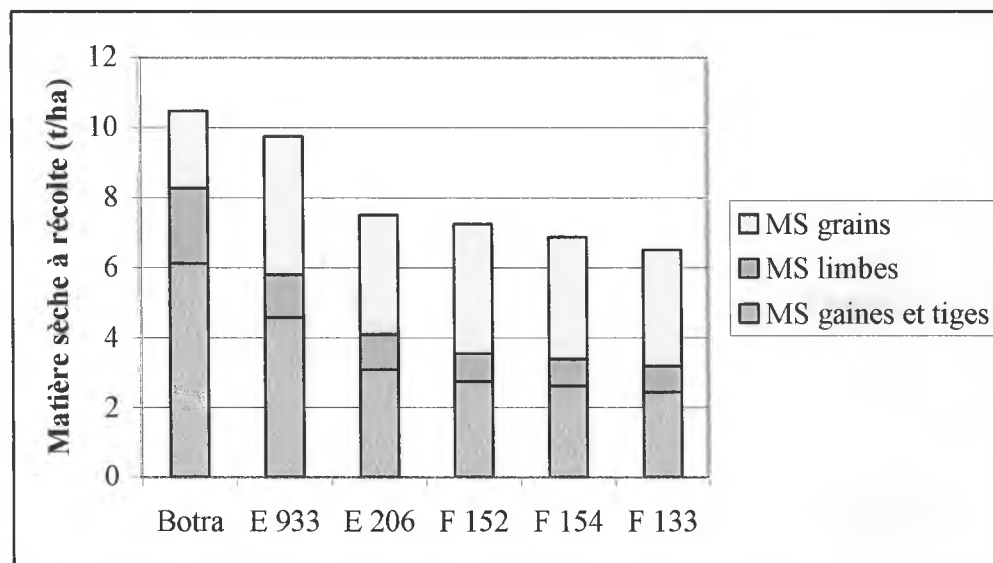
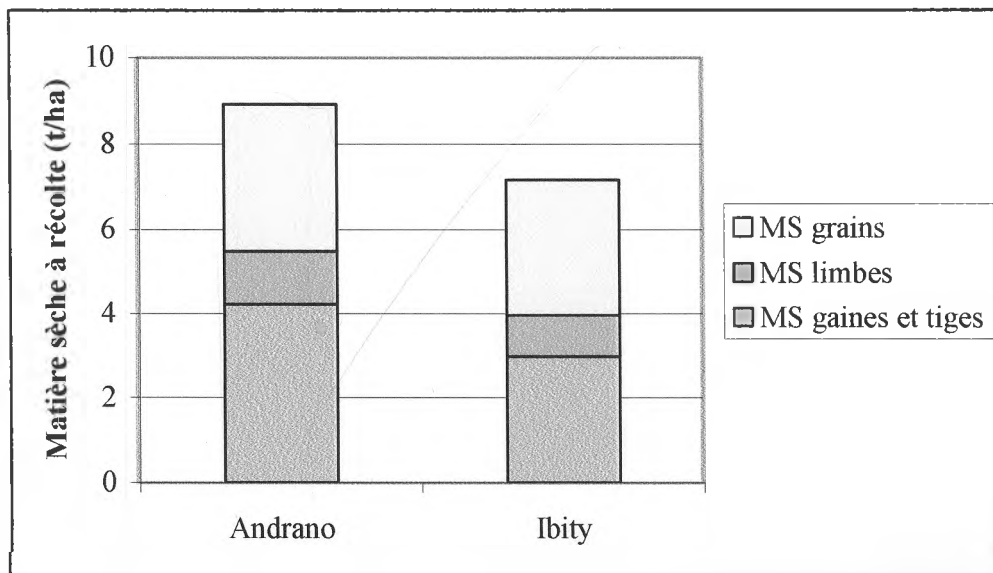
Le calcul du **Harvest Index (HI = masse grain / masse paille)**, donne en moyenne les valeurs de 0,63 pour Andranomanelatra et 0,81 pour Ibity. Ainsi, le développement végétatif a été favorisé à Andranomanelatra, mais cela n'a pas induit de différence de masse de grains. Toutefois le rendement en grain n'a peut être pas été élaboré de la même façon selon le site : il faudra vérifier par la suite une à une les composantes du rendement.

- Entre variétés : concernant la masse de grains à récolte, Botramaintso présente une valeur significativement plus faible par rapport à l'ensemble des autres variétés. Sa valeur de MSA la plus élevée à récolte est due à une masse végétative supérieure à toutes les autres variétés. Son HI est ainsi très faible : 0,27.

E933 produit également beaucoup de paille (classement en 2^e position après Botramaintso) mais son HI est plus élevé : 0,68. Ensuite viens E206, HI = 0,83. Les 3 variétés Fofifa présentent des valeurs similaires, F152 HI = 1,03, F154 HI = 1,02, F133 HI = 1,03. Ces valeurs indiquent un équilibre entre phase végétative et phase reproductive.

- Entre modes de gestion : plus de MSA sont produites avec le SCV, et cela est du à une production plus importante de paille, en effet les HI sont similaires entre modes de gestion : SCV HI = 0,70, Labour HI = 0,72. ces résultats indiquent que le traitement SCV induit des conditions favorables à la production de matière sèche. Une production de paille supérieure est intéressante dans le cadre de gestion en SCV, car ainsi plus de résidus peuvent être laissés pour couvrir le sol après récolte.

Figures N°8 a-b-c : Répartition de la matière sèche à récolte par site (Andranomanelatra et d'Ibity), par variété et par mode de gestion du sol (SCV – labour)



d) Surface massique : SLA (*specific leaf area*)

Tableau N° 9 : Surface foliaire massique (en cm²/g) par site (Andranomanelatra et Ibity) et par variété.

Sites Variétés	Surface massique à 42 JAS	Surface massique à 75 JAS	Surface massique à Floraison
Andranomanelatra	307,7 a	219,4 b	165,0 a
Ibity	307,1 a	317,1 a	176,9 a
Botra	332,2 a	300,7 a	196,6 a
E933	328,2 a	287,7 a	194,2 a
E206	309,3 a	264,9 a	152,9 a
F152	284,9 a	285,8 a	158,3 a
F154	297,1 a	258,6 a	154,9 a
F133	294,3 a	221,7 a	168,8 a

Le tableau N° 9 présente les SLA (*Specific Leaf Area* ou surface massique) par site et par variété, les valeurs fortes indiquent une surface importante par unité de masse (feuille mince) et inversement des valeurs faibles, des feuilles plus épaisses.

Entre sites : sur Ibity les valeurs de SLA sont plus élevées, donc les feuilles plus minces, ce qui peut être associé aux valeurs plus élevées de surface foliaire observées.

Entre variétés : les mesures n'ayant été réalisées que sur une seule répétition, l'analyse statistique ne permet pas de révéler de différence significative, toutefois on peut classer les variétés en fonction des tendances observées : Classement global par SLA décroissant 1) *Botramaitso* et E933, 2) E206 et les Fofifa.

Il apparaît que ce sont les variétés qui ont les feuilles les plus minces (fort SLA) qui ont le développement végétatif le plus élevé. Ainsi plus de feuilles peuvent être mises en place à moindre coût pour la plante (moins de matière sèche par surface). On remarquera que ces 2 variétés, *Botramaitso* et E933, qui présentent les feuilles les plus minces, présentaient également les valeurs SPAD les plus faibles. La mesure du SLA est donc nécessaire pour comparer les valeurs SPAD de variétés.

IV.1.2.2. Phénologie

Tableau N° 10 : Effets du site (Andranomanelatra, Ibity), de la variété, et du mode de gestion du sol (SCV – labour) sur la durée semis – floraison, semis – récolte et floraison – récolte (en jours après semis et en degrés-jours après semis, base 10°C).

* Entre sites, entre variétés et entre modes de gestion du sol les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Sites	Variétés Gestion sol	Durée semis - floraison en JAS	Durée semis - floraison en DJ	Durée semis - récolte en JAS	Durée semis - récolte en DJ	Durée floraison - récolte en JAS	Durée floraison - récolte en DJ
Andranomanelatra Ibity		127,6 a	1036,8 a	171,3 a	1346,5 a	43,7 a	309,8 a
		109,5 b	1026,4 a	145,7 b	1348,8 a	36,2 b	322,5 a
	Botra	139,9 a	1214,3 a	182,5 a	1510,0 a	42,6 a	295,7 b
	E933	123,6 b	1079,1 b	162,7 b	1380,5 b	39,2 ab	301,4 b
	E206	114,8 c	999,0 c	156,5 c	1338,9 c	41,7 a	340,0 a
	F154	113,5 cd	987,2 cd	156,1 c	1331,6 c	42,6 a	344,4 a
	F133	110,7 de	963,3 de	148,2 d	1273,0 d	37,6 b	309,8 b
	F152	108,9 e	946,6 e	145,0 e	1252,0 e	36,1 b	305,5 b
	SCV	117,6 b	1022,5 b	158,1 a	1345,7 a	40,6 a	323,2 a
	Labour	119,5 a	1040,6 a	158,9 a	1349,6 a	39,3 a	309,1 a

Les durées des phases sont données par le tableau N° 10.

Par site, il y a une différence significative pour les durées en JAS (Jours Après Semis) tandis que mesurées en DJ ou °J (Degrés Jours, cumul des températures journalières moyennes moins la température de base estimée à 10°C), les durées des phases sont similaires. Ceci montre que c'est bien la température qui gouverne le développement de la plante.

Par variétés :

♥ C'est la variété *Botramaitso* qui présente les durées les plus longues. Elle est représentative des variétés et des populations traditionnellement cultivées et elle est caractérisée par une grande tardiveté. Nous avons vu qu'elle mettait en place un nombre de feuilles plus élevé que les autres variétés, ce qui pourrait être en partie lié avec la durée plus élevée de la phase végétative.

♥ E 933 fait partie des variétés tardives. Elle suit *Botramaitso* dans la hiérarchisation selon la durée des phases.

♥ E 206 et F 154 se ressemblent et peuvent être classées dans le groupe des variétés semi – précoces.

♥ F 133 et F 152 sont les variétés les plus précoces.

Par mode de gestion du sol : c'est sur les durées semis – floraison en JAS et en DJ qu'on observe des différences significatives. Sur Labour, elles sont plus longues. Il est possible que l'allongement de la phase végétative soit lié à un nombre de feuilles plus important par rapport au SCV (cf. tableau N° 7).

IV.1.2.3. Tallage

Tableau N° 11 : Effet du mode de gestion du sol sur le nombre de talles par plante mesuré à partir de prélèvements d'un placette de 4 poquets consécutifs par bloc à 45 Jours Après Semis, 75 JAS, à floraison et de 2 placettes par bloc à récolte (moyenne sur 2 sites : Andranomanelatra et Ibity).

* Entre modes de gestion du sol par prélèvement, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Prélèvement	Modes de gestion du sol	Botra.	E206	E933	F133	F152	F154
P1 42 JAS	SCV	1,81 a	1,53 a	1,88 a	1,86 a	1,75 a	1,63 a
	Labour	1,61 a	1,29 a	2,00 a	1,48 a	1,68 a	1,60 a
P2 75 JAS	SCV	3,41 a	2,85 a	3,98 a	3,29 a	3,99 a	3,83 a
	Labour	3,08 a	2,42 a	3,29 a	2,66 b	2,86 a	283 a
P3 Floraison	SCV	3,65 a	3,10 a	5,03 a	4,07 a	4,88 a	5,30 a
	Labour	3,64 a	2,65 a	4,07 b	3,00 b	4,28 a	3,85 b
P4 Récolte	SCV	3,34 a	2,61 a	4,07 a	3,21 a	3,85 a	3,77 a
	Labour	3,07 a	2,41 a	3,62 a	2,79 b	3,15 b	3,11 b

La comparaison du nombre de talles par plante de chaque variété par mode de gestion du sol est présentée dans le tableau N° 11 :

♥ Pour *Botramaitso* et E 206, le tallage sur SCV et sur Labour n'a pas montré de différence significative.

♥ Il y a une différence significative pour E 933 en SCV à Floraison. Mais ce surplus de talles à Floraison n'a pas de répercussions positives à la récolte au point de vue rendement en paddy. Par contre, on a pu constater auparavant qu'elles contribuent à la formation de la MSA. En effet, plus de talles ont été formés mais également plus de talles ont régressé.

♥ Pour F 133, F 152 et F 154, à 75 JAS jusqu'à la récolte, elles mettent plus de talles en SCV qu'en Labour.

Le mode de Gestion du sol « SCV » favorise donc le tallage, et pour les trois variétés FOFIFA, à la récolte le nombre de talles sur SCV est nettement supérieur à celui du Labour. Le rendement sur SCV pourrait être influencé par cette supériorité de tallage.

Tableau N° 12 : Comparaison du tallage par plante par site (Andranomanelatra, Ibity et Ivory) et par variété.

* Entre sites et entre variétés, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Sites Variétés	Nombre de talles par plante à 35- 42 JAS	Nombre de talles par plante à 65- 75 JAS	Nombre de talles par plante à Floraison	Nombre de talles par plante à Récolte
Andranomanelatra	1,61 a	3,52 a	3,79 a	3,42 a
Ibity	1,75 a	2,95 b	4,13 a	3,08 b
Ivory	1,24 b	2,05 c	2,50 b	2,40 c
E933	1,83 a	3,39 a	4,23 a	3,63 a
F152	1,60 ab	3,16 ab	4,14 a	3,34 b
F154	1,55 ab	3,11 ab	4,19 a	3,26 b
Botra	1,63 ab	3,11 ab	3,50 b	3,20 b
F133	1,57 ab	2,72 ab	3,34 b	2,81 c
E206	1,35 b	2,43 b	2,60 c	2,41 d

La comparaison de nombre de talles par plante entre sites et entre variétés est présentée dans le tableau N° 12.

Entre sites : le tallage est plus important à Andranomanelatra, Ibity présente une dynamique de tallage différente : le nombre de talles est plus faible à 75 JAS et plus élevé à floraison qu'à Andranomanelatra, à récolte plus de régression de talles ont dû avoir lieu sur le site d'Ibity, le nombre de talles par plante étant plus faible qu'à Andranomanelatra. Ivory présente toujours les valeurs les plus faibles.

Entre variétés : à floraison le nombre de talles par plante est le plus élevé, on peut classer les variétés en 3 groupes décroissants : 1) E933, F152 et F154, 2) *Botramaitso* et F133 et en 3) E206. A récolte, après régression de talles, le classement donne : 1) E933, 2) F152, F154 et *Botramaitso*, 4) F133 et 5) E206. Les 3 Fofifa et E933 présentent les régressions de talles les plus élevées entre floraison et récolte.

IV.1.3. Rendement

IV.1.3.1. Classement des variétés par site

Les rendements par placette peuvent être surestimés par rapport à ceux mesurés à l'échelle de la parcelle, en raison de la sélection de placette sans poquet manquant (attaques assez importantes de vers blancs sur certaines zones).

Tableaux N° 13 a-b-c-d : Composantes du rendement et rendement (mesurés par placette de prélèvement (8 poquets) et par parcelle (4,8 m²)) par variétés et par modes de gestion du sol (semis direct sur couverture végétale et labour) sur les 4 sites d'expérimentation.

* Entre variétés et entre modes de gestion du sol, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

a- Site d'Andranomanelatra

Variétés	Nombre plantes/ m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre épillets/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	RDT placette (t/ha)	RDT parcelle (t/ha)
F133	72,4 a*	3,05 b	88,0 b	88,0 a	29,6 a	3,68 a	2,57 ab
E206	77,1 a	2,6 c	84,8 b	87,4 a	28,8 a	3,55 a	3,21 a
E933	73,2 a	3,89 a	87,8 b	83,5 a	23,7 b	3,51 a	2,48 ab
F152	80,5 a	3,38 b	83,1 b	83,7 a	26,2 b	3,49 a	3,18 a
F154	76,6 a	3,53 ab	73,7 b	76,1 b	30,2 a	2,84 a	2,23 b
Botra	81,0 a	3,17 b	138,1 a	4,9 c	19,8 c	0,11 b	0,24 c

♥ E 206 et F 133 ont de bons rendements grâce à des pourcentages de stérilité faibles et des PMG forts (poids de 1000 grains : E 206 : 28.8 g et F 133 : 29,6 g) malgré un nombre de panicules par plante plus faible (particulièrement pour E 206)

♥ F 152 a un pourcentage de grains pleins élevé qui influe beaucoup sur le rendement

♥ E 933 a le nombre de panicules par plante maximum. Un rendement moyen est observé associé à un pourcentage de grains pleins élevé, mais un PMG faible.

♥ F 154 présente un rendement faible associé à un nombre de panicule par plante assez bon, un pourcentage de grains pleins assez élevés, ainsi qu'un bon remplissage des grains, mais présentant le nombre de grains par panicule le plus faible

♥ *Botramaitso* a le nombre d'épillets par panicule maximum, mais il n'y a pas de répercussions sur le rendement à cause de la forte stérilité et aussi le mauvais remplissage des grains. En effet, son cycle végétatif et reproductif trop long ne permet pas le remplissage et la maturation complète des grains sur ce site.

b- Site d'Ibity

Variétés	Nombre plantes/ m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre épillets/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	RDT placette (t/ha)	RDT parcelle (t/ha)
E933	79,2 ab	3,48 a	82,0 b	89,3 a	23,4 c	3,50 a	2,55 a
F152	77,1 ab	3,20 a	73,1 b	85,1 ab	27,0 b	2,91 a	3,16 a
F154	77,6 ab	3,10 a	75,5 b	79,2 c	28,8 ab	2,88 a	2,33 a
Botra	83,3 a	2,58 b	96,1 a	80,8 bc	24,4 c	2,76 a	1,98 a
E206	67,4 b	2,15 b	81,9 b	91,1 a	29,2 a	2,69 a	2,11 a
F133	74,2 ab	2,58 b	72,4 b	86,0 ab	27,2 b	2,27 a	2,05 a

Il est difficile de classer les variétés sur ce site car les rendements sur placette ne montrent pas de différence significative.

♥ *Botramaitso* : le nombre de plantes au mètre carré élevé et le climat assez chaud à Ibity, plus son nombre d'épillets par panicule qui est toujours le maximum, ces trois composants ont joué dans l'augmentation de son rendement pour atteindre la gamme de rendement des autres variétés.

♥ F 152, avec le nombre de panicules par plante élevé et les autres composantes du rendement assez bons, possède encore un rendement similaire à celui des autres variétés.

♥ E 933, malgré son poids de 1000 grains très faible, arrive quand même à maintenir le rendement avec un nombre de panicules par plante et un pourcentage de grains pleins élevés.

♥ F 154 a un nombre de panicules par plante élevé. Avec le pourcentage de grains pleins le plus médiocre et les autres composantes du rendement moyennes, son rendement reste encore dans la gamme.

♥ E 206 fait moins de panicules. Elle a par contre, le pourcentage de grains pleins ainsi que le poids de 1000 grains les plus hauts. Ce qui joue énormément dans la constitution du rendement et de la matière sèche à la récolte.

♥ F 133 possède des composantes du rendement assez moyennes, d'où son rendement.

c- Site d'Ivory

Variétés	Nombre plantes/ m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre épillets/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	RDT placette (t/ha)	RDT parcelle (t/ha)
E206	88,0 a	1,82 a	87,9 a	89,5 a	30,6 a	3,45 a	2,24 a
F154	99,5 a	2,27 a	64,4 a	86,9 a	32,0 a	3,22 a	2,08 a
F152	105,2 a	2,42 a	62,1 a	84,2 a	26,7 b	2,35 a	1,43 a
E933	101,0 a	2,63 a	78,1 a	84,3 a	24,3 c	2,93 a	2,09 a
F133	92,2 a	1,79 a	64,6 a	89,0 a	30,4 a	2,27 a	1,43 a

Il n'y a de différence significative que pour le poids de 1000 grains. Les conditions plus chaudes ont permis l'expression des potentiels (valeurs de PMG les plus élevées). E 206, F 154 et F 133 ont les valeurs maximales et E 933 la valeur minimale. Le rendement est uniforme aussi.

d- Site de Soanindrarinny

Variétés	Nombre plantes/ m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre épillets/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	RDT placette (t/ha)
F133	157,0 a	1,82 bc	64,4 a	71,0 a	27,3 a	1,76 a
E206	180,5 a	1,29 c	60,9 a	73,8 a	26,4 a	1,61 a
F152	146,1 a	2,41 ab	63,7 a	69,4 a	25,3 a	1,51 a
E933	144,5 a	2,7 a	69,5 a	64,4 a	20,9 b	1,30 a
F154	141,4 a	2,3 ab	70,9 a	51,3 b	27,8 a	1,14 a

Du fait de l'altitude et par conséquent du froid, *Botramaitso* avec son cycle très long, ne peut pas être cultivée dans le site de Soanindrarinny.

♥ F 133, E 206 et F 152 ont des pourcentages de grains pleins et des poids de 1000 grains élevés. D'où leurs rendements supérieurs sur ce site.

♥ Par contre, E 933, avec un nombre de panicules par plante maximum et aussi un pourcentage de grains pleins élevé arrive à rester dans la gamme des rendements des autres variétés et cela malgré son poids de 1000 grains le plus faible.

♥ Pour F 154, une assez bonne valeur du nombre de panicules par plante en dépit du pourcentage de grains pleins le plus bas, et avec un poids de 1000 grains élevé, son rendement est toujours dans la gamme. Ce qui fait qu'il n'y a pas de différence significative au sein du rendement entre les variétés.

Tableau N° 14 : Contribution des composantes au rendement placette pour chaque variété (rendement moyen sur 4 sites sauf pour *Botramaitso* 2 sites).

Analyse par régression linéaire, les composantes gardées dans le modèle sont significatives au seuil de 15 %.

Variétés R ² partiel	Nombre épilletts/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	Nombre panicules/ plante	Nombre plantes/ m ²	R ² du modèle
Botra	0,0136	0,9180			0,0369	0,9685
F152	0,8250		0,0763			0,9013
E206	0,7666	0,0353		0,1044	0,0409	0,9472
F133	0,6797			0,1326	0,0913	0,9035
E933	0,5583	0,1013		0,1099	0,1510	0,9205
F154	0,3987	0,0603	0,2800	0,0684	0,1324	0,9398

Le tableau N° 14 présente la contribution des composantes au rendement pour chaque variété :

♥ Pour *Botramaitso*, la variabilité du pourcentage de grains pleins explique plus de 90% de la variabilité du rendement.

♥ Pour F 152 et E 206, c'est le nombre d'épillets par panicule qui conditionne principalement la valeur du rendement.

♥ Pour F 133, E 933 et F 154, c'est toujours ce nombre d'épillets par panicule qui participe majoritairement dans l'augmentation du rendement, associé en plus au :

- nombre de panicules par plante pour F 133 ;

- nombre de plantes au m² pour E 933 ;

- poids de 1000 grains associé au nombre de plantes au m² pour F 154 ;

ces trois composantes jouent des rôles non négligeables dans la constitution du rendement.

IV.1.3.2. Effet du mode de gestion du sol sur les composantes du rendement

Le tableau N° 15 présente les effets des modes de gestion sur les composantes du rendement :

♥ Pour F 133 et F 154, le nombre de panicules par plante est plus élevé en SCV qu'en Labour. Mais on n'a pas de différence significative entre mode de gestion du sol en ce qui concerne le rendement.

♥ F 152 présente un nombre de panicules par plante et un nombre d'épillets par panicule plus élevés en SCV. Ces différences ont des conséquences sur le rendement. En effet, le rendement est nettement meilleur pour cette variété sur SCV.

♥ E 933 a un pourcentage de grains pleins supérieur sur labour par rapport au SCV. Cependant, il n'y a pas de répercussions positives sur la valeur du rendement.

♥ E 206 possède un nombre d'épillets par panicule élevé en SCV et par la suite un rendement supérieur en SCV par rapport à celui obtenu en Labour. *Botramaitso* a aussi un nombre d'épillets par panicule élevé en SCV mais l'analyse des rendements entre mode de

gestion du sol même si en SCV, il paraît être supérieur, ne montre pas de différence significative.

Tableau N° 15 : Effet du mode de gestion du sol sur les composantes du rendement (moyenne sur 3 sites : Andranomanelatra, Ibity et Ivory, sauf pour *Botramaitso* 2 sites).

* Entre modes de gestion du sol par prélèvement, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variétés	Modes de gestion du sol	Nombre plantes/ m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre épillets/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	RDT placette (t/ha)
F133	SCV	76,7 a	2,80 a	80,2 a	87,4 a	29,3 a	3,15 a
	Labour	77,5 a	2,42 b	73,9 a	87,5 a	28,3 a	2,53 a
F154	SCV	79,8 a	3,39 a	76,4 a	81,1 a	30,4 a	3,33 a
	Labour	83,3 a	2,83 b	68,7 a	77,9 a	29,6 a	2,53 a
F152	SCV	80,6 a	3,43 a	83,2 a	84,4 a	27,2 a	3,63 a
	Labour	87,5 a	2,80 b	66,6 b	84,3 a	26,0 a	2,43 b
E933	SCV	78,5 a	3,57 a	85,7 a	84,2 b	23,5 a	3,45 a
	Labour	83,7 a	3,38 a	81,3 a	87,7 a	23,9 a	3,32 a
E206	SCV	77,3 a	2,35 a	90,8 a	89,8 a	29,5 a	3,77 a
	Labour	73,5 a	2,17 a	77,7 b	88,8 a	29,5 a	2,60 b
Botra	SCV	82,0 a	3,03 a	127,5 a	42,5 a	21,5 a	1,54 a
	Labour	82,3 a	2,71 a	106,7 b	43,2 a	22,6 a	1,32 a

IV.1.3.3. Analyse de l'interaction site x variété

Tableau N° 16 : Composantes du rendement et rendement moyen (poids grains sur 8 poquets) observés sur chaque site.

* Entre sites les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Sites	Nombre plantes/ m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre épillets/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	RDT placette (t/ha)
Andranomanelatra	76,8 c*	3,27 a	92,6 a	70,6 b	26,4 b	2,86 a
Ibity	76,5 c	2,85 b	80,2 b	85,3 a	26,6 b	2,83 a
Ivory	97,2 b	2,19 c	71,4 c	86,8 a	29,0 a	2,85 a
Soanindrariny	153,9 a	2,10 c	65,9 c	66,0 c	25,5 b	1,46 b

Le tableau N° 16 présente les composantes du rendement par site toutes variétés confondus :

♥ Le rendement par placette le plus faible est celui de Soanindrariny ; même si on remarque que le nombre de plantes par m² est maximum. Dans les trois autres sites, il n'y a pas de différence significative. Ce site présente les conditions les plus froides et également les taux de stérilité les plus élevés.

♥ A Andranomanelatra, on observe un assez faible nombre de plantes au m², et des nombres de panicules par plante et d'épillets par panicule très élevés. Il est possible que ces

observations soient en partie liées : d'après une autre étude (RAKOTOSON Laingo, 2003), une réduction de la densité des plantes par m² entraîne une augmentation du nombre de panicules par plante, et de grains par panicules.

♥ A Ibity qui a aussi un nombre de plante au m² très bas, possède quand même un rendement élevé grâce au pourcentage de grains pleins supérieurs.

♥ A Ivory, beaucoup de grains fertiles et en outre des grains très bien remplis (associé en partie aux températures les plus élevées) jouent en faveur du rendement même si les quantités de panicules par plante et le nombre d'épillets par panicule sont médiocres.

Tableau N° 17 : Composantes du rendement et rendement moyen (poids grains sur 8 poquets) observés par variété (moyenne sur 4 sites sauf pour *Botramaitso* 2 sites).

*Entre variétés les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Variétés	Nombre plantes/ m ²	Nombre panicules/ plante	Nombre épillets/ panicule	% grains pleins	Poids 1000 grains	RDT placette (t/ha)
E933	91,7 ab	3,35 a	81,2 b	82,4 b	23,2 c	3,04 a
E206	92,9 ab	2,1 d	80,4 b	86,7 a	29,0 a	2,92 a
F152	94,4 a	3,00 b	73,1 b	81,9 b	26,4 b	2,77 a
F133	90,4 ab	2,48 c	75,0 b	84,7 ab	28,5 a	2,66 a
F154	91,5 ab	2,97 b	72,3 b	74,8 c	29,7 a	2,63 a
Botra	82,2 b	2,87 b	117,1 a	42,8 d	22,1 c	1,43 b

Le tableau N° 17 présente les composantes du rendement par variété tous sites confondus :

♥ Au point de vue rendement, *Botramaitso* présente une différence significative par rapport aux autres variétés. Elle a un très faible pourcentage de grains pleins et un mauvais remplissage des grains. Par contre, son nombre d'épillets par panicule est le plus élevé.

♥ E 933 avec un assez bon nombre de plantes au m² associé à un nombre de panicules par plante maximum et en dépit d'un poids de 1000 grains très faible, elle arrive à avoir un très bon rendement.

♥ Les composantes qui participent les plus à la constitution du rendement de E 206 sont le pourcentage de grains pleins qui est le plus élevé, et un PMG élevé. Mais un très faible nombre de panicules par plante limite cette valeur du rendement de E 206.

♥ Pour F 152, le rendement est assuré par un nombre de plantes au m² plus élevé et les autres composantes moyennes.

♥ Pour F 133, le PMG est élevé. Le nombre de plantes au m² et le pourcentage de grains pleins sont moyens. Ce qui nous a permis d'obtenir avec F 133, un rendement parmi les meilleurs malgré son nombre de panicules par plante assez faible.

♥ Pour F 154, le pourcentage de grains pleins est assez faible. Un nombre de plantes au m² moyen associé à un poids de 1000 grains élevé, lui permettent de maintenir un rendement dans la gamme des meilleurs.

Figure N° 9 : Comportement moyen des variétés en fonction des 4 sites.

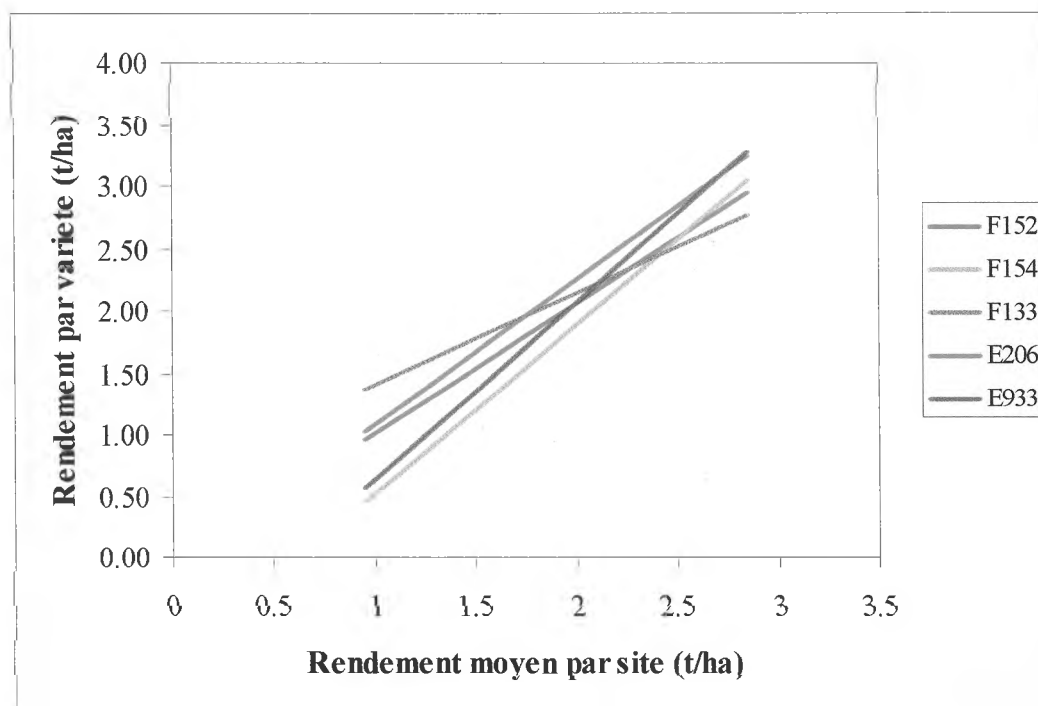


Tableau N° 18 : Régression linéaire entre les rendements moyens par variété et ceux par site.

Variétés	Coefficient	R ²
F133	0,73	0,37
F152	1,04	0,72
E206	1,17	0,81
F154	1,36	0,96
E933	1,42	0,89

Le comportement multilocal des variétés est illustré dans la figure N° 9, les paramètres des régressions linéaires issues de la figure 6 sont donnés dans le tableau N° 18.

- ♥ En moyenne F 133 présente le meilleur rendement en conditions la plus défavorable, mais en meilleure condition sa progression en productivité est la plus faible (coefficient de la pente 0,73). Elle est donc très rustique mais ne donnera pas de réponse favorable à l'intensification.
- ♥ E 206 et F 152 ont des droites de régression ayant à peu près les mêmes allures. Cependant E 206 mise en bonnes conditions pédoclimatiques va augmenter beaucoup plus son rendement que F 152. Cette dernière est d'ailleurs très sensible à la piriculariose.
- ♥ F 154 et E 933 s'adaptent très mal aux conditions médiocres du milieu. Par contre en conditions adéquates, elles produisent beaucoup. En effet, E 933, dépasse les rendements de toutes les autres variétés dans de bonnes conditions, tandis que F 154 dans les mêmes conditions favorables que E 933, possède un rendement plus bas que cette dernière malgré une progression similaire.

IV.2. Synthèse, critique et perspectives

IV.2.1. Synthèse des résultats: définition des critères d'adaptation des variétés

Il est possible de réaliser un classement des variétés selon 3 groupes :

- les variétés dites « rustiques » comme E206, F133 qui sont caractérisées par un faible taux de stérilité et un PMG élevé. Ces variétés sont à cultiver en début d'installation du SCV pour assurer la production.
- les variétés dites « productives » cas de F154, F152 et E933, qui sont caractérisées par un tallage plus élevé. Ces variétés permettraient de valoriser l'amélioration des propriétés et de la fertilité des sols, après culture de plusieurs années en SCV, (cas d'Ibity, sols les plus pauvres). Mais il faut souligner que F154 et F152 présentent une sensibilité à la pyriculariose, et que E933 possède de petits grains et est assez tardive.
- Une variété compétitive par rapport aux adventices : Botramaitso, caractérisée par un fort développement foliaire, associé à une surface foliaire et un SLA élevés, et un phyllochrone faible.

La variété la plus intéressante est E206 : elle est assez rustique mais présente aussi une bonne productivité en bonne condition. Il faudra vérifier son comportement en forte densité, en rapport avec son faible tallage.

IV.2.2. Critique et perspectives

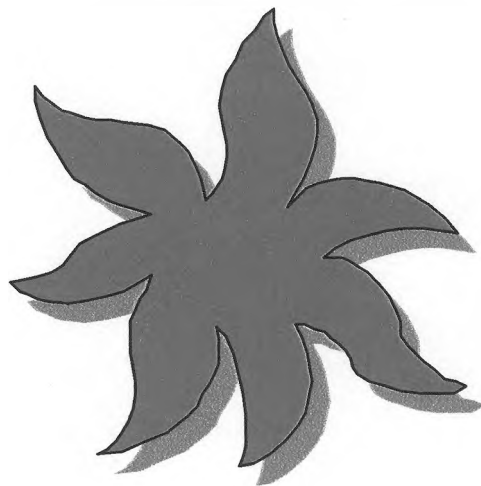
Les résultats obtenus ne sont valables que pour les conditions environnementales subies cette campagne, pour les valider il sera nécessaire de répéter dans le temps ses mesures.

La poursuite de ces mesures nécessitera l'intégration des conditions de culture, dans l'analyse des comportements variétaux : effets des systèmes de culture sur les propriétés du sol, bilans hydriques et de l'azote des différents systèmes.

En effet, nous manquons cette année de données sur les conditions de culture permettant d'expliquer les différences entre traitements (SCV – Labour) mais également entre sites.

Un des aspects intéressant à développer permettant de mieux comprendre les différents comportements variétaux serait l'étude du système racinaire (qui conditionne l'accès aux ressources du sol).

Conclusion



Conclusion

Cette étude intitulée « **influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire cultural sur la phase végétative et l'élaboration du rendement de variétés de riz pluvial d'altitude : recherche d'adaptations spécifiques** » fait ressortir plusieurs points essentiels :

1. Au point de vue variétale, nous avons pu sortir beaucoup de données chiffrées sur les caractéristiques écophysologiques (multilocales) et les comportements selon le mode de gestion du sol, des variétés jugées intéressantes (les Fofifa 133, 152 et 154 ainsi que les variétés expérimentales: E 206 et E 933) de riz pluvial. La variété la plus intéressante est E 206 : assez rustique mais aussi bonne productivité en bonne condition, à voir son comportement en forte densité (car taille peu, donc pas trop de compétition entre talles). Cependant la **variété idéale intéressant le sélectionneur** dépend non seulement de ces critères d'adaptation mais aussi il faut chercher le compromis entre ces critères d'adaptation et les autres critères suivants :

- d'abord, les critères de choix pour les paysans (*rendement {paille, grains petits mais nombreux par rapport aux gros grains}, longueur du cycle et moins de travaux*) ; cas E 933, bon rendement (en paille et grains) et grains petits mais ne valorise pas l'augmentation du tallage, et surtout, elle est assez tardive ;
- ensuite, les critères de choix pour les consommateurs (*le riz pluvial est très apprécié par les consommateurs {tandis que les gens préfèrent le riz de Faratsiho avant le riz pluvial sur tanety}*) ;
- et enfin, les critères de choix pour les industriels et les éleveurs (*les paddy provenant du riz pluvial sont plus difficiles à décortiquer à cause de la nature et de la dureté des glumes et des glumelles; et donnent après usinage des sons de riz fortes en majorité qui ne sont pas intéressants pour l'éleveur*).

2. Au point de vue gestion du sol, les techniques de Semis direct sur Couvertures Végétales répondent parfaitement au défi de demain pour Madagascar et ensuite pour l'humanité qui n'est plus de pleurer sur la dégradation des sols de la planète, mais bien de récupérer (au moindre coût), les sols acides de basse fertilité comme les *tanety* ou les espaces, et sols agricoles dégradés par l'homme qui feront bien besoin pour nourrir l'humanité de demain. Il faut se presser pour adapter et vulgariser ces techniques en priorité dans les régions tropicales et par la suite dans le monde. La recherche intervient dans l'adaptation des variétés tout en pensant au perfectionnement des systèmes de rizicultures sur *tanety* durables et préservateurs du milieu physique en Semis direct sur Couvertures Végétales mortes dans diverses conditions très contrastées de milieux physiques et socioéconomiques du Vakinankaratra et par extension de Madagascar. Nos études ont montré l'intérêt des variétés F133 et E206 pour la résistance au froid (faible stérilité). La couverture permanente du sol par des pailles confirme l'intérêt des techniques de gestion agrobiologiques des sols pour maintenir, restaurer la fertilité des sols. L'autre avantage plus particulier pour le riz pluvial est le maintien de l'humidité du sol sous couverture morte, qui permet de mieux résister aux stress hydrique, plus spécialement en fin de saison, avec de plus, un effet tampon sur température qui diminue l'impact du froid de fin de cycle, facteur important de stérilité des grains.

3. L'expansion de la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar permettra d'assurer les besoins en riz des grandes villes et des agglomérations périphériques. Si, malheureusement, cette assertion est encore difficile à chiffrer, nous pouvons affirmer que cette tendance, qui peut certes connaître des fluctuations, n'est pas prête de s'arrêter. En effet, si elle est actuellement basée sur le succès des dernières variétés vulgarisées par le PRA, avec les nouvelles variétés et le développement des techniques de gestion agrobiologique du sol, aidant à sécuriser la production de cette spéculation, elles permettront son extension durable par la suite. En effet, la Matière Organique (M.O.) en couverture, base des techniques de gestion agrobiologique du sol, constitue un facteur important dans l'accroissement des rendements du riz pluvial sur *tanety*. Au moins, une meilleure gestion des résidus de récolte (lutte contre les mauvaises herbes et injection de M.O.) pourrait alors constituer l'amorce d'un système de riziculture pluvial sur *tanety* viable et durable moyennant une rotation avec des légumineuses, cas du SCV.

Compte tenu de l'ensemble de ces observations, nous pensons pouvoir déclarer que grâce aux travaux concomitants du PRA, de l'ONG TAFa et dans l'avenir du PCP – SCRID, la riziculture pluviale d'altitude est désormais un élément constitutif incontournable de l'agriculture des Hautes Terres malagasy. Cependant, il est encore nécessaire de continuer la recherche variétale pour parfaire la mise au point de variétés vraiment tolérantes à la Piriculariose pour ne pas risquer un grave accident de production par la suite, d'autant plus que la production de riz pluvial pourrait alors avoir atteint un niveau économique important.



BIBLIOGRAPHIE

1. **BIJAY S. YADVINDER S. Chlorophyl Meter – and Leaf Color Chart – Based Nitrogen Management for Rice and Wheat in Northwestern India.** In: *Agronomy Journal*, Vol. 94, 2002. p. 821 – 828.
2. **CHABANNE André. Rapport de campagne 1995 – 1996.** CIRAD/FOFIFA, Antsirabe, Madagascar. 80p.
3. **CHABANNE A, A. AMARI. Relations plante – environnement et conséquences sur la gestion des cultures. Application à la mise en place du riz pluvial d'altitude.** 1995. 55p.
4. **CHABANNE A., RAZAKAMIARAMANANA. La climatologie d'altitude à Madagascar ; p.55- 62. Comportement multilocal et pluriannuel des nouvelles variétés de riz pluvial d'altitude à Madagascar ; p.63-69.** In : **POISSON, RAKOTOARISOA J.**, 1997. *Riziculture d'altitude, Actes du séminaire riziculture d'altitude, 29 mars – 05 avril 1996, Antananarivo Madagascar, Colloques, CIRAD-CA, Montpellier, France, 272 p.*
5. **CHABANNE A., RAZAKAMIARAMANANA. Le développement de la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar.** In: *Atelier état des lieux de la filière riz. 22-27 avril 1996. Mantasoa, Madagascar. 45p.*
6. **CIRAD- CA ; AGRONORTE; 1998 .Semis direct du riz pluvial de haute technologie Principes de base – systèmes ; 39 p.**
7. **DZIDO, JL. & RAZAKAMIARAMANANA. Programme riz d'altitude Madagascar, compte rendu technique campagne. 1998/1999. 35 p.**
8. **DZIDO, JL. Programme riz d'altitude Madagascar, compte rendu technique campagne. 1997/1998**
9. **FOFIFA. Fiche technique (en malagasy) du riz pluvial pour les zones d'altitudes.**
10. **François RASOLO, Michel RAUNET. Colloques CIRAD : Gestion agrobiologiques des sols et des systèmes de culture. Actes de l'atelier international (ANAE, CIRAD, FAFIALA, FIFAMANOR, FOFIFA, TAFI); 23 – 28 mars 1998 Antsirabe, Madagascar. 300p.**

11. GALTIER A. & GUIMERA P. 2000. **Diffusion de la riziculture d'altitude et ses perspectives dans la région du Vakinankaratra, Madagascar.** Rapport ESITPA-PRA FOFIFA-CIRAD. 44 p. + annexes.
12. HUBERT P. **Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale, Tome I.** 1992. 98p.
13. IRRI (International Rice Research Institute). **Proceedings of the symposium on climate and rice, 1976.** 565p.
14. JACQUOT M. & COURTOIS B. **Le riz pluvial,** 1988. Maisonneuve & La rose, collection dirigé par René COSTE (Ingénieur d'agronomie tropicale, président de l'IRCC).
15. James R. KINIRY, Gary MCCAULEY, Yun XIE, and Jeffrey G. ARNOLD. **Rice parameters describing crop performance of four U.S. cultivars ;** 2001 *Agronomy Journal*, Vol.93, Nov. – Déc. 2001, Pages 1354 - 1361
16. Jean Chrysostome RAKOTONDRAVELO. **Cours de physiologie végétale appliquée à l'Agriculture.** 2000. 35p.
17. KWANCHAI et A. GOMEZ. **Technique pour des expérimentations au champ sur le riz.** International Rice Research Institute Los Banos, Laguna, Philippines, 1972. 100p.
18. L. SEGUY. **Systèmes de culture durables en semis direct et avec minimum d'intrants, protecteurs de l'environnement – Création diffusion de ces systèmes, en petit paysannat, dans différentes régions écologiques de Madagascar.** CIRAD-CA/GEC Brésil. 2000. 110 p.
19. Lucien SEGUY, S. BOUZINAC. **La construction d'une agriculture durable, lucrative, adaptée aux contraintes pédoclimatiques de la zone tropicale humide.** 2001. 65p.
20. L. SEGUY, S. BOUZINAC. **Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en semis direct.** CIRAD-CA/GEC. ; 1999. 43 p.
21. L. SEGUY, S. BOUZINAC, CIRAD-CA/GEC . **Systèmes de culture durables en semis direct, construits sur les successions annuelles : grains + pâturages et sur les successions à base de riz pluvial et soja Ecologies des forêts et savanes humides (cerrados) du centre Nord du Mato Grosso Ouest Brésil.** Programme APAFP Montpellier. ; 1997. 73 p.
22. L. SEGUY, S. BOUZINAC, A. C. MARONEZZI. **Un article de semis direct Systèmes de culture et dynamique de la matière organique.** CIRAD-CA, AGRONORTE DESQUISAS, GROUPE MAEDA, ONG TAFE, FOFIFA, ANAE ; 1999. 59 p.
23. M.A. ARRAUDEAU et B.S. VERGARA. **Manuel illustré de riziculture pluviale.** 1992. 120p.
24. CIRAD – GRET ; Ministère des Affaires étrangères. **Memento de l'Agronome. Quatrième édition. Collection « techniques rurales en Afrique »** p. 222 – 252. Et Memento de l'Agronome ; dernière édition p. 411- 747 (Agriculture Générale) et p. 799 – 809 (Le Riz).

25. MOREAU D. **L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic**. Paris, France, Groupe de recherche et d'échanges technologiques. 1987.126 p.
26. RANDRIANJAFINIMARO H. **Etude de filière riz dans le Vakinankaratra, Antsirabe**, Equipe Recherche-développement, FOFIFA-PPI-ODR2. 1993. 55p.
27. RASABOTSY Narcisse. **Pour l'intensification du riz pluvial dans la région de Mandoto**. Mémoire EESSA – Agriculture. 1974. 86 p.
28. René RABEZANDRINA (Docteur - ingénieur, Consultant international). **Manuel d'Agriculture générale malagasy** ; 2002. 119p.
29. S. K. DE DATTA, K. A. GOMEZ, R. W. HERDT, R. BARKER. **A handbook on the methodology for an integrated experiment – survey on rice yield constraints** ; 1978. 60p.
30. SUWEON. **Report of a rice cold tolerance workshop, international rice research institute**. Korea, 1979. 45p.
31. YOSHIDA S. **Fundamentals of rice crop science, the international rice research institute** ; 1981. 270p.
32. World Meteorological Organization and the International Rice Research institute. **Proceedings of a symposium on the agrométéorology of rice crop**, 1980. 254p.
33. Dictionnaires - (ANGLADETTE A. **Le riz, techniques agricoles et productions tropicales**) - Atlas CIRAGRI, 1996 - Base de données de l'Etat INSTAT, et du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. Antananarivo Madagascar - Base de donnée SRAT Vakinankaratra, 2000. Antsirabe Madagascar.



1. A.Champs sur lesquels une recherche doit être possible

... la saison de **riz pluvial** comprend le vary asara (dans les rizières avec parfois une irrigation d'appoint) et le **riz** de tanety (sur les collines). ...

microfinancement.cirad.fr/fr/syntheses/docs/AECA_final-01.htm - 7k - 15 août 2003 - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

2. Riziculture pratique. Vol. 2 - Riz pluvial

Riziculture pratique. Vol. 2 - **Riz pluvial** français Jean-Paul Dobelmann. Depuis dix ans, la consommation de **riz** tend à devenir ...

www.cilf.org/pub/26-agro.fr.html - 6k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

3. Untitled Document

... FOFIFA 155 et 156. Par contre, le **riz pluvial** n'existait pratiquement pas au-dessus de 1400 m d'altitude. Poussés par le manque ...

www.refer.mg/rec/fofifa/resume7.htm - 8k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)
[[Autres résultats, domaine www.refer.mg](#)]

4. accueil

... Fiches techniques). - **Riz pluvial** : Adaptés aux zones d'altitude : FOFIFA 152 - 154 - 133 Région d'Alaotra : Fotsiambo (B22) - ...

www.asareca.org/NARIs/fofifa/res_prin.htm - 27k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

5. Institut de recherche agronomique de Guinée (IRAG)

... Détermination des précédents culturaux du **riz pluvial** pour le maintien de la fertilité et la maîtrise des mauvaises herbes sur jachères courtes (2-4 ans ...

www.agricta.org/partners/irag/sduspbriez.html - 9k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

6. Gestion agrobiologique des sols ferrallitiques en régions ...

... très diversifiés en semis direct, adaptés aux zones tropicales chaudes, en particulier pour des cultures réputées difficiles comme le **riz pluvial** et le ...

www.cirad.org.br/projets/301fr.html - 9k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

7. Cirad - Programme cultures alimentaires

... Amélioration variétale du **riz pluvial** pour les zones d'altitude à Madagascar ;; Protection intégrée du **riz pluvial** à Madagascar ...

www.cirad.fr/presentation/programmes/cult-alim/accr.shtml - 6k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

8. Nouvelles publications du CITE

... Bon de commande. Conduite des champs de **riz pluvial** Chez les agriculteurs d'un village de République de Côte d'Ivoire (région Ouest) ...

www.cite.mg/paraisse_agridoc.htm - 19k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

9. Institut de recherche agronomique de Guinée (IRAG)

... à l'enherbement en culture pluviale et irriguée 1. Sélection de variétés de **riz pluvial** et irrigué à croissance initiale rapide 2. Introduction et ...

www.agricta.org/partners/irag/ksicvriz.html - 6k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

[[Autres résultats, domaine www.agricta.org](#)]

10. Oryza sativa. Le génome du riz, un sésame pour ceux des autres ...

... La variété à long grain Nipponbare appartient à la sous-espèce japonica (**riz pluvial** traditionnel ou "**riz de plateau**"), cultivée préférentiellement au ...

www.genoscope.cns.fr/externe/Francais/Projets/Projet_CC/organisme_CC.html - 43k - 14 août 2003 - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

11. [PDF] PROGRAMME DE RECHERCHE ET D'EXPERIMENTATION SUR RIZ PLUVIAL ...

Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - [Version HTML](#)

Mission Pagnutti 3-27 octobre 2001 ALLEGATO 1 PROGRAMME DE RECHERCHE ET D'EXPERIMENTATION

SUR RIZ PLUVIAL PRERP Cooperation Italienne /PNR-INERA Réseau ...

users.libero.it/nino.volpe/Resourcen/allegato_1.pdf - [Pages similaires](#)

[[Autres résultats, domaine users.libero.it](#)]

12. [PDF] MEP double 5 BAT

Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - [Version HTML](#)

... Les premiers hybrides de **riz pluvial** devraient être commercialisés dès 2004. ... Mère africaine vivant les pieds au sec... c'est un **riz pluvial** ! ...

www.cirad.fr/fr/web_savoir/curieux/brochures/riz/pdf/broriz5.pdf - [Pages similaires](#)

13. recherche agricole à Madagascar FOFIFA

... FOFIFA, Centre régional moyen est, **riz pluvial**, Génétique et amélioration des plantes. ... FOFIFA, Centre régional moyen ouest, **riz pluvial**, Défense des cultures. ...

www.refer.mg/madag_ct/rec/fofifa/riz.htm - 30k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

14. [PDF] Le contrôle de l'enherbement dans les systèmes de riz pluvial

Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - [Version HTML](#)

... financé par le ministère français des Affaires étrangères CNEARC agridoc Le contrôle de l'enherbement dans les systèmes de **riz pluvial** Région ouest de ...

www.agridoc.com/fichestechniques_gret/Agriculture%20durable/enherbement.pdf - [Pages similaires](#)

[[Autres résultats, domaine www.agridoc.com](#)]

15. [PDF] MEP double 3 BAT

Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - [Version HTML](#)

... de **riz inondé**. Lorsque son alimentation en eau est assurée seulement par la pluie, il s'agit de **riz pluvial**. On parle de **riz** ...

www.cirad.fr/fr/web_savoir/curieux/brochures/riz/pdf/broriz3.pdf - [Pages similaires](#)

[[Autres résultats, domaine www.cirad.fr](#)]

16. Infobrief's Table of Content

... Contexte. En Guinée, l'amélioration de la productivité du **riz pluvial** constitue un défi majeur pour les services nationaux de recherche agricole. ...

www.worldbank.org/afr/findings/infobfre/infobf35.htm - 15k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

17. Le Web de l'Humanité: CIRAD : la nouvelle bataille du riz - ...

... le CIRAD et l'Institut malgache de recherche agronomique (FOFIFA) ont travaillé ensemble pour créer de nouvelles variétés de **riz pluvial**, plus tolérantes ...

www.humanite.presse.fr/journal/2002-02-23/2002-02-23-29367 - 35k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

18. Le NERICA. un riz miracle?

... **Riz pluvial**, il n'a pas besoin d'irrigation, et peut se cultiver dans toute l'Afrique de l'Ouest, hors zone sahélienne." Il devrait arriver prochainement au ...

www.abcburkina.net/nerica.htm - 5k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

19. Publications de l'Agence intergouvernementale de la Francophonie

... 2 : **Riz pluvial** 1976, 144 p., ill. ... **Le riz pluvial** Michel Jacquot, Brigitte Courtois
Collection " Le technicien d'agriculture tropicale " 1983, 136 p., ill. ...

cifdi.francophonie.org/Agri2.cfm - 24k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

20. Une céréale stratégique

... personne. (Sénégal: Ile à Morfil) Photo: Alain Pinoges. Semis de **riz pluvial** sur défriche. (Liberia). Photo: Sean Sprague. Le ...

www.circ.ch/expos/riz/riz.html - 12k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

21. ccf cotonou : benin : cid : agriculture

... MANILLE ; MONTPELLIER IRRI ; IRAT-CIRAD 1992. CULTURE PLUVIALE ; RIZICULTURE ; RIZ PLUVIAL. AGRI 7 ARR. ... **Le riz pluvial**. PARIS MAISONNEUVE & LAROSE ; ACCT 1983. ...

www.bj.refer.org/benin_ct/tur/ccf/media/cata/agri7.htm - 12k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

22. Etudes socio-économiques

... Promotion de nouvelles variétés de **riz pluvial** en milieu paysan.
Objectif : Faire apprécier par les paysans la performance de ...

www.itra.tg.refer.org/ese1.html - 32k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

23. Réseau Riz

... Au Burkina, treize variétés de **riz pluvial** créées pour des systèmes de culture intensifiés se distinguent pour leur très bonne résistance à la ...

www.refer.sn/coraf/riz.htm - 5k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

24. Un riz « miracle » au secours des paysans pauvres d'Afrique

... **Riz pluvial**, il n'a pas besoin d'irrigation, et peut se cultiver dans toute l'Afrique de l'Ouest, hors zone sahélienne. Retour à la Une. ...

www.lnc.nc/webpress4/Articles/20010407/A7671.asp - 8k - [En cache](#) - [Pages similaires](#)

Moteur de recherche : [http\\www.Google.com](http://www.Google.com)

Mots clés : SPAD, Crotalaire, CIRAD, ...

ANNEXE N° 1 : Place du riz par rapport aux autres cultures

Place du riz (Première Partie Tableau N° 2 : Evolution de la superficie agricole et production de paddy) par rapport aux autres cultures selon l'INSTAT :

S : superficie en hectares ;

P : production en tonnes.

CULTURES VIVRIERES	S / P	1998	1999	2000	2001
Maïs	S	186 000	191 000	192 135	193 270
	P	155 000	170 720	169 800	179 550
Haricot	S	82 610	83 000	82 990	82 985
	P	72 000	73 765	74 050	75 050
Poids du Cap	S	4 470	4 550	4 570	4 590
	P	7 800	8 000	7 520	7 400
Manioc	S	360 000	351 600	351 730	351 985
	P	2 412 200	2 461 000	2 463 360	2 510 340
Patate douce	S	93 500	92 000	91 025	91 240
	P	511 000	522 200	512 640	525 130
Pomme de terre	S	49 000	49 000	49 205	49 410
	P	281 000	287 180	286 740	294 810

CULTURES INDUSTRIELLES	S / P	1998	1999	2000	2001
Canne à sucre	S	66 500	67 000	67 325	67 780
	P	2 180 000	2 180 000	2 188 630	2 208 450
Arachide	S	47 000	47 000	47 205	47 450
	P	33 973	34 500	35 034	35 240
Tabac	S	2 530	1 665	2 807	1 813
	P	1 071	1 559	2 204	1 393
Coton	S	33 792	35 189	28 553	28 345
	P	38 600	34 600	27 434	26 518

CULTURES D'EXPORTATION	S / P	1998	1999	2000	2001
Café	S	193 000	193 070	193 200	193 355
	P	60 000	65 000	58 080	64 530
Poivre	S	4 200	4 060	4 020	4 000
	P	1 700	1 595	1 570	1 595
Girofle	S	80 090	80 300	79 930	79 570
	P	13 480	12 460	11 790	11 830
Vanille (verte)	S	25 400	25 500	25 620	25 750
	P	5 000	5 410	4 390	4 555
Sisal (en fibre)	S	14 200	14 250	14 300	14 350
	P	18 000	17 015	17 075	17 130
Cacao (en fève)	S	4 650	4 655	4 670	4 070
	P	4 300	4 315	4 395	4 410
Thé	S	241	241	241	241
	P	334	415	490	441

ANNEXE N° 2 : Les préférences alimentaires et les quantités d'aliments consommés par milieu (1999)

En termes quantitatifs, les Malagasy mangent en moyenne un peu plus de 110 kg de riz par personne par an, 35 kg de manioc, 15 kg d'autres tubercules et viandes et 10 kg de maïs.

Les préférences alimentaires, c'est à dire structure de la consommation différente sont présentées dans le tableau suivant:

(Valeurs en kg / tête / an)

	Tana.	Fianar.	Toam.	Maj.	Tul.	Ants.
Riz	118,1	104,6	129,2	140,0	59,4	143,8

(Source : INSTAT ; Enquête prioritaire ; 1999).

Et les quantités d'aliments consommés par milieu selon l'INSTAT (1999) sont dans ce tableau :

(Valeurs en kg / tête / an)

DESIGNATIONS	National	Rural	Urbain
Riz	113,5	115,6	106,7
Maïs	11,5	12,4	104,7
Manioc	36,5	41,3	8,4
Autres tubercules	15,4	15,2	20,4
Légumineuses	6,0	5,4	15,9
Fruits	11,3	8,2	7,9
Légumes	9,4	6,2	21,9
Viande & poisson	13,8	11,6	20,3
Laits & œufs	8,6	3,9	21,5
Huiles alimentaires	2,0	1,5	24,7
Sucre	5,9	5,7	3,6
Pain	2,8	1,3	6,9
Boisson & tabac	2,3	1,8	7,7
Autres aliments	62,3	39,6	3,9

Les groupes les plus pauvres mangent moins de riz que les riches.

Consommation (valeurs en kg / tête / an) :

- Grands cultivateurs : 125
- Petits cultivateurs : 115
- Ouvriers non qualifiés : 100
- Commerçants, cadres, ouvriers salariés : 2 fois plus de fruits, légumes viande, lait, boisson.

ANNEXE N° 3

Renseignements climatologiques

06-août-03

Moyennes des précipitations mensuelles à Antsirabe

(en mm et 1/10)

Période: 1961 - 1990

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nove	Déce
Pluies	251,7	218,8	188,1	82	27,4	11,1	15,2	14,4	19,5	88,2	179	235,2
Nb de jours	20	18	18	13	6	5	5	4	4	11	17	22

Moyennes des températures mensuelles à Antsirabe

(en °C et 1/10)

Période: 1961 - 1990

Puies annuelles:
1330,6

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nove	Déce
T° min	14	14,1	13,2	11,5	8	5,6	5,4	5,6	6,7	9,6	11,8	13,5
T° max	24,9	25	24,4	23,9	22,1	20,1	20	21	23,9	25,4	25,2	25
Moyennes	19,5	19,6	18,8	17,7	15	12,9	12,7	13,3	15,3	17,5	18,5	19,2
T° min abs	6,4	8,3	5,3	2,8	0	0	-1	-0,5	0,1	-0,4	5	6,6
T° max abs	29	28,9	28,3	28,3	27,6	24,9	25,4	28,1	30	30,8	30	30,5

Tableau pour le diagramme ombrothermique de GAUSSEN

(T° en °C et 1/10)

(P° en mm et 1/10)

Période: 1961 - 1990

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nove	Déce
Courbe thermique	19,50	19,60	18,80	17,70	15,00	12,90	12,70	13,30	15,30	17,50	18,50	19,20
Courbe ombrique	251,70	218,80	188,10	82,00	27,40	11,10	15,20	14,40	19,50	88,20	179,00	235,20

ANNEXE N° 4 :

**Cartes géologique et rapport des *tanety* cultivables sur les *tanety*
cultivés du Vakinankaratra**

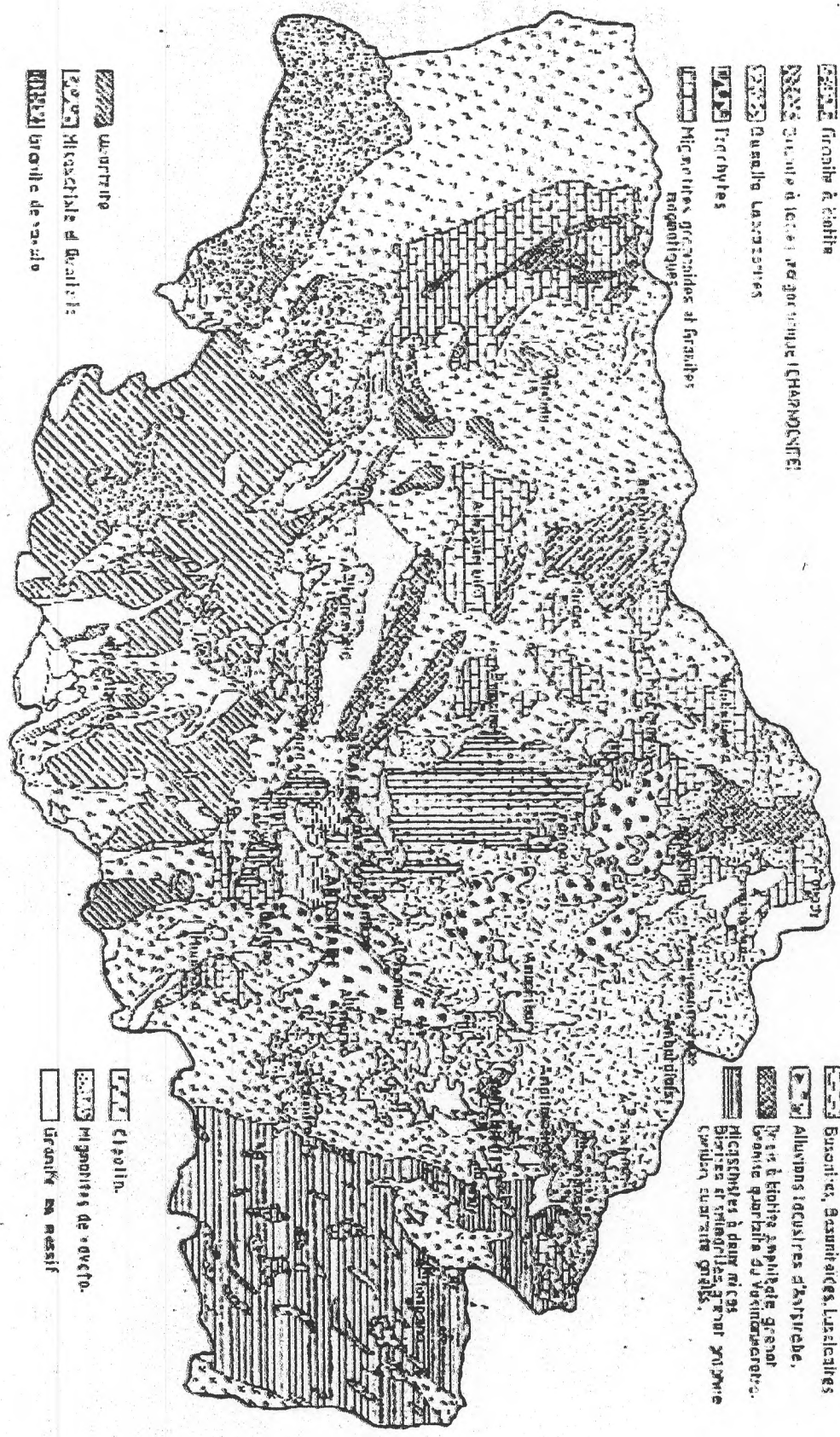
Légendes

- Magnésiens
- Francs à l'Est
- Sables à l'Est de la gorge de Chamoussier
- Grès de la gorge de Chamoussier
- Tectonites
- Microrites géométriques et fractales géométriques

- Quartzite
- Micaschiste et Gneiss
- Gneiss à l'Est de Chamoussier

ODR ANTISIRABE
CARTE GÉOLOGIQUE

ÉCHELLE 1:50 000



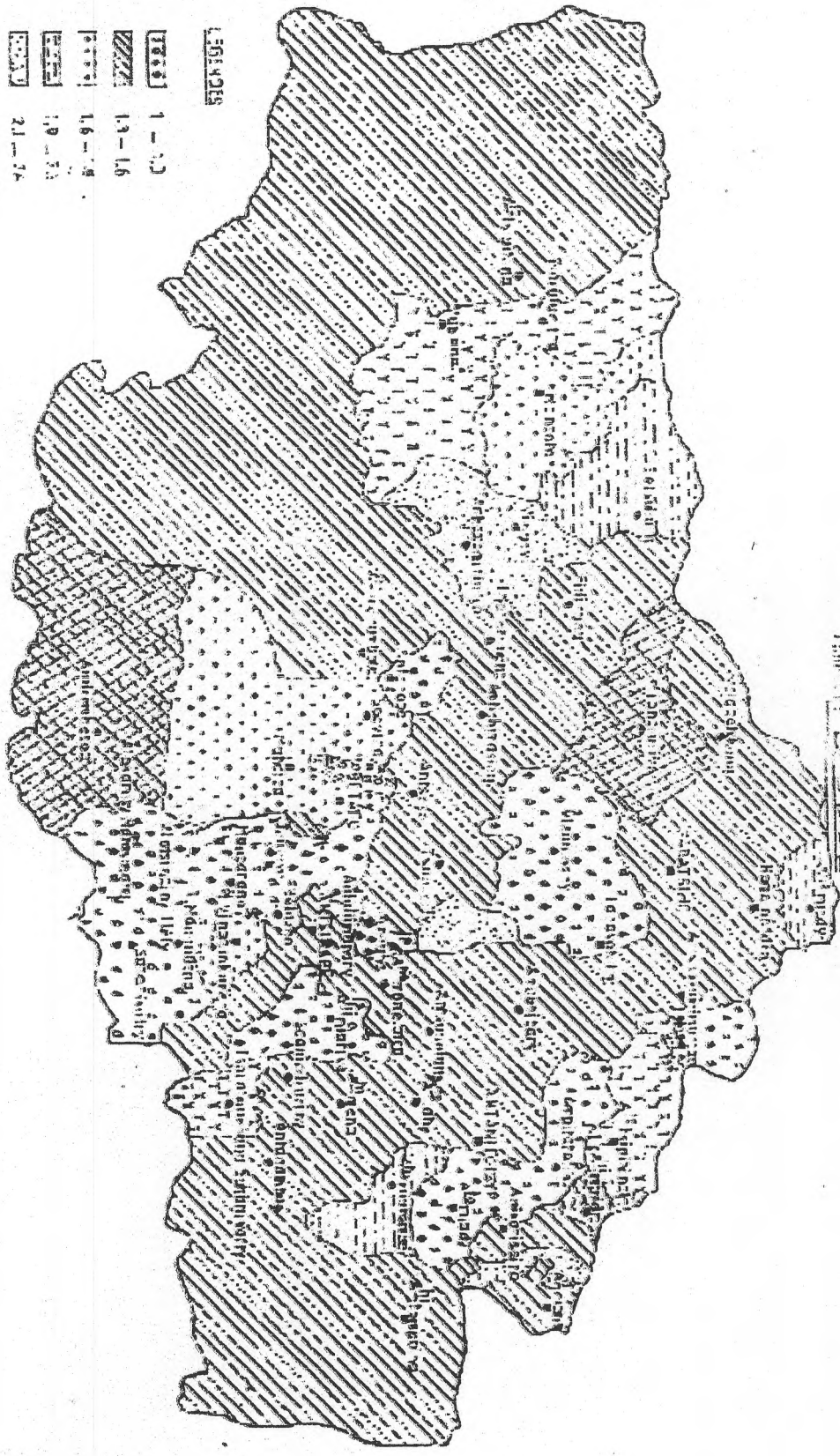
Légendes

- Amphibolites, schistes à l'Est de la gorge de Chamoussier
- Basaltiques, Basaltiques, Basaltiques
- Alluvions lacustres d'Antsirabe
- Sables à l'Est de la gorge de Chamoussier
- Gneiss à l'Est de Chamoussier
- Micaschistes à l'Est de Chamoussier
- Quartzite à l'Est de Chamoussier

- Gneiss
- Micaschistes de Chamoussier
- Granite massif

CIUVIA O'ANTSIRABE
 Raport luncy cu lincile / Tancly cu lincile

1:500 000



LEGENDE

[Diagonal lines /]	1 - 10
[Diagonal lines \]	11 - 16
[Dotted pattern]	17 - 18
[Horizontal lines]	19 - 20
[Vertical lines]	21 - 24
[Cross-hatch]	25 - 28
[Stippled pattern]	29 - 31
[Diagonal lines /]	32 - 34
[Diagonal lines \]	35 - 36
[Dotted pattern]	37 - 38
[Horizontal lines]	39 - 40
[Vertical lines]	41 - 42
[Cross-hatch]	43 - 44
[Stippled pattern]	45 - 46
[Diagonal lines /]	47 - 48
[Diagonal lines \]	49 - 50
[Dotted pattern]	51 - 52
[Horizontal lines]	53 - 54
[Vertical lines]	55 - 56
[Cross-hatch]	57 - 58
[Stippled pattern]	59 - 60
[Diagonal lines /]	61 - 62
[Diagonal lines \]	63 - 64
[Dotted pattern]	65 - 66
[Horizontal lines]	67 - 68
[Vertical lines]	69 - 70
[Cross-hatch]	71 - 72
[Stippled pattern]	73 - 74
[Diagonal lines /]	75 - 76
[Diagonal lines \]	77 - 78
[Dotted pattern]	79 - 80
[Horizontal lines]	81 - 82
[Vertical lines]	83 - 84
[Cross-hatch]	85 - 86
[Stippled pattern]	87 - 88
[Diagonal lines /]	89 - 90
[Diagonal lines \]	91 - 92
[Dotted pattern]	93 - 94
[Horizontal lines]	95 - 96
[Vertical lines]	97 - 98
[Cross-hatch]	99 - 100

Suceava raport de campanie 1987-1988

ANNEXE N° 5

Par Moreau D., 1987 : le modèle d'émission des talles de KATAYAMA.

Le rythme d'apparition des feuilles et des talles suit un certain modèle que l'on exprime en général en fonction du *phyllochrone*. Le *phyllochrone* est l'intervalle de temps s'écoulant entre l'apparition de deux feuilles successives. Le développement des feuilles est surtout lié à la température. Aussi, l'échelle de temps pertinente pour exprimer le *phyllochrone* n'est le nombre de jours mais la somme des températures moyennes journalières, dont l'unité est le degré – jour (°J). Le *phyllochrone* ainsi exprimé est à peu près constant pour une variété donnée.

Le rythme d'apparition des talles « se cale » également sur ces *phyllochrones*. Le modèle découvert par KATAYAMA peut être représenté par le tableau suivant:

Phyllochrone	Talles émises								
1	B.M.								
2									
3									
4	T1	← Talles primaires							
5	T2								
6	T3	T1P	← Talles secondaires						
7	T4	T11	T2P						
8	T5	T12	T21	T3P	T1PP	← Talles tertiaires →			
9	T6	T13	T22	T31	T4P	T1P1	T2P2	T11P	
...	...								

La première colonne donne l'axe des temps exprimé en phyllochrone, ce qui correspond donc également au numéro de la feuille apparaissant. Les talles émises à chaque phyllochrone sont de plusieurs types :

- Les talles primaires axillées sur le maître brin (1^{er} degré de ramification) ;
- Les talles secondaires axillées sur les talles primaires (2^{ème} degré de ramification) ;
- Les talles tertiaires axillées sur les talles secondaires (3^{ème} degré ramification).

Elles sont symbolisées dans ce tableau ci – dessus de la manière suivante :

- B.M. : Brin – Maître, 1^{ère} talle émise par la graine ;
- T_i : i^{ème} talle primaire apparaissant à l'aisselle de la i^{ème} feuille du B.M. ;
- T_{ij} : j^{ème} talle secondaire apparaissant à l'aisselle de la j^{ème} feuille de la talle primaire T_i ;
- T_{ijk} : k^{ème} talle tertiaire apparaissant à l'aisselle de la k^{ème} feuille de la talle secondaire T_{ij}.

L'indice p signifie que la talle apparaît à l'aisselle d'une préfeuille.

Ce modèle de KATAYAMA décrit l'agencement des talles dans le cas où rien ne vient perturber le tallage. Il arrive cependant que l'observation d'un pied ayant fini son tallage (à la floraison par exemple), montre l'absence d'une ou plusieurs talles qui auraient dû exister selon le modèle de KATAYAMA. . Ces « écarts au modèle » sont généralement regroupés en 3 types :

1. Des sauts précoces : il manque les premières talles (T_1, T_2, \dots) alors que la séquence se poursuit normalement.
2. Une discontinuité au milieu du tallage pouvant être caractérisée par la formule suivante :

$$\exists T_x, T_y / \forall i \quad x < i < y \quad \exists \text{ pas } T_i$$

3. La régression : ceci correspond à l'arrêt total d'émission des talles, la mort de certaines d'entre elles et la baisse de croissance des autres. Cette régression correspond en fait à un arrêt de tallage qui peut être plus ou moins précoce.

Alors que les sauts précoces peuvent être dus à la qualité intrinsèque de la graine, les discontinuités et l'arrêt du tallage sont à mettre en relation avec l'apparition d'un facteur limitant (N, lumière ou autres facteurs nutritionnels).

ANNEXE N° 6 :

Les origines et les caractéristiques des variétés étudiées observées au champ :

D'après nos bibliographies, les origines de certaines variétés étudiées sont illustrées dans tableau :

Variétés	Parents	Nomenclatures
C8-F46/9/8	Latsidahy Fofifa 62	Fofifa 133
C8-F180/4/5	Latsidahy Fofifa 62	Fofifa 152
C30-F149/9/3/5	Latsibavy Fofifa 62*	Fofifa 154
	IRAT 114 Fofifa 133	Expérimental 206

*IAC 25 x Daniela

Et selon la traduction en français des fiches techniques FOFIFA concernant les variétés de riz pluvial, les caractéristiques des variétés étudiées observées au champ sont comme suite :

- FOFIFA 152

Origine : création locale,

Numéro de collection FOFIFA : 4129

Cycle végétatif total moyen : 135 jours

Aptitude culturale : pluvial, sur tanety des Hauts Plateaux

Zone de culture : région des Hauts Plateaux, Moyen-Ouest

Caractéristiques variétales :

Hauteur moyenne de la plante : 65 à 90 cm

Port de la plante : érigé ;

Type de grain : poids de 1000 grains : 31g. Plus long

Paddy : longueur : 8,6 mm, teinte jaune paille, non barbu

Caryopse : longueur 6,59 mm, translucide

Caractéristiques agronomiques : productive, résistant à la verse, ne supporte pas l'excès d'azote, a une certaine résistance à la piriculariose.

Rendement en essais : 3,5 t/ha en moyenne et 4,5 t/ha le maximum observé.

- FOFIFA 154

Origine : création locale,

Numéro de collection FOFIFA : 4131

Cycle végétatif total moyen : 145 jours

Aptitude culturale : pluvial

Zone de culture : région des Hauts Plateaux, Moyen - Ouest

Caractéristiques variétales :

Hauteur moyenne de la plante : 75 à 90 cm ;

Port de la plante : érigé ;

Type de grain : plus long et plus fin.

Paddy : longueur 9,4 mm, teinte jaune paille, barbu

Caryopse : longueur 7,43 mm, translucide

Caractéristiques agronomiques : très productive, résistant à la verse

Rendement en essais : 3,3 t/ha en moyenne et 5,7t/ha le maximum observé.

- FOFIFA 133

Origine : création locale,

Numéro de collection FOFIFA : 4125

Cycle végétatif total moyen : 150 jours

Aptitude culturale : pluvial

Zone de culture : région des Hauts Plateaux, Moyen - Ouest

Caractéristiques variétales :

Hauteur moyenne de la plante : 90 à 95 cm ;

Port de la plante : presque érigé ;

Type de grain : quasi - long.

Paddy : longueur 8,6 mm, teinte jaune paille, non barbu

Caryopse : longueur 5,3 mm, moyennement translucide, poids de 1000 grains : 29g

Caractéristiques agronomiques : très productive si la fertilisation est bonne, résistant à la verse, une certaine résistance à la pyriculariose

Rendement en essais : 4 t/ha en moyenne et 5t/ha le maximum observé.

Tandis que pour les variétés expérimentales :

- Expérimental 933

Nous n'avons pas pu trouver pour cette variété.

- Expérimental 206

Origine : IRAT 114 × FOFIFA 133

Cycle végétatif total moyen à 1500 m d'altitude : 150 jours

Aptitude culturale : pluvial

Zone de culture : non encore diffusée

Caractéristiques variétales : hauteur de la plante : 90 cm,

Paddy : grain gros et poilu

Caractéristiques agronomiques : Résistante à la pyriculariose, productive, rustique, fertile, tallage faible, très bon aspect sanitaire du grain, très homogène (taille, maturité)

N.B. : La tolérance aux maladies est un atout décisif pour assurer la pérennité du riz pluvial en altitude.



FICHE DE SUIVI D'EXPERIMENTATION

Essai N°

Essai riz pluvial

DATE SEMIS :

05/11/2002

Site : A côté du KOBANA (TANA) Ville : Andranomankatra Altitude : m

Responsable technique de l'essai : R. Emile

Type de sol : Ferrallitiques
 Drainage* très mauvais mauvais moyen bon excessif
 Note d'appréciation de la fertilité du sol : 8/9

Dates des récoltes 18/04/2003
 02/05/2003
 08/05/03 20/05/2003

Nombre d'années de culture de la parcelle :
 Précédent cultural :
 Evaluation pente : 5 %

Dates des sarclages effectué 15/11/2002
 4-5-6/12/2002 / / 2002
 Note d'évaluation de la qualité de l'entretien : 3

Amendement (Préciser année d'apport, dose et formulation) :

MALADIES (Notes incidences /9)

Brunissure de gaine : 3
 Pyriculariose du cou : 3

Préparation du sol (indiquer outils utilisés et dates) :

Labour angady 15 Jours av. semis

Autre(s)** :

Fumure (Préciser formulation et doses) :

Fumier: 10 t / ha
 NPK: 150 kg / ha
 Azotée: 100 kg / ha date: 22/12/2002

RAVAGEURS ** (Notes incidences /9)

Heteronychus: 1
 Vers blancs : 3
 Rats: /
 Oiseaux - au semis : - à la récolte : -
 Volailles:
 Autres**:

Mode et densité de semis : 20 x 30 cm²

5-6 grains / poquet

Traitement de semence (Préciser produit et dose) :

Gaicho 5g/kg de SDR

Note d'incidence de l'érosion (/9) : 3

(sur la partie labour pas de problème sur le SD)

Note d'appréciation de l'importance du stress hydr

En début de cycle : 3
 En milieu de cycle : 5
 En fin de cycle : 3

Traitement herbicidé (Préciser produit(s), dose(s) et date(s)) :

Traitement(s) de sol (Préciser produit(s), dose(s) et date(s)) :

/ / 0
 / / 0
 / / 0

Note d'évaluation générale de la qualité de la culture

(aspect, homogénéité, régularité, ...) 3

Problèmes rencontrés et autres observations :

- * Erreur répartition de 5^{ème} au moment du semis (Partie labour)
- * Problème 5^{èmes} mélangées
- * Problèmes de l'eau stagnante sur la partie labour

* ENTOURER LA OU LES BONNES REPONSES

** PRECISER LES NOMS DANS LA MESURE DU POSSIBLE

* Sur les parties 0-labour

conventures montes = mesidues cratibaines + sga (année précédente)



FICHE DE SUIVI D'EXPERIMENTATION

Essai N° _____

Essai riz pluvial

DATE SEMIS :
_ / _ / 200_

Site : Ibily Ville : _____ Altitude : _____ m
Responsable technique de l'essai : R. Emile

Type de sol : Ferralitique
Drainage* très mauvais mauvais moyen bon excessif
Note d'appréciation de la fertilité du sol : 5/9

Dates des récoltes 02/03/04/2003
09/04/2003
05/05/2003

Nombre d'années de culture de la parcelle : _____
Précédent cultural : _____
Evaluation pente : 10 %

Dates des sarclages effectué 23/12/2002
17/12/2002 _____ / _____ / 200_

Amendement (Préciser année d'apport, dose et formulation) : _____

MALADIES (Notes incidences /9)
Brunissure de gaine : 3
Pyriculariose du cou : 3
Autre(s)** : _____

Préparation du sol (indiquer outils utilisés et dates) :
labour engady une semaine avant semis

Fumure (Préciser formulation et doses) :
Fumier : 10 t / ha
NPK : 150 kg / ha
Azotée : 100 kg / Haate: 23/12/2002

RAVAGEURS ** (Notes incidences /9)
Heteronychus : 1
Vers blancs : 3
Rats : 1
Oiseaux - au semis : _____ - à la récolte : _____
Volailles : _____
Autres** : _____

Mode et densité de semis : 20 x 30 cm²
5 à 6 grains / poquet

Traitement de semence (Préciser produit et dose) :
Gaicho 5g / Kg de S₁₀₀

Traitement herbicide (Préciser produit(s), dose(s) et date(s)) : _____

Note d'incidence de l'érosion (/9) : 1
Note d'appréciation de l'importance du stress hydr
En début de cycle : 3
En milieu de cycle : 3
En fin de cycle : 3

Traitement(s) de sol (Préciser produit(s), dose(s) et date(s)) :
_____/_____/_____
_____/_____/_____
_____/_____/_____

Note d'évaluation générale de la qualité de la culture (aspect, homogénéité, régularité, ...) 1

Problèmes rencontrés et autres observations :

* ENTOURER LA OU LES BONNES REPONSES ** PRECISER LES NOMS DANS LA MESURE DU POSSIBLE
Sur les parties 0. labour amendement mortes: vers, chenilles, chrysalides + mites.
(année précédente)

ANNEXE N°8
 PLAN DU SITE D'
 ANDRANOMANELATRA

CAMPAGNE 2002-2003:

semis le 05/11/02 (bloc 4) et 06/11/02 (bloc 1 à 3)

Plan initial faux SD

3,2 m																		
B III	0,6m	V4	V2	V6	V2	V6	V1	V5	V3	V3	V4	V1	V5	TE	V1	V6	V3	V3
		GA	TE	GA	GA	TE	TE	TE	GA	TE	TE	GA	GA		GA	TE	GA	TE
		B IV																
B II	0,6m	V3	V5	V4	V1	V2	V3	V2	V4	V6	V1	V5	V6	TE	V4	V2	V4	V1
		TE	GA	GA	TE	GA	GA	TE	TE	GA	GA	TE	TE		GA	TE	TE	TE
B I	0,6m	V4	V2	V6	V2	V1	V4	V5	V3	V3	V5	V6	V1	TE	V2	V5	V5	V6
		GA	GA	GA	TE	TE	TE	TE	TE	GA	GA	TE	GA		GA	GA	TE	GA

Labour

3,2 m																		
B III	0,6m	V6	V3	V6	V4	V3	V5	V2	V1	V2	V4	V5	V1		V5	V5	V1	V3
		GA	GA	TE	TE	TE	GA	TE	TE	GA	GA	TE	GA		GA	TE	GA	GA
		B IV																
B II	0,6m	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V6	V4	V6	V3	V5		V6	V3	V1	V6
		TE	GA	TE	TE	TE	GA	TE	GA	GA	TE	GA	GA		TE	TE	TE	GA
B I	0,6m	V3	V6	V5	V4	V1	V3	V1	V5	V4	V6	V2	V2		V3	V2	V2	V4
		TE	TE	GA	GA	GA	GA	TE	TE	TE	GA	GA	TE		GA	TE	GA	TE

GA : traitement de semence au Gaucho (5 g/kg)
 TE : non traité

Plan corrigé SD

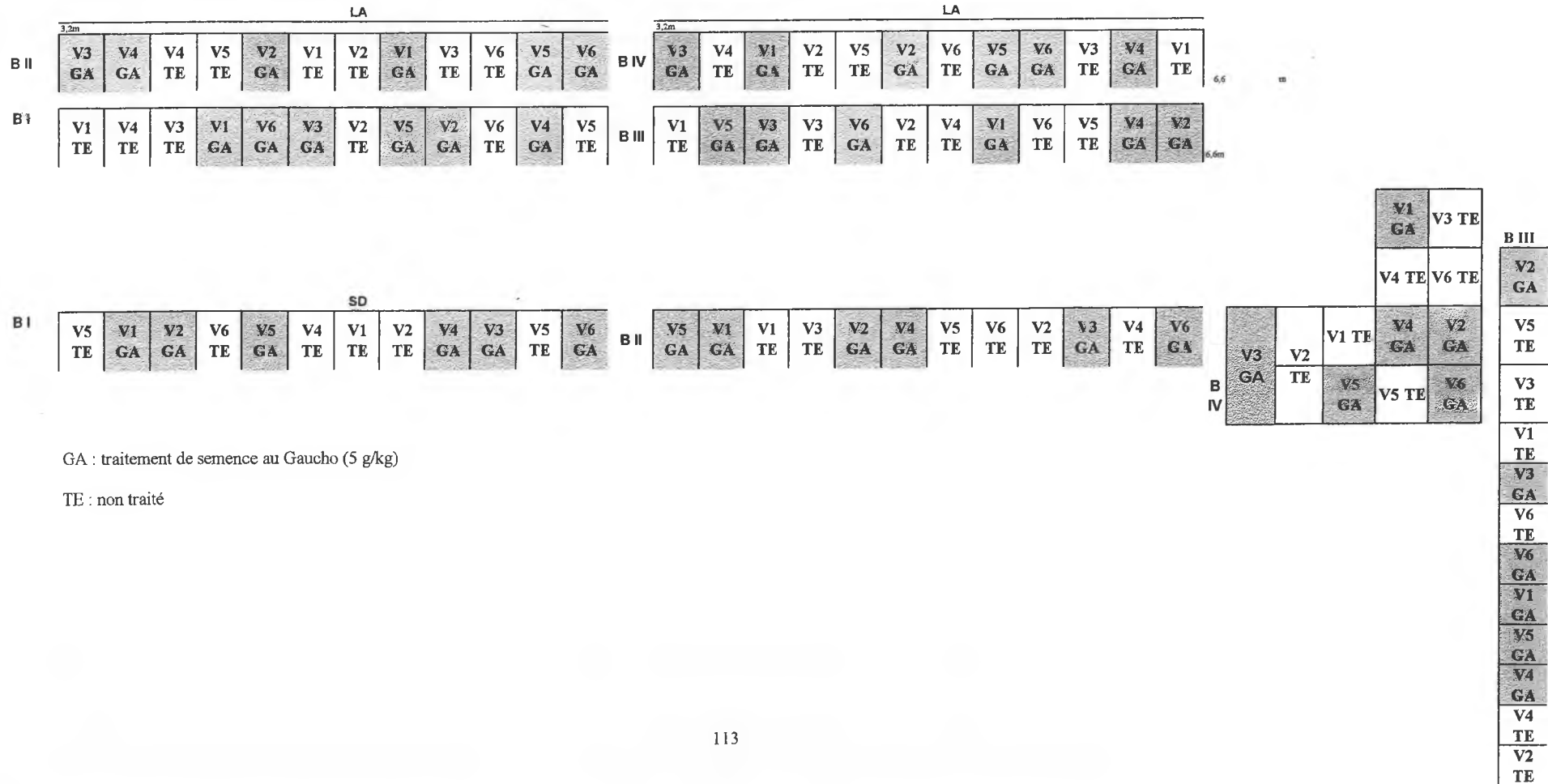
3,2 m																		
B III	0,6m	V4	V2	V6	V2	V6	V1	V5	V3	V3	V4	V1	V5	TE	V1	V6	V3	V3
		GA	TE	GA	GA	TE	TE	TE	GA	TE	TE	GA	GA		GA	TE	GA	TE
		B IV																
B II	0,6m	V3	V5	V4	V1	V2	V3	V2	V4	V6	V1	V5	V6	TE	V4	V2	V4	V1
		TE	GA	GA	TE	GA	GA	TE	TE	GA	GA	TE	TE		GA	TE	TE	TE
B I	0,6m	V4	V2	V6	V2	V1	V4	V5	V3	V3	V5	V6	V1	TE	V2	V5	V5	V6
		GA	GA	GA	TE	TE	TE	TE	TE	GA	GA	TE	GA		GA	GA	TE	GA

Labour

3,2 m																		
B III	0,6m	V6	V3	V6	V4	V3	V5	V2	V1	V3	V4	V1	V5		V4	V2	V2	V4
		GA	GA	TE	TE	TE	GA	TE	TE						TE	GA	TE	GA
		B IV																
B II	0,6m	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V6	V6	V1	V5	V6		V6	V1	V3	V6
		TE	GA	TE	TE	TE	GA	TE	GA						GA	TE	TE	TE
B I	0,6m	V3	V6	V5	V4	V1	V3	V1	V5	V3	V5	V6	V1		V3	V1	V5	V5
		TE	TE	GA	GA	GA	GA	TE	TE						GA	GA	TE	GA

**ANNEXE N°9
PLAN DU SITE D'
IBITY**

CAMPAGNE 2002-2003



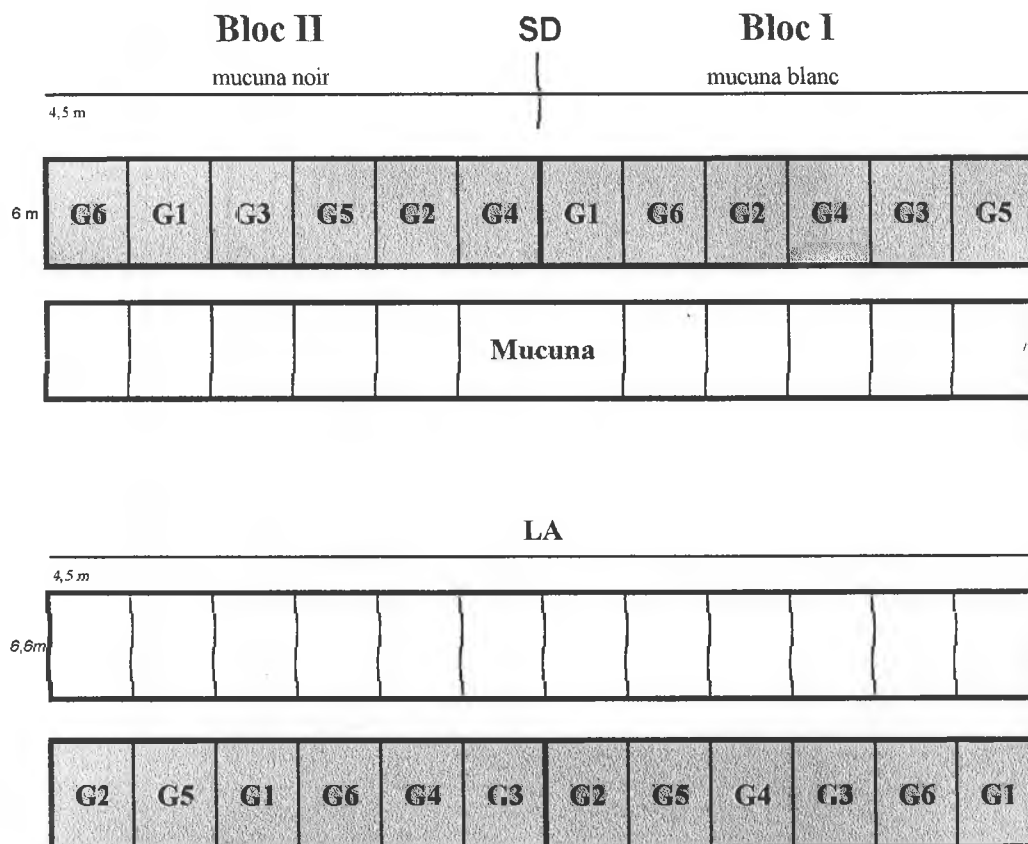
GA : traitement de semence au Gaucho (5 g/kg)

TE : non traité

ANNEXE N° 10

PLAN DU SITE D'
IVORY

CAMPAGNE 2002-2003: semis le 19/12/02



Chemin

- 1 : F133
- 2 : F152
- 3 : F154
- 4 : E206
- 5 : E933
- 6 : Botramaintso

par parcelle : 22 lignes de 6 m espacées de 20 cm

**ANNEXE N°11
PLAN DU SITE DE
SOANINDRARINY**

CAMPAGNE 2002-2003:

semis le 15/11/02

- 1 : F 152
- 2 : F154
- 3 : F133
- 4 : F151
- 5 : F 157
- 6 : E 911
- 7 : E917
- 8 : E 933
- 9 : E 206
- 10 : E 208

Bordure	1
2	2
9	2
4	2
7	2
1	2
3	2
5	2
10	2
6	2
x	2
Bordure	1

Bordure	1
1	2
2	2
3	2
4	2
5	2
6	2
7	2
8	2
9	2
10	2
Bordure	1

7 m

Bloc II

7 m

Bloc I

1	Bordure
2	3
2	10
2	4
2	8
2	5
1	Bordure

7 m

Bloc III

Bordure	7
2	2
6	1
9	9
Bordure	Bordure

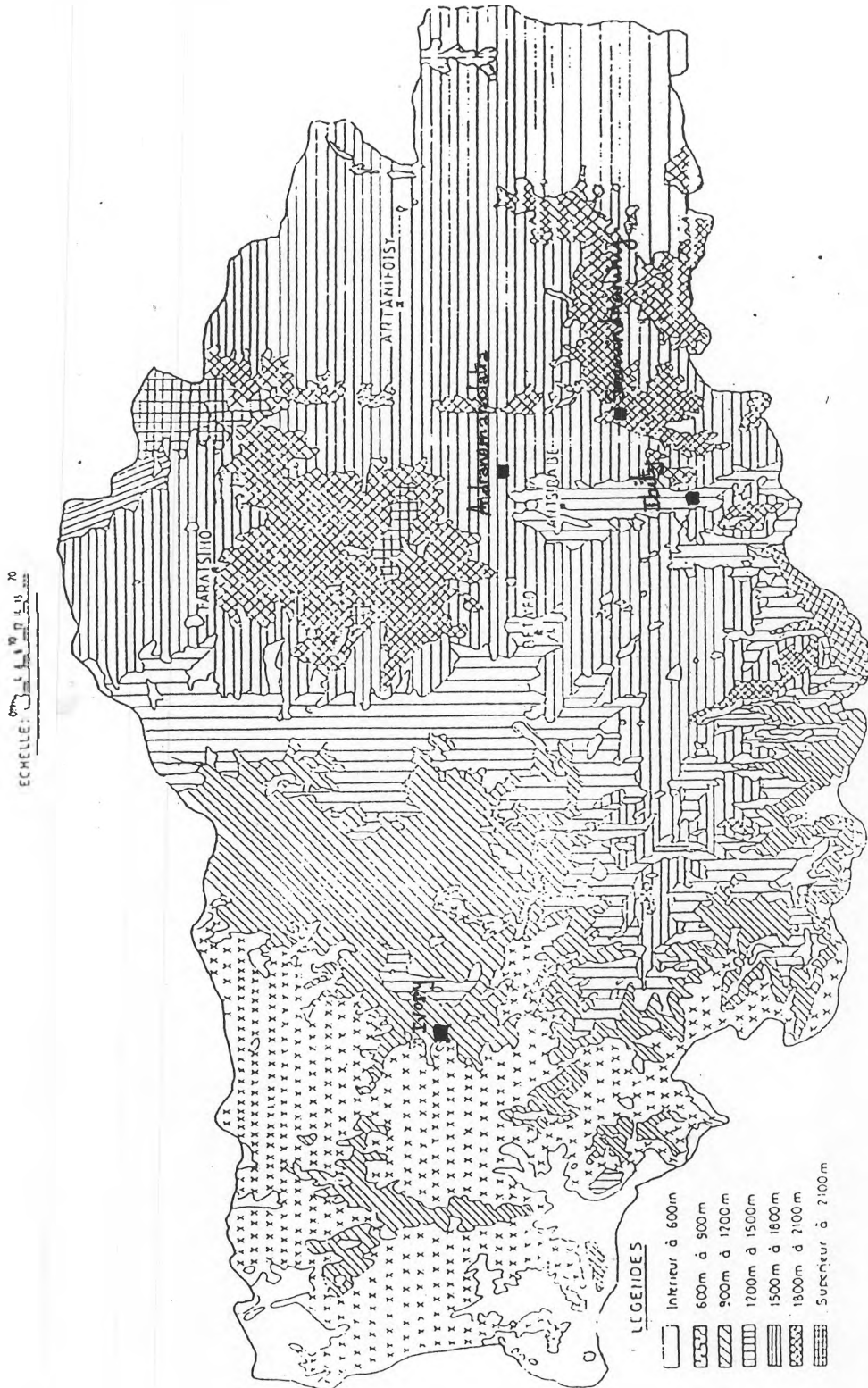
Bordure	6
10	5
9	4
Bordure	Bordure

Bloc IV

Bordure	7
8	2
3	1
Bordure	Bordure

ANNEXE N°12

Carte écologique du Fivondronana Antsirabe I / II présentant les sites d'Andranomanelatra, d'Ibity, d'Ivory et de Soanindrariny suivant leur altitude respective :



Source : FTM, 2002.

Dédicaces

Je dédie spécialement ce mémoire à tous ceux qui m'ont aidé durant toutes mes études, particulièrement à :

♥ · *ma grand-mère Angèle RAMAHANDRY RASOANIVONDRAHONA, et à mon père Lala RAMAHANDRY ANDRIANDRAHONA, à ma mère Marie Thérèse Lucie RAMANANTENASOARIVELO pour leur amour sans égal,*

♥ · *toutes les membres des familles surtout la famille RANDRIAMIELISON Daniel et la famille RAZAKAMAMENOSOA Anselme pour leur soutien et leur confiance,*

♥ · *ma sœur et mes frères pour leurs amitiés,*

♥ · *Hanitra pour son aide et son amour,*

♥ · *toutes les personnes de près ou de loin qui m'ont soutenu durant ce mémoire.*



L'augmentation rapide de la population à Madagascar induit le parcellement, le morcellement et l'insuffisance des terres fertiles telles les bas - fonds. Or, le riz est la base de l'alimentation des Malagasy (110kg /hab. /an ; INSTAT, 1999) et constitue la principale culture vivrière de la Grande île (tiers de la surface cultivée totale ; Robert HIRSCH, 2000). Pour que la progression de la production arrive à suivre la croissance démographique, l'extension de la riziculture sur les versants de *tanety* malgré leur basse fertilité s'impose. Cependant le problème d'érosion et de formation de ravins et de *lavaka* devient plus qu'un fléau national.

L'étude de l'influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire cultural (SCV et Labour) sur la phase végétative et l'élaboration du rendement de variétés de riz pluvial d'altitude en vue d'une recherche d'adaptations spécifiques s'avère utile que nécessaire pour orienter les recherches et pour donner des perspectives aux organismes intéressés (Le PRA, l'ONG TAFa, le FOFIFA et le CIRAD). Pour cela, un essai multilocal est installé. Quatre sites d'expérimentation (avec station météo) en fonction de leur altitude et des caractéristiques physico - chimiques des sols, 2 modes de gestion du sol (SCV et labour) et 6 variétés de riz pluviales (3 variétés FOFIFA déjà diffusées et 2 variétés expérimentales) ont été alors retenus.

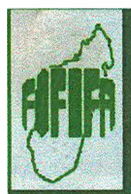
Dans les conditions de cette année, nous pouvons ressortir les critères d'adaptations des variétés selon le classement :

- Variétés « rustiques » : cas de E 206, F 133 grâce à leur faible stérilité et leur PMG élevé. Nous recommandons de les utiliser en début du SCV.
- Variétés « productives » : cas de F 152, F 154, E 933 grâce à leur fort tallage. Elles sont à conseiller sur SCV en phase de croisière de quelques années.
- Variétés compétitives par rapport aux adventices : Botramaitso. En effet, elle a un fort développement foliaire (LAI et SLA élevés, phyllochrone faible, valeur SPAD faible aussi).

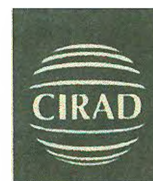
Sur SCV, on observe un rendement élevé et le tallage ainsi que le nombre d'épillets améliorés. Pour comprendre ce qui se passe en SCV, il faut :

1. Ramener l'expérience sur d'autres années successives ;
2. Intégrer dans l'analyse des comportements variétaux, des conditions de culture : effets des systèmes de culture sur les propriétés du sol, bilans hydriques et de l'azote des différents systèmes ;
3. Faire l'étude du système racinaire (accès aux ressources, compaction du sol).

Mots Clés : *Madagascar, Vakinankaratra, Riz Pluvial sur tanety, essai variétal multilocal, écophysiologie, froid, SPAD, composantes du rendement et stratégie variétale.*



ONG - TAFa
TAny sy FAmpanandrosoana



Foibem-pirenena momba ny
Fikarohana ampiarina amin'ny
Fampandrosoana ny Ambanivohitra

Centre de coopération
Internationale en Recherche
Agronomique pour le Développement