



IRAT/PCPIFA

PROJET DE LA COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

N° - TSD - 084 F (MR)

Amélioration Variétale pour le développement  
de la riziculture aquatique et pluviale  
en zones tropicales d'altitude

-----

Rapport analytique 1984/1987

Décembre 87

57



IRAT/FOFIFA

PROJET DE LA COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

N° - TSD - 084 F (MR)

Amélioration Variétale pour le développement  
de la riziculture aquatique et pluviale  
en zones tropicales d'altitude

- - - -

Rapport analytique 1984/1987

Décembre 87

## S O M M A I R E

### 1 - LE PROJET RIZ D'ALTITUDE

#### 11. LA RIZICULTURE D'ALTITUDE

111 - Importance et répartition spatiale.....	1
112 - Le milieu d'Altitude.....	2
113 - La recherche antérieure au programme.....	5
114 - Conclusion.....	8

#### 12. DESCRIPTION DU PROGRAMME

121 - Organigramme fonctionnel.....	9
122 - Etude préliminaire - Caractérisation climatique.....	11
123 - Conclusion.....	15

#### 13. LE DISPOSITIF

131 - Le choix des terrains.....	16
132 - Le choix des modèles expérimentaux.....	16
133 - Le choix des variétés.....	17
134 - La fertilisation.....	18
135 - Le suivi météorologique.....	19

### 2 - RESULTATS

#### 21 - CONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT

211 - Le climat.....	20
212 - Relation plante-climat.....	24
213 - Relation plante - milieu - parasites.....	30
214 - Relation plante - sol.....	35

#### 22 - CONNAISSANCE ET AMELIORATION DE LA PLANTE

221 - L'expérimentation variétale.....	38
222 - La collection variétale.....	42
223 - La classification génétique.....	51
224 - La création variétale.....	51
225 - Comportement variétal/pseudomonas fuscovaginae.....	59

### 3 - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES..... 61

## A N N E X E S

- 1 - Cartes 1 à 7
- 2 - Courbes 1 à 24
- 3 - Variétés testées en essais
- 4 - Abréviations utilisées dans les tableaux du rapport
- 5 - Analyses de matériel végétal
- 6 - Analyses de sol - Riziculture irriguée
- 7 - Analyses de sol - Riziculture pluviale
- 8 - Récapitulatif des missions d'appui au programme

## 1 LE PROJET RIZ D'ALTITUDE

### 1.1. LA RIZICULTURE D'ALTITUDE

#### 1.1.1 IMPORTANCE ET REPARTITION SPATIALE

La répartition de la riziculture à Madagascar montre une nette concentration sur les Hauts-Plateaux par rapport aux régions périphériques (carte 1). Les Hautes Terres Centrales sont devenues un foyer rizicole important, surpassant par leur production toutes les autres régions, et notamment les zones côtières où les conditions naturelles représentent pourtant un milieu écologique plus favorable. La superposition des cartes de distribution des surfaces rizicoles et de densité de la population (carte 2) montre clairement l'interaction de ces deux facteurs. Délaissant les régions côtières pour des raisons essentiellement d'ordre sanitaire (paludisme), les Merina et Betsileo ont conquis les Hauts-Plateaux et l'exploitation des fonds de vallée remonte à des temps très anciens.

Sur l'ensemble du territoire (1,3 . 10<sup>8</sup> Ha cultivés en riz), les surfaces rizicoles sont réparties comme suit (estimation de M. ARRAUDEAU) :

TABLEAU 1 : REPARTITION DES SURFACES RIZICOLES (Altitude en milliers de m)

RIZICULTURE	0 à 0,5	0,5 à 1	1 à 1,5	1,5 à 2	TOTAL
IRRIGUEE	40 000	80 000	240 000	40 000	400 000
BAS-FONDS	100 000	220 000	270 000	10 000	600 000
PLUVIALE	180 000	40 000	30 000	-	250 000
EAU PROFONDE	30 000	10 000	10 000	-	50 000
TOTAL	350 000	350 000	550 000	50 000	1 300 000

Ces chiffres montrent l'importance relative des surfaces rizicoles en zones d'altitude (1 000 à 2 000 m) et donc l'intérêt de toute recherche en Amélioration variétale en ce domaine.

D'autre part, le tableau ne le montre pas, mais on assiste, depuis 5 à 10 ans, à une extension spectaculaire de la riziculture pluviale entre 1 000 et 1 500 m. Les surfaces ne sont pas encore très vastes mais la demande paysanne est très forte.

### 1.1.2 LE MILIEU D'ALTITUDE

#### 1.1.2.1 le climat

C'est sur les Hauts-Plateaux que la pluviométrie se rapproche le plus du régime nécessaire à une bonne croissance du riz, notamment en culture pluviale. Totalisant de 1000 à 1500 mm (Carte 3) en moyenne par an, les pluies se répartissent à 90-95 % sur 6 mois de l'année, de novembre à avril. Cette concentration des précipitations, correspondant à la saison chaude, fait que la riziculture trouve dans ce domaine des conditions optimales, du moins saisonnièrement. Ces observations doivent être modulées suivant le mode de riziculture. 1400 mm sur un sol à faible capacité de rétention en eau peuvent être insuffisants. De plus, en riziculture pluviale, la régularité des pluies pendant les phases critiques est un facteur déterminant dans la réussite de la saison rizicole.

Dans les zones d'altitude, où la riziculture apparaît en secteurs concentrés souvent très importants, le froid ne semble pas être, pour les riziculteurs, un frein absolu à l'extension des rizières. Les versants de l'Imerina et du Betsileo sont transformés en casiers dès que la présence des sources offrent des possibilités hydrauliques. Il existe cependant des régions où le relief se présente comme un élément limitatif à la riziculture : massifs du Tsaratanana, Andringitra, Ankaratra (Carte 4). Ces secteurs, qui dépassent 1800 m, excluent la riziculture surtout sur les pentes orientales plus exposées aux intempéries. Le froid de l'hiver (Carte 5A) nettement marqué à partir de 1 000 m interdit une deuxième culture dans l'année. C'est donc en saison chaude (Carte 5B) que les températures sont optimales pour la riziculture mais, dans les régions les plus élevées, le refroidissement hivernal (de Juin à Septembre) peut être un facteur limitant. C'est à dire que des problèmes dus aux températures fraîches se posent en début de croissance (pépinières) et en fin de cycle pour les variétés les plus tardives. Sur les massifs, tel l'Ankaratra, les températures sont fraîches durant toute la saison de culture et entraînent un allongement du cycle de l'ordre de 50 %.

La synthèse des données climatiques montrent que l'interaction entre la distribution des pluies et les variations climatiques conditionnent les potentialités rizicoles des régions d'altitude. Si elle est favorable durant une partie de l'année, la baisse des températures et l'insuffisance des pluies de mai à septembre interdisent la double culture. Dans les régions les plus élevées, 2000 m semble être la limite supérieure de toute pratique rizicole.

#### 1.1.2.2 les sols (Carte 6)

Les sols des Hauts-Plateaux se répartissent en deux catégories : les sols de rizières et les sols de collines à faible aptitude rizicole.

Les premiers comprennent les terres alluviales et les sols hydromorphes. Ils représentent 3 % de la surface de l'Ile et se retrouvent de façon très concentrée dans notre zone d'étude. Les terres alluviales sont toutes de nature ferrallitique et leur hétérogénéité provient de la nature de la roche mère : cristalline (Tampoketsa), basaltique (Ankaratra) ou volcanisme récent (Betafo, Itasy). De ce fait, leur composition chimique est extrêmement variable. Ce sont les alluvions du Lac Alaotra et celles d'origine basaltique qui se rapprochent le plus des conditions exigées par une bonne croissance du riz : 50 à 60 % de particules fines, limon et argile, et un Ph entre 4,5 et 6,5. Les sols hydromorphes sont à engorgement total ou partiel. En altitude, ils sont dus à un remblaiement alluvial mal drainé : Plaine d'Antananarivo, ceinture maraîchère du Lac Alaotra, et toutes les têtes de bas-fonds. Généralement, ils portent une végétation dense, témoin d'une accumulation de matière organique. Ces sols tourbeux ou semi-tourbeux, sont très acides. Leur teneur en matière organique varie entre 25 et 70 %. Dès que la tourbe est plus évoluée, la teneur en matière organique est plus faible (8 à 20 %). Par drainage, leur évolution peut s'accélérer. Ils deviennent alors de très bons sols de rizières : vallées alluviales des Hautes Terres.

Si les sols de collines à faible aptitude rizicole peuvent être considérés comme des terres naturellement très peu fertiles, ils ne sont pas stériles. En altitude, ils sont constitués par les sols ferrallitiques. Ils caractérisent les Hautes Terres dans leur ensemble. Ils résultent de la pédogénèse qui a affecté les roches d'origine cristalline.

En fonction de la roche mère, de la couverture végétale et de l'action de l'érosion, les profils diffèrent, allant des sols rouges aux couleurs brun-jaune. C'est dans le Betsileo septentrional qu'ils sont le plus moyennement désaturés. Dans le Moyen Ouest, les sols ferrallitiques rajeunis sont faiblement désaturés, enrichis en quartz et riches en fer amorphe.

Ce n'est qu'à haute altitude et avec le froid que les sols ferrallitiques évoluent en sols humifères lorsque l'accumulation en matière organique atteint un taux de 10 à 40 %. La forte pluviométrie et les températures moyennes annuelles ont favorisé le processus d'humification. Les sols bruns humifères ont été décrits sur les basaltes de l'Ankaratra, et des endosols de nature tixotrope ont été répertoriés dans la partie centrale de ce même massif. La présence de ces sols explique en partie que la riziculture monte pratiquement à 2000 m sur le versant oriental, exclusivement dans les microzones protégées.

#### 1.1.2.3 Conclusion

Aussi paradoxal que cela puisse paraître et malgré son influence directe sur les variations de température, l'altitude ne semble pas être un obstacle au développement de la riziculture. Le riz, phénomène ancestral, est cultivé jusque dans ces conditions climatiques limites pour sa croissance. Le principal facteur limitant est la température, en début et en fin de cycle de façon générale, et durant tout le cycle à haute altitude. Ceci confère à Madagascar son originalité. En effet, les zones tropicales d'altitude les plus connues à travers le monde, et notamment en Asie, pour leurs travaux sur les problèmes du froid en riziculture, connaissent des températures basses en hiver mais présentent un été chaud bien marqué. Un raccourcissement du cycle permet alors d'échapper au froid. Or à Madagascar, en altitude, des températures fraîches se rencontrent en saison "chaude". En ce qui concerne l'aptitude pédologique des zones d'altitude à la riziculture, il est à noter que la caractéristique majeure des Hauts-Plateaux est la dominance des sols ferrallitiques, de fertilité variable suivant la nature de la roche mère et de l'évolution récente.

### 1.1.3 LA RECHERCHE ANTERIEURE AU PROGRAMME

#### . Riziculture aquatique

La recherche variétale a été permanente dans les zones inférieures à 1500 mètres. Les nombreux criblages variétaux et test d'évaluation ont débouchés sur la proposition aux utilisateurs de variétés améliorées.

En zone d'altitude supérieure à 1500 m, une action de recherche en amélioration variétale a notamment été conduite entre 1970 et 1975. Elle comprend trois volets :

- . Prospection dans les écotypes locaux
- . Test de comportement du matériel disponible dans la collection centrale
- . Création variétale par hybridation.

#### . Les prospections locales

Elles ont été effectuées dans les zones de 1700 à 2000 m principalement.

2600 panicules environ, représentant 15 populations locales ont été recueillies. Ces populations se composent en fait de 5 groupes de riz distincts qui sont :

1 - Les LATSIKA	représentant	39 %	des prospections
2 - Les ROJO	"	30 %	"
3 - Les MARILAVA	"	19 %	"
4 - Les BOTRA	"	7 %	"
5 - Les SAMOINA	"	5 %	"

Les deux derniers groupes, pouvant être considérés comme marginaux, se rencontrent effectivement peu en riziculture de haute altitude et sont, comme les MARILAVA et certains ROJO, cultivés dans la zone des 1700 m et en dessous.

L'étude de ce matériel conduite à 2000 m d'altitude fait ressortir que seuls les LATSIKA présentent un comportement acceptable vis à vis des maladies, ont des taux de stérilité moyens (quoique variables) et les rendements les plus élevés et surtout, les plus réguliers.

Une sélection de lignées, paraissant intéressantes, a été effectuée sur ce matériel. La conduite en pédigrée a permis d'en mettre en évidence cinq, qui ont été inscrites en collection (série des Latsika BCDF et I, portant les n° 2814 à 2818 de la Collection Malgache). Pour les meilleures d'entre elles (D et B) le gain de rendement moyen en essai est de l'ordre de 20 % par rapport à la population d'origine.

#### . Test de comportement des variétés de la collection centrale

539 variétés, d'origine locale et étrangère, ont été sélectionnées dans la Collection Centrale Malgache, d'après leur cycle essentiellement (égal ou inférieur à celui du LATSIKA).

Les tests de comportement ont été conduits à 2000m d'altitude avec le témoin de référence LATSIKA. 529 variétés ont été totalement stériles, soit plus de 98 %. Seules, 10 variétés d'origine locale ont eu des taux de fertilité faibles, mais ont cependant fourni des graines, malgré de très fortes attaques de maladies sur les gaines et les panicules.

Ces 10 variétés, partiellement fertiles au premier cycle de test, ont été éliminées au cours des cycles suivants pour leur comportement décevant et leurs faibles rendements. Cependant, certaines d'entre elles ont été utilisées comme géniteurs et croisées avec des variétés locales ou introduites.

#### . La création variétale

Une quinzaine de croisements ont été réalisés soit entre variétés locales, soit entre variétés locales et étrangères. L'étude de descendances de ces croisements a été faite dans la même écologie que les sélections précédentes. Au terme de ce programme de création, aucune descendance hybride, équivalente au témoin local LATSIKA, n'a été mise en évidence, tant sur le plan de la maladie des gaines que de la stérilité, que du rendement. La création variétale par hybridation n'a donc pas apporté l'amélioration escomptée.

### Riziculture pluviale

En riziculture pluviale, la recherche variétale a notamment été active pour les zones inférieures à 1000 mètres. De nombreuses introductions ont été réalisées et évaluées dans les zones de 700 à 1000 mètres (Alaotra et Moyen Ouest). A l'issue de cette phase de criblage variétal, un programme de création variétale intéressant toujours les mêmes écologies a également été réalisé. Il a débouché sur l'obtention de quelques 130 nouvelles variétés bien adaptées aux écologies concernées. Plusieurs variétés introduites et hybrides créés localement ont été vulgarisés dans les zones de moyenne altitude.

Pour les zones supérieures à 1000 m, où ce type de riziculture est récent, seuls quelques tests de comportement de variétés locales et étrangères ont été réalisés sans toutefois mettre en évidence de matériel bien adapté à ces écologies très sélectives. Les quelques variétés proposées à la vulgarisation ont en général des cycles longs, sont assez sensibles à certaines maladies (*Sarocladium...*) et ont des rendements faibles et surtout très irréguliers.

### Conclusion

#### En riziculture aquatique

Les travaux de recherches en amélioration variétale conduits au cours de cette période, ont permis de confirmer la valeur et l'intérêt des variétés locales (ou plutôt populations), notamment des LATSIKA, très bien adaptés au milieu. La sélection de lignées dans la population de LATSIKA apporte une légère amélioration sur le plan de rendement mais aussi de la qualité du produit (meilleure homogénéité). Par ailleurs, ces travaux montrent bien la grande difficulté, de trouver parmi les introductions, du matériel végétal directement intéressant pour les zones d'altitude très sélectives de Madagascar.

Enfin, dans le domaine de la création variétale, on constate qu'aucun résultat positif n'a été obtenu à partir des quelques croisements étudiés. Il est cependant utile de préciser ici que le faible nombre de croisements réalisés ne représente qu'une infime partie des possibilités offertes et que l'exploitation de cette voie doit être poursuivie, de même que les prospections locales et les introductions.

Pour la riziculture pluviale, les variétés vulgarisées, d'origine locale (création) ou étrangère (introductions) satisfont à la demande pour les zones inférieures à 1000 m.

En ce qui concerne les zones de plus <sup>haute</sup> altitude, (1000-1500 m) aucune variété locale n'a donné de résultats satisfaisants. Le matériel <sup>local</sup> étant inexistant dans ces écologies, c'est donc vers les introductions et la création variétale qui doit être orientée la recherche.

#### 1.1.4 CONCLUSION

Ce projet se révèle d'une grande importance pour l'augmentation de la production rizicole des Hauts-Plateaux et est en étroite liaison avec la politique actuelle visant l'autosuffisance alimentaire. Certes, les problèmes de la production relèvent bien plus, à court terme, de solutions économiques et sociales que de recherche. Mais il ne faut pas en conclure qu'un programme d'amélioration variétale est superflu. Pour une augmentation à très court terme de la production on pourrait faire appel à des variétés que l'on connaît bien et qui ont déjà fait leur preuve. A plus long terme, compte tenu des résultats antérieurs et des progrès réalisés par le monde, on est en droit d'espérer l'obtention de variétés à potentiel de rendement supérieur. Les acquis en matière de riziculture à Madagascar sont nombreux et importants. Il s'agit maintenant d'adapter les résultats anciens et les variétés en cours d'introduction aux réalités actuelles de la production et de ses contraintes. Les objectifs fixés par le projet s'intègrent bien aux orientations actuelles de la Recherche Nationale.

Ce projet est conduit en relation avec d'autres pays concernés par la riziculture d'altitude, notamment en Afrique de l'Est. Madagascar par sa grande diversité de situations rizicoles et sa sévérité du milieu constitue un atout d'importance dans ce contexte de coopération Nord-Sud et Sud-Sud.

## 1.2. DESCRIPTION DU PROGRAMME

### 1.2.1. ORGANIGRAMME FONCTIONNEL

#### 1.2.1.1 Choix de la zone d'étude

Nous avons décidé de porter cette étude sur les milieux définis de 800 m jusqu'à 2000 m. Il est évident que les régions de 800 à 1000 m ne peuvent être considérées comme de véritables régions d'altitude, mais nous intéressent par leur utilisation comme zones de référence. Les zones supérieures à 1800 m, altitude limite pour la riziculture, sont retenues pour leur apport en matière de compréhension des facteurs limitants. L'étude en concordance avec la description des écosystèmes définis précédemment portera sur les degrés d'altitude suivants :

- \* Lac Alaotra 800 m,
- \* Plaines d'Antananarivo et Fianarantsoa 1100 m à 1300 m,
- \* Région d'Antsirabe 1500 m,
- \* Ankaratra 1800 m et plus,
- \* Moyen-Ouest 900 m pour la riziculture pluviale.

Pour des raisons d'accessibilité et d'absence de référence, les autres régions de haute altitude sont délaissées dans un premier temps.

La zone d'étude est localisée par la carte 7.

#### 1.2.1.2 Objectifs et méthodes

La participation de l'I.R.A.T. à ce projet concerne trois disciplines :

- \* La génétique avec un sélectionneur affecté au FOFIA et responsable du programme de Création Variétale et un V.S.N. affecté à l'Université chargé de la caractérisation génétique par électrophorèse enzymatique des riz malgaches.

\* L'agrophysiologie avec un agent affecté d'abord à l'Université puis au FO.FI.FA. et chargé d'établir les relations plantes-milieu,

\* Un V.S.N. bactériologiste affecté au FO.FI.FA.

Il a été décidé que, avant de commencer un programme précis de sélection et création variétale, une étude agrophysiologique de comportement de la plante dans les différents milieux d'altitude nous permettrait de mieux cerner les problèmes et d'orienter les recherches.

C'est à dire que, conjointement aux premiers criblages et tests des créations récentes, il a été mis en place des essais variétaux multilocaux à différents gradients d'altitude, accompagnés du suivi des données climatiques. Ceci nous a permis de caractériser un certain nombre de facteurs limitants. Une étude fréquentielle des événements climatiques (incomplète à cause d'un blocage administratif avec la Météorologie Nationale) nous a fourni la probabilité d'apparition de ces facteurs et donc la représentativité des saisons de culture. Le concept "variété d'altitude", variété de cycle en concordance avec sa zone de culture et de tolérance adaptative aux facteurs limitants précédemment définis, est alors abordé. Ce travail mené conjointement avec :

\* La caractérisation génétique des riz malgaches par étude électrophorétique,

\* Les études bactériologiques nécessaires d'après les premières observations réalisées,

a permis d'orienter le choix des géniteurs en fonction des criblages et tests réalisés.

Ces différentes étapes sont répertoriées dans le tableau 2 : Organigramme fonctionnel du projet Riz d'Altitude.

1.2.1.3 Organismes intervenant :

Ce projet est mené en étroite relation avec les organismes malgaches de Recherche sous la responsabilité de Monsieur Le Directeur Scientifique du FO.FI.FA.

Tout d'abord, le Laboratoire de Physiologie Végétale de l'Université d'Antananarivo, en coopération avec les services de la Météorologie Nationale, a assuré la saisie et le traitement des données historiques climatiques. Dans un deuxième temps, il fut chargé de réaliser l'étude électrophorétique de caractérisation génétique des riz malgaches.

Tableau 2 - **ORGANIGRAMME FONCTIONNEL DU PROJET C.E.E. / RIZ D'ALTITUDE**

Intervenants	: UNIVERSITE Laboratoire de Physiologie végétale	FOFIFA - D.R.A. Génétique et Physiologie	METEOROLOGIE NATIONALE Service agrométéorologie (Univer
Travaux	: Analyse enzymatique par électrophorèse	. Criblage et tests des créations . Bactériologie	Essais variétaux Suivi météo Analyse fréquentielle des données climatiques
Résultats	: Caractérisation génétique par variabilité iso-enzymatique		Caractérisation et quantification des facteurs limitants Probabilité d'apparition des facteurs limitants

But

Choix de géniteurs en fonction de leurs caractéristiques propres et du type de croisement effectué

Définition du concept "Variété d'altitude"

Objectif final

**Programme d'amélioration variétale!**

La Météorologie Nationale, et plus particulièrement le service Agrométéorologie, par son apport de données climatiques historiques, matériel informatique, logiciels et chercheurs, nous a permis d'effectuer la caractérisation climatique des Hauts-Plateaux. (Un blocage de nature administrative étant intervenu, cette dernière étude est incomplète). D'autre part, il a assuré la fourniture du matériel météorologique, son installation et son suivi sur les différents points d'essai.

Le FO.FI.FA., coordinateur du projet intervient par ses équipes Génétiques et Physiologie. Il assure les criblages et tests variétaux, la réalisation des essais multilocaux et le suivi des relevés météorologiques. De plus, les autres disciplines du Département Recherche Agronomique ont apporté leur appui.

## 1.2.2 ETUDE PRELIMINAIRE : CARACTERISATION CLIMATIQUE

### 1.2.2.1 Objectifs

Il s'agit de caractériser ici les conditions climatiques de la zone décrite ci-dessus.

Les essais multilocaux réalisés par la suite ont montré un certain nombre de facteurs limitant la production rizicole en altitude. A priori, ces facteurs sont en relation avec les gradients climatiques liés à l'altitude.

C'est pourquoi cette première approche a pour objectifs de

- \* étudier les variations des données climatiques avec l'altitude afin de réaliser une comparaison avec les autres régions rizicoles d'altitude de par le monde et de choisir ainsi les origines des introductions à réaliser,
- \* établir de façon fréquentielle les possibilités d'apparition des facteurs climatiques limitants,
- \* réaliser par la suite une cartographie de l'aptitude à la riziculture des Hauts-Plateaux malgaches,
- \* établir de façon précise les meilleurs calendriers culturels en relation avec les risques climatiques.

### 1.2.2.2 Méthodes

Il s'agit de caractériser au mieux les composantes agroclimatiques des milieux d'altitude. Pour cela, nous nous sommes référés aux données météorologiques historiques sur un ensemble de stations retenues selon les critères suivants :

- concerner au mieux les régions rizicoles les plus importantes socio-géographiquement,
- se répartir selon les gradients d'altitude de 800 à 1800 m
- disposer de données suffisantes sur au moins 20 ans pour les températures sous abri et les précipitations.

Un choix de 12 stations nous a paru <sup>un</sup> compromis satisfaisant pour cette étude. Les facteurs climatiques retenus sont les températures minimales et maximales sous abri, la pluviométrie et l'insolation (qui n'existe que sur 4 stations).

La saisie des données journalières a permis un certain nombre de traitements informatiques :

- \* Températures pentadaires maximales, minimales et moyennes,
- \* Eléments statistiques : moyenne, écart type, min et max absolu
- \* Probabilités au non dépassement,
- \* Courbes de probabilités au dépassement de températures,
- \* Somme des températures décadaires moyennes,
- \* Pluviométrie moyenne pentadaire,
- \* Méthode des intersections de Franquin permettant de définir les saisons pré-, début, fin et post-humides,
- \* Insolation moyenne pentadaire.

### 1.2.2.3 Résultats

Les différents résultats obtenus ne seront pas tous présentés ici. En effet, la majeure partie de ceux-ci interviendra au cours du chapitre "Relations Plante-Milieu".

De cette étude préliminaire, nous retiendrons simplement la situation climatique des Hauts-Plateaux malgaches par rapport aux autres régions rizicoles d'altitude de par le monde, les risques climatiques probables et les stations choisies pour installer les essais de caractérisation du comportement variétal.

Compilation réalisée par

Jean-Pol AUBIN

TABLEAU 3 : TEMPERATURES ET DEVELOPPEMENT DU RIZ

STADES DE DEVELOPPEMENT	TEMPERATURES EN ° CELSIUS				EFFETS DUS AUX TEMPERATURES EXTREMES	
	MIN.	OPT.	MAX.	LETHALES	ACTION DU FROID	ACTION DE LA CHALEUR
GERMINATION (2) (1) <i>O. sativa</i> type japonica <i>O. sativa</i> type indica	16 11 13	19 ou 26 33	35-42	50	la vitesse de germination diminue jusqu'à s'annuler : étalement de la levée décoloration, mort des plantules	
SEPO DE VEGETATION					non connu avec exactitude	
TALLAGE (1)	15	30	32-34		tallage lent et rallongement de ce stade	la vitesse de tallage s'accroît sérieusement entre 15 et 30°C
(2)	16-19	Jour 31 nuit 21	40-42	50		la durée de tallage et le nombre maximum de tiges diminuent lorsque la température s'accroît au-dessus de 32-34°C
INITIATION PANICULAIRE formation des ébauches florales (2)	21	27-29	37		décoloration des feuilles froid provoque la stérilité - 20-24 jours avant l'épiaison lors de la formation des ébauches florales	formation avancée de 2 à 4 jours des ébauches florales par surséjour supplémentaire au-dessus de 27-29°
formation des épillets (2)	10-20	22-25			- 1-12 jours avant l'épiaison pendant la réduction des cellules mères du pollen et du sac embryonnaire décoloration des épillets qui deviennent transparents, filamenteux, blancs	
FLORAIISON exercice de la panicule (2)	19	25-30	35		diminue l'exercice jusqu'à l'empêcher	
éminence des étamines (2)	20		50		ralentit la vitesse d'exercice des panicules : étale l'épiaison	
(3)	25		35		retarde la floraison	
ouverture des épillets (3)	10	27-40	60		avortement de l'anthèse	
(2)	15-20	30	50-55		pollen infertile	
FECONDATION						mauvais taux de fécondation lié à un hygrométrie faible et à un vent desséchant : la stérilité peut atteindre 100 %
pollinisation (2)	21	27-37	43		la fécondation se produit seulement à une température supérieure à 15° C	
germination du pollen (1)	10-13				(3) surtout inhibition de la maturation du pollen et de sa germination	
(3)	10	31-32	60			
(1)	20	30	38			
croissance du tube pollinique (3)	10	30	50			
MATURATION (2)	17	25	42		décoloration des feuilles irrégulière vieillesse avancée de la plante provoque un mauvais remplissage du grain	provoque un mauvais remplissage du grain

(1) ANGLADETTE, le riz, éd. Maisonneuve, 1966 - (2) PROBLEMS OF RICE SELECTION UNDER SEHELIAN CONDITION par W.R. DINGLE et T.T. TINNI

(3) GENETICS AND BREEDING OF RICE par M. F. CHANDRAPATNA

## LES TEMPERATURES

Les courbes 1, 2, 3 et 4 représentent les températures pentadaires minimales, maximales et moyennes ainsi que l'amplitude thermique de 4 stations choisies pour représenter au mieux les gradients relevés :

- \* Lac Alaotra - 800 m
- \* Antananarivo - 1300 m
- \* Antsirabe - 1500 m
- \* Faratsiho - 1750 m

Les températures minimales ont été comparées à celles observées sur les stations asiatiques où des expérimentations relatives à l'action du froid sur le riz ont été menées. Ces données sont tirées de "Report of a RICE COLD TOLERANCE WORKSHOP", 1979, I.R.R.I. Il en ressort que les stations d'Asie se distinguent des points malgaches d'altitude par soit :

- \* Des températures supérieures durant tout le cycle,
- ou \* Des températures inférieures en début et en fin de saison, en pleine saison elles sont supérieures ; un raccourcissement du cycle permet alors d'échapper au froid.

Seules les stations proches de Khatmandou au Népal, comme Daman (2256 m), se rapprochent des conditions locales. Des variétés issues du Népal ont été introduites à Madagascar.

Le tableau 3, compilation bibliographique sur les températures et le développement du riz, montre qu'à haute altitude à Madagascar, les températures minimales peuvent être limitantes durant tout le cycle du riz. Ces sources sont tirées de travaux portant sur des variétés spécifiques qui ne sont pas des variétés malgaches. Cependant, il convient de noter que nous sommes en présence d'un milieu particulier. Madagascar révèle une originalité par rapport aux travaux réalisés par ailleurs. Les essais multilocaux décrits plus loin préciseront les relations entre la plante et les températures et confirmeront l'originalité des variétés locales adaptées à leur milieu.

## LA PLUVIOMETRIE

Le tableau 4 présente pour chaque station étudiée l'altitude, le nombre de jours de la période humide ( $P > ETP$ ) et la période de culture ( $P > ETP/2$ ) ainsi que le total pluviométrique durant la saison

TABLEAU 4 : REGIMES PLUVIOMETRIQUES

! STATIONS	! ALTITUDE m	! P.HUMIDE	! P.CULTURE	! TOTAL
!LAC ALAOTRA	! 786	! 116	! 157	! 1122
!KIANJASOA	! 900	! 175	! 220	! 1300
!MORAMANGA	! 912	! 146	! 179	! 1379
!FIANARANTSOA	! 1109	! 126	! 170	! 1041
!ANGAVOKELY	! 1300	! 147	! 184	! 1243
!ANTANANARIVO	! 1310	! 145	! 174	! 1123
!FANDRIANA	! 1400	! 159	! 221	! 1442
!ARIVONIMAMO	! 1450	! 146	! 192	! 1400
!AMBATOLAMPY	! 1500	! 157	! 203	! 1253
!AMBOHIBARY	! 1500	! 174	! 252	! 1306
!ANTSIRABE	! 1541	! 150	! 206	! 1294
!FARATSIHO	! 1730	! 174	! 233	! 1850
!	!	!	!	!

Nous remarquerons d'une manière générale que les quantités et durées de période de culture permettent, avec des nuances, une culture de riz pluvial dans chaque zone. Nous retiendrons la prédisposition du Moyen Ouest (Kianjasoa) pour ce type de riziculture, forte quantité (1300 mm) et faible altitude, 900 m, donc températures non limitantes.

Il est à noter qu'à haute altitude, Antsirabe, où les températures fraîches entraînent une augmentation du cycle, il faudra jouer sur la précocité des variétés. En effet, la période humide s'étale sur 150 jours. Pour avoir un maximum de chances de réussite, les variétés devront accomplir leur cycle en 150 jours maximum.

Un blocage administratif avec les services de la Météorologie Nationale nous prive de l'étude fréquentielle de la pluviométrie et, donc, nous interdit tout approche concernant la régularité des régimes hydriques.

### L'INSOLATION

La courbe 5 montre l'insolation moyenne pentadaire sur trois stations représentatives du gradient d'altitude : Lac Alaotra, Antananarivo et Antsirabe.

On remarquera qu'en saison rizicole, d'octobre à avril, il n'existe pas de réelles différences liées à l'altitude. Une discrimination n'apparaît qu'en contre saison où l'insolation est plus élevée en altitude.

La qualité de la lumière joue certainement un rôle très important sur la croissance et le développement du riz. Nos moyens actuels ne nous permettent pas de mesurer ce critère, mais nous pensons qu'il est susceptible de varier avec l'altitude.

### 1.2.3. CONCLUSIONS: LE CHOIX DES SITES EXPERIMENTAUX

Les différentes analyses décrites ci-dessus nous ont permis de choisir les points d'essais où ont été conduites les expérimentations de comportement variétal. Ils doivent répondre aux critères suivants :

- \* Représenter au mieux une région rizicole d'importance socio-géographique,
- \* Représenter au mieux les variations climatiques, notamment les températures et pluviométries,
- \* Utiliser si possible les structures existantes du FO.FI FA

Les points retenus sont :

En riziculture pluviale : Lac Alaotra 786 m  
 Kianjasoa 900 m  
 Betsizaraina 1300 m  
 Antsirabe 1500 m (Location paysanne)

En riziculture aquatique: Lac Alaotra 786 m  
 Mahitsy 1300 m  
 Antsirabe 1500 m (Location paysanne)  
 Vinaninony 1850m (Location paysanne)

### 1.3. LE DISPOSITIF

#### 1.3.1. LE CHOIX DES TERRAINS

Il a été fait en fonction des disponibilités dans les stations déjà existantes (Alaotra, Kianjasoa, Mahitsy et Betsizaraina). Pour les autres sites retenus, des terrains ont été loués chez les paysans. Dans ce cas, le choix a été assez réduit. Cependant, aussi bien à Antsirabe (riziculture pluviale et irriguée qu'à Vinaninony (riziculture irriguée seulement) les terrains que nous avons trouvés à louer pour une durée de deux années (contrat renouvelable) sont représentatifs de surfaces importantes. Néanmoins, les résultats obtenus sur ces parcelles devront être confirmés dans des tests multilocaux dont le choix des emplacements devra être fait avec le plus grand soin, de façon à ce qu'ils représentent au mieux les zones concernées (climat et sol).

#### 1.3.2. LE CHOIX DES MODELES EXPERIMENTAUX

Après concertation avec les responsables de la génétique, de la physiologie végétale et de l'agronomie du FOFIFA ainsi que de représentants de la Météorologie Nationale, le choix du type d'essai a été fait en fonction des disponibilités en terrain et en semences.

1.3.2.1 Pour les essais variétaux, le bloc à 5 répétitions de 20 m<sup>2</sup> et testant 5 variétés a été retenu en raison de sa plasticité, de sa commodité d'implantation et de sa valeur statistique acceptable.

Dans chacune des stations, l'essai variétal est répété 3 fois dans le temps à 18 jours environ d'intervalle, la date centrale étant celle considérée comme optimum par les riziculteurs de la zone considérée. Ces répétitions dans le temps doivent permettre l'étude approfondie des relations plante/environnement notamment vis à vis des températures minimales et des agressions parasitaires.

1.3.2.2 Pour les criblages variétaux, le modèle classique de la collection testée avec témoin intercalé toutes les 2 à 5 variétés, selon l'importance du matériel à tester et la surface disponible, a été retenu.

### 1.3.3 LE CHOIX DES VARIETES

1.3.3.1 Pour les essais variétaux, le choix a été fait en fonction des résultats disponibles acquis antérieurement dans les essais conduits par le FOFIFA dans les zones climatiques concernées. Le témoin de référence retenu est la variété locale la plus performante.

Dans la majorité des cas, ce sont des variétés à confirmer qui ont été retenues. Sur les 5 variétés testées dans chaque essai, 2 sont spécifiques à la zone considérée et sont en ultime phase de confirmation et les 3 autres sont communes à toutes les stations. C'est sur ces 3 variétés que seront effectuées les études de comportement vis à vis de l'environnement.

Au premier cycle, plusieurs variétés retenues pour passer en expérimentation ont dû être remplacées par d'autres à cause de l'insuffisance, voir de l'absence de semences (Kalila 473 en culture irriguée, FOFIFA 62 (3406) en culture pluviale).

Par ailleurs, la faible quantité de semences disponible pour certaines variétés nous a contraint à modifier certaines normes de nos protocoles d'origine comme par exemple, passer du semis en lignes au semis en poquets pour les essais pluviaux.

1.3.3.2 Pour les collections, les variétés étudiées proviennent d'une part, des introductions faites de l'IRRI (c'est la série des variétés IRCTN, sélectionnées pour leur tolérance au froid qui a particulièrement retenu notre attention) et d'autre part, de prospections locales effectuées en zones d'altitude par l'IBPGR en collaboration avec le FOFIFA et par des chercheurs de l'IRAT et de l'ORSTOM au cours d'une mission à Madagascar.

Le matériel végétal introduit dans le cadre de ce programme est testé dans les diverses écologies au fur et à mesure de sa sortie de quarantaine, c'est à dire au rythme d'une centaine de variétés par an environ.

#### 1.3.4 LA FERTILISATION

. En première année, elle a été appliquée en fonction des données disponibles au FOFIFA. La formule 64-82-60 (375 kg/ha de 11-22-16 50 kg d'urée) a été apportée à tous les essais et collection, en culture pluviale et irriguée, avec un complément de 250 kg/ha de dolomie (75 ca + 50 mg) et 5 à 10 tonnes/ha de fumier de parc en culture pluviale.

Cette fertilisation relativement importante à Madagascar, avait pour but d'homogénéiser au maximum les conditions d'expérimentation et ainsi de réduire, autant que faire se peut, les variations pouvant être causées par les différences de sols rencontrés.

. Pour la seconde campagne, la même formule de fertilisation a été retenue pour tous les essais variétaux et les collections en augmentant toutefois le phosphore et la dolomie pour la culture pluviale en haute altitude (150 u de P et une tonne de Dolomie).

. Pour les essais d'approche agronomique conduits en culture pluviale à 1500 mètres et en culture aquatique à 1875 mètres d'altitude, les fertilisations apportées vont de la dose d'entretien utilisée en premier cycle à des doses très élevées dites "hors épure". Ces apports importants de fertilisants doivent permettre d'évaluer le niveau de fertilité des sols sur lesquels nous conduisons notre expérimentation, la réponse des variétés à la fumure ainsi que les interactions variétés/fumure au niveau de la résistance aux maladies, des taux de stérilité et des rendements.

Ces doses fortes de fertilisants, comprennent, selon les essais :

- 10 à 20 t/ha de fumier de parc
- 2 t/ha de Dolomie (600 ca, 400 mg)
- 500 kg à 1000 kg/ha d'Hyper Reno (150 à 300 unités de P)
- 200 kg/ha de Chlorure de Potasse (120 unités de K)
- 200 kg/ha d'urée (90 unités de N)

### 1.3.5 LE SUIVI METEOROLOGIQUE

Le suivi des conditions climatiques sur les différents points d'essais a été réalisé grâce à l'installation de stations météorologiques complètes ou partielles lorsqu'il existait à proximité une station de la Météorologie Nationale. Ce matériel, en grande partie fourni et installé par les services Agrométéorologiques, nous a permis de mesurer :

#### LES TEMPERATURES

SOUS ABRI : Minimales, maximales, sec et mouillé  
 AU SOL : Minimales et maximales  
 DANS L'EAU : Minimales et maximales  
 DANS LE SOL : A 10, 20 et 50 cm

#### LE VENT

#### L'INSOLATION

#### LA PLUVIOMETRIE

L'EVAPORATION : Bac classe A

Les observations sont réalisées bi-quotidiennement, à 7 H et 17 H.

En deuxième année, nous avons installé à Antsirabe et Vinanony un thermo-hygrographe.

NOTA BENE : Le blocage administratif avec la Météorologie Nationale nous prive des données climatiques complémentaires sur les stations partielles.

## 2 - RESULTATS

### 2.1. CONNAISSANCE DE L'ENVIRONNEMENT : RELATIONS PLANTE-MILIEU

#### 2.1.1. LE CLIMAT

##### 2.1.1.1 introduction

Il ne s'agit pas de représenter ici l'ensemble des données climatiques relatives aux deux saisons rizicoles. Nous retiendrons simplement les facteurs qui nous semblent à priori les plus représentatifs des variations interannuelles et multilocales, et d'une action certaine sur la croissance et le développement du riz.

Nous traiterons :

- \* Des températures minimales et maximales sous abri,
- \* De l'insolation,
- \* Du vent,
- \* De la pluviométrie.

Chacune de ces composantes du climat sera donc étudiée dans ses variations multilocales et interannuelles. Dans un dernier temps, nous nous intéresserons aux probabilités d'apparition de événements climatiques. Le blocage administratif avec la Météorologie Nationale nous restreint à l'étude fréquentielle des températures. Ce point est pour nous d'une importance capitale, puisqu'il nous permet de vérifier la représentativité des résultats obtenus sur deux années de culture.

##### 2.1.1.2 variabilité interannuelle

Les courbes 6,7 et 8 représentent les températures minimales et maximales, le vent parcouru par jour et l'insolation observés à Vinaninony (1875m) durant les deux campagnes et de façon pentadaire. La courbe 9 traduit la pluviométrie relevée à Antsirabe (1500 m) durant la même période. On remarquera :

#### LES TEMPERATURES

- Les fortes baisses des températures minimales aux mois de novembre et décembre 1985, et janvier et mars 1986. En seconde campagne la baisse des températures minimales est observée simplement fin février 1987,

- Les fortes baisses des températures maximales fin février et début mars 1987.

Pour le reste de la période rizicole, les deux saisons sont sensiblement équivalentes.

#### LE VENT

- Le fort vent en début de campagne 1985-86,
- Le fort vent durant la fin du mois de février et le mois de mars 1986.

#### L'INSOLATION

- La forte baisse mi-février et début mars 1986,
- La forte baisse durant les mois de décembre, janvier et fin mars début avril de la deuxième campagne.

#### LA PLUVIOMETRIE

Les deux années ont été différentes en ce qui concerne les quantités et la distribution des pluies. 1985-86 a connu une pluviométrie faible pendant une grande partie du cycle avec notamment une période de sécheresse début janvier, soit pendant le plein tallage et une deuxième période d'insuffisance fin février début mars, pendant le stade du gonflement et de l'épiaison-floraison.

Les différents événements observés début mars 1986 sont à relier au passage du cyclone Honorina.

#### 2.1.1.3. variabilité inter-stations des températures minimales

La courbe 10 représente la variabilité des températures minimales en première saison entre les trois points d'essais : Mahitsy, Antsirabe, Vinaninony. On en retiendra :

- Les faibles valeurs en début de saison. A Mahitsy, elles sont de 6°C en octobre 1 et de 14,5°C en décembre 2. A Vinaninony, elles sont de 4,5°C en octobre 1 et de 11°C en décembre 2. D'après la bibliographie consultée, ces températures minimales survenant en plein début de croissance et de tallage ont une action limitante

- La forte baisse constatée sur chaque station au mois de janvier où elles sont de 15°C à Mahitsy et de 10°C à Vinaninony. A cette période le riz est au stade pré-initiation paniculaire. Nous verrons plus loin l'action de ces températures fraîches sur le développement et la croissance,

- Le gradient des températures entre les stations. La station de Vinaninony augmente notre variabilité en ce qui concerne les tem

#### 2.1.1.4 représentativité des deux années de culture

Les données historiques des températures ont été analysées de façon fréquentielle. Nous sommes donc en mesure de dire quelle a été la probabilité d'apparition des températures observées durant les deux saisons rizicoles. Les températures minimales étant les plus variables suivant les années et certainement les plus limitantes de la croissance et du développement, c'est leur étude fréquentielle que nous allons évoquer. La courbe 11 traduit les probabilités au non dépassement des températures minimales sous abri. Pour une pentade quelconque, si la probabilité est X, cela signifie que X années sur 100, les températures minimales sont inférieures à celles observées durant la pentade de l'année en question. Nous avons tracé les médianes (50 %) qui traduisent les moyennes historiques. Les valeurs situées sous ces droites correspondent donc à des températures inférieures aux moyennes historiques.

Nous en retiendrons :

\* De façon générale, le fort contraste entre les deux années de culture. En première saison, les températures minimales ont été, en majorité, inférieures aux moyennes et ce durant tout le cycle. En deuxième saison, elles ont été nettement supérieures avec des probabilités au non dépassement de 75 à 95 %.

\* Plus précisément, les faibles valeurs observées en janvier, février et mars 1986, période pendant laquelle le riz est en phase reproductrice. Des faibles valeurs sont observées à partir de la fin février 1987.

Du point de vue de la croissance et du développement, les deux années d'étude nous ont été favorables. En effet, nous disposons ainsi d'une plus large gamme de situations climatiques avec une première saison fraîche et une deuxième plus clémente.

Ce chapitre est d'une importance capitale pour notre travail. Il nous permet d'apprécier la validité des résultats obtenus. Le fort contraste observé traduit en somme les deux situations extrêmes possibles en ce qui concerne les températures minimales. Les relations Plante-Milieu seront facilitées par l'amplitude inter-annuelle au niveau des données climatiques et au niveau du comportement variétal.

Nous verrons plus loin l'action précise des baisses des températures constatées pendant la phase de reproduction à Vinaninony. A ce sujet, le décalage d'un mois et demi entre les deux saisons s'avère d'une grande importance sur les rendements observés.

D'un point de vue sélection, le contraste décrit précédemment a permis de comparer les variétés testées dans deux situations extrêmes et de dégager ainsi les premiers critères à retenir pour le choix des géniteurs. Ceux-ci devront, avant tout, présenter un bon comportement quelles que soient les conditions climatiques. Nous ne rechercherons pas les variétés à forts rendements dans des conditions particulières mais des variétés à bons rendements réguliers.

#### 2.1.1.5 conclusion

Nous retiendrons de ce chapitre :

- \* Les différences entre les deux saisons pour toutes les données climatiques. La première se caractérise par des températures plus fraîches durant tout le cycle et notamment durant la phase reproductrice, une baisse de l'insolation et une augmentation du vent en février-mars. Le total pluviométrique est inférieur et la régularité des pluies n'est pas assurée.

- \* Les différences entre les stations. Vinaninony augmente la diversité des situations climatiques rencontrées sur les Hauts-Plateaux.

- \* La représentativité des deux saisons. Les deux années culturales représentent assez bien deux cas extrêmes des températures minimales.

## 2.1.2. RELATIONS PLANTE-CLIMAT

### 2.1.2.1 Introduction

De par son volume trop important, il ne s'agit pas de représenter ici l'ensemble des résultats obtenus concernant le comportement variétal multilocal. Nous nous contenterons de traiter les observations qui nous paraissent les plus fondamentales.

Nous nous attacherons plus particulièrement aux résultats relatifs à la riziculture aquatique. En effet, nous le verrons par la suite, en riziculture pluviale des problèmes de nature agronomique nous empêchent d'évaluer l'action réelle du climat sur le développement de la plante. Lors de chaque paragraphe, nous indiquerons les tendances observées en riziculture pluviale sans avance d'hypothèses d'interprétation.

Les relations entre le développement et la croissance et les températures seront aussi abordées de façon prudente. En effet, les résultats n'ont pas montré d'action vraiment limitante du climat jusqu'à 1500 m, puisque c'est à Antsirabe que les meilleurs rendements ont été obtenus. Nous pensons qu'une concordance entre des problèmes purement agronomiques et un mauvais respect des techniques culturales sur les deux stations de moyenne altitude, est responsable de ce phénomène. Une mini-expérimentation multilocale conduite sur un même sol, sur trois variétés représentatives et deux dates de semis devraient cette année nous permettre de préciser les relations évoquées.

C'est pourquoi, nous nous attarderons plus particulièrement sur les problèmes les plus limitatifs de la production à haute altitude, Vinaninony.

La saison culturale 1985-86 a été d'une grande sévérité climatique pour le riz. C'est donc par l'illustration des résultats obtenus cette année que nous allons évoquer les problèmes de la riziculture d'altitude.

### 2.1.2.2 Durées des phases de croissance et développement

Les courbes 12, 13 et 14 montrent les durées du cycle total des variétés suivant les points d'essais, le début de croissance et les durées des différentes phases de développement de la variété Rojofotsy, variété témoin.

On remarquera :

COURBE 12

- L'augmentation du cycle total de toutes les variétés avec l'altitude et la précocité des dates de semis. Rojofotsy accomplit son cycle en 140 jours au Lac Alaotra 3° date et en 230 jours à Vinaninony 1° date,

- La variété Latsibozaka dans sa zone de culture (Vinaninony) est plus précoce d'environ 10 jours,

- La variété 1632 (Chianan 8), plus précoce en moyenne altitude, connaît à partir d'Antsirabe des problèmes de croissance et développement qui provoquent un retard dans son cycle.

COURBE 13

- L'augmentation du nombre de jours nécessaires à la levée avec l'altitude et la précocité des dates de semis. Rojofotsy lève en 4 jours à Mahitsy et en 16 jours à Vinaninony 1° date.

- La **constance** de la phase levée-apparition de la 3° feuille, de l'ordre de 10 jours.

- L'augmentation de la phase levée-début de tallage avec l'altitude et la précocité des dates de semis. Elle passe de 8 jours à Mahitsy 3° date à 38 jours à Vinaninony 1° date.

COURBE 14

- L'augmentation du nombre de jours nécessaires à l'initiation avec l'altitude et la précocité des dates de semis. Rojofotsy initie après 80 jours au Lac Alaotra et après 130 jours à Vinaninony 1° date. Par ce fait, les dates de semis tardives ont tendance à rattraper leur retard.

- La constance de la phase initiation-épiaison de l'ordre de 25 à 30 jours.

- L'augmentation de la maturation avec l'altitude. Pour Rojofotsy, elle s'accomplit en 40 jours au Lac Alaotra 3° date et en 60 jours à Vinaninony 1° date.

L'augmentation de la durée du cycle total s'explique donc par l'augmentation du début de croissance (retard à la levée et au tallage), le retard à l'initiation et l'allongement de la maturation. Toutes les phases de croissance sont donc perturbées avec l'altitude. Le retard constaté en début de croissance se traduit par un allongement de la durée en pépinière pour obtenir des plants de même développement. De 30 jours au Lac Alaotra 3° date elle passe à 71

En riziculture pluviale, les mêmes observations sont faites. La seule différence réside dans la phase initiation-épiaison qui n'est plus constante et semble retardée avec une alimentation hydrique déficiente.

Ces différents phénomènes semblent étroitement liés aux conditions de températures. Une température minimale d'environ 11°C bloquerait la physiologie de la croissance et du développement.

### 2.1.2.3 Evolution de la hauteur

Les courbes 15, 16 et 17 traduisent les hauteurs finales des variétés sur chaque station, l'évolution en hauteur de Rojofotsy et les pentes des courbes de la croissance en hauteur après estimation par une droite. On retiendra :

#### COURBE 15

- Les différences variétales,
- Les différences non significatives entre les dates de semis,
- La nette diminution de la hauteur entre Antsirab et Vinaninony.

#### COURBE 16 et 17

- La diminution de la pente avec l'altitude. Pour Rojofotsy, elle est de 0,58 à Vinaninony 1<sup>o</sup> date et de 0,88 à Mahitsy 1<sup>o</sup> date.
- La plus nette diminution se situe entre Antsirab et Vinaninony.
- Les différences variétales.

En riziculture pluviale, on constate une diminution des pentes de croissance avec l'altitude. En ce qui concerne les hauteurs finales, nous avons deux situations distinctes : au Lac Alaotra et à Kianjasoa avec 120 cm pour 2366, à Antsirabe et Betsizaraina 70 à 80 cm. Il est difficile d'interpréter ces résultats compte tenu de la présence de problèmes de nature agronomiques décrits plus loin.

Une température minimale de l'ordre de 11° C semble inhiber la croissance en hauteur.

#### 2.1.2.4 Evolution du tallage

Les courbes 18 et 19 montrent l'évolution du tallage pour la variété Rojofotsy et les pentes de la croissance en tallage après le repiquage. On retiendra :

- L'absence de différences liées à l'altitude,
- L'augmentation des pentes avec les dates de semis à Vinaninony et Mahitsy.

Pour les stations de basse et moyenne altitude, on a remarqué une forte différence entre le tallage maximal et le tallage final (proche du tallage fertile en riziculture aquatique). Ceci traduit le problème de la fertilité des rizières à notre disposition.

En riziculture pluviale, nous avons observé une baisse des pentes de croissance avec l'altitude et un retard dans le début de la phase active de tallage.

#### 2.1.2.5 Les facteurs du rendement

En riziculture pluviale, de fortes hétérogénéités au sein de parcelles élémentaires nous privent d'une estimation représentative des facteurs du rendement. Les rendements parcellaires obtenus montrent très nettement les problèmes en altitude. En 1985-86, pour 2366 (IAC 25), ils ont été de 5 T/ha environ à Kianjasoa et de 1 T/ha à Betsizaraina et Antsirabe. Les déficiences de l'alimentation hydrique ne permettent pas seules d'expliquer ces résultats.

Les courbes 20 et 21 traduisent les rendements obtenus par les trois variétés aquatiques communes à chaque point d'essai et par les variétés issues de haute altitude dans leur milieu. On remarquera :

- jusqu'à 1500 m l'altitude ne semble pas avoir d'action limitante sur la production rizicole, puisque c'est à cette altitude que les meilleurs rendements sont obtenus.

- A Vinaninony, toutes les variétés issues de moyenne altitude voient leur rendement chuter de 50 %.

- Seule la population locale, Latsidahy, montre peu de différences entre Antsirabe et Vinaninony.

Le facteur principalement perturbé par l'altitude est la fertilité. La courbe 22 montre la fertilité des variétés communes et de la population Latsika. Pour cette dernière, elle est de 70 %, alors que pour les autres variétés, elle chute à 40 %.

Des observations précises montrent que la forte stérilité observée est en étroite relation avec le blocage des panicules dans les gaines. Ce blocage serait dû à des attaques d'origine bactérienne. Les variétés locales sont aussi affectées par les symptômes bactériens mais semblent mieux s'en accommoder et montrent une meilleure exsertion paniculaire et fertilité.

Les observations faites précédemment au sujet des températures minimales nous ont poussé à les rapprocher de la stérilité observée. En effet, en deuxième saison les rendements réalisés ont été nettement supérieurs et de l'ordre de 5 à 6 T/ha.

La courbe 23, montre les températures minimales pentadaires avant l'épiaison de Latsidahy en 1985-86 et 1986-87. On retiendra :

- En 1985-86 : les températures minimales ont chuté 10 pentades avant l'épiaison soit bien avant l'initiation paniculaire. Les symptômes bactériens sont apparus (nécrose des gaines) à l'initiation paniculaire et les panicules sont restées en partie bloquées dans les gaines.

- En 1986-87 : la chute des températures a eu lieu 3 pentades avant l'épiaison. Les symptômes bactériens sont apparus peu avant l'épiaison, l'exsertion paniculaire a été normale, et les variétés fertiles.

Il ne s'agit pas ici d'une démonstration mais d'une constatation qui demande à être confirmée par la suite. Si elle se révèle juste, nous saurons qu'une température minimale comprise entre 11°C et 13°C environ provoque l'apparition des attaques bactériennes.

La courbe 24 traduit les probabilités d'apparition de ces températures à Vinaninony durant la phase de sensibilité maximale, pré-initiation jusqu'à la floraison.

On remarquera qu'une température minimale de 13°C correspond aux moyennes historiques. C'est à dire qu'une année sur deux les températures minimales sont inférieures à 13°C et donc que le problème bactérien peut se poser. Cette température correspond aussi au maximum des minimales à Vinaninony. Un raccourcissement du cycle ne pourrait donc pas nous permettre d'éviter ces problèmes.

On retiendra que le stade de sensibilité maximale est le stade du gonflement et donc pour décèler d'éventuelles différences variétales expliquant une plus ou moins forte tolérance à la bactérie, c'est à ce stade que des observations fines doivent être conduites.

#### 2.1.2.6 Conclusion

De<sup>ce</sup> chapitre, nous retiendrons :

\* L'action des températures minimales sur la croissance et le développement durant tout le cycle du riz,

\* La baisse des hauteurs finales et des pentes de croissance en hauteur. Une diminution de la hauteur finale se traduit par une surface foliaire moindre et donc une photosynthèse réduite. Nous avons constaté en effet une légère diminution du poids des grains avec l'altitude.

\* Un tallage actif apparemment non affecté par l'altitude,

\* des rendements fortement affectés en riziculture pluviale à partir de 1300 m et, en riziculture aquatique, à partir de 1875 m.

\* La forte stérilité observée en altitude pour les deux types de riziculture. En pluvial, elle est due à une concordance entre les températures fraîches, un éventuel déficit hydrique et un problème de nature agronomique non identifié à ce jour. En irrigué elle est à rapprocher de la présence de symptômes bactériens au stade sensible du gonflement. Une température minimale sous abri entre 11° C et 13 ° C favoriserait l'attaque bactérienne une année sur deux.

\* Les autres composantes du climat sont plus difficilement reliables aux phénomènes constatés. On pense à l'action éventuelle de la qualité de la lumière en altitude. Les paysans questionnés sur l'origine de la stérilité à très haute altitude ont évoqué l'action du vent. En effet, il pourrait agir soit par son action directe sur les températures soit, en créant des frottements sur les gaines qui provoqueraient des micro-lésions, lieu de pénétration facilitée de la bactérie. Nous avons vu qu'en 1985-86, il avait été plus fort. Il soufflait depuis l'Est et était froid. En 1986-87, il soufflait depuis l'Ouest et était tempéré.

### 2.1.3 Relations Plante-Milieu-Parasites

Dans les zones dites d'altitude (900 et plus), les maladies susceptibles de causer des dégâts ayant une incidence sur les rendements sont relativement peu nombreuses.

En effet, les conditions climatiques qui les caractérisent exercent une sélection sur les microorganismes, de telle sorte que le nombre de champignons et de bactéries pathogènes a tendance à diminuer lorsque l'altitude croît.

#### 2.1.3.1 Maladies observées

Les agents pathogènes que nous avons pu rencontrer sont :

##### - En riziculture pluviale :

- Pyricularia oryzae (Kianjasoa : 900 m)
- Saroeladium oryzae (Antsirabe : 1500 m)
- Xanthomonas campestris pv oryzicola
- Un brunissement-rougissement des gaines foliaires et paniculaires (Betsizaraina : 1300 m - Antsirabe : 1500 m). L'agent causal de cette affection est en cours de détermination au Laboratoire du CIRAD/IRAT à Montpellier.

##### - En riziculture aquatique :

- Saroeladium oryzae (Mahitsy : 1300 m - Antsirabe : 1500 m  
Vinaninony : 1875 m)
- Sclerotium oryzae (Vinaninony : 1875 m)
- Pseudomonas fuscovaginae (Mahitsy : 1300 m - Antsirabe : 1500 m  
Vinaninony : 1875 m)
- Xanthomonas campestris pv oryzicola
- Brunissement-rougissement des gaines foliaires et paniculaires (Mahitsy : 1300 m)

#### 2.1.3.2 Importance

Les maladies qui nous paraissent être les plus inquiétantes pour la riziculture d'altitude sont :

- la pourriture des gaines due à Pseudomonas fuscovaginae pour la riziculture aquatique
- le brunissement-rougissement des gaines foliaires pour les rizicultures pluviale et aquatique.

### A. Pseudomonas fuscovaginae

Nous considérons qu'actuellement cette bactériose est le principal facteur limitant de la riziculture aquatique pratiquée dans les zones dites de haute altitude.

Historiquement, cette affection a été observée au cours de la campagne 1985-86, par les chercheurs travaillant sur le programme d'amélioration de la riziculture d'altitude. A cette époque, ils ont constaté qu'une pourriture des gaines de riz était à l'origine d'une stérilité des épillets et avait donc une incidence sur les rendements.

En Mars 1986, le Département Agronomique du FOFIFA prit la décision d'envoyer au Laboratoire de Phytopathologie de l'IRAT/CIRAD (Montpellier-France) des échantillons de riz malade provenant des zones considérées comme étant les plus gravement touchées. Des bactéries fluorescentes pathogènes pour le riz, ont ainsi pu être isolées à partir des feuilles et des graines expédiées. La caractérisation réalisée par la suite a permis de déterminer l'agent pathogène comme étant : Pseudomonas fuscovaginae Miyajima, Tanii

A la même période, deux chercheurs belges : MM. E. DUVEILLER et J.P. TILQUIN, qui réalisaient une mission de concertation à Madagascar dans le cadre des Projets d'Amélioration des Riz d'Altitude financés par la CEE, ont identifié la présence de P. fuscovaginae sur les Hauts-Plateaux Malgaches (isolement et seroagglutinations sur lames)

En Avril 1987, M. P. ROTT (Bactériologiste IRAT/CIRAD) a effectué une mission à Madagascar, au cours de laquelle il a pu confirmer ces diagnostics, et proposer des axes de recherches qui devraient permettre d'une part d'étudier l'épidémiologie de cette maladie, et d'autre part de définir des méthodes de lutte (Recherches actuellement en cours au FOFIFA).

D'après les observations que nous avons pu faire en 1985-86 puis en 1986-87, Pseudomonas fuscovaginae peut, occasionner des pertes de rendement allant de 30 % à 100 % selon les années et les variétés.

Pour l'instant, cette bactérie n'a pas encore été formellement identifiée sur riz pluvial.

La répartition de cette affection à Madagascar n'est pas encore

## B. Le Brunissement-rougissement des gaines

Cette affection a été observée pour la première fois à Madagascar en Avril 1987 par M. P. ROTT.

D'un point de vue symptomatologique cette maladie est caractérisée par un brunissement (aspect brun-rouille) des gaines foliaires et paniculaires. La sortie paniculaire est souvent bloquée. Les grains sont plus ou moins nécrosés. La découverte de cette maladie est assez préoccupante dans la mesure où elle semble avoir, tout comme la bactériose due à Pseudomonas fuscovaginae, une incidence sur le rendement.

Selon R. DECHANET on note un problème analogue à l'Ile de la Réunion se traduisant par un brunissement puis rougissement des gaines, une absence d'émergence paniculaire et la nécrose des grains. A la Réunion, ces symptômes sont observés pour des cultures de riz allant de 450 m à 1000 m d'Altitude. Ils peuvent être à l'origine de dégâts très importants.

A Madagascar ces symptômes ont déjà été signalés au Lac Alaotra (780 m), puis par P. ROTT à Betsizaraina (1300 m) sur riz pluvial (la variété 3375 présente beaucoup de brunissement des gaines), à Mahitsy (1300 m) sur riz irrigué (notamment sur les populations de Latsidahy) et à Antsirabe (1500 m) sur riz pluvial.

La présence des symptômes de brunissement-rougissement n'a pas été remarquée à Antsirabe et Vinaninony sur riz irrigué. Cette affection n'est probablement pas absente dans ces zones d'altitude mais sa présence doit être masquée par les fortes infestations de la pourriture brune de la gaine foliaire.

R. DECHANET a pu constater des taux de stérilité atteignant 100 % pour des variétés atteintes de brunissement-rougissement à la Réunion.

Au Lac Alaotra et à Antsirabe, les dégâts sur riz pluvial peuvent être équivalents à ceux provoqués par P. fuscovaginae sur riz irrigué en haute altitude.

Des recherches sont actuellement en cours à Montpellier pour déterminer la nature de l'agent pathogène responsable de cette affection.

### 2.1.3.3 Relation milieu-parasite

L'apparition de P. fuscovaginae est intimement liée aux conditions climatiques des zones d'altitude.

Le facteur le plus important est la température - Miyajima et Akita (1975) signalent que des moyennes journalières comprises entre 14° C et 10° C favorisent le développement de la bactérie.

Une humidité relative élevée (80 - 100 %) induit également une augmentation des risques de contamination.

Mrs DUVEILLER et TILQUIN ont observé à Madagascar comme au Burundi/du degré d'attaque en fonction de l'altitude. Dans les zones les plus basses (900 m) Sarocladium oryzae serait généralement responsable des pourritures observées, bien que P. fuscovaginae puisse aussi être isolé des échantillons de riz prélevés à cette altitude. Par contre, lorsqu'on s'élève en altitude, le rapport s'inverse et la bactérie devient plus virulente. Au delà de 1600 m Sarocladium oryzae ne cause plus de pertes économiques contrairement à P. fuscovaginae qui peut être à l'origine de forts taux de stérilité (jusqu'à 100 %).

L'existence d'un vent froid plusieurs jours consécutifs semblerait aggravé la maladie. Ce phénomène est d'ailleurs bien connu des paysans puisque depuis déjà fort longtemps ils associent la présence du vent avec celle de la pourriture brune des gaines et donc avec une mauvaise année rizicole.

En ce qui concerne le brunissement-rougissement des gaines, nous avons également constaté un étagement en fonction de l'altitude. Les symptômes sont généralement observés entre 900 m et 1500 m. L'agent pathogène responsable de cette affection est peut-être présent à des altitudes inférieures et supérieures, mais sa virulence doit être inférieure à celles des autres microorganismes responsables des brunissements et pourritures des gaines.

### 2.1.3.4 Relations Plantes-Parasites

Le riz est l'hôte privilégié de Pseudomonas Fuscovaginae

La bactérie pénètre dans la plante par les stomates présents sur l'épiderme supérieur de la feuille paniculaire ou par des blessures au niveau du système aérien de la plante.

La transmission de la maladie est relativement mal connue. Cependant, il est évident que les eaux d'irrigation jouent un rôle important dans la dissémination de l'inoculum. De plus nous savons que Pseudomonas fuscovaginae peut se conserver au moins cinq mois après la récolte dans les résidus de récolte laissés pendant la contre saison dans les rizières. En effet nous avons pu isoler la bactérie en Novembre 1987 à partir de résidus prélevés à Vinaninony.

Par ailleurs, certains auteurs considèrent que Pseudomonas fuscovaginae peut vivre en épiphyte (donc sans qu'il y ait de symptômes visibles) sur des hôtes intermédiaires de la famille de poacées (=ex graminées).

Dans des conditions naturelles, le riz est sensible à la bactériose à deux stades physiologiques : au stade plantule ("seedling") et au stade gonflement de la panicule ("booting stage"). Par voie de conséquence, l'incidence de la maladie sera d'autant plus forte que les conditions optimales pour le développement de P. fuscovaginae seront réunies lorsque le riz est en pépinière et/ou au stade initiation paniculaire-floraison. Quand l'exsertion paniculaire a eu lieu, il n'y a plus de risque de dégâts économiquement dangereux.

Pour l'instant il n'a pas encore été démontré que des déséquilibres nutritifs puissent induire un développement plus rapide de la maladie.

Il serait cependant intéressant de se pencher sur ce problème.

#### 2.1.4. Relations Plante-Sol

Cette approche concerne essentiellement la riziculture de haute altitude (1300 - 1500 m pour la riziculture pluviale et 1875 m pour le riz aquatique).

La constatation, au cours du premier cycle d'expérimentation variétale, de certains faits, comme par exemple les taux de stérilité élevés et les faibles rendements en riziculture pluviale, l'importance et l'influence négative sur les rendements, des maladies de gaine (Pseudomonas fuscovaginae) en riziculture aquatique, nous ont incité à rechercher les causes de ces problèmes. Notre objectif n'est pas d'essayer de résoudre les problèmes agronomiques, mais de mettre en évidence leur existence et leur influence sur les rendements. Il paraît évident que, dans ces zones très sélectives, les problèmes existants ne peuvent pas être résolus uniquement par la variété, mais en associant étroitement à la recherche variétale, l'étude des différents facteurs de l'environnement susceptibles d'influencer le comportement de la plante et en finalité le rendement.

En riziculture aquatique, où **traditionnellement**, les sols de rizières, souvent très riches en matière organique et en fer, se trouvent dans un état d'hydromorphie quasi totale 10 mois par an environ, nous avons procédé à un drainage suivi d'un labour profond aussitôt la récolte faite. Le sol se trouve donc aéré pendant environ 5 mois (Juin à Novembre), ce qui permet une bonne oxygénation, facilite l'oxydation et réduit ainsi les risques de toxicité ferrique. D'autre part, l'ensemencement bactérien fait par l'apport de fumier de parc combiné à l'oxygénation, active la minéralisation de ces sols réduits. Enfin, la dolomie brûle une partie de la matière organique qui se trouve en excès dans ces sols, libérant ainsi de l'azote. Par ailleurs, elle favorise la remontée du PH.

Les résultats obtenus sur les micro-essais orientatifs conduits selon ces techniques à la station de Vinaninony (1875 m) sont positifs et très encourageants. En effet, les rendements obtenus avec la variété locale LATSIDAHY sur les labours de fin de cycle avec apport de fumier et d'une fertilisation d'entretien de 60-80-60 sont supérieurs de 30 à 40 % à ceux du témoin ayant reçu la même fertilisation, mais labouré en début de cycle.

Par ailleurs, l'état sanitaire de la plante semble meilleur. Ces résultats seront confirmés pendant la campagne 87/88 sur les mêmes emplacements avant d'être testés multilocalement.

Les résultats enregistrés avec les fortes fertilisations semblent moins positifs. Les essais conduits avec la variété locale LATSIDAHY ne font pas ressortir de différence significative de rendement, ni de comportement agronomique général, entre les fortes fertilisations et la fertilisation d'entretien. Par contre, il a été mis en évidence l'intérêt de remonter la fertilité du sol qui apparaît assez faible, par un apport modéré d'une fertilisation de l'ordre de 60-60-60, formule qui apporte un gain de rendement moyen de l'ordre de 20 % environ.

En résumé, dans l'état actuel de nos connaissances, on retiendra pour la riziculture aquatique

- . Le labour de fin de cycle avec enfouissement du fumier et de la dolomie
- . L'apport au repiquage d'une fertilisation d'entretien de 60-60-60.

L'application de l'ensemble de ces techniques permet d'espérer une substantielle augmentation des rendements ainsi qu'un meilleur état sanitaire général de la culture. Ces deux caractères, très certainement en étroite corrélation feront l'objet, d'une étude plus approfondie au cours de la prochaine campagne d'expérimentation.

En riziculture pluviale, les principaux problèmes rencontrés sur les variétés les mieux adaptées à l'écologie d'Antsirabe (1500 m) sont la sensibilité à une maladie des gaines pouvant se communiquer aux panicules (Sarocladium) et des taux de stérilité élevés, ces deux caractères pouvant être liés.

L'expérimentation conduite a porté sur l'étude des techniques culturales, de la fertilisation et de l'effet du déficit hydrique sur les taux de stérilité. La campagne 1986/87 au cours de laquelle cette expérimentation a été réalisée, n'a pas été assez sélective pour avoir des résultats positifs sur les essais de techniques culturales qui visaient l'amélioration des réserves en eau du sol et du développement racinaire ainsi que sur l'essai étudiant l'effet du déficit hydrique sur les taux de stérilité.

En effet, la pluviométrie a été abondante et assez bien répartie dans le temps ce qui fait que les plantes n'ont pas eu à souffrir de la sécheresse.

En contre partie, un petit essai orientatif comprenant des traitements de fertilisation à différents niveaux, mais aussi un traitement "terre rapportée" (prélevée à la station de Kianjaoa) où nous obtenons régulièrement des rendements en essai supérieurs à 5 T/ha, a permis de mettre en évidence qu'il existe bien un problème de sol dans la région d'Antsirabe, et qui est une des causes des faibles rendements observés. Les résultats obtenus montrent, que s'il n'y a pas de différence significative de rendement entre les fortes et les moyennes fertilisations, il y a des différences importantes de rendement entre les traitements sol en place et sol rapporté (à fertilisation égale). Pour la variété IAC 25, le gain de rendement sur sol rapporté est de 30 % et de près de 90 % pour la variété 3406 (FOFIFA 62), plus précocité et mieux adaptée à cette écologie.

Cette différence de rendement semble être uniquement le fait du tallage (plus élevé sur la terre rapportée) car les autres composantes du rendement mesurées ne présentent pas de différences significatives.

Cet essai sera reconduit au cours de la prochaine campagne. Si ces résultats se confirment, cette recherche sera confiée à la division d'Agronomie du FOFIFA qui sera chargée de rechercher l'origine de ces problèmes du sol.

Par ailleurs, les études de techniques culturales et de l'effet du déficit hydrique sur les taux de stérilité seront également poursuivis au cours des prochaines campagnes avec une gamme variétale comprenant les variétés les mieux adaptées à cette écologie.

## 2.2. CONNAISSANCE ET AMELIORATION DE LA PLANTE

### 2.2.1. L'Expérimentation variétale

#### 2.2.1.1 Riziculture aquatique

La première campagne d'expérimentation variétale (85/86) a été conduite dans 4 sites -

- Alaotra	780 m
- Mahitsy	1300 m
- Antsirabe	1500 m
- Vinaninony	1875 m

Trois variétés sur les cinq testées étaient communes à tous les essais et destinées aux études de relation plante/environnement, et 2 variétés spécifiques à chaque écologie.

Rappelons ici que le matériel végétal testé, provenait de criblages réalisés antérieurement au démarrage de ce programme, et était donc dans la phase de confirmation.

En seconde campagne (86/87) la station de l'Alaotra, considérée comme une zone de moyenne altitude et donc marginale dans le cadre de ce programme, a été abandonnée. Seuls les trois sites supérieurs à 1300 m ont été retenus.

A Mahitsy (1300 m) et Antsirabe (1500 m) les essais ont été reconduits, mais avec 2 dates seulement et avec le changement d'une variété locale (Botrakely) qui avait eu un comportement décevant dans tous les sites (paille **haute** et grande sensibilité à la verse notamment).

A Vinaninony (1875 m), l'essai variétal n'a pas été reconduit car, sur les 4 variétés comparées au témoin local Latsidahy, une a été totalement **improductive** (Chianan 8) et les trois autres ont eu des rendements nettement inférieurs à ceux de la variété témoin, très bien adaptée au milieu.

Pour cette station de haute altitude, à environnement très sélectif, l'accent a donc été mis essentiellement sur le criblage variétal, les techniques culturales améliorantes et la fertilisation.

Jusqu'à 1500 m, les rendements obtenus en essais se situent entre 5 et 7 T/ha pour les meilleures variétés et les meilleures dates de semis. Nous pouvons citer en particulier les variétés ci-après :

- Station du Lac Alaotra (780 m)
  - TCHE KOUAI (2798) - variété introduite
  - MAKALIOKA 34 (34) - variété locale
  - CHIANAN 8 (1632) - variété introduite
- Station de Mahitsy (1300 m)
  - IRAM 10 (2067) - variété introduite
  - MUTANT DE ROJOMENA (2822) - création locale
  - ROJOFOTSY (1285) - sélection locale
- Station d'Antsirabe (1500 m)
  - IRAM 10 (2067) - variété introduite
  - ROJOFOTSY (1285) - sélection locale
  - KALILA (473) - variété locale
  - LATSIDAHY - Population locale

Au delà de 1500 m les rendements baissent en fonction des taux de stérilité des épillets, en étroite relation avec la pourriture brune des gaines foliaires. Certaines variétés locales bien adaptées au milieu tolèrent ces conditions et se classent nettement en tête avec des rendements voisins de 5 T/ha à la station de Vinaninony (1875 m).

Il s'agit notamment des variétés LATSIDAHY et LATSIBAVY qui sont d'ailleurs les variétés les plus cultivées par les paysans de cette région.

Nous citerons également la variété locale TOKAMBANA qui a eu des rendements moyens supérieurs à 4 T/ha avec un taux de stérilité proche de 50 %. C'est donc une variété potentiellement très productive qui peut présenter un intérêt certain à plus basse altitude ou comme géniteur.

### 2.2.1. 2 Riziculture pluviale

Au cours de la première campagne d'expérimentation conduite en 1985/86, des essais variétaux ont été implantés dans 4 sites :

- Station Alaotra 780 m
- Kianjasoa 900.m
- Betsizaraina 1300 m
- Antsirabe 1500 m

Comme pour les essais en riziculture aquatique, trois variétés sur les cinq testées étaient communes à tous les points d'essais et destinées aux études de relations plante/environnement.

Les deux autres variétés étaient spécifiques à chaque écologie. Le matériel végétal utilisé, sélectionné, lors de tests de comportement antérieurs, était donc déjà connu et se trouvait dans sa phase de confirmation, notamment pour les variétés spécifiques et pour les zones d'altitude inférieures à 1 000 m. Précisons ici qu'au dessus de 1 300 m, le riz pluvial est une culture très récente à Madagascar, qu'il n'existe pas de variétés locales adaptées et que pratiquement aucune recherche variétale n'a été réalisée avant le démarrage de ce programme. Ne disposant d'aucune référence variétale valable, le choix des variétés à tester en essai a donc porté sur les variétés cultivées dans ces zones par les paysans pionniers en la matière. Nous avons ajouté à ce matériel, les variétés les plus précoces susceptibles de boucler leur cycle dans cette écologie très sélective pour ce type de riziculture.

Au cours de la seconde campagne d'expérimentation (86/87) les essais n'ont pas été poursuivis à la station Alaotra qui avait déjà son propre programme de recherche en matière de riz pluvial et par ailleurs différents problèmes d'intendance.

L'expérimentation variétale a donc été poursuivie dans les stations de Kianjasoa, de Betsizaraina et d'Antsirabe, en précisant que sur ces deux dernières stations, l'évaluation variétale a été combinée avec les essais agronomiques (techniques culturales et fertilisation).

Jusqu'à 1000 m d'altitude, de nombreuses variétés ont un comportement et des rendements très satisfaisants. Pour les meilleures dates de semis et les variétés les plus performantes, les rendements se situent entre 5 et 6 T/ha. On peut citer parmi celles-ci :

- Station de Kianjasoa - IRAT 112 (3290) - variété introduite
- IRAT 134 (3293) - variété introduite
- FOFIFA 31(3375) - création locale

Au delà de 1000 mètres, les rendements chutent fortement et dépassent rarement les 2 T/ha en essais. Actuellement aucune variété ne se révèle bien adaptée à ces écologies. Les meilleures se rencontrent dans les créations locales du FOFIFA (FOFIFA 62, FOFIFA 70, FOFIFA 116 ) parmi les créations IRAT (IRAT 112) ou parmi d'autres introductions telles les variétés IAC 25 et SHIN EI par exemple. Toutes ces variétés sont à cycle court (130 à 145 j à 1500 m) mais présentent souvent des taux de stérilité élevés et une sensibilité non négligeable à la maladie des gaines (*Sarocladium*) notamment en conditions de culture défavorables (stress hydrique par exemple).

### Conclusion pour l'expérimentation variétale

En riziculture irriguée, l'expérimentation conduite au cours de deux campagnes a permis de confirmer certaines variétés qui peuvent dès maintenant être proposées à la vulgarisation.

Pour les zones inférieures à 1500 m, la gamme de matériel végétal disponible, tant locale qu'introduite, répond aux besoins actuels. Les rendements obtenus en essais sont satisfaisants et même élevés lorsque certaines règles sont respectées (techniques culturales, calendrier, fertilisation, entretien...). Il ne paraît donc pas nécessaire d'engager un programme de création variétale pour ces zones où seuls les tests de comportement des nouvelles introductions seront poursuivis.

C'est dans les zones supérieures à 1500 m que se rencontrent les problèmes limitant le rendement (maladie, froid, sol...). Dans l'état actuel de la recherche, seules les variétés locales, bien adaptées au milieu, donnent satisfaction. Cependant, leur potentiel de rendement ne s'exprime que partiellement face aux contraintes rencontrées. Il apparaît donc opportun de mener de front la création de variétés plus tolérantes à ces aléas et la recherche de solutions aux problèmes de milieu rencontrés.

En riziculture pluviale, la gamme variétale existant actuellement pour les zones inférieures à 1000 mètres, couvre largement les besoins. La recherche à venir portera donc essentiellement sur le criblage des introductions de l'étranger, notamment de France et du Brésil.

Pour les zones supérieures à 1000 m, comme nous l'avons déjà dit, il n'existe pas de matériel, local ou étranger, bien adapté à ces écologies.

La recherche devra donc s'orienter vers les introductions et surtout vers la création de matériel végétal possédant des caractéristiques d'adaptation à ces milieux très sélectifs, qualités que l'on a peu de chance de trouver dans le matériel introduit.

## 2.2.2. La collection variétale

### 2.2.2.1 Riziculture pluviale

Environ 200 variétés provenant des ressources locales (collection et création) et d'introduction ont été suivies dans diverses écologies dans le cadre de ce programme. Parmi ce matériel, 70 variétés environ ont été retenues pour la constitution de la collection de travail. 30 d'entre elles intéressent la riziculture de haute altitude (1500 m) et les autres la zone des 900 m où la riziculture pluviale est déjà bien développée.

Actuellement, 143 nouvelles variétés récemment sorties de quarantaine, sont en première année d'étude à 900 m et 1500 m. Enfin, 21 variétés sont encore en contrôle en quarantaine. Leur sortie est prévue en Décembre 87.

Notons ici que le passage en quarantaine est obligatoire à Madagascar. Cette formalité entraîne un très grand retard pour les études au champ du matériel végétal introduit, le temps requis pour le contrôle allant de 6 mois à près de 2 ans selon la disponibilité des serres qui ne sont pas réservées au riz, mais à toutes les espèces végétales introduites.

. Les études de ce matériel végétal ont mis en évidence l'aptitude particulièrement favorable de la zone des 900 m à la riziculture pluviale ou la majeure partie des variétés ont un très bon comportement, ce qui rend le criblage d'autant plus délicat, car situé à un niveau élevé de rendement.

. En contre partie, la pression de sélection est particulièrement forte dans la zone des 1500 m où peu de variétés introduites supportent les conditions très sélectives du milieu (froid, pluviosité irrégulière, sol peu fertile, limitation du cycle total...).

En effet, dans la zone des 1500 m, le cycle total ne doit pas dépasser 135/140 jours si l'on veut, d'une part, bénéficier d'une bonne couverture pluviale et d'autre part, que la phase de reproduction (initiation, montaison, floraison) ait lieu avant la chute des températures minimales qui entraîneraient des problèmes physiologiques graves (avortement...). Or, il y a très peu de variétés pluviales ayant des cycles aussi courts à cette altitude.

Par ailleurs, les variétés satisfaisantes sur le plan du cycle ne donnent pas toujours entière satisfaction au niveau des rendements, par exemple. Seules, deux ou trois variétés japonaises et quelques descendances du croisement réalisé localement entre IAC 25 et DANIELA se classent actuellement parmi les plus performantes, avec cependant un plafond de production assez bas ( $\pm$  1,5 à 2 T/ha en essai).

Parmi le matériel végétal nouvellement introduit et en première année d'étude, sont regroupées les dernières créations de l'IRAT et du BRESIL, dont certaines variétés très intéressantes comme IRAT 170, IRAT 216 etc.... Ces variétés, qui sont à cycle relativement long, présentent un intérêt certain pour les zones de moyenne altitude mais n'ont que peu de chances de répondre aux critères imposés par le milieu en plus haute altitude. C'est donc vers la création variétale qu'il faut se tourner pour essayer de résoudre les problèmes de la riziculture pluviale entre 1200 et 1500 m d'altitude à Madagascar.

En riziculture pluviale et sur le plan variétal, on retiendra donc

- 1°) - L'étude plus approfondie du matériel végétal disponible
- 2°) - La poursuite des introductions et de leur évaluation pour l'utilisation directe des variétés les plus performantes dans la zone des 900/1000 mètres où nous n'envisageons pas de création variétale.
- 3°) - Le criblage variétal des introductions en haute altitude dans le double objectif de mettre en évidence du matériel susceptible d'être directement utilisable dans ce milieu, à défaut, de sélectionner des variétés pouvant être utilisées comme géniteurs dans les futurs croisements.

Liste et caractéristiques principales des variétés de la collection de travail

n° d'ordre	n° de collection	Nom des variétés	CYCLES		RESIS-TANCE		Haut. (cm)	Type de grain	Aris tation	Variétés utilisées ou pressties gén-teurs
			SE	SM	Ver-se	Egra-nare				
1	3371	FOFIFA 27	116	181	R	R	70	R	AP	
2	3372	" 28	120	164	R	R	60	R	AP	
3	3382	" 38	112	156	R	R	60	DL	A	
4	3399	" 55	133	162	R	R	55	LF	PA	
5	3402	" 58	120	161	R	R	55	DL	A	
6	3403	" 59	117	159	R	R	60	LG	AP	
7	3404	" 60	111	154	R	R	65	LG	M	
8	3405	" 61	127	156	R	MR	75	LG	AP	
9	3406	" 62	101	136	R	R	70	LG	AP	x
10	3407	" 63	117	157	R	R	55	LG	A	
11	3408	" 64	101	134	R	R	60	DL	AP	
12	3413	" 69	103	136	R	R	80	LG	M	
13	3414	" 70	120	157	R	R	75	LG	M	
14	3415	" 71	107	156	R	MR	60	DL	A	
15	3418	" 74	127	163	R	R	45	R	AP	
16	3431	" 87	144	175	R	R	65	DL	AP	
17	3449	" 105	112	169	R	MR	50	R	AP	
18	3455	" 111	117	163	R	R	65	DL	A	
19	3458	" 114	124	163	R	R	70	DL	PA	
20	3460	" 116	112	158	R	R	70	LG	M	x
21	3464	" 120	124	164	R	R	65	R	M	
22	1641	Fujiminori	109	160	R	R	60	R	M	
23	1644	Shin Ei	95	160	R	R	55	R	M	x
24	3169		112	153	R	R	65	DL	AP	
25	3290	IRAT 112	120	150	R	MR	60	LG	M	
26	3293	IRAT 134	120	154	R	R	45	DL	AP	
27	1490	Kagoshima Hakamuri I	112	160	R	R	55	R	A	x
	Ant									
28	2317	Pratao Précoce	123	165	R	MR	85	LG	M	x
29	2366	IAC 25	117	141	R	MR	70	LG	AP	x
30	1647	Ootori	112	162	R	R	55	R	M	x
31	1562	Daniela	100	135	R	R	50	DL	M	x
32	3391	FOFIFA 47	103	138	R	MR	70	LG	M	
33	3375	FOFIFA 31	143	180	R	MR	70	R	M	
34	-	Noiku 1517	-	-	R	R	80	R	M	x
35	-	Rikuto Norin 15	-	-	R	R	80	R	M	x
36	-	Rikuto Norin 6	-	-	R	R	80	R	A	x
37	-	Norin 22	-	-	R	R	80	R	M	x
38	-	Lung Sheng 1	-	-	R	R	100	DR	PA	x
39	-	Lieto	-	-	R	R	80	DR	AP	x
40	x 86	IRAT 142	88	123	R	R	110	DR	M	
41	x 90	Karendra I	91	125	R	MR	70	LF	M	
42	x 92	NDR 83	108	140	R	MR	75	LF	M	
43	x 84	-	97	127	R	R	70	LF	M	
44	-	IAC 47	101	128	R	R	115	M	LG	

N° d'ordre	N° de collection	Nom des variétés	CYCLES		RESIS-TANCE		Haut- teur (cm)	Type de gran-	A- ris- tati- on	Var. utili- sées ou pres. comme général
			SE	SM	Ver- se	Egre- nage				
45	-	IRAT 177	101	136	R	MR	110	M	LG	
46	-	CA 148	91	129	R	MR	135	AP	LF	
47	-	IAC 164	100	126	R	MR	125	M	LF	
48	-	IREM 241	101	136	R	MR	115	AP	LG	
49	-	IREM 195	79	124	R	MR	110	M	LG	
50	-	IAC 165	79	124	MR	MR	120	M	LG	
51	-	IREM 238	76	119	R	MR	120	M	LF	
52	-	IREM 194	75	119	R	MR	85	M	LG	
53	-	CA 4125	76	121	MR	MR	120	AP	LF	
54	-	IRAT 237	87	133	MS	MS	120	M	LG	
55	-	IREM 239	79	128	R	MS	120	M	LG	
56	-	7402	82	126	MR	R	120	PA	DL	
57	-	IRAT 233	79	121	MR	R	105	M	LG	
58	-	C 74	135	170	R	MR	110	M	DL	
59	-	CICA 8	-	-	R	MR	80	M	LF	
60	-	CIWINI	-	-	R	MR	100	PA	LF	
61	-	IAC 25 x DANIELA	81	121	MS	MR	110	PA	LG	
62	-	CNA 104-B-34-2	97	131	R	MR	125	M	LF	
63	-	CNA 449-12-13-3	102	136	R	R	110	M	LG	
64	-	CNA 449-BM15-1-B-2	101	131	R	MR	120	M	LG	
65	-	CNA095-BM30-BM97-P 29-2	76	119	R	MR	120	M	LF	
66	-	CNA095-BM30-BM27-P 35-2	79	121	MR	MR	125	M	LG	
67	-	CNA095-BM30-BM27-P 88-1	100	123	R	MR	120	M	LG	
68	-	CNA095-BM30-BM27-P 42-1	100	136	R	MR	135	M	LG	
69	-	CNA095-BM30-BM27-P 61-1	102	128	R	MS	125	AP	LF	
70	-	CNA095-BM30-BM27-P 80-2	79	121	MR	MR	115	M	LG	
71	-	CNA095-BM30-BM27-P 53-2	100	136	R	S	135	M	LF	

N.B. - Pour les variétés de 1 à 33, les observations ont été faites à Antsirabe (1500 m)

- Pour les variétés de 34 à 39, les observations ont été faites à Antananarivo (1300 m)

- Pour les variétés de 40 à 71, les observations ont été faites à Kianjaso (900 m)

Au cours de la campagne 1987/88, toutes ces variétés sont étudiées à Antsirabe (1500 m).

Cette collection de travail sera régulièrement actualisée, notamment par l'apport des variétés qui seront sélectionnées parmi le matériel végétal actuellement en cours d'étude (143 n°) et les introductions futures.

#### 2.2.2.2 Riziculture aquatique

. Des évaluations de comportement ont été réalisées dans diverses écologies sur environ 700 variétés, dont 500 d'origine locale issues de prospections effectuées en zones de moyenne et haute altitude et 200 variétés introduites de l'IRRI ou de pays divers et présentant a priori, certains caractères de résistance au froid.

. Environ 70 autres variétés sont récemment sorties de quarantaine et sont actuellement en premier cycle de comportement dans trois écologies différentes (1300 - 1500 et 1875 m).

. En altitude supérieure à 1500 m, ce sont les variétés locales de type LATSIKA notamment qui ont montré le meilleur comportement.

. En altitude moyenne (1300-1500m), ces variétés montrent également un bon comportement mais sont le plus souvent fortement concurrencées par d'autres variétés locales ou introduites.

. Les éliminations faites à partir des critères de valeur agronomique générale et de la productivité ont été nombreuses dans les zones de moyenne générale (environ 90 %). Cependant, c'est au dessus de 1500 mètres que les taux d'élimination ont été les plus élevés notamment sur le matériel introduit qui s'est avéré très sensible à la maladie brune des gaines (Pseudomonas fuscovaginae). Cette maladie entraîne le plus souvent un blocage des panicules dans leurs gaines et des taux de stérilité très élevés.

. Ceci confirme les observations antérieures, sur la difficulté de trouver directement par introduction, du matériel végétal adapté à l'environnement de haute altitude à Madagascar.

. A partir des travaux de sélection conduits pendant deux campagnes à différents niveaux d'altitude, une collection d'environ 115 numéros, regroupant les meilleures variétés, a pu être constituée.

. Pour les zones de moyenne altitude (1300-1500 m) 70 variétés environ ont été sélectionnées et sont actuellement soumises à un second cycle d'évaluation. Ce matériel compte une vingtaine de variétés introduites et 50 variétés d'origine locale.

. Pour les zones de haute altitude (1875m), 90 variétés, toutes d'origine locale sont en second cycle d'observation.

. La variabilité génétique à l'intérieur de cette collection apparaît suffisamment large pour obtenir par croisements, l'amélioration de certains caractères agronomiques et de la résistance aux diverses agressions.

. Comme pour le riz pluvial, cette collection de travail sera régulièrement enrichie par de nouvelles variétés, notamment étrangères, mais également locales (nouvelles prospections) dans le but d'élargir au maximum la base génétique dans la perspective des futurs programmes d'hybridations.

LISTE ET CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES VARIETES DE LA COLLECTION  
DES RIZ AQUATIQUES SELECTIONNES

N° d'ordre	NOM DE LA VARIETE	Cycle total en jours	RESISTANCE		Hauteur en cm	Tallage fertile moyen	Stérilité moyenne	CLASSEMENT GENETIQUE		Sélection comme géniteur	Zones intéressées par la variété		
			Verse	Egrenage				Phénotypique	Sur 4 systèmes enzymatiques		1300m	1500m	1875m
1	IBPGR 11	219	R	R	120	12,4	24	+	Inter				
2	" 20/3	219	R	R	100	11,9	20	+	Inter			x	
3	" 22/A/2	219	R	MR	105	9,5	19	+	J ou J-1				
4	" 29/4	219	R	R	100	12,3	30	+	Inter			x	
5	" 30	219	R	MR	105	11,3	9	+	Inter			x	
6	" 32	219	R	MR	100	9,7	19	-	Inter			x	
7	" 37/2	219	R	R	105	12,0	34	+				x	
8	" 38/A/2	219	R	R	90	13,7	29	+	Inter			x	
9	" 39/2	219	R	R	100	13,9	26	+	Inter			x	
10	" 60/2	219	R	MR	115	11,9	11	+	Inter				
11	" 69/1	219	R	R	90	10,5	13	+	Inter			x	
12	" 72	215	R	R	95	12,0	22	-	Inter			x	
13	" 73/A	219	R	R	110	11,7	24	+	Inter				
14	" 73/B	219	R	R	100	15,0	22	+	Inter				
15	" 113/2	219	R	R	120	9,2	25	+	Inter			x	
16	" 115	218	R	MR	95	12,7	13	-	J-1	x		x	
17	" 116/3	218	R	MR	90	10,4	14	+	Inter			x	
18	" 132/2	218	R	R	100	10,8	22	+	Inter			x	
19	" 134/1	218	R	MR	100	13,9	28	+	Inter			x	
20	" 135	229	R	MR	105	10,6	19	+	Inter			x	
21	" 137/2	221	R	MR	105	11,0	21	+	Inter			x	
22	" 138/2	221	R	MR	90	9,3	7	+	J-1	x			
23	" 141/1	219	R	R	110	10,2	21	+	Inter	x			
24	" 141/4	219	R	R	115	9,8	13	+	J-1	x		x	
25	" 142/1	229	R	R	85	7,9	18	+	Inter	x			
26	" 142/2	218	R	R	100	9,9	23	+	J ou J-1				
27	" 143/3	229	R	MR	105	11,5	19	+	J-1	x			
28	" 144/1	229	R	R	105	8,8	23	+	Inter			x	
29	" 146B/1	229	R	R	105	11,4	24	+	Inter				
30	" 148/2	229	R	R	100	12,4	24	+	Inter			x	
31	" 165/C2	221	R	R	85	14,4	28	+					
32	" 183	219	R	R	90	13,1	20	+	Inter				
33	" 192/2	218	R	R	90	12,9	30	-	Inter			x	
34	" 200/1	218	R	R	100	14,4	43	+	Inter				
35	" 208/1	218	R	R	100	11,5	37	+	Inter			x	
36	" 209/2	229	R	R	90	8,1	22	+	J-1				
37	" 2/3/3	229	R	R	100	9,4	28	+	Inter				
38	" 237/1	229	R	MR	85	9,9	18	+	Inter			x	
39	" 244	229	R	R	115	11,0	26	+	Inter			x	
40	" 10	229	R	MR	90	12,6	25	-	Inter			x	
41	IBPGR 28	229	R	MR	95	10,8	23	+	Inter				
42	" 233/2	229	R	MR	110	12,7	31	+					
43	" 111/2	229	R	R	80	11,0	24	+	J-1				
44	" 140	229	R	R	90	11,0	23	+	J-1				
45	" 3 B	229	R	R	90	12,6	35	+	Inter			x	
46	" 13/2	229	R	MR	90	10,4	44	-	Inter			x	

N.B. Les observations phénologiques, agronomiques et morphologiques ont été faites à Vinonivy (1875 m.)

47	IBPGR	139	229	R	R	90	10,1	29	+	Inter!		x
48	"	147	229	R	MR	90	10,6	19	+	Inter!		x
49	"	4/4	229	R	R	95	11,6	24	+	Inter!		x
50	"	38 B/2	229	R	R	85	12,2	30	+	Inter!		x
51	"	165 A/2	234	R	R	100	12,2	28	+	Inter!		x
52	"	210/1	232	R	R	80	6,5	13	+	J-1	x	
53	"	228	232	R	MR	115	11,2	31	+	Inter!		
54	"	242/1	229	R	R	95	10,3	19	+			
55	"	245/1	229	R	R	85	10,5	21	+			
56	"	2	229	R	R	95	14,2	25	+	Inter!		
57	"	8	229	R	MR	95	14,4	26	+	Inter!		
58	"	118	229	R	R	85	12,2	10	-	J-1	x	
59	"	148/4	229	R	R	105	7,2	18	-	J-1	x	
60	"	21	229	R	R	90	13,6	31	+	Inter!		x
61	"	29/1	229	R	MR	95	14,4	17	+	Inter!		
62	"	165 B/1	229	R	MR	90	11,1	33	+			
63	"	165 B/2	234	R	MR	90	12,4	31	+	Inter!		x
64	"	229	229	R	R	100	12,4	15	+	Inter!		x
65	"	235/3	229	R	R	110	9,2	40	+	Inter!		x
66	"	199/2	219	R	R	90	12,3	23	+	Inter!		
67	Latsika B		232	R	R	65	11,5	11	+	J-1		
68	Latsika D		229	R	R	75	6,1	11	+	I		
69	Latsika I		232	R	MR	70	9,4	20	+	J-1		
70	Faux latsika		230	R	R	100	8,4	13	+	J-1		
71	AS 16		232	R	MR	85	15,0	39	+			
72	AS 32		232	R	MR	95	12,8	25	+	Inter!		
73	AS 33		232	R	MR	90	10,5	21	+	Inter!		x
74	AS 37		232	R	R	80	11,1	12	+	J-1	x	
75	AS 40		232	R	R	90	13,8	26	-	J-1	x	
76	AS 41		232	R	MR	100	15,3	22	+	Inter!		x
77	AS 42		229	R	MR	80	13,0	16	+	J-1		
78	AS 43		229	R	MR	80	14,6	13	-	J-1	x	x
79	AS 59		229	R	R	70	12,0	16	+	Inter!	x	x
80	AS 91		215	R	R	90			-	Inter!		
81	AS 92		215	R	R	100			+	Inter!		
82	AS 93		232	R	R	110	5,2	21	+	J-1		
83	AS 95		215	R	R	95			+	Inter!		
84	AS X		233	R	MR	90	9,4	19	+	J-1		
85	Rojo Vin		232	R	R	90	11,5	26	+	Inter!	x	
86	Kalila 473		230	R	MR	90	11,1	12				x
87	Rojo Préc-Ant		230	R	R	90	14,0	25				x
88	Rojo Tard-Ant		230	R	MR	90	11,8	24				x
89	Mitsangana		230	R	MR	110			-	Inter!	x	
90	Tokambana		220	R	R	110	10,5	16	+	Inter!	x	
91	IBPGR 6/1		218	R	MR	90	11,3	31	+	Inter!		x
92	" 16		218	R	R	110	10,0	35	+	Inter!		x
93	" 18 B		218	R	R	115	8,6	29	+	Inter!		x
94	" 44		218	R	MR	105	8,7	40	+	Inter!		x
95	" 213/3		229	R	R	100	9,4	28	+	Inter!		x
96	" 18		232	R	MR	100	12,3	45	+			x
97	" 26 A/1		232	R	MR	110	9,6	27	+	Inter!		x
98	" 156 B/2		232	R	MR	90	11,8	60	+			x
99	" 230/3		230	R	R	100	7,8	45	+			x



### 2.2.3. LA CLASSIFICATION GENETIQUE

L'analyse de la variabilité izoenzymatique par électrophorèse a porté sur 455 variétés choisies en particulier dans le matériel végétal initialement rassemblé pour le criblage en altitude.

La conclusion majeure de cette analyse concerne les riz locaux d'altitude prospectés au dessus de 1200 m à Madagascar. Ces riz forment un groupe particulier avec des zymogrammes intermédiaires entre ceux qui caractérisent les groupes habituels Indica et Japonica. Leur origine, introgression Indica x Japonica ou effet de fondation à partir de l'Inde reste à préciser.

Au plan morphologique, ces riz montrent des combinaisons de caractères des riz Indica et des riz Japonica tropicaux, ce qui confirme qu'il s'agit bien d'un groupe atypique

Une étude plus approfondie, portant notamment sur un nombre plus élevé de systèmes enzymatiques, doit amener à une meilleure connaissance de l'origine et de la variabilité interne de ce groupe dans le but d'élaborer une stratégie de sélection plus efficace.

### 2.2.4. LA CREATION VARIETALE

L'étude dans différentes écologies du matériel végétal d'origine locale et introduite disponible en collection a permis de sélectionner un certain nombre de variétés susceptibles d'être utilisées comme géniteurs. Cette sélection a été faite à partir des qualités agronomiques générales, notamment la tolérance aux maladies (cryptogamiques et bactériennes), les faibles taux de stérilité et la productivité. Les cycles ont également été pris en compte, notamment pour le riz pluvial. Les travaux de classification génétique par électrophorèse d'enzymes ont apporté un critère déterminant pour le choix définitif des géniteurs. Grâce à cette classification provisoire (l'étude sera reprise en tenant compte d'un nombre plus élevé de systèmes enzymatiques) nous avons pu réaliser diverses combinaisons entre géniteurs plus ou moins éloignés génétiquement. Nous espérons que le spectre des recombinaisons que l'on observera en F2 apportera des éléments intéressants et peut être déterminants quant au choix des combinaisons à retenir pour les croisements à venir.

. Le programme d'hybridation a été réalisé à la Station de Mahitsy (1300 m), retenue pour son infrastructure, son personnel permanent et la proximité d'Antananarivo.

. 26 géniteurs ont été utilisés dans 63 combinaisons.

. Les cycles étant assez différents, 6 semis et repiquages échelonnés de 10 jours ont été effectués. La large "fourchette de floraison" obtenue a permis la réalisation de tous les croisements programmés, malgré de sérieuses perturbations causées au matériel végétal par des inondations répétées, sur les pépinières et les repiquages.

. La technique de la stérilisation du pollen à l'eau chaude a été appliquée à tous les géniteurs utilisés comme femelle. Il semblerait que certaines variétés, notamment celles classées comme intermédiaires entre le groupe Japonica et le groupe Indica, soient sensibles à la thermothérapie, car les taux de réussite obtenus sont en général très faibles. Cette hypothèse sera vérifiée au cours de la prochaine campagne où l'on comparera les résultats de la stérilisation à l'eau chaude à ceux d'une castration mécanique.

Dans les tableaux ci-après, on remarquera l'utilisation comme géniteurs femelles dans de nombreux croisements, des variétés LATSIDAHY et LATSIBAVY. Ces variétés sont actuellement les deux seules que l'on trouve en riziculture aquatique paysanne en haute altitude et qui sont les mieux adaptées à cette écologie très sélective. Elles sont utilisées comme parent femelle dans le but de bénéficier d'une éventuelle hérédité cytoplasmique qui ne peut être que favorable dans les descendance hybrides.

Notons enfin que la réalisation de ce programme d'hybridation à la Station de Mahitsy a permis la formation à cette technique, d'un jeune technicien et d'une ouvrière du FOFIFA.

Caractéristiques principales des géniteurs utilisés dans les croisements effectués au cours de la campagne 1986/87 à la Station de Mahitsy

N° de Collection	NOMS	ORIGINE	Altitude du Site de Prospection	Caractéristiques principales (ob. faites à 1300 m)						Réaction au Phénol	Classification Enzymatique (4 loci)
				Cycle total jour	Hauteur cm	Résistance Verse	Egre-nage	Aris-tation de grain	Type de grain		
-	LATSIDAHY	Vinaninony	1875 m	155	90	R	MR	A	DL	+	J-1
-	LATSIBAVY	"	1875	160	90	R	MR	M	DL	+	J-1
-	TOKAMBANA	Soanindrarinny	1700	165	110	R	MR	M	DL	++	Inter
-	ROJOFOTSY Vin.(2)	Vinaninony	1875	165	100	R	MR	M	DL	++	Inter
-	MITLANGANA	Soanindrarinny	1700	165	110	R	MR	M	DL	++	Inter ou J-1
-	1490 Ant (1)	Antsirabe	1500	-	100	R	MR	A	R	++	J-1
2366	IAC 25	Brésil	-	135	100	MR	MR	M	LG	-	J-1
1562	DANIELA	Brésil	-	125	70	R	MR	M	DL	-	J
-	AS 68	Antsirabe	1500	166	110	R	MR	M	LG	+	J-1
-	AS 14	Mahitsy	1300	159	100	MR	MR	M	LF	+	Inter
-	AS 37	Vinaninony	1875	165	95	R	MR	M	DL	+	J-1
-	AS 40	"	1875	147	70	R	MR	AP	R	-	J-1
-	AS 43	Faratsiho	1800	155	100	MR	MR	M	LF	-	J-1
-	AS 91	Soanindrarinny	1700	159	100	MR	MR	A	DR	-	Inter ou J-1
-	IBPGR 90	Ambohimandroso	1100	156	90	R	MR	M	LG	-	J-1
-	"- 118	Faratsiho	1800	149	90	R	R	PA	R	-	J-1
-	"- 148/4	Soanindrarinny	1700	149	100	MR	R	AP	R	-	J-1
-	"- 188/1	Moramanga	900	122	70	R	R	A	R	+	J
-	"- 210/1	Fandriana	1400	162	100	R	MR	AP	DL	+	J-1
3293	IRAT 134	Côte d'Ivoire	-	145	70	R	MR	M	DR	+	Inter
1644	Shin Ei	Japon	-	145	90	R	R	M	R	-	J-1
-	POKARELI MASINO	NEPAL	-	165	120	R	MR	M	LF	-	J-1
-	NR-10041-66-3-1	"	-	139	70	R	MR	M	LF	-	J-1
-	NR-10045-20-3-2	"	-	145	70	R	MR	M	LF	-	J-1
3406	FCFIFA 62 (3)	Madagascar	-	130	110	R	DR	M	LG	-	J-1
1300	-	USA	-	140	90	R	R	AP	R	-	J

(1) Serait Kagoshima Hakamuri 1 - Cultivé à Antsirabe depuis plusieurs années

(2) Population de Rojofotsy local (taux de stérilité nettement plus faible à Vinaninony que sur Rojofotsy (1285))

(3) obtention locale - Hybride de IAC 25 x Daniela ayant un bon comportement en culture pluviale à 1500 m.

## CROISEMENTS REALISES ET RESULTATS OBTENUS

N° d'ordre	Croisements réalisés ♀	♂	Nombre de fleurs		% moyen de réus- sité	Prévision d'ex- ploitation du croi- sement	
			travail lées	fécon- dées		Irrigué	Pluvial
1	Latsidahy	x IRAT 134	277	70	25	x	x
2	"	x Shin Ei	199	59	30	x	x
3	"	xNR10045-20-3-2	232	110	47	x	
4	"	xNR10041-66-3-1	115	28	24	x	
5	"	x1300	160	92	58	x	
6	"	x1490 Ant	115	52	45	x	x
7	"	xDaniela	102	63	62		x
8	"	xFOFIFA 62(3406)	299	136	45		x
9	"	xAS 40	231	134	58	x	
10	"	xIBPGR 118	163	91	56	x	
11	"	xIBPGR 188	219	65	30	x	
12	"	xRojofotsy Vin	165	63	38	x	
13	"	xAS 37	150	72	48	x	
14	"	xAS 91	282	121	43	x	
15	"	xTokambana	215	83	39	x	
16	"	xAS 43	209	104	50	x	
17	"	xIBPGR 148/4	276	104	38	x	
18	"	xAS 68	269	100	37	x	
19	"	xMitsangana	327	155	47	x	
20	"	xIBPGR 90	279	48	17	x	
21	"	xIAC 25	336	146	43		x
22	"	xPokhareli Masino	305	97	32	x	
23	"	xAS 14	436	138	32	x	
24	"	xLatsibavy	100	43	43	x	
25	Latsibavy	xIRAT 134	160	105	66	x	x
26	"	xShin Ei	377	175	46	x	x
27	"	xNR10045-20-3-2	388	35	9	x	
28	"	xNR10041-66-3-1	219	59	27	x	
29	"	xDaniela	372	100	27		x
30	"	xFOFIFA 62(3266)	158	72	46		x
31	"	xAS 40	223	72	32	x	
32	"	xIBPGR 118	125	88	70	x	
33	"	xRojofotsy Vin	163	110	67	x	
34	"	xAS 37	142	58	41	x	
35	"	xAS 91	162	90	56	x	
36	"	xTokambana	385	114	30	x	
37	"	xAS 43	170	54	32	x	
38	"	xIBPGR 148/4	400	73	18	x	
39	"	xAS 68	146	51	35	x	
40	"	xMitsangana	165	29	18	x	
41	"	xIEPGR 210/1	256	38	24	x	
42	"	xIBPGR 90	143	63	44	x	
43	"	xIAC 25	284	173	61		x
44	"	xPokharelo Masino	238	87	37	x	
45	"	xAS 14	312	137	44	x	
46	"	xLatsidahy	152	116	76	x	
47	{AS 37	xRojofotsy Vin	115	55	48	x	
48	{Rojofotsy	x AS 37	370	34	9	x	
	! Vin.						

49	AS 37	xMitsangana	161	58	36	X	
50	Mitsangana	xAS 37	109	26	24	X	
51	Tokambana	xIBPGR 148/4	150	7	5	X	
52	IBPGR 148/4	xTokambana	112	12	11	X	
53	Tokambana	xAS 37	150	19	13	X	
54	AS 37	xTokambana	73	31	42	X	
55	IAC 25	xDaniela	478	263	55		X
56	Daniela	xIAC 25	62	4	6		X
57	Tokambana	xIBPGR 118	209	13	6	X	
58	Mitsangana	xIBPGR 118	170	61	36	X	
59	Rojofotsy Vin	xIBPGR 118	252	10	4	X	
60	1490 Ant	xDaniela	189	68	36		X
61	AS 40	xRojofotsy Vin	86	44	51	X	
62	AS 40	xTokambana	178	60	34	X	
63	IAC 25	xShin Ei	172	125	73		X

- Nombre de fleurs totales travaillées : 13.637
- Nombre de grains hybrides obtenus : 4.963
- % moyens de réussite : 36,4 %

- Culture de la F1 en contre-saison 1987 à la station de l'Ivoloina

Dans le but de gagner un cycle sur le programme d'altitude nous avons décidé d'effectuer la culture de F1 dans la station côtière de l'Ivoloina où la double culture annuelle est possible.

Le semis des grains hybrides a été réalisé en serre à Antananarivo le 5 Mai 1987 afin d'assurer la meilleure réussite possible de cette étape assez délicate (vulnérabilité des grains non protégés entièrement de leurs glumelles).

Le terreau qui nous a été fourni pour cette opération a présenté une forte toxicité, ce qui a entraîné la mortalité d'un nombre très élevé de jeunes plantules entre le 15<sup>ème</sup> et le 25<sup>ème</sup> jour de croissance. Les plantes encore vivantes, quoique très affaiblies, ont pu être sauvegardées grâce à une transplantation sur une terre de rizière prélevée en plein champ.

Les analyses effectuées sur le terreau par le laboratoire du CIRAD à Montpellier, n'ont pas permis d'**élucider** ce problème. Notons que la désinfection a été faite avec du Bromure de Méthyle 8 jours avant les semis. Compte tenu de la perte importante de jeunes plantules, un second semis a été réalisé le 3 Juin 1987 à la station de l'Ivoloina, en pleine terre sous un abri grillagé, avec le reste des semences constituant le talon de sécurité. La germination a été moins bonne qu'en serre, mais cela a permis, en regroupant les plants obtenus sur les deux semis, de disposer d'un nombre de plants suffisant pour permettre la réalisation de F2 de 500 à 5000 plantes pour la majorité des croisements.

Les repiquages des F1 ont été effectués à 20 x 20 cm à 1 brin par touffe entre les parents sur un terrain ayant reçu une fertilisation de 60-60-60. Un traitement fongique avec BENOMYL (Benlate) a été réalisé tous les 10 jours à partir de la reprise des plants après repiquage et jusqu'au stade laiteux des grains, ceci dans le but de protéger les plants F1, la contre saison dans cette station étant particulièrement favorable au développement des maladies cryptogamiques, notamment la pyriculariose.

Certains croisements ont entièrement disparu où sont représentés par un nombre de plantes trop faibles, à la suite de pertes importantes inexplicables au repiquage ; Ils seront à reprendre la campagne prochaine.

Notons enfin qu'à titre de sécurité, une multiplication par éclats de souches de tous les croisements présents sur le terrain est réalisée au cours de la campagne 1987/88. Cette technique, possible dans cette écologie cotière, nous permettra de disposer de semences F2 fraîches en 1988 pour les croisements que l'on désirerait étudier d'une façon plus approfondie ou sur des effectifs plus importants.

Résultats obtenus

n° des croise- ments	Géniteurs		Nombre de Nbre de!		!Cycle! !total! !jours!	!% de! !sté-! !rili-! !té ! !est-! !mée !	!Poid !des !grai- !nes !F2 !réco- !tées !Grs
	♀	♂	!grains !brides !mées au !total !Tana- !na	!hy- !plants !se- !hybrides !ayant sur- !vécu et !produit! !les grai- !nes			
C 1	Latsidahy	xIRAT 134	70	29	148	10	50
C 2	"	xShin Ei	59	35	149	10	82
C 3	"	xNR 10045-20-3-2	100	39	148	40	68
C 4	"	xNR 10041-65-3-1	28	10	148	60	8
C 5	"	x 1300	92	14	148	15	10
C 6	"	x1490 Ant	52	15	146	20	20
C 7	"	xDaniela	63	14	145	10	32
C 8	"	x3406 (FOFIFA 62)	110	15	145	10	27
C 9	"	xAS 40	110	33	145	10	58
C10	"	xIBPGR 118	91	13	147	10	24
C11	"	xIBPGR 188	65	7	147	10	12
C12	"	xRojo Vin	63	10	148	15	18
C13	"	xAS 37	72	13	148	15	21
C14	"	xAS 91	100	18	148	20	35
C15	"	xTokambana	83	11	145	20	13
C16	"	xAS 43	104	6	145	20	8
C17	"	xIBPGR 148/4	104	5	145	10	7
C18	"	xAS 68	100	5	145	20	15
C19	"	xMitsangana	100	4	148	25	8
C20	"	xIBPGR 90	48	1	147	10	3
C21	"	xIAC 25	125	9	145	20	8
C22	"	xPokhareli Masino	90	19	148	90	12
C23	"	xAS 14	110	4	148	20	7
C24	"	xLatsibavy	43	1	145	10	3
C25	Latsibavy	xIRAT 134	105	9	148	10	17
C26	"	xShin Ei	120	48	145	10	10
C27	"	xNR 10045-20-3-2	35	0	-	-	-
C28	"	xNR 10041-66-3-1	59	3	148	90	4
C29	"	xDaniela	100	38	147	5	45
C30	"	x3406 (FOFIFA 62)	72	16	147	20	20
C31	"	xAS 40	72	9	147	10	4
C32	"	xIBPGR 118	88	13	147	10	24
C33	"	xRojo Vin	100	13	148	20	10
C34	"	xAS 37	58	4	148	5	2
C35	"	xAS 91	90	2	148	10	5
C36	"	xTokambana	80	6	148	10	10
C37	"	xAS 43	54	3	148	25	4
C38	"	xIBPGR 148/4	73	3	148	10	4
C39	"	xAS 68	51	1	148	10	5
C40	"	xMitsangana	29	0	148	-	-

! C41 !	!Latsibavy	xIBPGR 210/1	! 38	! 2	! 148!	! 10	! 25
! C42 !	! "	xIBPGR 90	! 63	! 0	! -	! -	! -
! C43 !	! "	xIAC 25	! 150	! 11	! 148!	! 10	! 75
! C44 !	! "	xPokhareli Masino	! 87	! 25	! 145!	! 90	! 105
! C45 !	! "	xAS 14	! 120	! 36	! 148!	! 40	! 550
! C46 !	! "	xLatsidahy	! 90	! 21	! 148!	! 15	! 230
! C47 !	!Rojo Vin	xAS 37	! 34	! 13	! 148!	! 15	! 330
! C47 bis!	! AS 37	xRojo Vin	! 55	! 20	! 148!	! 20	! 420
! C48 !	!Mitsanganax	AS 37	! 26	! 0	! -	! -	! -
! C48 bis!	!AS 37	xMitsangana	! 58	! 1	! 150!	! 10	! 15
! C49 !	!Tokambana	x IBPGR 148/4	! 7	! 1	! 149!	! 50	! 15
! C49 bis!	!IBPGR 148/4	xTokambana	! 12	! 1	! 149!	! 20	! 15
! C50 !	!Tokambana	xAS 37	! 19	! 1	! 150!	! 20	! 15
! C50 bis!	!AS 37	x Tokambana	! 31	! 4	! 150!	! 20	! 35
! C51 !	!IAC 25	x DANIELA	! 230	! 42	! 148!	! 5	! 410
! C51 bis!	!Daniela	x IAC 25	! 4	! 2	! 148!	! 10	! 35
! C52 !	!Tokambana	x IBPGR 118	! 13	! 1	! 149!	! 30	! 15
! C53 !	!Mitsangana	x IBPGR 118	! 61	! 6	! 150!	! 15	! 70
! C54 !	!Rojo Vin	x IBPGR 118	! 10	! 0	! 145!	! -	! -
! C55 !	!1490 Ant	x Daniela	! 68	! 9	! 145!	! 5	! 115
! C56 !	!AS 40	x Rojo Vin	! 44	! 0	! -	! -	! -
! C57 !	!AS 40	x Tokambana	! 60	! 1	! 150!	! 40	! 20
! C58 !	!IAC 25	x Shin Ei	! 125	! 27	! 148!	! 5	! 450
! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !

L'étude d'une partie des F2 de ces croisements est en cours actuellement (campagne 87/88) respectivement à 1500 m pour le pluvial et 1875 m pour la riziculture aquatique.

### 2.2.5 Comportement variétal / Pseudomonas fuscovaginae

Les méthodes de lutte classique n'étant pas envisageables pour protéger les cultures contre les attaques de bactériose, les seules solutions vers lesquelles nous pouvons nous orienter sont :

- \* déterminer les mesures de prophylaxie sanitaire et les techniques culturales les mieux adaptées aux conditions de la riziculture d'altitude.

- \* sélectionner des variétés tolérantes, voire même résistantes à Pseudomonas fuscovaginae.

Pour l'instant, l'étude du comportement variétal par rapport à cette bactérie s'est limitée à des évaluations visuelles des dégâts occasionnés sur les gaines et les panicules.

Toutes les variétés ainsi étudiées se sont montrées sensibles à la bactérie. Toutefois, des différences ont pu être constatées entre les variétés locales, et celles introduites dans le cadre du programme.

#### 2.2.5.1 Comportement des variétés locales

D'une façon générale, les variétés locales sont les plus tolérantes. Cependant, une certaine **hétérogénéité** a tout de même été remarquée. Ainsi, les Latsika et le Tokambana semblent être moins sensibles aux attaques de Pseudomonas fuscovaginae.

L'impact de la maladie sur leurs taux de stérilité, donc sur leurs rendements, est inférieur que sur les autres variétés locales. Même lorsque tous les plants sont attaqués au niveau des gaines, l'exsertion paniculaire est meilleure, et les taux de stérilité inférieurs.

En 1985-86, année particulièrement favorable à la bactériose, MM. DUVEILLER et TILQUIN ont constaté que pour ces deux variétés, sur les 60 % de talles attaqués, il n'y avait que 20 à 30 % de mauvaise exsertion, et seulement de rares blocages complets.

En 1986-87, les basses températures n'étant apparues qu'après la période critique (initiation-épiaison), les taux de stérilités imputables à Pseudomonas fuscovaginae ont été inférieurs à ceux de la saison précédente. Les variétés locales présentaient des symptômes sur gaines, mais l'exsertion paniculaire ayant déjà eu lieu lorsque les conditions climatiques propices au développement de la bactérie sont apparues, les rendements ont été excellents.

### 2.2.5.2 Comportement des nouvelles introductions

Toutes les variétés introduites se sont montrées plus sensibles à la bactériose que celles des prospections locales.

Les variétés les plus touchées ont été celles de la gamme IRCTN.

A Vinaninony, en 1985-86, environ 95 % des talles étaient attaqués et 60 % des panicules furent à moitié bloqués dans les gaines. Au niveau de la récolte, les pertes se sont montées à environ 50 %.

En 1986-87, année pourtant peu favorable au développement de Pseudomonas fuscovaginae, ces variétés ont de nouveau été très attaquées. Les pertes ont même atteint 100 % dans le cas des semis tardifs.

Par ailleurs, nous avons constaté que les variétés naines et semi-naines étaient plus sensibles que les autres à la bactériose.

### 2.2.5.3 Conclusions

Les variétés les plus tolérantes à l'égard de Pseudomonas fuscovaginae sont celles qui sont actuellement utilisées par les paysans dans les zones d'altitude, notamment les Latsika et le Tokambana.

Les variétés de la gamme IRCTN testées en altitude se sont révélées être les plus sensibles à la bactériose. Nous avons notamment constaté que les types nains et semi-nains étaient toujours les plus touchés, quelque soit le site étudié.

Les travaux réalisés en électrophorèse ont montré que les riz classés Japonica et proches de Japonica sont les plus tolérants. Or, la majorité des variétés cultivées en altitude font justement parti de ces groupes.

Dans l'état actuel des recherches faites sur l'amélioration de la riziculture d'altitude, il n'est pas encore possible d'espérer identifier une variété véritablement résistante vis à vis de Pseudomonas fuscovaginae. Toutefois, nous prévoyons de réaliser des hybridations en prenant les variétés locales (J ou J-1) les plus tolérantes, et de nouvelles introductions à haut potentiel de rendement, de façon à obtenir une variété productive tolérante.

Par ailleurs, des recherches plus poussées sur le comportement

Enfin, nous prévoyons d'étudier plus en détail l'épidémiologie de cette maladie, ainsi que sa répartition géographique à Madagascar.

### 3 - CONCLUSIONS et PERSPECTIVES

Ce projet a constitué un cadre de formation de jeunes chercheurs et techniciens malgaches et français : formation sur le terrain pour les chercheurs affectés au projet, formation universitaire pour des étudiants malgaches (deux Diplômes d'Etudes Approfondies). Il a aussi fourni l'occasion de nouer des relations fortes entre institutions et équipes de recherche : Relations Nord-Sud (France-Madagascar). et relations Nord-Nord (France-Belgique) ; les relations Sud-Sud (Madagascar-Burundi), non concrétisées jusqu'à maintenant, sont prévues dans un futur proche.

Par ailleurs, il a permis :

1°) De définir la valeur de certaines variétés, tant en riziculture pluviale qu'aquatique, qui peuvent, dès maintenant, être proposées à la vulgarisation.

2°) La constitution de collections de travail regroupant les meilleures variétés locales et étrangères issues des criblages variétaux.

3°) D'établir les bases d'une nouvelle étape pour l'amélioration des variétés et des systèmes de culture en altitude.

La mise en évidence d'un certain nombre de facteurs limitants la production rizicole d'altitude incite à poursuivre les travaux. Il apparaît indispensable de continuer les études climatiques et d'expliquer les problèmes rencontrés au niveau du sol pour mieux comprendre les relations entre la plante et son environnement. En riziculture aquatique, le principal facteur limitant est la stérilité due aux températures basses et aux attaques bactériennes. Il conviendra de s'orienter préférentiellement vers la tolérance variétale à ces maladies. Pour ce faire, une étude plus approfondie de l'épidémiologie devra être conduite en coopération entre bactériologistes, agrophysiologistes et généticiens. En riziculture pluviale, l'interaction entre les basses températures, les maladies et les déficits hydriques constitue un domaine d'études qu'il convient de continuer d'explorer. Une action approfondie est nécessaire, qui nécessite elle aussi une approche multidisciplinaire. De plus, les problèmes agronomiques rencontrés nous obligent à poursuivre une

Au plan génétique, l'introduction de matériel végétal ainsi que les prospections locales seront poursuivies. L'approfondissement de l'étude enzymatique des riz malgaches d'altitude est une nécessité si l'on veut utiliser au mieux la variabilité de ce groupe intéressant. La création variétale doit occuper une place importante dans la poursuite du programme. Elle sera réalisée par la voie classique de l'hybridation et de la sélection pédigrée pour des résultats à court terme, et par la mise en oeuvre d'une sélection de type récurrente garantissant des résultats à plus long terme.

Il est à noter que le blocage administratif avec les services de la Météorologie Nationale nous prive de résultats importants. Il nous empêche de réaliser la cartographie de l'aptitude à la riziculture d'altitude à Madagascar. D'autre part, l'absence d'étude fréquentielle des pluies ne nous permet pas de situer l'année en cours par rapport aux distributions historiques. Ce point constitue un handicap majeur, notamment pour la sélection où les générations ne sont pas répétitives.

#### Publications :

. Communication orale : l'IRAT a fait état de ses travaux de recherches sur le riz d'altitude lors d'une réunion France - IRRI tenue à l'IRRI, 10-12 Juin 1987 :

. AHMADI et al

Variabilité morphologique et enzymatique des riz malgaches (en cours de rédaction).

A N N E X E \_ 1 \_

Cartes 1 à 7

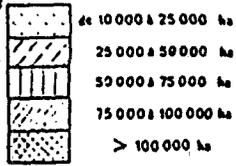
# RIZ : CARTE 1

## production et consommation

### campagne 1966-1967

#### I. PRODUCTION (par préfecture)

a) Superficies cultivées



b) Rendement moyen par hectare

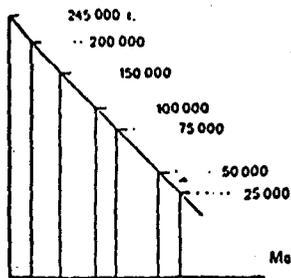
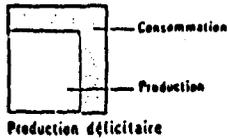
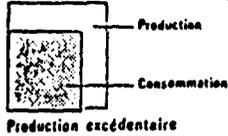
15 = 1,5 t/ha

c) Rizeries principales

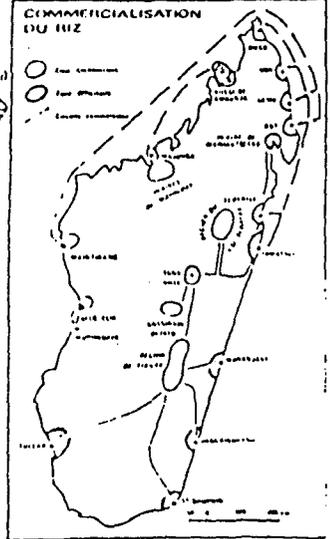
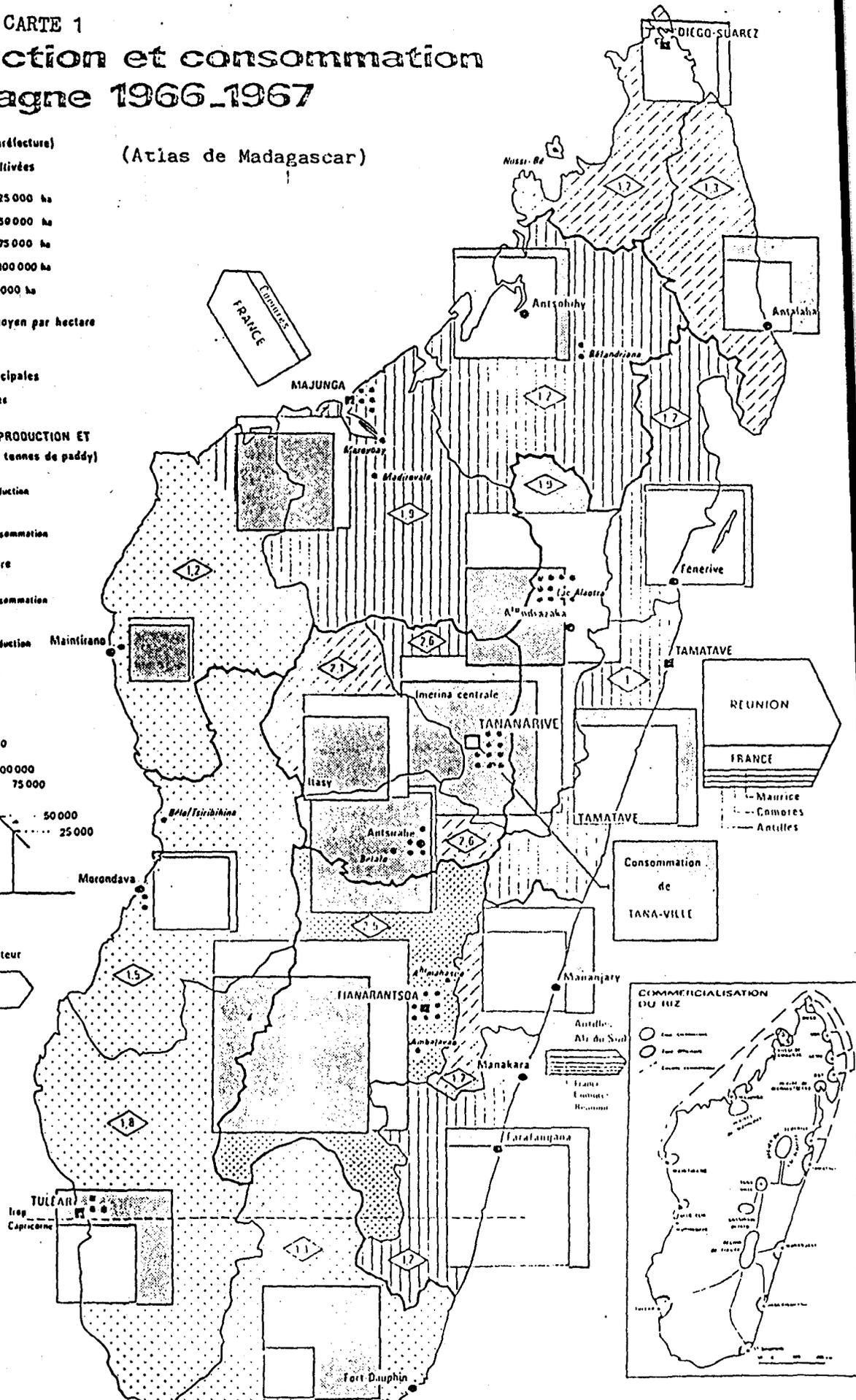
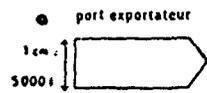
••• 3 rizeries

(Atlas de Madagascar)

#### II. RAPPORT ENTRE PRODUCTION ET CONSOMMATION (en tonnes de paddy)

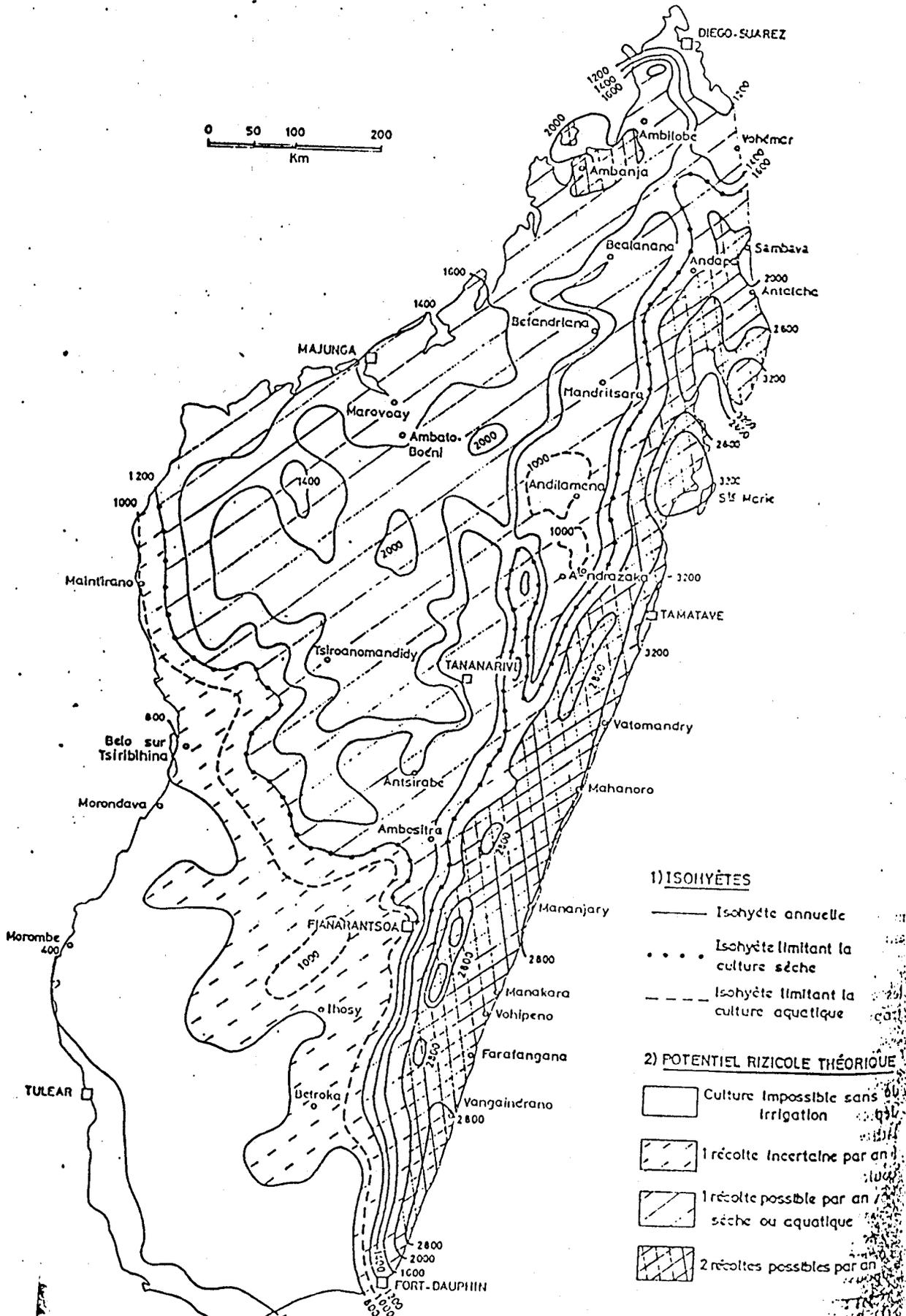


#### III. EXPORTATIONS





CARTE 3 : PLUVIOSITE MOYENNE ANNUELLE (d'après RAVET)



1) ISOHYÈTES

- Isohyète annuelle
- ..... Isohyète limitant la culture sèche
- - - - Isohyète limitant la culture aquatique

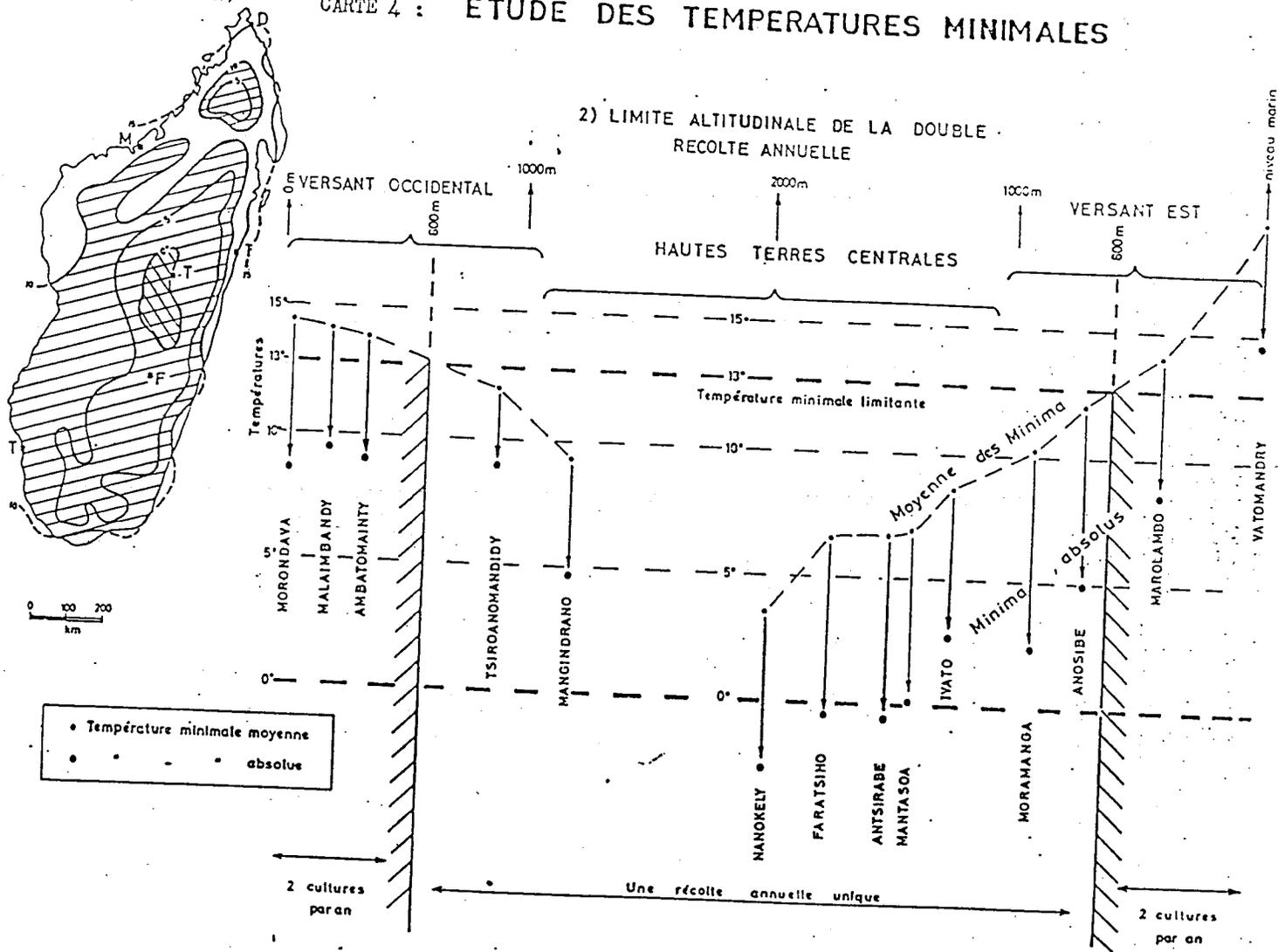
2) POTENTIEL RIZICOLE THÉORIQUE

- Culture impossible sans irrigation
- 1 récolte incertaine par an
- 1 récolte possible par an sèche ou aquatique
- 2 récoltes possibles par an

1) ISOLIGNES DES MINIMA ABSOLUS  
(d'après Revel)

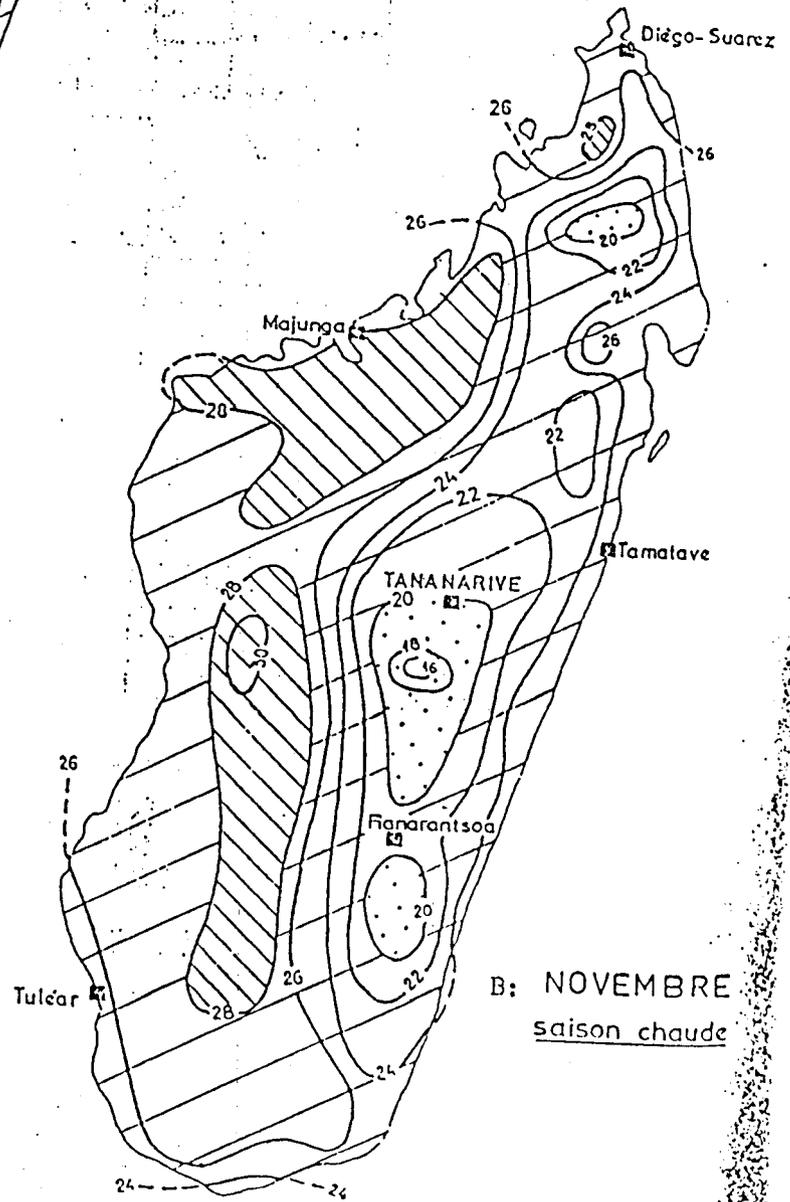
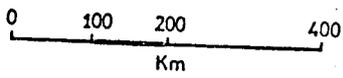
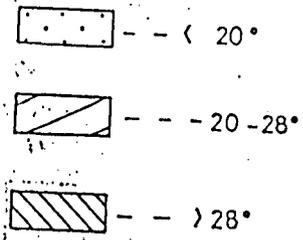
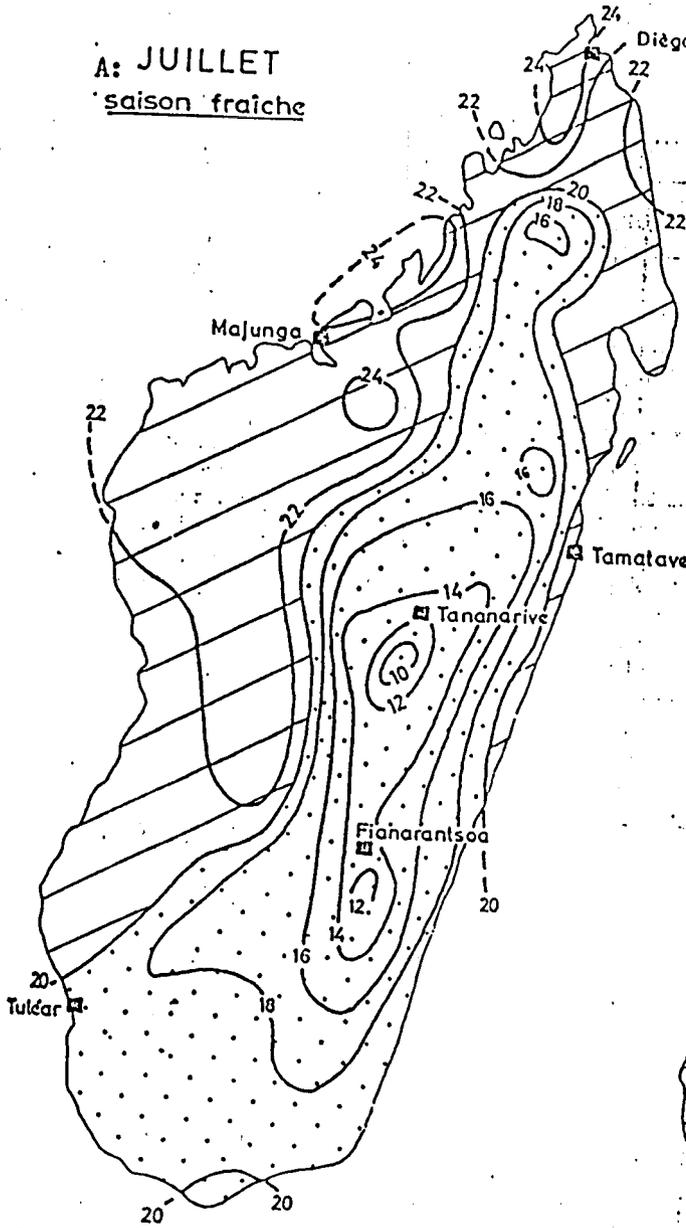
# CARTE 4 : ETUDE DES TEMPERATURES MINIMALES

2) LIMITE ALTITUDINALE DE LA DOUBLE  
RECOLTE ANNUELLE



A: JUILLET  
saison fraîche

CARTE 5 : ISOTHERMES  
(en partie d'après Ravet)

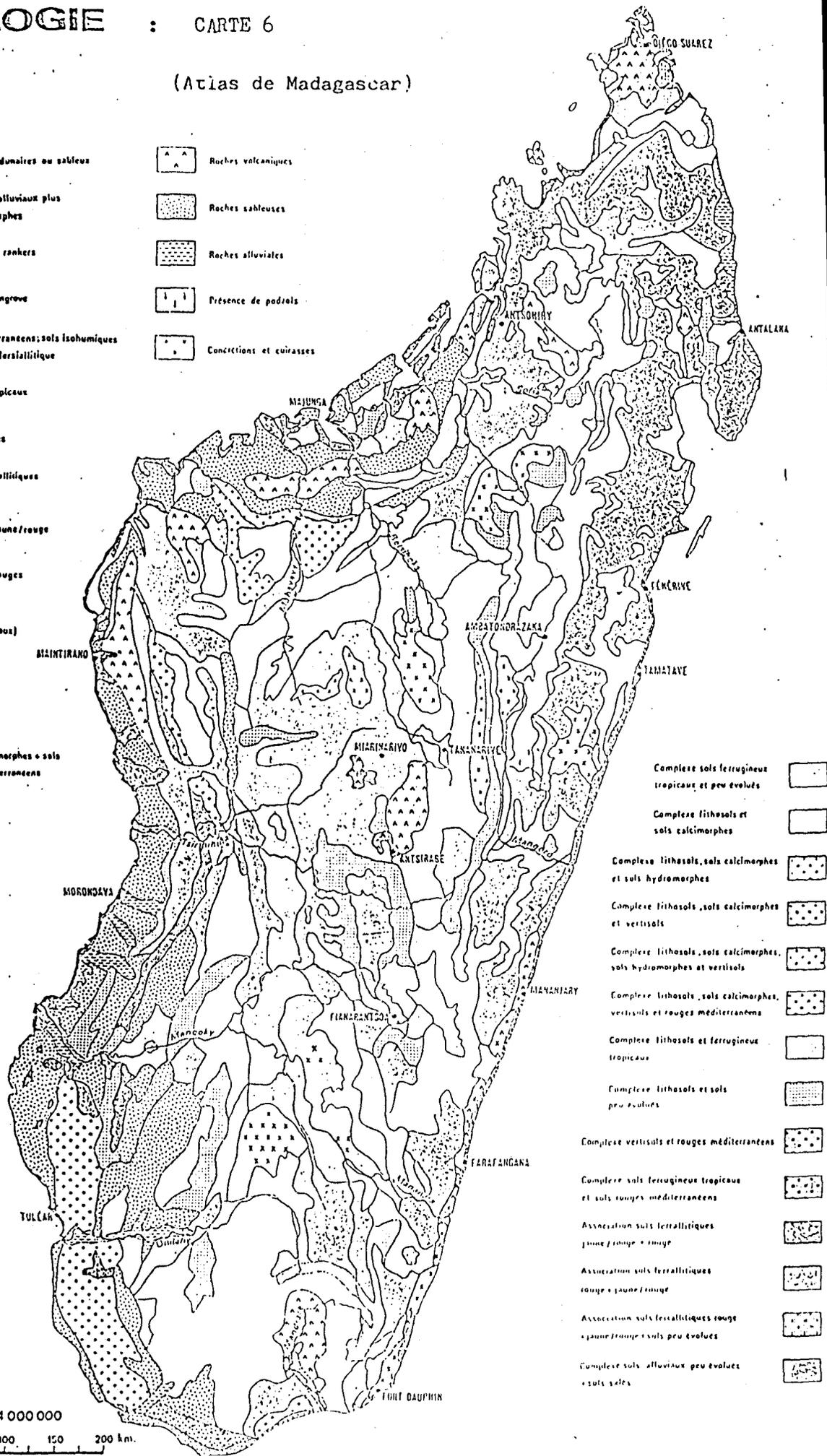


B: NOVEMBRE  
saison chaude

# PÉDOLOGIE : CARTE 6

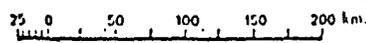
(Atlas de Madagascar)

- |  |   |  |                          |
|--|---|--|--------------------------|
|  | Sols peu évolués dunaires ou sableux  |  | Roches volcaniques       |
|  | Sols peu évolués alluviaux plus ou moins hydromorphes                         |  | Roches sableuses         |
|  | Sols peu évolués et rochers   |  | Roches alluviales        |
|  | Sols sales et de mangrove   |  | Présence de podzols      |
|  | Sols rouges méditerranéens; sols isohumiques et sols à tendance ferrallitique |  | Concrétions et cuirasses |
|  | Sols ferrugineux tropicaux  |  |                          |
|  | Sols bruns eutrophiés   |  |                          |
|  | Sols faiblement ferrallitiques et ferrigés                                    |  |                          |
|  | Sols ferrallitiques jaune/rouge   |  |                          |
|  | Sols ferrallitiques rouges  |  |                          |
|  | Sols hydromorphes (organiques et minéraux)                                    |  |                          |
|  | Vertisols   |  |                          |
|  | Sols calcimorphes   |  |                          |
|  | Complexe sols calcimorphes + sols groupe rouges méditerranéens                |  |                          |

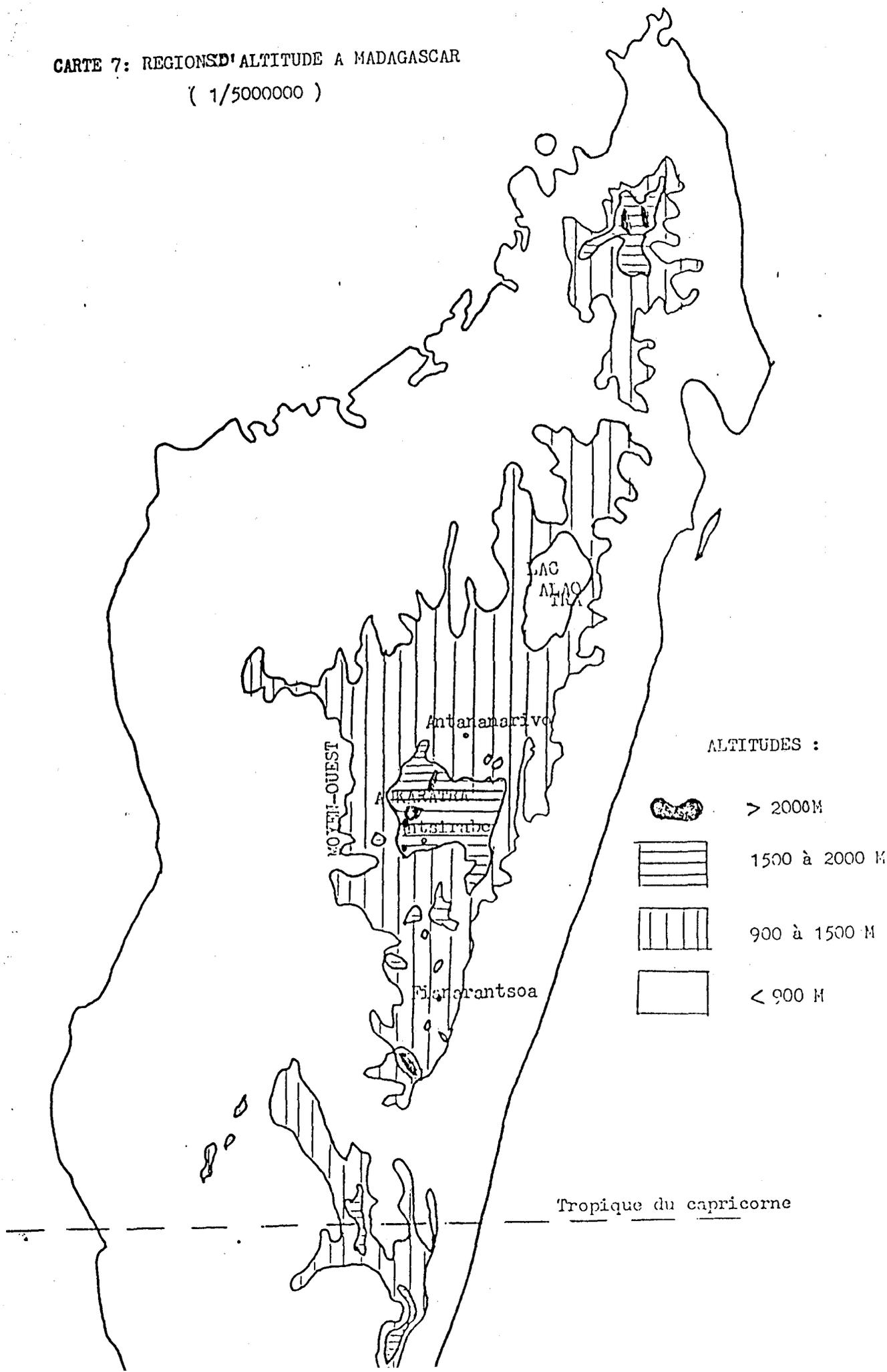


- |  |   |
|--|---|
|  | Complexe sols ferrugineux tropicaux et peu évolués                        |
|  | Complexe lithosols et sols calcimorphes                                   |
|  | Complexe lithosols, sols calcimorphes et sols hydromorphes                |
|  | Complexe lithosols, sols calcimorphes et vertisols                        |
|  | Complexe lithosols, sols calcimorphes, sols hydromorphes et vertisols     |
|  | Complexe lithosols, sols calcimorphes, vertisols et rouges méditerranéens |
|  | Complexe lithosols et ferrugineux tropicaux                               |
|  | Complexe lithosols et sols peu évolués                                    |
|  | Complexe vertisols et rouges méditerranéens                               |
|  | Complexe sols ferrugineux tropicaux et sols rouges méditerranéens         |
|  | Association sols ferrallitiques jaune/rouge + rouge                       |
|  | Association sols ferrallitiques rouge + jaune/rouge                       |
|  | Association sols ferrallitiques rouge + jaune/rouge + sols peu évolués    |
|  | Complexe sols alluviaux peu évolués + sols sales                          |

Echelle 1/4 000 000



CARTE 7: REGIONSD'ALTITUDE A MADAGASCAR  
( 1/5000000 )

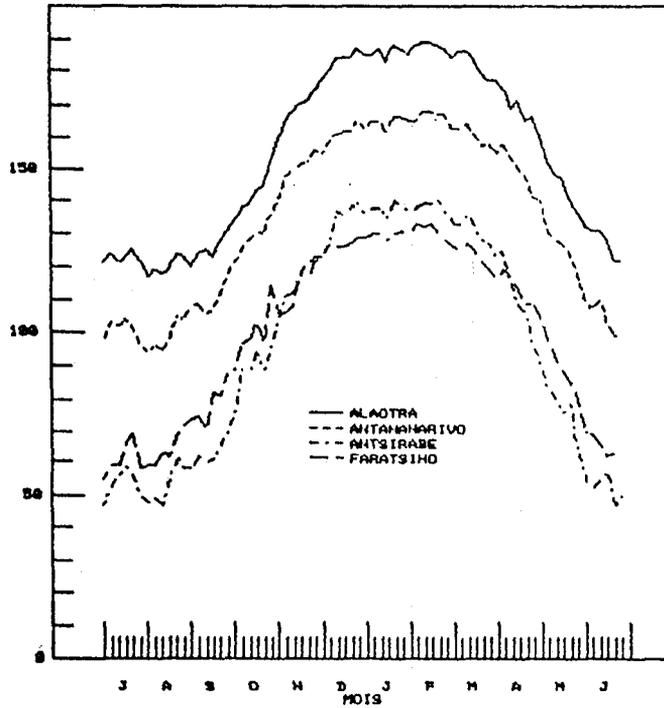


A N N E X E 2

COURBES 1 à 24

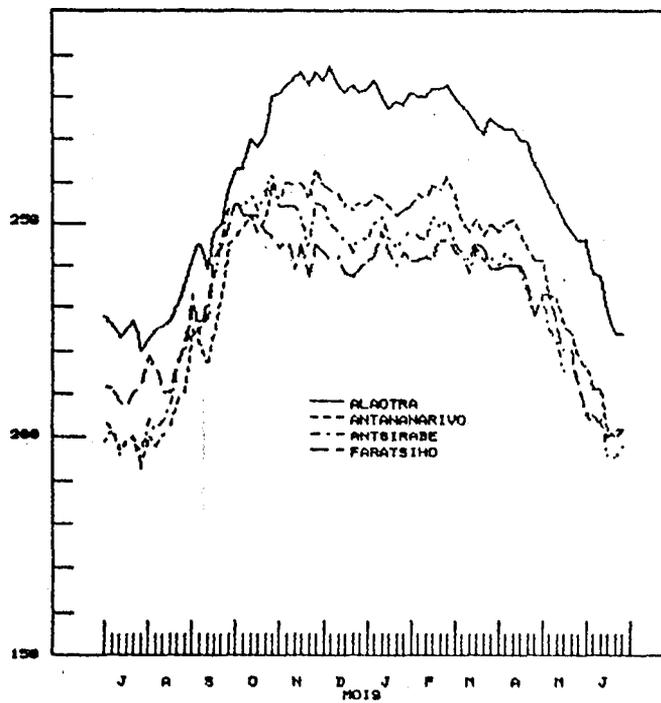
**COURBE 1 : TEMPERATURES MINIMALES  
DONNEES HISTORIQUES PENTADAIRES**

T(°/100)



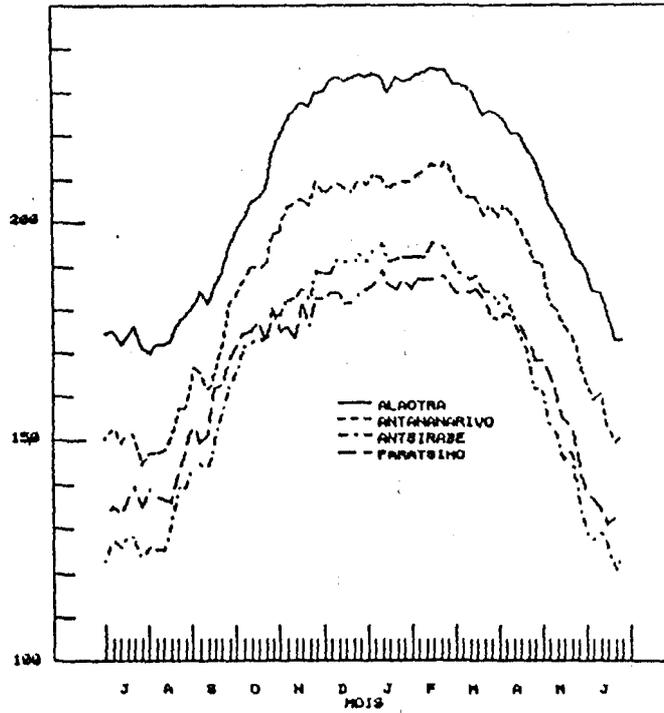
**COURBE 2 : TEMPERATURES MAXIMALES  
DONNEES HISTORIQUES PENTADAIRES**

T(°/100)



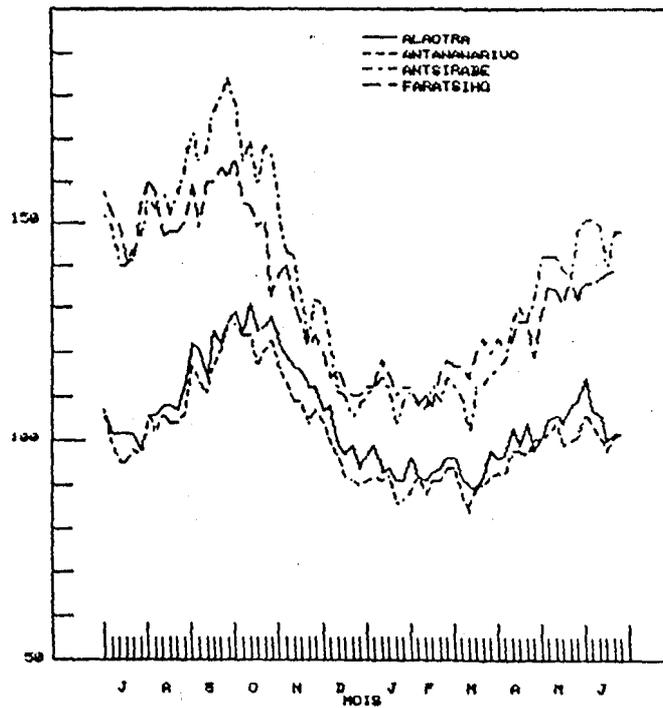
**COURBE 3 : TEMPERATURES MOYENNES  
DONNEES HISTORIQUES PENTADAIRES**

T(1/10C)



**COURBE 4 : AMPLITUDE THERMIQUE  
DONNEES HISTORIQUES PENTADAIRES**

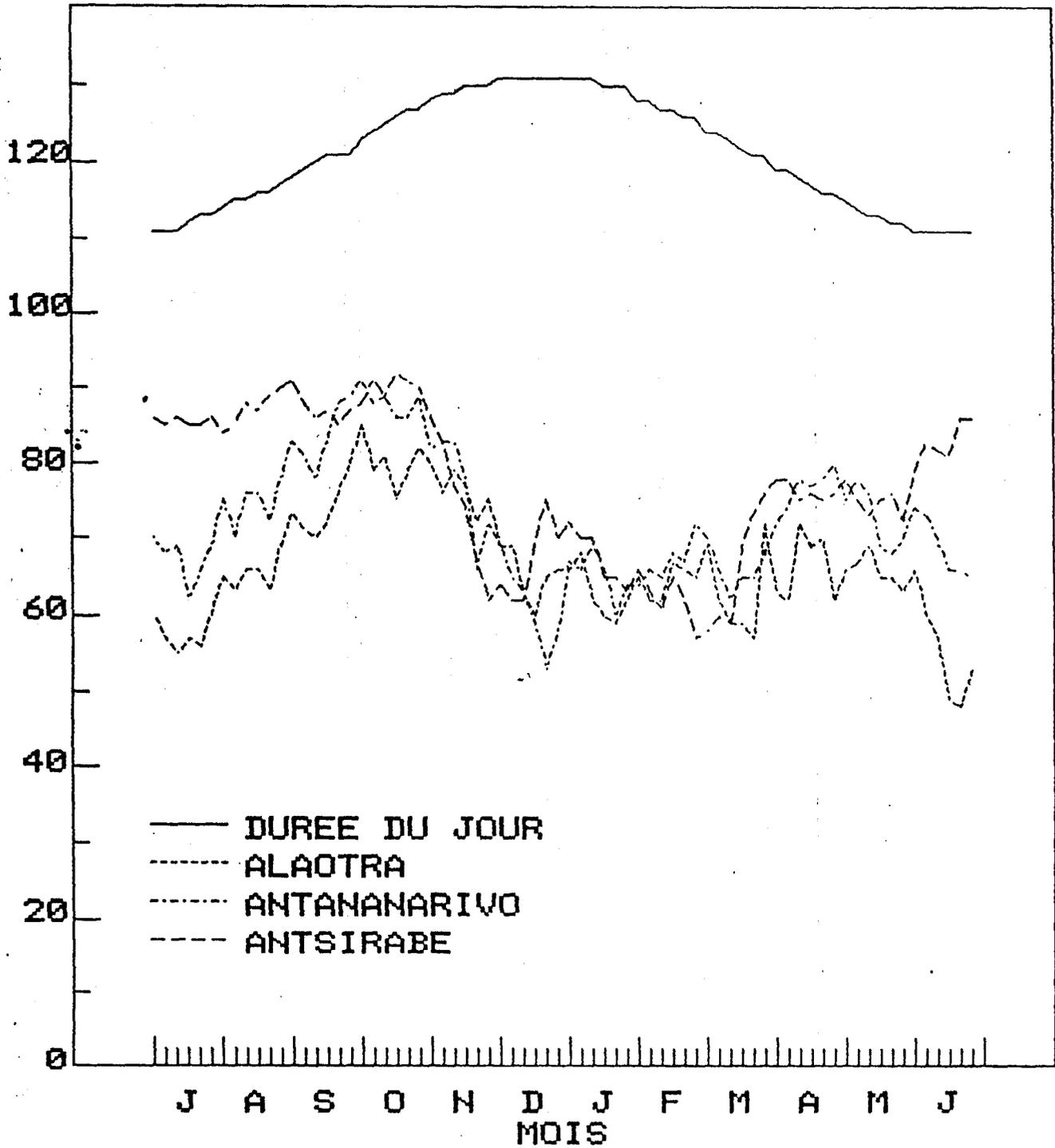
T(1/10C)



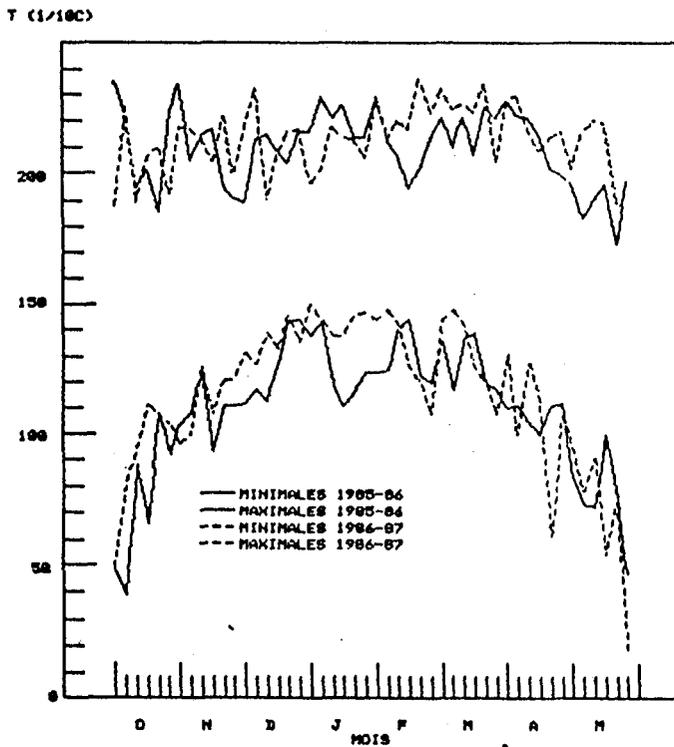
COURBE 5 : INSOLATION PENTADAIRE

DONNEES HISTORIQUES

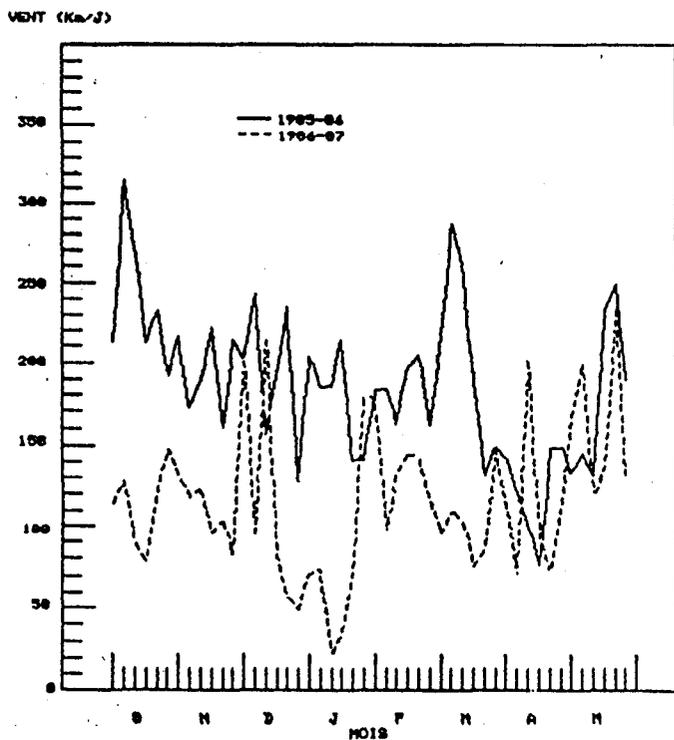
I(1/10H)



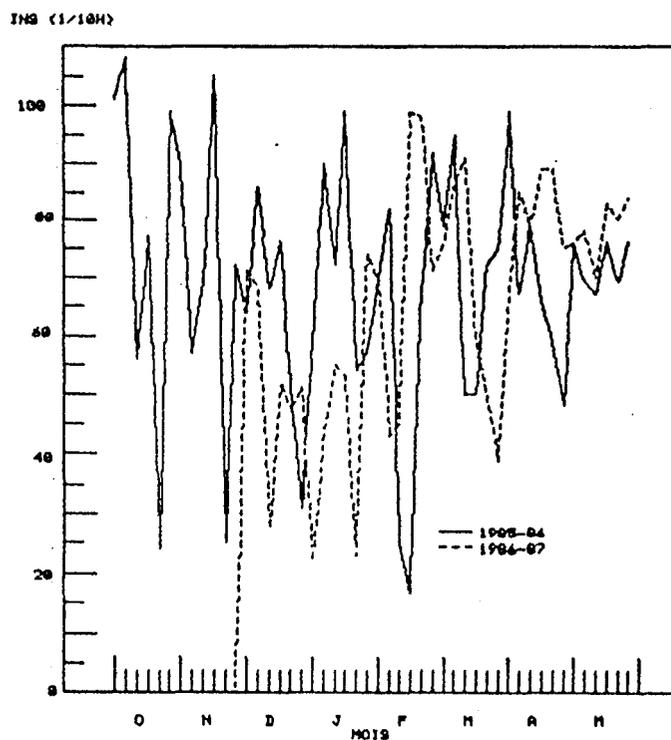
COURBE 6 : TEMPERATURES SOUS ABRI  
VINANINONY



COURBE 7 : VENT PAR JOUR  
VINANINONY

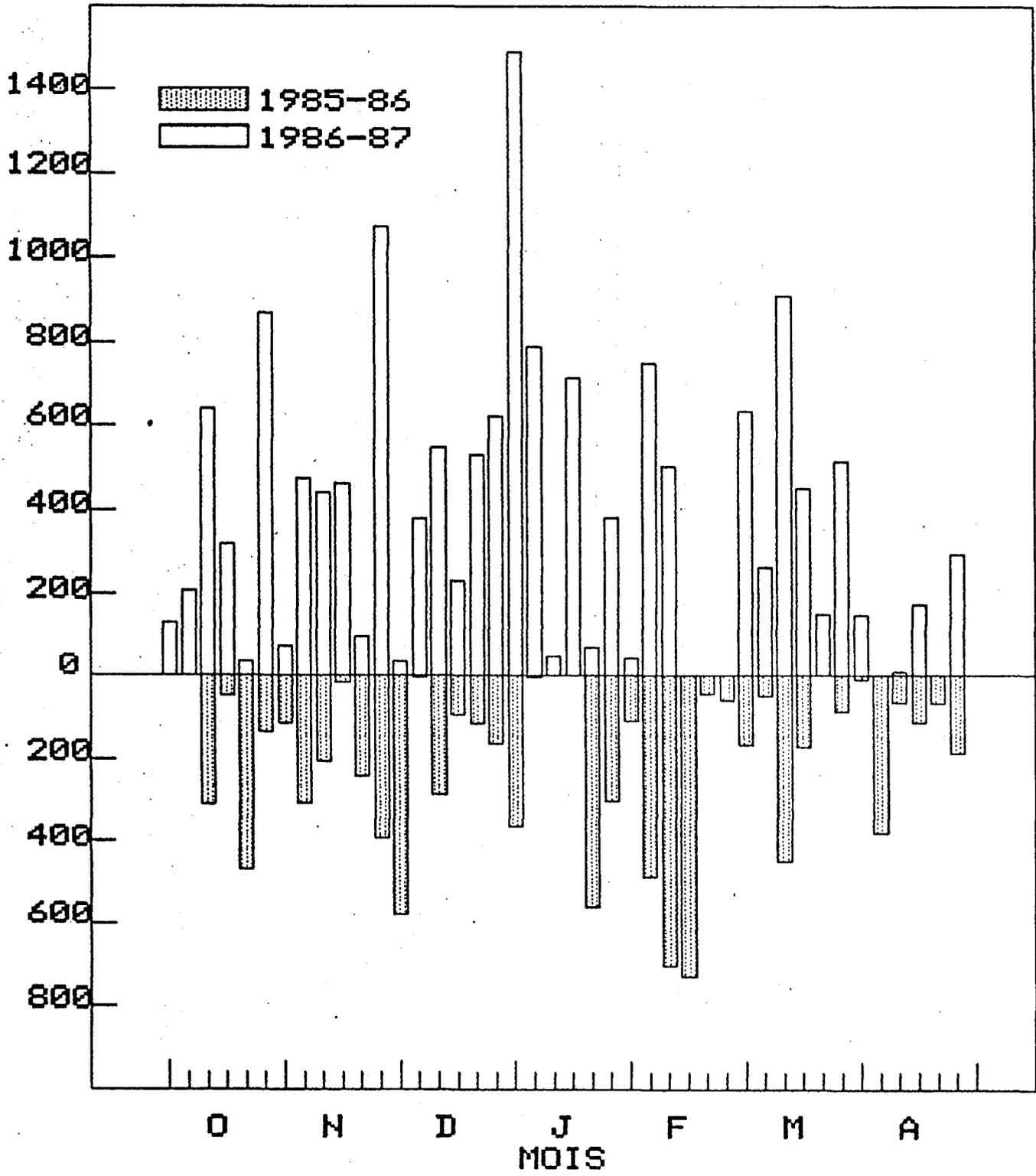


COURBE 8 : INSOLATION  
VINANINONY

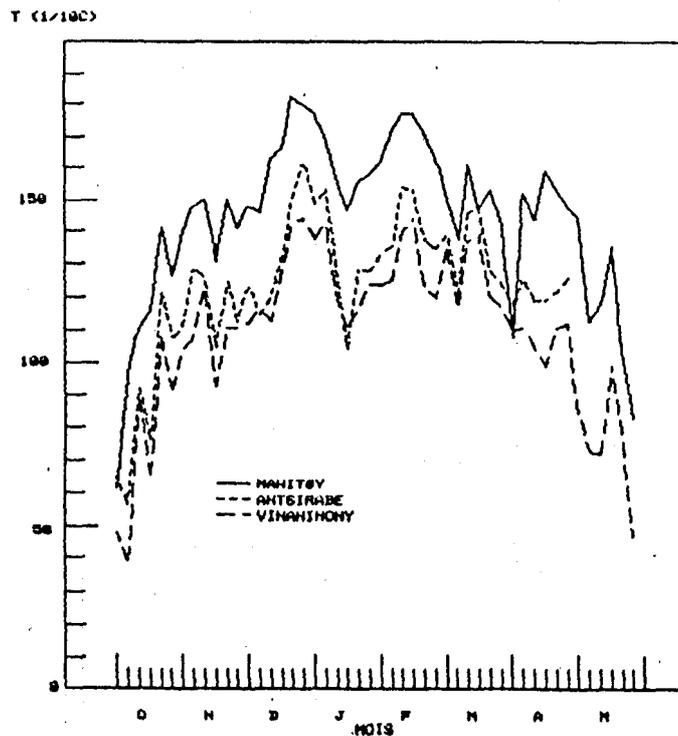


COURBE 9 : PLUVIOMETRIE A ANTSIRABE

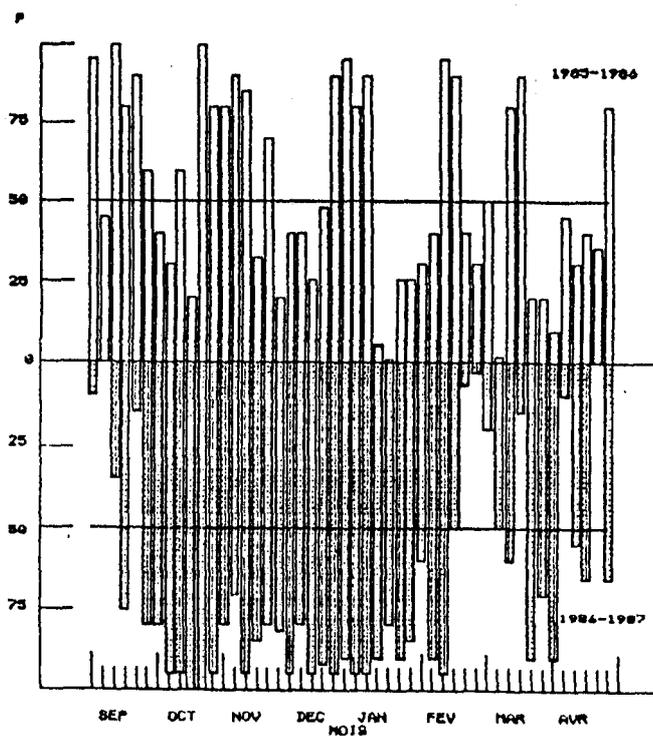
PLUVIOMETRIE (<1/10mm)



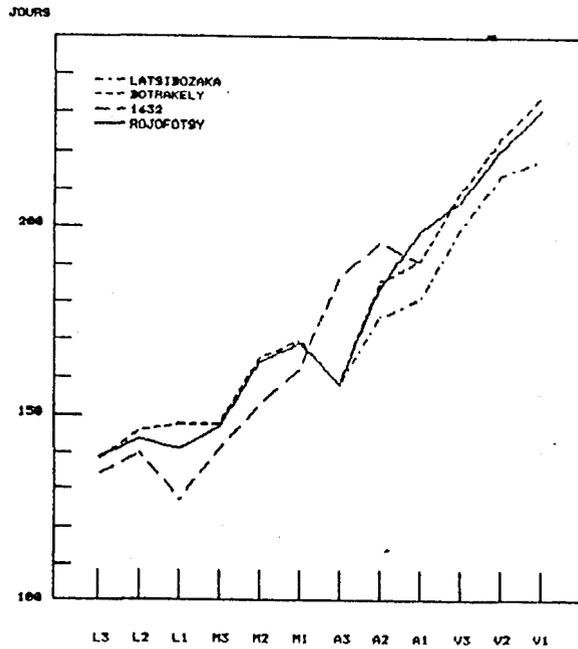
COURBE 10 : TEMPERATURES SOUS ABRI  
VALEURS MINIMALES (1985-86)



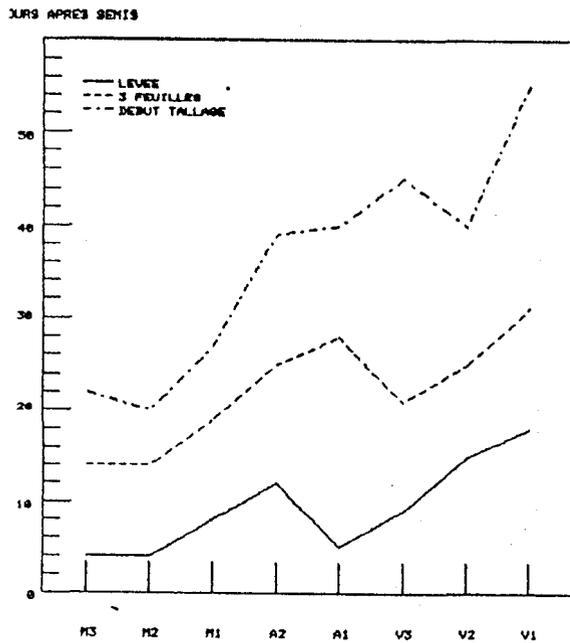
COURBE 11 : TEMPERATURES MINIMALES  
PROBABILITES AU NON DEPASSEMENT



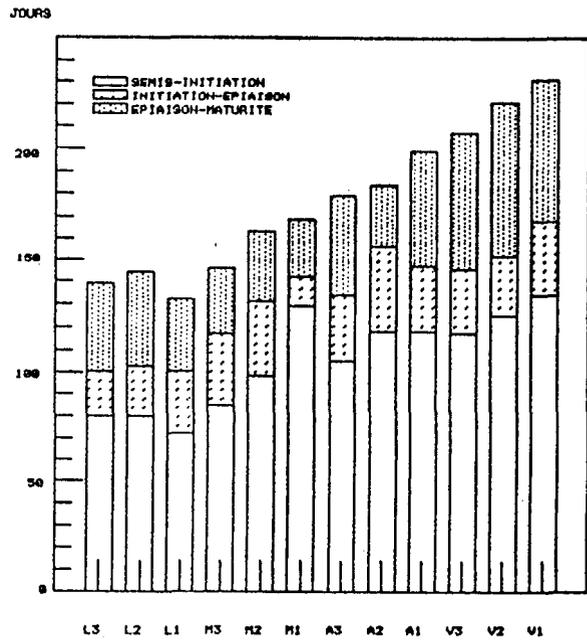
COURBE 12 : CYCLE TOTAL DES VARIETES  
1985-1986



COURBE 13 : DEBUT DE CROISSANCE  
1985-86



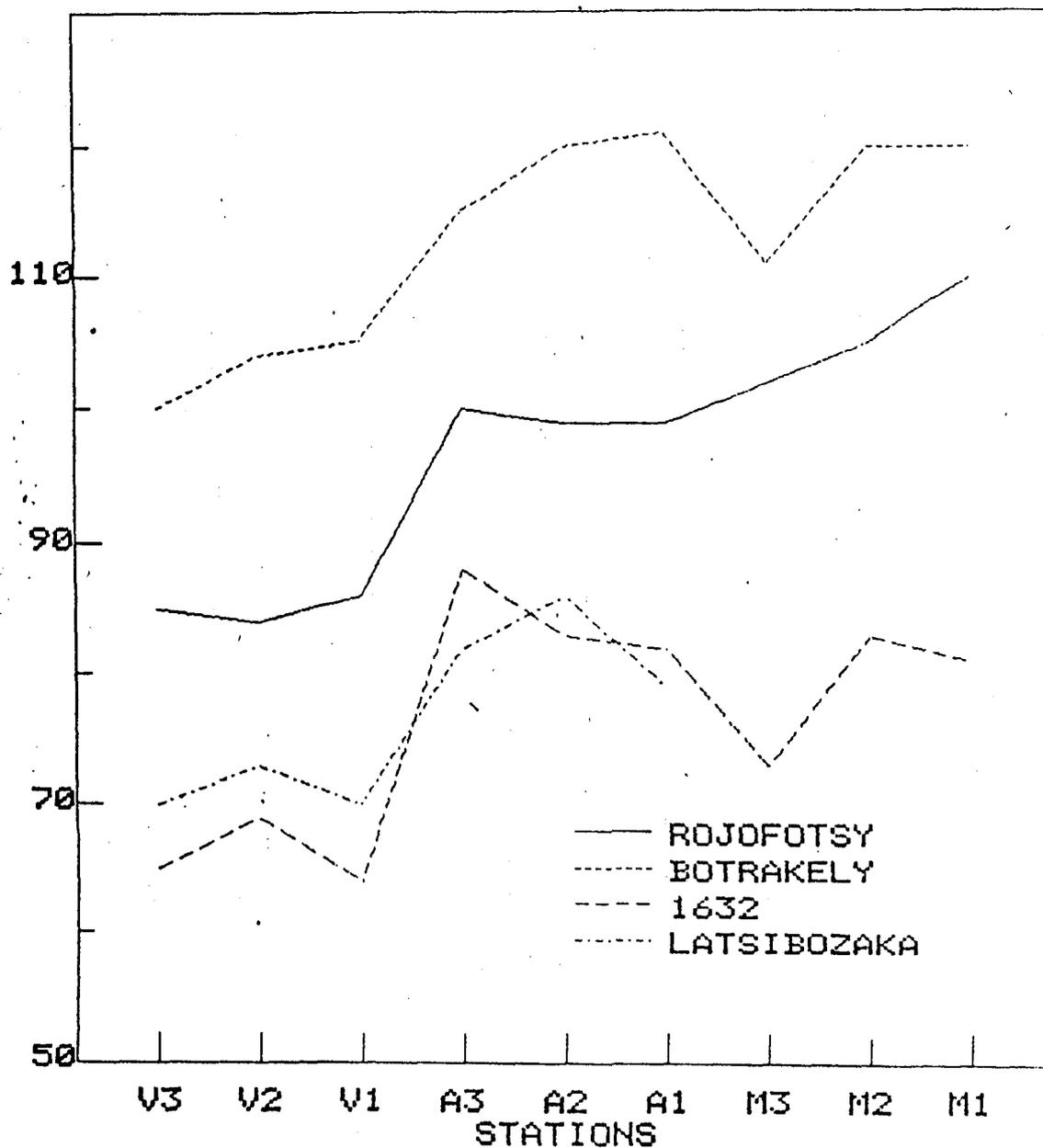
COURBE 14 : PHASES DE DEVELOPPEMENT  
VARIETE : ROJOFOTSY (1985-86)



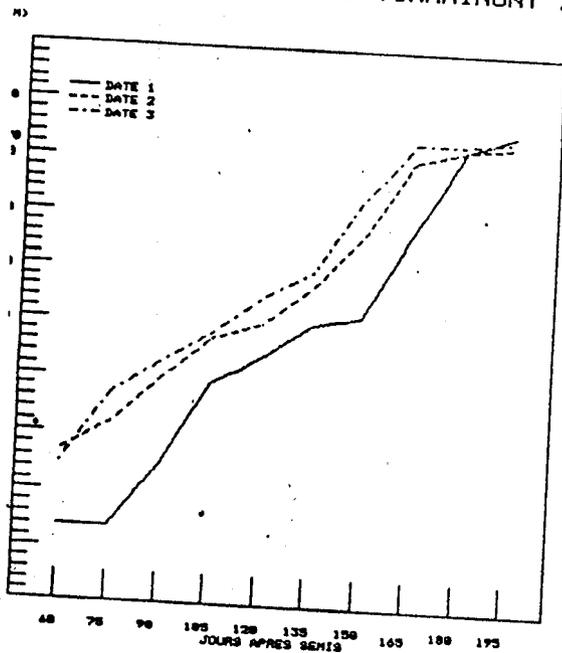
COURBE 15 : HAUTEUR FINALE

1985-86

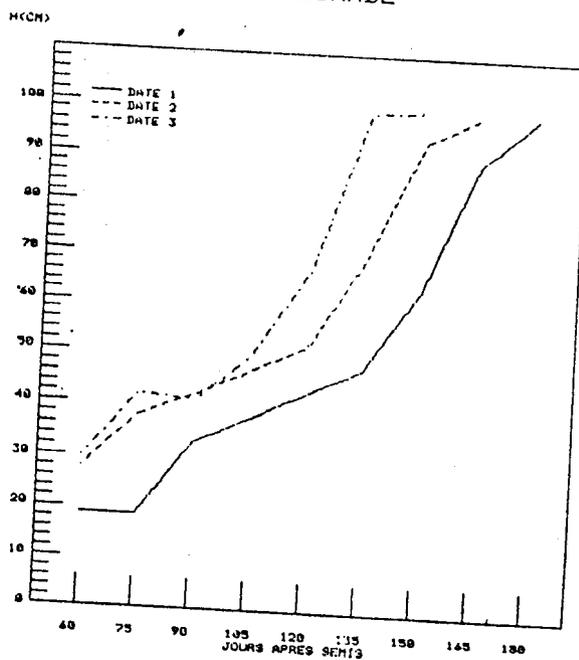
H(KCM)



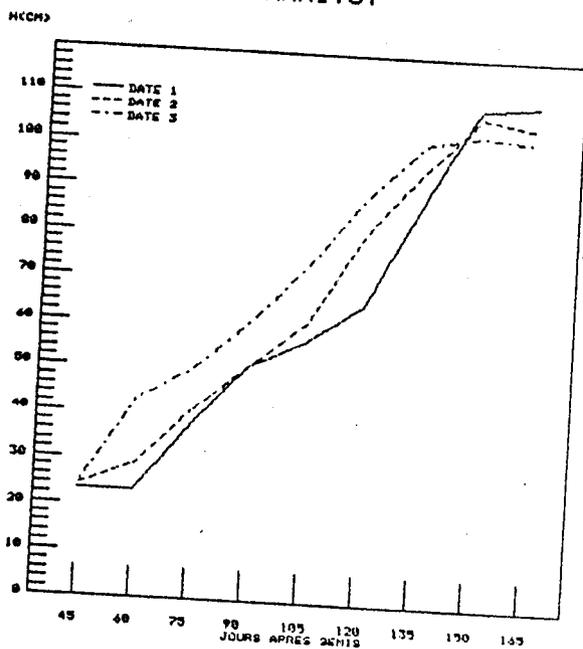
COURBE 16 : CROISSANCE EN HAUTEUR  
 VARIETE : ROJOFOTSY. VINANINONY .



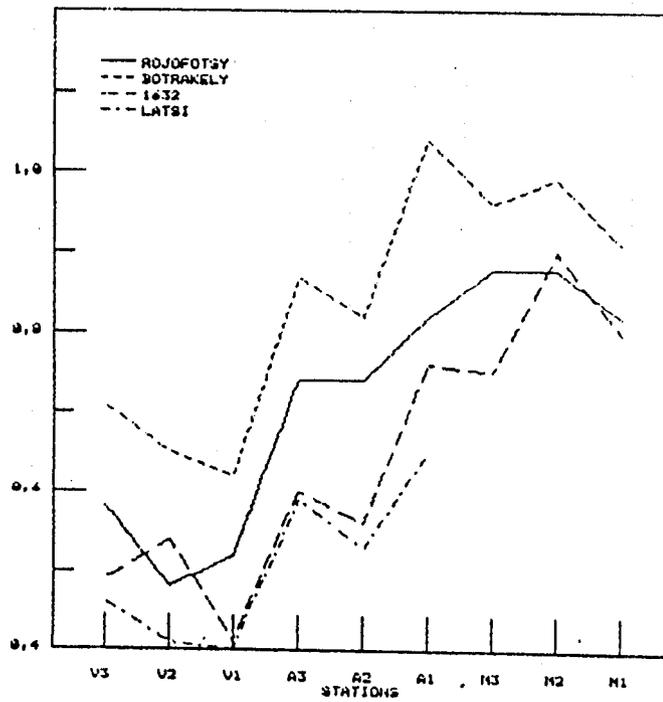
VARIETE : ROJOFOTSY  
 ANTSIRABE



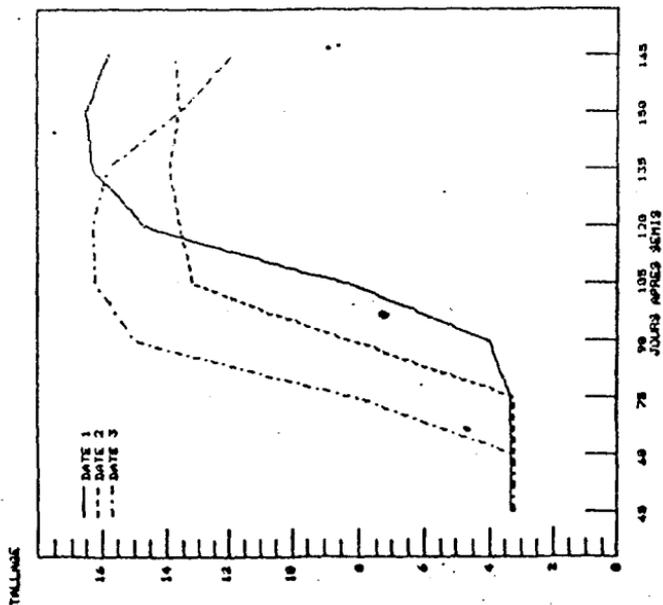
VARIETE : ROJOFOTSY  
 MAHITSY



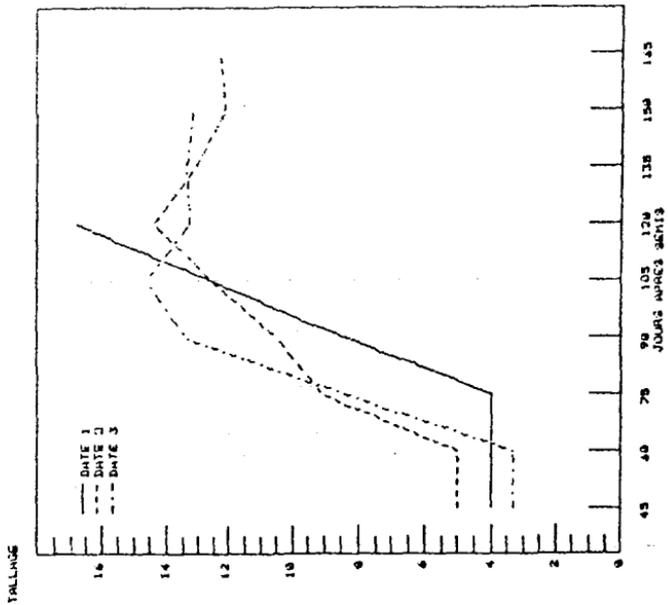
COURBE 17: REGRESSION LINEAIRE  
PENTES DES HAUTEURS (1985-86)



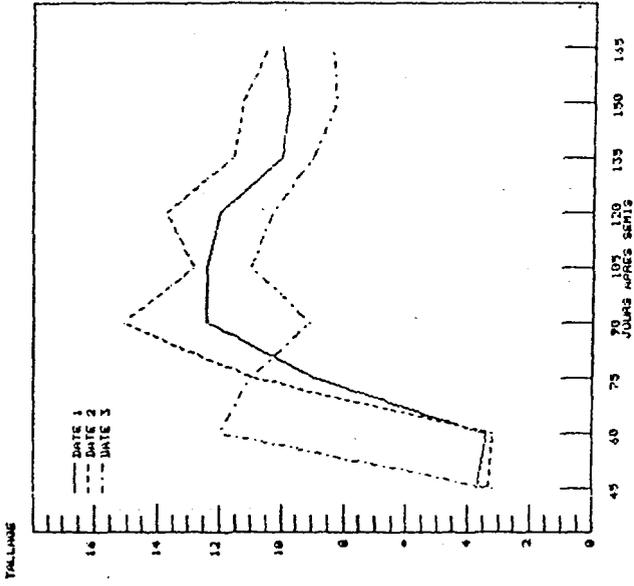
COURSE 18 : EVOLUTION DU TALLAGE  
 ROJOFOTSY, VINANINONY



ANTSIRABE  
 ROJOFOTSY

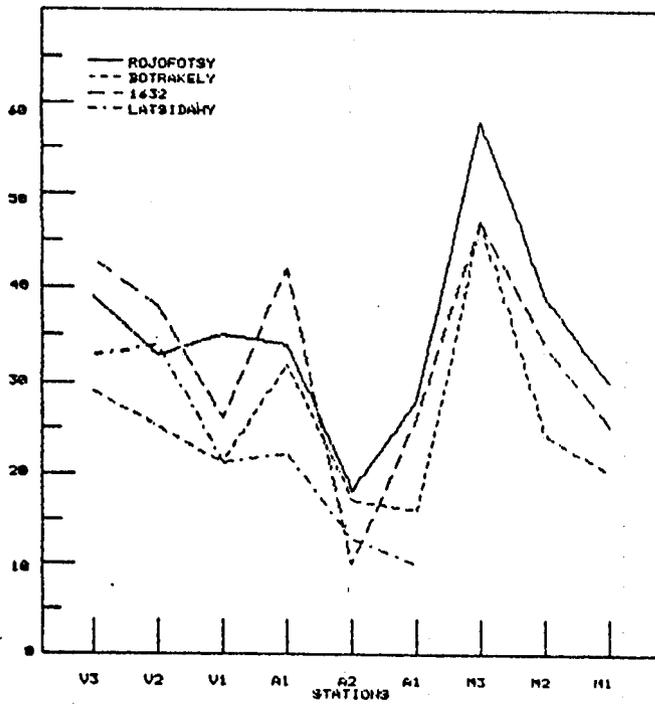


MAHITSY  
ROJOFOTSY

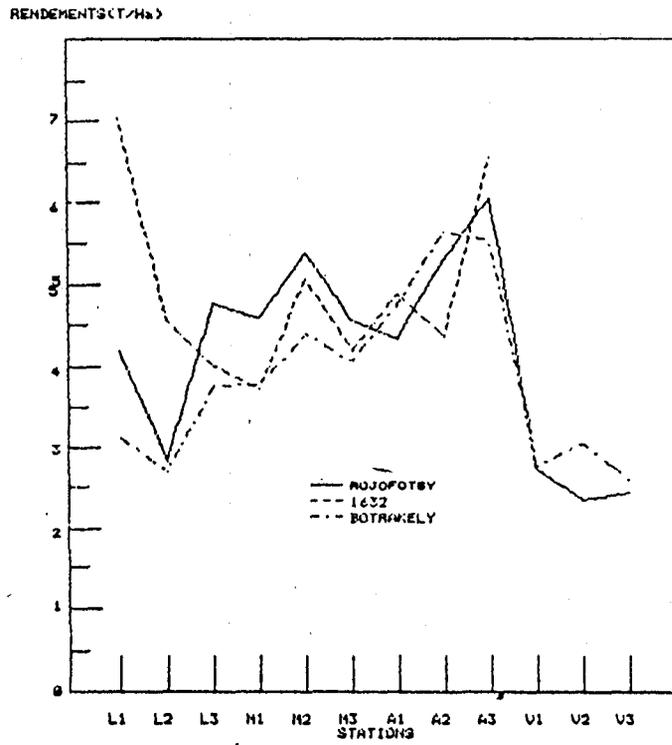


COURBE 19 : REGRESSION LINEAIRE  
PENTES DU TALLAGE (1985-86)

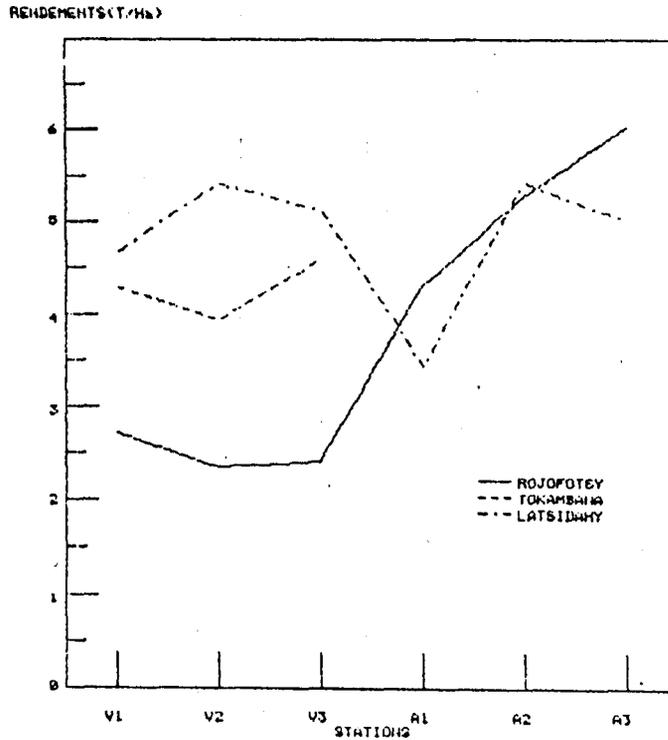
n = 100



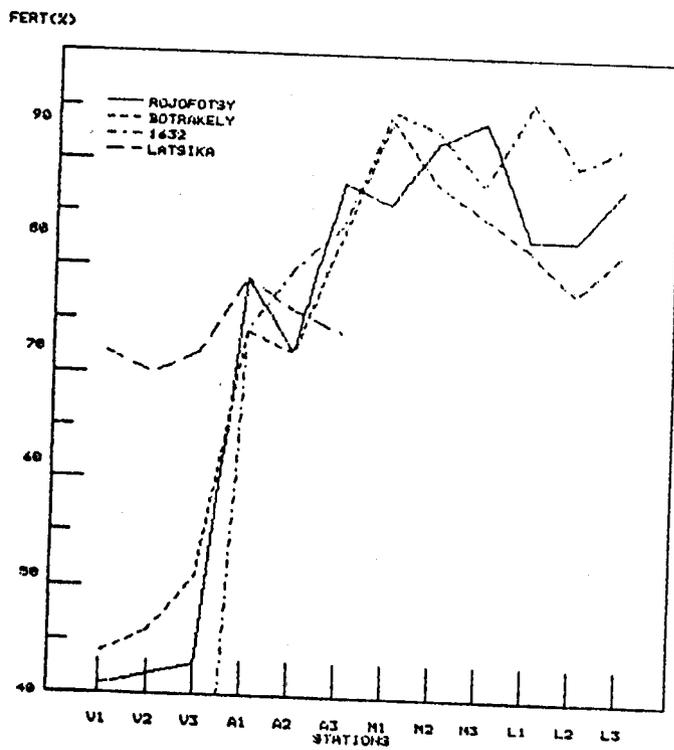
COURBE 20 : RENDEMENTS OBSERVES  
VARIETES COMMUNES (1985-86)



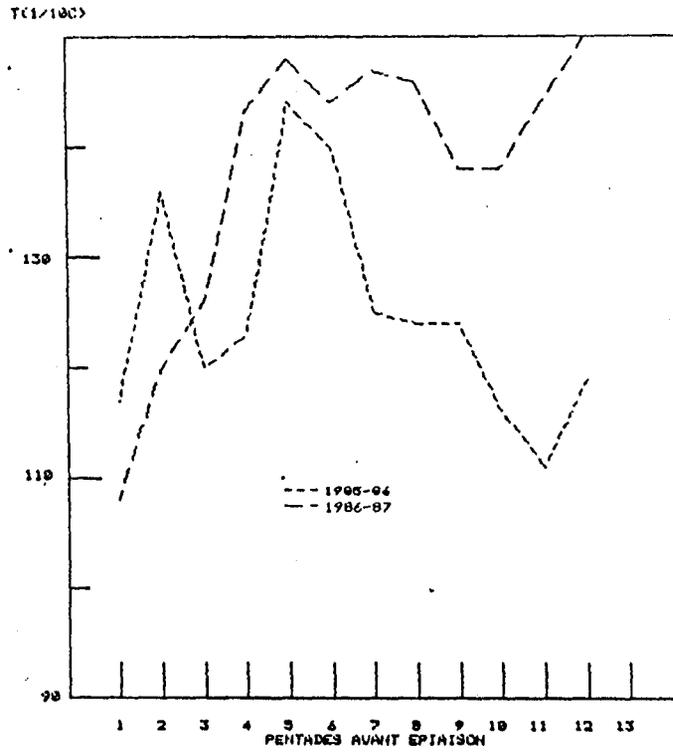
COURBE 21 : RENDEMENTS DES VARIETES  
DE HAUTE ALTITUDE (1985-86)



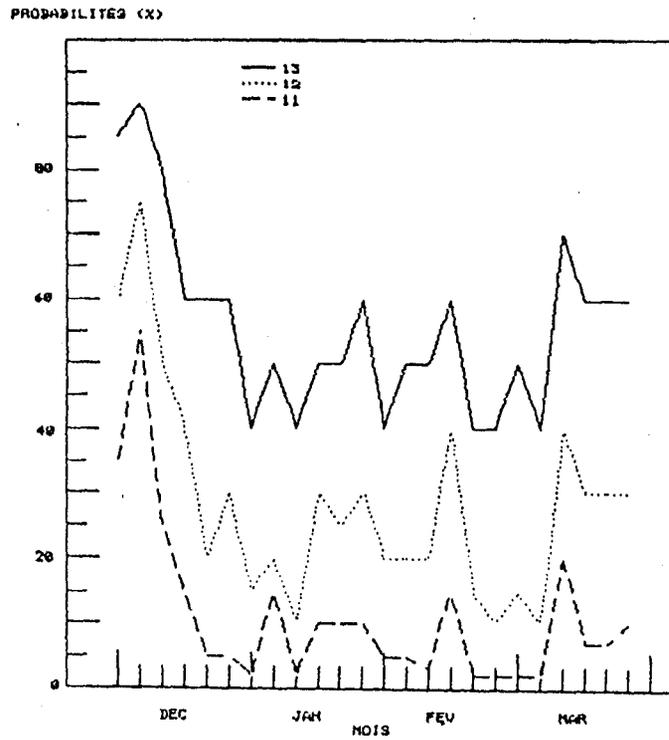
COURBE 22 : FERTILITE DES VARIETES  
1985-86



COURBE 23 : TEMPERATURES MINIMALES  
 AVANT L'EPIAISON DE LATSIDAHY



COURBE 24 : PROBABILITES D'APPARITION  
 DES TEMPERATURES MINIMALES (VINANINONY)



A N N E X E 3

Récapitulatif des variétés de riz testées en essai

Noms	n° de collec- tion Malgache	Vocation		Origine
		Pluvial	Irrigué	
!ROJOFOTSY	! 1285	!	! x	! Madagascar
!BOTRAKELY	! -	!	! x	! -"-
!MAKALIOKA	! 34	!	! x	! -"-
!MUT ROJOMENA 271/10	! 2822	!	! x	! Madagascar (création locale)
!IRAM 10 *	! 2067	!	! x	! -"- (sélection)
!CHIANAN 8	! 1632	!	! x	! Taiwan
!TCHE KOUAI	! 2798	!	! x	! Chine
!LATSIDAHY	! -	!	! x	! Madagascar
!TOKAMBANA	! -	!	! x	! -"-
!LATSIBAVY	! -	!	! x	! -"-
!BOTRAMAITSO	! -	! x	!	! Madagascar
!IAC 25	! 2366	! x	!	! Brésil
!IRAT 112	! 3290	! x	!	! Côte d'Ivoire (création IRAT)
!IRAT 134	! 3293	! x	!	! -"- -"-
!FOFIFA 31	! 3375	! x	!	! Madagascar (création locale)
!FOFIFA 47	! 3391	! x	!	! -"- -"-
!FOFIFA 58	! 3402	! x	!	! -"- -"-
!FOFIFA 62	! 3406	! x	!	! -"-
!KAGOSHIMA HAKAMURI I	! 1490 Ant	! x	!	! Japon
!FOFIFA 116	! 3460	! x	!	! Madagascar
!FOFIFA 130	! 3474	! x	!	! -"-
!FOFIFA 83	! 3427	! x	!	! -"-
!SHIN EI	! 1644	! x	!	! Japon
!OOTORI	! 1647	! x	!	! -"-
!SECANO	! -	! x	!	! Brésil

\* Sélection dans introduction de TAIWAN

## A N N E X E 4

### Abréviations utilisées dans les tableaux de ce rapport

CYCLES - SF = Semis-Floraison,  
SM = Semis-Maturité

RESISTANCE VERSE et EGRENAGE : R = Résistant  
MR = Moyennement Résistant  
MS = Moyennement Sensible  
S = Sensible

ARISTATION : M = Mutique  
AP = Apiculé  
PA = Peu Aristé  
A = Aristé

TYPE DE GRAIN R= Rond  
DR= Demi Rond  
DL= Demi Long  
LF= Long Fin  
LG= Long Gros

### CLASSEMENT ENZYMATIQUE

- I = Conformité avec le type INDICA pour les 4 loci étudiés
- J = Conformité avec le type JAPONICA pour les 4 loci étudiés
- I-1 } = 1 loci a subi une mutation par rapport aux types ancestraux
- J-1 }
- Inter= Présence de 2 loci de type INDICA et 2 de type JAPONICA

### REACTION AU PHENOL

- + = Coloration des glumelles - INDICA Ancestral
- - = Absence de coloration - JAPONICA Ancestral
- ± = Coloration faible ou partielle des glumelles

A N N E X E 5

A N A L Y S E D E M A T E R I E L V E G E T A L

Titre de l'essai: D.49 DEM.I03 IRAT NUTRITION MINERALE DU RIZ

Numéro de la demande: I 5 2

Date d'édition: I986/II/3

Type de riziculture: IRRIGUEE

Organe: F E U I L L E S (DF)

<u>S T A T I O N</u>	<u>V A R I E T E</u>	<u>N° Labo</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>CA</u>	<u>MG</u>	<u>AL</u>	<u>FE</u>
<u>MAHITSY</u>	ROJOFOTSY (I285)	6954	2.42I	0.222	I.354	0.379	0.08I	76.	80.
	IRAM IO (2067)	6955	2.285	0.I8I	I.354	0.403	0.057	93.	69.
<u>ANTSIRABE</u>	ROJOFOTSY (I285)	6958	2.852	0.I96	0.934	0.404	0.I69	83.	I00.
	IRAM IO (2067)	6959	2.252	0.I85	I.I80	0.3I0	0.I0I	96.	89.
<u>VINANINONY</u>	ROJOFOTSY (I285)	6956	2.662	0.296	I.25I	0.408	0.I43	93.	I09.
	LATSIDAHY	6957	3.I88	0.I87	I.558	0.339	0.II5	65.	65.
<u>Type de riziculture: PLUVIALE</u>									
<u>KIANJASOA</u>	IAC 25 (2366)	6962	2.906	0.I4I	I.42I	0.4I2	0.203	96.	84.
	BOTRAMAITSO	696I	2.699	0.I80	I.504	0.2I7	0.I46	I29.	89.
<u>BETSIZARAINA</u>	IAC 25 (2366)	6964	2.74I	0.298	I.289	0.305	0.I20	I38.	II6.
	BOTRAMAITSO	6963	2.4I0	0.I96	I.4I4	0.205	0.087	235.	99.
<u>ANTSIRABE</u>	IAC 25 (2366)	6966	2.6I6	0.I3I	0.959	0.33I	0.244	220.	266.
	BOTRAMAITSO	6965	2.578	0.207	I.2I6	0.2I2	0.I45	I80.	2I0.

A N N E X E - 6 \_

Analyses de Sol - Riziculture irriguée

## ANALYSE DE SOL

Provenance de l'échantillon : ALAOTRA

Type de riziculture : IRRIGUEE

Epoque de prélèvement : Septembre 1985 - (Avant la fertilisation des essais).

Echantillon AL - I - 1	N° LABORATOIRE	Profondeur	I	2
			0 - 20	20 - 40
<u>GRANULOMETRIE</u>	Argile	%	36,4	31,7
	Limons fins	%	31,1	32,3
	Limons grossiers	%	9,6	11,5
	Sable fin	%	13,5	18,7
	Sable grossier	%	9,4	5,8
<u>MATIERE INORGANIQUE</u>	Matière organique	%	14,76	15,05
	Carbone	%	8,56	8,73
	Azote total	%	7,54	7,99
	Rapport C/N		11	11
<u>PHOSPHORE</u>	TOTAL	ppm P	622.	457.
	Assimilable (Olsen)	ppm P	39.	23.
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>	Ca	meq/100 g	8,92	7,64
	Mg	meq/100 g	5,30	5,00
Méthode Co (NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>3</sub>	K	meq/100 g	0,19	0,09
	Na	meq/100 g	0,25	0,21
PH (rapport I /2,5)	Al	meq/100 g	0	0
	H	meq/100 g	0	0
	CEC	meq/100 g	14,84	13,54
	Ph de l'extrait		6,20	6,16
	Ph eau		6,65	7,00
	Ph KCL		-	-

## PEDOLOGIE

## ANALYSE DE SOL

Tenance de l'échantillon : MAHITSY

Type de riziculture : IRRIGUEE

Date de prélèvement : Septembre 1985 - (Avant la fertilisation des essais).

Échantillon		N° LABORATOIRE	3	4
M- I - 2		Profondeur	0 - 20	20 - 40
<u>ANULOMETRIE</u>		Argile	% 14,5	4,2
		Limons fins	% 23,1	11,0
		Limons grossiers	% 8,8	9,4
		Sable fin	% 20,7	35,6
		Sable grossier	% 32,9	39,9
<u>MATIERE ORGANIQUE</u>		Matière organique	% 11,57	8,93
		Carbone	% 6,71	4,83
		Azote total	‰ 5,72	5,04
		Rapport C/N	12	10
<u>PHOSPHORE</u>		TOTAL	ppm P 955	781
		Assimilable (Olsen)	ppm P 299	254
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u> Méthode Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub> Valeurs confirmées		Ca	meq/100 g 3,14	1,15
		Mg	meq/100 g 0,23	0,19
		K	meq/100 g 0,04	0,02
		Na	meq/100 g 0,01	0,02
		Al	meq/100 g 0	0,11
		H	meq/100 g 0	0,06
		CEC	meq/100 g 3,80	2,45
		Ph de l'extrait	6,02	4,55
<u>PH</u> (rapport I / 2,5)		Ph eau	5,60	5,80
		Ph KCL	-	-

## ANALYSE DE SOL

Provenance de l'échantillon : ANTSIRABE/TALATA - Terrain RAIVO Méline

Type de riziculture : IRRIGUEE - Essai 1ère et 2ème date

Epoque de prélèvement : Septembre 1985 - (Avant la fertilisation des essais).

Echantillon	N° LABORATOIRE	7	8
Ant. I.4	Profondeur	0 - 20	20 - 40
<u>GRANULOMETRIE</u>	Argile %	27.8	31.9
	Limons fins %	37.5	36.6
	Limons grossiers %	9.4	11.0
	Sable fin %	21.8	17.8
	Sable grossier %	3.6	2.6
<u>MATIERE ORGANIQUE</u>	Matière organique %	5.96	4.34
	Carbone %	3.46	2.52
	Azote total ‰	2.43	1.87
	Rapport C/N	14	13
<u>PHOSPHORE</u>	TOTAL ppm P	1295	1122
	Assimilable (Olsen) ppm P	212	142
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>	Ca meq/100 g	3.66	4.55
	Mg meq/100 g	1.80	2.02
	K meq/100 g	0.06	0.04
	Na meq/100 g	0.10	0.10
	Al meq/100 g	0.91	0.88
	H meq/100 g	0.15	0.16
$Co(NH_3)_6 Cl_3$	CEC meq/100 g	7.03	8.00
	Ph de l'extrait	4.12	4.10
	<u>PH</u> (rapport 1/2,5)	Ph eau	4.80
Ph KCl		-	-

ANALYSE DE SOL

Provenance de l'échantillon : ANTSIRABE/TALATA - Terrain RASOLOMANANA

Type de riziculture : IRRIGUE - Essai 3ième date

Époque de prélèvement : Septembre 1985 - (Avant la fertilisation des essais)

Echantillon	N° LABORATOIRE	5	6
Ant - I - 3	Profondeur	0 - 20	20 - 40
<u>GRANULOMETRIE</u>	Argile %	31.6	30.4
	Limons fins %	44.3	45.7
	Limons grossiers %	10.0	10.1
	Sable fin %	11.1	10.9
	Sable grossier %	3.0	2.9
<u>MATIERE ORGANIQUE</u>	Matière organique %	2.05	1.41
	Carbone %	1.19	0.82
	Azote total ‰	1.05	0.67
	Rapport C/N	11	12
<u>PHOSPHORE</u>	TOTAL ppm P	1742	1819
	Assimilable (Olsen) ppm P	300	323
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>	Ca meq/100 g	5.04	4.98
	Mg meq/100 g	1.61	1.53
	K meq/100 g	0.08	0.07
	Na meq/100 g	0.11	0.11
	Al meq/100 g	0.30	0.48
	H meq/100 g	0.07	0.12
	Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> CI <sub>3</sub> CEC meq/100 g	7.80	7.50
<u>PH</u> (rapport I/2,5)	Ph de l'extrait	4.45	4.23
	Ph eau	4.80	4.90
	Ph KCL	-	-

ANALYSE DE SOL

Provenance de l'échantillon : VINANINONY

Type de riziculture : IRRIGUEE

Période de prélèvement : Septembre 1985 - (Avant la fertilisation des essais)

Echantillon	N° LABORATOIRE	9	10	
VIN - I - 5	Profondeur	0 - 20	20 - 40	
<u>GRANULOMETRIE</u>	Argile %	28.8	29.3	
	Limons fins %	32.7	26.1	
	Limons grossiers %	12.8	12.4	
	Sable fin %	20.0	23.9	
	Sable grossier %	5.6	8.3	
<u>MATIERE ORGANIQUE</u>	Matériau organique %	10.26	9.67	
	Carbone %	5.95	5.61	
	Azote total ‰	5.17	4.35	
	Rapport C/N	11	13	
<u>PHOSPHORE</u>	TOTAL ppm P	2145	2254	
	Assimilable (Olsen) ppm P	269	333	
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>	Ca meq/100 g	4.47	4.79	
	Mg meq/100 g	1.39	1.40	
	K meq/100 g	0.04	0.03	
	Na meq/100 g	0.05	0.09	
	Al meq/100 g	1.20	0.94	
	Méthode Co (NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>3</sub>	H meq/100 g	0.17	0.17
	CEC meq/100 g	8.10	8.40	
Ph de l'extrait		4.06	4.07	
<u>PH</u>	Ph eau	4.60	4.85	
	(rapport I / 2,5) Ph KCL	-	-	

A N N E X E 7

Analyses de Sol - Riziculture Pluviale

## ANALYSE DE SOL

Provenance de l'échantillon : KIANJASOAType de riziculture : PLUVIALEDate de prélèvement : Septembre 1985 - (Avant la fertilisation des essais).

Echantillon	N° LABORATOIRE	11	12
KJS - P.4	Profondeur	0 - 20	20 - 40
<u>GRANULOMETRIE</u>	Argile %	26.3	26.2
	Limons fins %	19.2	18.2
	Limons grossiers %	7.9	10.5
	Sable fin %	15.0	15.1
	Sable grossier %	31.6	29.9
<u>MATIERE ORGANIQUE</u>	Matière organique %	2.57	2.69
	Carbone %	1.49	1.56
	Azote total ‰	1.49	1.33
	Rapport C/N	10	12
<u>PHOSPHORE</u>	TOTAL ppm P	780	605
	Assimilable (Olsen) ppm P	49	25
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>	Ca meq/100 g	1.70	1.39
	Mg meq/100 g	0.48	0.42
	K meq/100 g	0.11	0.09
	Na meq/100 g	0.01	0.01
	Méthode Al meq/100 g	0.11	0.19
<u>Co (NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub> Cl<sub>3</sub></u>	H meq/100 g	0.13	0.10
	CAC meq/100 g	2.93	2.19
	Ph de l'extrait	4.20	4.30
<u>PH</u> (rapport I/2,5)	Ph eau	5.20	5.00
	Ph KCL	-	-

SOUDOLOGIEANALYSE DE SOL

Provenance de l'échantillon : BETSIZARAINA

Type de riziculture : PLUVIALE

Époque de prélèvement : Septembre 1988 (Avant la fertilisation des essais).

Échantillon		N° LABORATOIRE	13	14	
BET - P.5		Profondeur	0 - 20	20 - 40	
<u>GRANULOMETRIE</u>	Argile	%	15.6	20.0	
	Limons fins	%	16.2	15.6	
	Limons grossiers	%	9.2	8.0	
	Sable fin	%	16.7	15.5	
	Sable grossier	%	42.3	40.8	
	Matière organique	%	1.34	2.05	
	Carbone	%	0.78	1.19	
	Azote total	g/100	0.86	10.84	
	Rapport C/N		9	14	
<u>PHOSPHORE</u>	TOTAL	ppm P	436	375	
	Assimilable (Olsen)	ppm P	49	29	
<u>COMPLEXE</u> <u>ABSORBANT</u>	Ca	meq/100 g	1.89	1.44	
	Mg	meq/100 g	0.60	0.50	
	K	meq/100 g	0.06	0.03	
	Na	meq/100 g	0.01	0.01	
	Méthode Co (NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>3</sub>	Al	meq/100 g	0	0
		H	meq/100 g	0.02	0.02
		CEC	meq/100 g	2.63	1.92
	Ph de l'extrait		5.07	4.91	
<u>PH</u> (rapport I / 2,5)	Ph eau		5.60	6.00	
	Ph KCl		-	-	

**A N A L Y S E D E S O I**

\*\*\*\*\*

Provenance de l'échantillon : ANTSIRAE - Terrain RAKOTOANADAHY - Quart sup.

Type de riziculture : PLUVIALE

Époque de prélèvement : Septembre 1985 - (Avant la fertilisation des essais)

Echantillon	N° LABORATOIRE	15	16	
ANT-II-P-10	Profondeur	0 - 20	20 - 40	
<u>GRANULOMETRIE</u>	Argile	% 12.9	12.6	
	Limons fins	% 37.5	35.1	
	Limons grossiers	% 20.9	20.5	
	Sable fin	% 21.8	22.5	
	Sable grossier	% 7.0	9.3	
<u>MATIERE ORGANIQUE</u>	Matière organique	% 3.57	5.76	
	Carbone	% 2.07	3.94	
	Azote total	‰ 2.75	2.55	
	Rapport C/N	7.5	13	
<u>PHOSPHORE</u>	TOTAL	ppm P 2361	2324	
	Assimilable (Olsen)	ppm P 220	173	
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>	Ca	meq/100 g 1.45	1.19	
	Mg	meq/100 g 0.95	0.79	
	K	meq/100 g 0.23	0.05	
	Na	meq/100 g 0.01	0.01	
	Méthode	Al	meq/100 g 0.45	0.17
	Co (NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>3</sub>	H	meq/100 g 0.10	0.07
* Valeurs confirmées	CEC	meq/100 g 4.25	3.90	
	Ph de l'extrait	4.30	4.43	
<u>PH</u> (rapport I/2,5)	Ph eau	5.10	5.25	
	Ph KCL	-	-	

A N N E X E \_ 8

Récapitulatif des missions d'appui reçues à Madagascar dans le cadre du programme Riz d'Altitude

- 1° - SECOND G. - ORSTOM - Prospection des variétés de riz traditionnelles - Premier contact avec l'Université pour la mise en place d'un Laboratoire d'Electrophorèse  
Durée de la Mission : 20 jours  
(6 au 26/4/85)
- 2° - GENERE B. - IRAT - Prise de contact avec la Météorologie Nationale - Choix des stations d'études et des données à prendre en compte pour la caractérisation Agroclimatique des hauts-plateaux  
Durée de la Mission : 8 jours  
(24/2 au 3/3/85)
- 3° - JACQUOT M. - IRAT - Visite des stations expérimentales du programme Riz d'Altitude - Discussion sur le programme de recherches  
Durée de la Mission : 2 jours  
(23 et 24/11/85)  
(Pris sur le temps d'une mission à M/car)
- 4° - TILQUIN et DUVEILLER - Chercheurs Belges travaillant sur un projet Riz CEE au Burundi  
- Visite des sites expérimentaux et étude des problèmes rencontrés en riziculture d'altitude  
- Comparaison avec les problèmes existants au Burundi.  
Durée de la Mission : 8 jours  
(15 au 22/4/86)
- 5° - SEGUY L. - IRAT - Etude des problèmes d'agronomie rencontrés en riziculture pluviale et irriguée d'altitude.  
Proposition de mise en place de certaines expérimentations.  
Durée de la Mission : 2 jours  
(temps pris sur une mission effectuée à Madagascar)

- 6° - SECOND G. - ORSTOM - Appui au programme Riz d'Altitude et au laboratoire d'électrophorèse à l'Université d'Antananarivo (**travaux** de classification de riz malgaches réalisés par BECQUER)  
Durée de la Mission : 18 jours  
(1er au 18 Mai 86)
- 7° - NABOS - IRAT - Contact avec FOFIFA, Université et Météorologie Nationale pour mise au point d'un protocole d'accord IRAT/FOFIFA concernant le programme Riz d'Altitude  
Durée de la Mission : 6 jours  
(13 au 18 Mai 86)
- 8° - JACQUOT M. - IRAT - Visite des sites expérimentaux.-Contrôle du déroulement du programme.-Discussion sur l'orientation de la recherche variétale.  
Durée de la Mission : 8 jours  
(2 au 9 Avril 87)
- 9° - ROTT Ph - IRAT - Visite des points d'essais - Contrôle des maladies cryptogamiques et bactériennes. Installation de M. HONEGGER VSN Phytopathologiste affecté à Madagascar sur le programme Riz d'Altitude.  
Durée de la Mission : 15 jours  
(9 au 23 Avril 87)
- 10° - BACHELIER - CIRAD - Réunion de Concertation CIRAD/FOFIFA Mise au point d'un protocole d'accord riz d'Altitude  
Novembre 86 : 8 jours
- 11° - GELTON - IRAT - Réunion de Concertation CIRAD/FOFIFA Mise au point d'un protocole riz d'Altitude  
Novembre 86 : 8 jours
- 12° - WEILL - IRAT - Appui méthodologique et statistique  
Décembre 86 : 8 jours