

# **Contribution à la caractérisation de la stérilité chez les variétés de riz pluvial d'altitude**

## **Introduction**

Le riz est la céréale la plus cultivée dans le monde. Il constitue un aliment de base pour une grande partie de la population mondiale et notamment pour Madagascar. C'est une denrée de base généralisée dans tout Madagascar et que l'on ne substitue par un autre produit que sous l'effet de la pénurie. C'est pourquoi Madagascar est l'un des pays le plus consommateur de riz dans le monde. Mais le pays doit recourir à l'importation de riz étranger notamment asiatique. L'augmentation de la production de riz constitue un enjeu économique majeur à Madagascar. L'augmentation des surfaces de production de riz pluvial est l'une des voies envisageables.

L'introduction de riz pluvial dans la région du Vakinankaratra a commencé en 1983 par le Programme Riz d'Altitude (PRA), due à la collaboration entre le FOFIFA (Foibe Fikarohana ho Fampanandroana ny tontolo Ambanivohitra) et le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), pour étudier les problèmes posés par la riziculture de haute altitude et rechercher des solutions intégrées pour répondre à ses contraintes.

La stérilité des grains est identifiée par les sélectionneurs comme une des principales causes de limitation et de variabilité des rendements du riz. Cette étude a pour objectif de contribuer à la caractérisation de la stérilité chez les variétés de riz pluvial d'altitude.

Cette étude se structure comme suit :

- Premièrement, le contexte général de l'étude où seront présentés le contexte rizicole à Madagascar, la région du Vakinankaratra, la riziculture pluviale d'altitude avec les travaux du FOFIFA/CIRAD (projet PRA), et l'objectif de l'étude.
- Deuxièmement, une synthèse bibliographique qui exposera le cycle du riz du semis à la récolte, la phase de formation des organes reproducteurs et les effets des facteurs externes, et la problématique de la stérilité.
- Troisièmement, la partie expérimentale qui précisera les dispositifs expérimentaux et les méthodes et mesures effectuées.
- Quatrièmement, les résultats, à partir de la comparaison des températures, des taux de stérilité entre sites et variétés, et l'analyse des histogrammes de distribution des poids des grains.
- Cinquièmement, la discussion sur la méthodologie, la relation entre le taux de stérilité et la température au cours de la phase reproductive, et la conclusion de ce travail.

## I- Contexte et objectifs de l'étude

### I-1 Contexte général de la riziculture d'altitude

#### I-1-1 Importance de la riziculture à Madagascar

La superficie totale cultivée en riz est de 1,2 millions d'hectares, soit le tiers de la surface cultivée totale de Madagascar. La majeure partie des riziculteurs cultive des surfaces très réduites, complémentées par d'autres cultures comme la culture maraîchère. 59% des producteurs cultivent moins de 0.7 ha, 22% des exploitations dépassent 1ha. (Hirsch, 2000, in Galtier & Guimera, 2000).

Deux grands types de rizicultures sont pratiqués :

- La riziculture aquatique qui se pratique sous une lame d'eau durant tout le cycle cultural. Il existe 2 types de riziculture aquatique suivant le degré de maîtrise de l'eau :
  - La riziculture irriguée desservie par des infrastructures hydrauliques en bon état et disposant d'une parfaite maîtrise d'eau.
  - La riziculture avec mauvaise maîtrise de l'eau, en raison soit de l'absence d'aménagements hydrauliques agricoles, soit de l'état défectueux des infrastructures existantes.

Cette mode de riziculture se pratique dans la partie rizicole de tout Madagascar.

- La riziculture pluviale qui se pratique en général sur sol exondé d'un versant, ou sur la partie sommitale des collines (*tanety*) et dont l'alimentation hydrique est assurée par la pluviométrie. La pratique courante se situe sur les Hauts Plateaux, le Moyen Ouest et le lac Alaotra. Il existe également la riziculture pluviale itinérante de *tavy*, qui est pratiquée sans travail de sol préalable après défrichement de la forêt, suivi d'un brûlis. La pratique de *tavy* qui se fait sur la côte Est (région de Beforona) contribue à la déforestation et à la dégradation des sols.

Le rendement moyen général est de 1,9 t/ha, mais celui-ci englobe de fortes variabilités. Par exemple pour la riziculture de *tavy* le rendement moyen est de 700 kg/ha, en riziculture aquatique sur les Hauts Plateaux Sud, le rendement atteint 3,5 t/ha. (Hubert P., 1992)

La consommation du riz par habitant, plus de 200 Kg/an, est une des plus élevées au monde. Depuis les années 70, la progression de la production (1,2% par an) ne suit plus la croissance démographique (2,8% par an). (Ministère de l'Agriculture, 1997)

L'augmentation de la production de riz constitue un enjeu économique majeur à Madagascar. Deux voies sont envisageables : améliorer le rendement du riz irrigué cultivé traditionnellement, et augmenter les surfaces de production de riz pluvial. Dans la région du Vakinankaratra, face à la pression démographique et à la raréfaction des terres inondées, la possibilité de développer la riziculture pluviale en complément des rizicultures aquatiques est une sérieuse opportunité.

## **I-1-2 La région du Vakinankaratra**

La région du Vakinankaratra est située dans la partie centrale de Madagascar. Elle se divise en deux zones agro-écologiques : une rattachée aux Hautes Terres et une au Moyen Ouest. La région du Vakinankaratra couvre une superficie de 15 000 km<sup>2</sup> soit 2,7% de la surface de Madagascar. La population est de 1 455 000 habitants, avec une densité moyenne de 65,8 hab./Km<sup>2</sup> (Atlas CIRAGRI, 1996). La structure de la population de la région est homogène, elle est caractérisée par une grande proportion de population rurale.

La région du Vakinankaratra (cf. Annexe I) est caractérisée par une hétérogénéité de conditions écologiques. L'altitude varie entre 400m et 2400m (Mandoto et Faratsiho), elle est délimitée en 3 types :

- La zone de basse altitude, inférieure à 1200 m du côté Ouest (Mandoto, partie du Vakinankaratra rattachée au Moyen Ouest) avec un climat chaud et tempéré;
- La zone de moyenne altitude, de 1200 à 1600 de la côte Est et centre (Antsirabe);
- La zone de haute altitude, supérieure à 1600m, côté Nord et Sud Est.

La plus grande partie écologique du Vakinankaratra se situe entre 1300 et 1600m.

La région est caractérisée par un climat de type humide tempéré marqué par 2 saisons principales :

- Une saison sèche et fraîche du mois de mai au mois de septembre ;
- Une saison pluvieuse du mois de novembre au mois de mars.

L'ensoleillement est plus important à l'Ouest qu'à l'Est, et cette différence est plus accentuée en saison des pluies. La grêle est fréquente surtout du mois d'octobre au mois de décembre et le risque de gel est inévitable en zone d'altitude pendant l'hiver. La pluviométrie dépend de l'altitude, de l'orientation de la région et de la proximité de hauts reliefs. La pluviométrie est comprise entre 900 mm et 2000 mm par an en moyenne. Les températures sont comprises entre 7,2°C et 32,16°C avec une température moyenne annuelle de 16,9°C.

En outre, le sol se classe en 3 grands types de géologie (cf. Annexe II) :

- les formations volcaniques récentes (Antsirabe, Betafo, région Ouest) ;
- les formations volcaniques anciennes (massif de l'Ankaratra) ;
- le socle cristallin.

L'unité pédo-géologique du Vakinankaratra est dominée par :

- des sols hydromorphes dans les bas fonds pour la riziculture ;
- des sols ferrallitiques.

### **1-1-3. La riziculture pluviale d'altitude**

Depuis une vingtaine d'années, l'augmentation de la pression foncière sur les terres inondées, en particulier dans les zones à densité de population élevée comme les Hautes Terres, a conduit au développement de systèmes de cultures pluviales fixés et à l'intégration du riz pluvial dans ces systèmes.

Le développement de la riziculture pluviale a ses origines dans les travaux de recherche conjoints du FOFIFA (cf. Annexe III) et du CIRAD (cf. Annexe IV) avec l'introduction, au milieu des années 70, des premières variétés modernes de riz pluvial. Le Moyen Ouest, la région du Lac Aloatra et, plus récemment, la zone d'altitude des Hautes Terres ont tour à tour bénéficié de ces efforts de recherche consacrés à la création variétale et d'itinéraires techniques adaptés.

Ainsi le Projet Riz d'Altitude, démarré en 1983, a permis de vulgariser des variétés de riz performantes en conditions de haute altitude (une première mondiale pour le riz pluvial) avec les techniques culturales adaptées à ces variétés (cf. Annexe V). De plus, depuis le début des années 90, des agronomes du CIRAD associés à l'ONG TAFI (= "Terre et développement") ont développé des techniques de gestion agrobiologique des cultures pluviales, avec le semis direct sur couverture végétale (SCV). C'est dans ce contexte que le FOFIFA, L'Université d'Antananarivo et le CIRAD ont décidé de renforcer leur coopération et de créer un pôle de compétence en partenariat, le PCP SCRID (cf. Annexe VI) ("systèmes de culture et rizicultures durables").

C'est dans cette structure que j'effectue mon travail de stage.

## **I-2-Objectifs de l'étude**

Les recherches en riziculture pluviales sont menées sur :

- l'amélioration variétale
- l'élaboration de systèmes de culture sur couverture végétale (SCV) performants.

Dans les deux cas, la compréhension de l'effet des conditions de culture (climat, sol) et des techniques culturales sur le fonctionnement de la culture est essentielle et a pour objectifs :

- d'identifier les facteurs limitant le potentiel de production du riz pluvial ;
- d'identifier les caractères adaptatifs spécifiques du riz pluvial aux conditions du milieu et aux systèmes de culture.

La stérilité des grains est identifiée par les sélectionneurs comme une des principales causes de limitation et de variabilité des rendements du riz. L'hypothèse forte est que cette stérilité est due aux basses températures au cours de la formation des organes reproducteurs.

Cette étude a pour objectif de contribuer à la caractérisation de la stérilité chez les variétés de riz pluvial d'altitude.

Pour cela, dans un premier temps, nous avons travaillé sur la méthode de mesure de la stérilité, ainsi nous avons réalisé des courbes de distribution du poids des grains afin de différencier les grains vides des grains mal remplis. Cette méthode a été comparée à celle du comptage visuel des grains vides. Ce travail a été réalisé sur 2 variétés de riz pluvial.

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à mettre en relation les pourcentages de stérilité mesurée (% de grains vides) et les températures observées sur les 4 sites d'étude de la région du Vakinankaratra.

## II- Synthèse bibliographique

### II-1- Le cycle de développement du riz et l'élaboration des composantes du rendement

Le cycle du riz peut s'étendre selon les variétés sur 80 à 240 jours. Il se divise en trois phases :

- La phase végétative qui s'étend du semis jusqu'au début de la formation des organes reproducteurs. Durant cette phase se mettent en place les organes végétatifs : racines, feuilles et tiges ;
- la phase reproductive durant laquelle se mettent en place les organes reproducteurs (les panicules) et se termine avec la floraison ;
- la maturation durant laquelle les grains vont se remplir, pour atteindre la maturité en fin de cycle.

(cf. Schéma 1 : les différentes phases du cycle du riz et les composantes du rendement)

Durant chacune de ces phases, les composantes participant l'une après l'autre à l'élaboration du rendement final vont être mises en place :

- le nombre de pieds par m<sup>2</sup>
- le nombre de panicules par pied
- le nombre d'épillets par panicule
- **le pourcentage de grains pleins**
- le poids moyen d'un grain

**Schéma 1** : Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement (Moreau, 1987)

Dans ce cas, nous allons parler de la phase reproductive qui explique mieux le phénomène qui entraîne la stérilité.

## **II-2- La phase reproductive**

A un moment donné du cycle, qui varie suivant les variétés et la date de semis, les panicules se forment puis se développent : cela débute par l'initiation paniculaire puis l'élongation des tiges (étape de la montaison) qui entraîne la sortie des panicules hors des gaines foliaires ou phase d'épiaison. En général, entre l'initiation paniculaire et l'épiaison s'écoulent une trentaine de jours.

Immédiatement après l'épiaison s'effectuent la floraison et la fécondation des fleurs de riz (dites épillets) par le pollen de ces mêmes fleurs : l'autofécondation est la règle (cf. schéma de la panicule durant la phase d'épiaison - floraison).

Cette phase se soldera, en terme de composante du rendement par le nombre d'épillets par panicule et le pourcentage de stérilité.

Nous poursuivons la description de cette phase reproductive par : la formation des organes reproducteurs et les effets des facteurs externes qui entraînent des malformations et surtout la stérilité.

### **II-2-1- La formation des organes reproducteurs**

#### **a) Structure d'une panicule**

La structure de la panicule commence par un nœud, suivit d'un rachis qui porte les ramifications, racèmes et axilles. Les épillets sont portés soit par le rachis, soit par les racèmes, soit par les axilles. (cf. Schéma 2)

D'abord, il y a le développement des bourgeons suivit de la croissance (accroissement de la longueur) :

- croissance du rachis ;
- croissance basipète des racèmes ;
- différenciation centrifuge des axilles ;
- croissance centripète des axilles, différenciation centripète des épillets ;
- croissance centripète des épillets.

Après leur formation, se forment les épillets à la base des axilles, les axilles à la base des racèmes, les racèmes à la base du rachis.

Suit l'apparition des talles qui se développent ensuite. En outre, plus la talle se forme tardivement, plus le taux de dégénérescence sur la panicule risque d'être élevé.

#### **b) chronologie et morphogenèse de la phase reproductive**

La phase reproductive dure de 25 à 35 jours environ, c'est un peu variable. Et cette variation est due à la sensibilité de la variété à la photopériode pour les variétés sensibles et à l'accomplissement de la phase végétative.

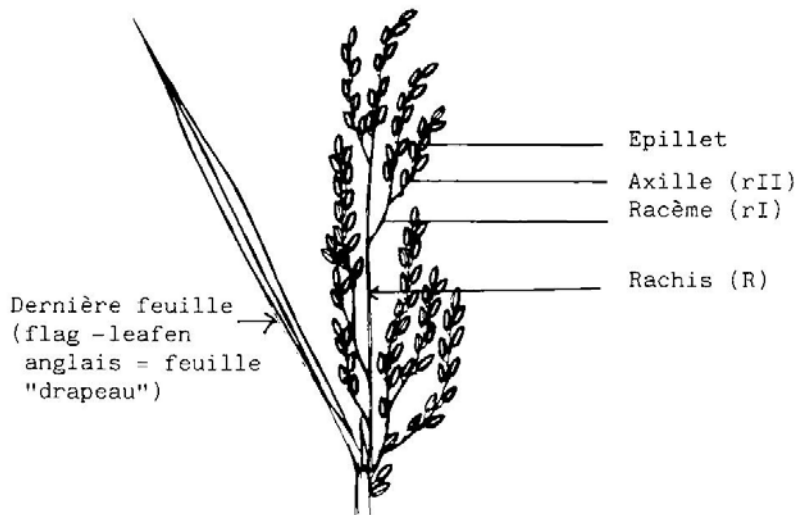
La morphogenèse durant la phase reproductive se décrit comme suit :

- la formation de la jeune panicule (environ 20 jours) : différenciation des racèmes, des axilles et des épillets.

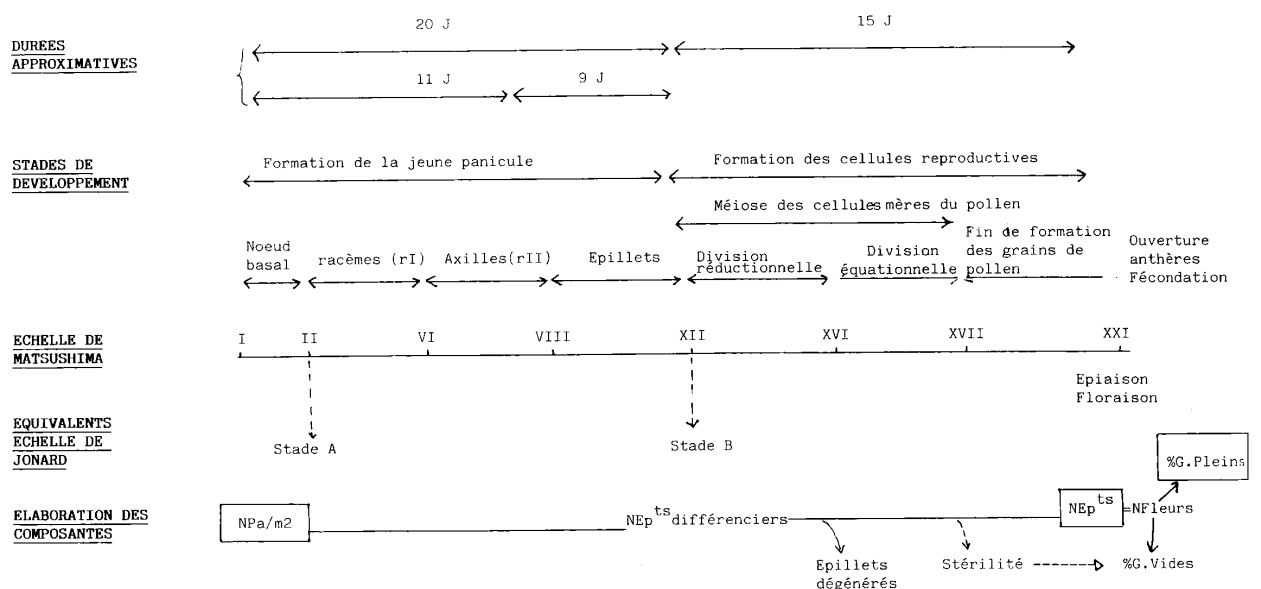
- la formation des cellules reproductives (environ 15 jours) qui comprend la méiose des cellules mères de spore, qui regroupe la division réductionnelle puis la division équationnelle et la fin de formation de grains de pollen.

La chronologie de la phase reproductive est représentée sur le schéma 3.

**Schéma 2** : Structure d'une panicule à floraison (Moreau, 1987)



**Schéma 3** : Chronologie et morphogénèse de la phase reproductive (Moreau, 1987)



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

- stade I à II : début de l'initiation paniculaire, initiation du nœud basal ;

- stade II à VI : différenciation des racèmes ;
- stade VI à VIII : différenciation des axilles ;
- stade VIII à XII : différenciation des épillets ;

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

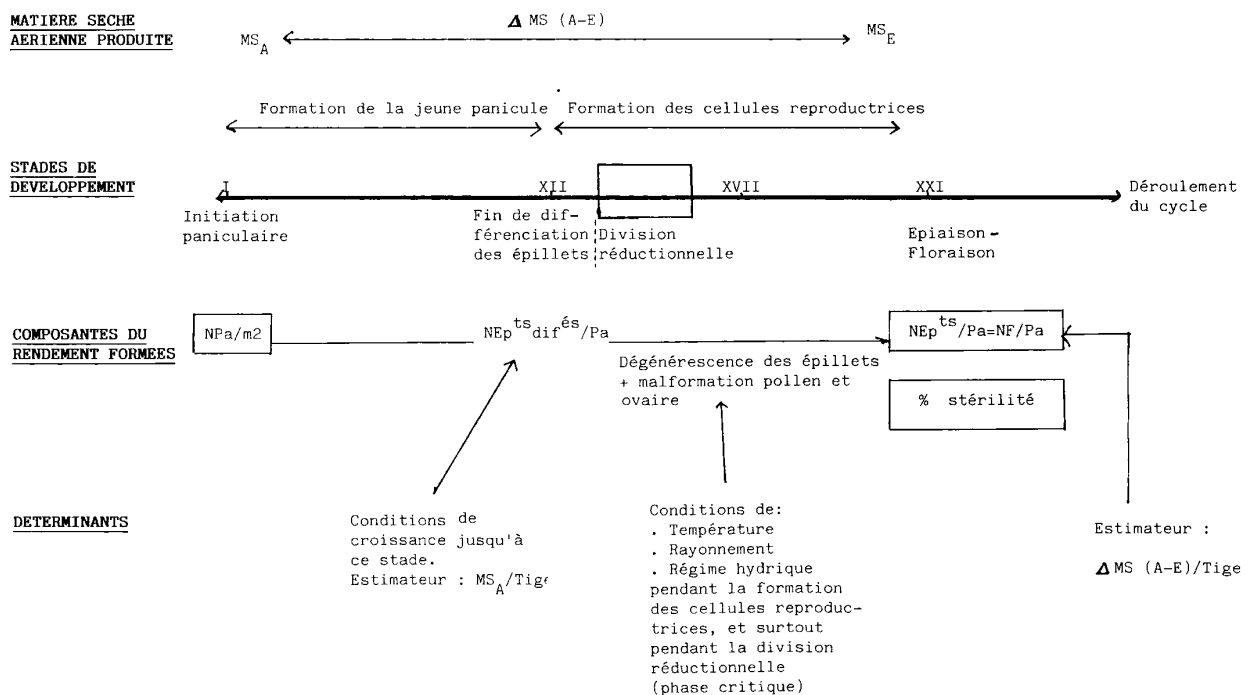
- stade XII : fin de la formation de la jeune panicule ;
- stade XII à XVII : méiose des cellules mères des spores ;
- stade XVII à XXI : fin de la formation des grains de pollen.

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

Dans le schéma 4, les composantes du rendement élaborées durant la phase reproductrice sont mentionnées : le nombre de panicule par m<sup>2</sup> (NPa/m<sup>2</sup>) suite à l'initiation paniculaire, le nombre d'épillets différenciés par panicule (NEptsdifés/Pa) à la fin de différenciation des épillets, et en fin de phase : le nombre d'épillets par panicule (NEpts/Pa). Durant la division réductionnelle, il peut se produire une dégénérescence des épillets avec la malformation des grains de pollen et des ovaires, influencée par les conditions extérieures de température, de rayonnement, ou le régime hydrique.



**Schéma 4** : Schéma de synthèse des déterminants du nombre d'épillets par panicule et du pourcentage de grains pleins (Moreau, 1987)



C'est au cours de la formation des cellules reproductives que se fixe le taux de stérilité, qui peut affecter très sensiblement le rendement final. Cette stérilité est due à la malformation des organes reproducteurs (pollen ou ovaire) sous l'action des facteurs externes. D'où l'intérêt de voir les effets des facteurs externes sur la formation des organes reproducteurs et plus particulièrement la stérilité, objet de notre étude.

**c- la floraison**

La floraison correspond à l'ouverture des épillets. La durée totale de floraison d'une panicule semble être un caractère variétal qui peut durer de 5 à 9 jours. L'ouverture des épillets et l'anthèse dépendent dans une large mesure des conditions de température, de lumière et d'humidité. La pleine intensité d'ouverture des épillets peut varier d'une ou deux heures avec la température ; les températures optimales, minimales et maximales de floraison sont 30°C, 15 à 20°C et 50 à 55°C. Et l'humidité optimale se situe entre 70 et 80%. (cf photo 1)

L'autopollinisation est la règle mais n'est pas absolument totale. Le pourcentage de pollinisation croisée est très faible. Le pollen est transporté par le vent mais également par les insectes ; la distance de transport ne dépasse jamais quelques mètres (2 m environ). Après la pollinisation, les glumelles se referment. La fécondation dure de 1h30 à 3 h après l'anthèse.

Photo 1 : photo d'une fleur à la floraison

## **II-2-2- Effets des facteurs externes sur la formation des organes reproducteurs et particulièrement sur la stérilité**

### ***Les éléments nutritifs***

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

### ***Le régime hydrique***

La plante est très sensible au stress hydrique, entre la division réductionnelle et l'épiaison. Sur labour, il faut 160 à 300 mm par mois pendant la période végétative ; soit de 1000 à 1800 mm pour la totalité. Les fortes pluies sont nuisibles à la pollinisation (effet de lavement du pollen). Pour la floraison, on a besoin de 70 à 80 % d'hygrométrie.

### ***Le rayonnement***

Si le rayonnement est faible durant la phase reproductive, il existe une forte stérilité. Autour de l'épiaison, qui est la période critique, les besoins de radiation sont très importants.

Quelques études ont été effectuées : la lumière n'aurait effet qu'à haute intensité, dans un sens défavorable à la qualité du grain ; la lumière rouge serait plus active ; quant aux radiations à la limite du violet (4000Å), et du jaune et rouge (5600 à 7200Å), elles ont une action inhibitrice de la floraison chez les plantes à jour court (Angladette A., 1996).

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

### ***La température***

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

En général, la température optimum se trouve entre 20°C et 30°C, et les températures minimales critiques entre 15°C et 20°C. Mais la résistance et la tolérance dépendent des variétés.

De fortes températures peuvent également entraîner la stérilité des épillets.

Compte tenu de tout cela nous avons adopté l'hypothèse de travail et la démarche suivante durant notre travail.

### **II-3- Hypothèse de travail – Démarche**

#### *a)- Hypothèse de travail*

En nous appuyant sur cette synthèse, nous avons posé comme hypothèse que la principale cause de stérilité est le froid. Nous avons établi que les phases critiques de sensibilité se situaient autour de la méiose, soit environ de 25 à 10 jours avant la floraison.

#### *b) Démarche*

Pour vérifier cette hypothèse nous avons cherché à établir des corrélations entre le pourcentage de stérilité et les températures minimales observées durant les périodes précédents la floraison sur 4 sites d'étude de la région du Vakinankaratra.

Mais dans un premier temps nous avons travaillé sur la méthode de mesure de la stérilité, et pour cela réalisé des courbes de distribution du poids des grains afin de différencier les grains vides des grains mal remplis, cette méthode est par la suite comparée à celle du comptage visuel des grains vides.

### III- Matériel et méthodes

#### III-1- Dispositifs expérimentaux

Quatre sites ont été choisis parmi les dispositifs du Pôle de Compétence en Partenariat (PCP), présentant des conditions contrastées d'altitude :

##### Site d'Andranomanelatra (1645m, sols ferrallitiques désaturés)

Coordonnées du site : latitude Sud 19° 46.756', longitude Est 47° 6.411'. Ce site est équipé d'une station météorologique Cimel complète comprenant la température, l'humidité, la pluie, le vent et le rayonnement (cf. photo 2)

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

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

##### Site d'Ibity (1540 m, sols acides de basse fertilité) (cf.photo 3)

Coordonnées du site : latitude Sud 19° 59.711', longitude Est 47° 2.433'. Ce site est équipé d'une station météorologique Cimel non complète avec la température et la pluie.

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

Photo 3 : photo du site d'Ibity

##### Site d'Ivory (Moyen-Ouest, 950 m, sols ferrallitiques) (cf.photo 4)

Coordonnées du site : latitude Sud 19° 33.459', longitude Est 46° 24.841'. Le site a été équipé d'un enregistreur de température au cours du cycle (en fin de phase végétative).

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

Photo 4 : photo du site d'Ivory

##### Site de Soanindrariny (1780m, sols ferrallitiques)

Coordonnées du site : latitude Sud 19° 53.934', longitude Est 47° 14.232'. Le site a été équipé d'un enregistreur de température au cours du cycle (en fin de phase végétative).

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

Fertilisation sur chaque site : -5 t/ha de fumier

- 300 kg/ha de 11.22.16

- 500 kg/ha de dolomie

- 2 X 50 kg/ha d'urée

### III-2- Matériel génétique

Sur ces sites, 5 variétés de riz pluvial ont été étudiées : Fofifa 152, Fofifa 154, et Fofifa 133 qui sont des variétés déjà diffusées, Expérimental 933 et Expérimental 206 qui sont encore en cours d'évaluation.

**Tableau 1 : caractéristiques des variétés**

Désignation	Points forts	Points faibles	Longueur du cycle (JAS) à 1500 m d'altitude
<b>Fofifa 152</b>	Précocité, certaine rusticité par rapport à la fertilité des sols	Sensibilité aux maladies et à la verse	150
<b>Fofifa 154</b>	Productivité, grain long	tardive	162
<b>Fofifa 133</b>	Productivité, certaine résistance à la sécheresse	Sensibilité à la pyriculariose et à la verse	158
<b>Exp 933</b>	Fort tallage, pailles longues, tolérance aux maladies, fertilité des épillets, productivité	Hétérogène, tardive, petit grain	165
<b>Exp 206</b>	Résistance à la pyriculariose, rusticité, fertilité, état sanitaire des grains, panicules compactes	Tallage faible	150

#### Caractéristique des variétés étudiées :

- **FOFIFA 154** (cf.photo 5)

**Origine** : création locale, C30 (Iatsibavy) × Fofifa 62

**Cycle végétatif total moyen** : 162 jours à 1500 m

**Aptitude culturale** : pluvial

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

**Caractéristiques variétales :**

**Hauteur moyenne de la plante** : 75 cm ;

**Port de la plante** : érigé ;

**Type de grain** : long fin.

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

**Caryopse** : longueur 7,43 mm, translucide

**Caractéristiques agronomiques** : très productive, résistant à la verse

**Rendement en essais** : 3,3 t/ha en moyenne et 9 t/ha le maximum observé.

Photo 5 : photo de la variété Fofifa 154

- **Expérimental 206** (cf.photo 6)

**Origine** : IRAT 114 × FOFIFA 133

**Cycle végétatif total moyen à 1500 m d'altitude** : 165 jours

**Aptitude culturale** : pluvial

**Zone de culture** : non encore diffusée

**Caractéristiques variétales** : hauteur de la plante : 90 cm,

**Paddy** : grain gros et poilu

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

Photo 6 : photo de la variété Expérimentale 206

### **III-3- Partie expérimentale**

Les données nécessaires à l'élaboration de ce travail concernent :

- les températures minimales durant la phase reproductrice
- les stades phénologiques, et particulièrement la date de floraison des variétés (ces données n'ont pas été obtenues dans le cadre de ce stage mais ont fait l'objet d'une étude sur la croissance et le développement des variétés)
- le pourcentage de stérilité : il a été mesuré, comme les autres composantes du rendement lors de la récolte. Pour cela, sur 2 placettes de 4 poquets par bloc et par variété, 20 panicules ont été prélevées au hasard. Préalablement, sur ces échantillons, les grains vides (GV), identifiés visuellement, ont été comptés et séparés des grains pleins (GP) permettant ainsi une première estimation du taux de stérilité. Sur seulement deux variétés (en raison du travail que cela représentait), les courbes de distribution du poids des grains ont été réalisées, elles constituent le travail expérimental de ce travail. Le protocole (cf.photo 7) suivi est le suivant :

#### Protocole de prise de l'échantillon

- Séchage des grains 48 h à 60°C
- Pesée du poids total des grains pleins (GP) et des grains vides (GV)
- Mélange des GP et des GV
- Etaler sur une surface plane et lisse la totalité des grains
- Former à l'aide d'une règle un rectangle avec une répartition homogène des grains
- Diviser le rectangle en 4 ou 6 (en fonction du nombre de grains total) parts égales de manière à constituer des sous-échantillons de 200 à 300 grains environ
- Prélever au hasard un des sous échantillons ainsi séparés
- Pesée un à un les grains du sous échantillon avec une balance de précision sensible au 10<sup>ème</sup> de mg

Photo 7 : photo durant le pesage des grains.

### Analyse des données

L'analyse de la pesée grain par grain consiste à calculer pour chaque sous-échantillon le pourcentage de grains appartenant à des classes de poids pré-définies. A priori, on considérera des classes de 0.005 g entre 0 g et la borne supérieure au poids mesuré le plus élevé. A partir de ces distributions de poids de grains, le taux de stérilité est calculé comme la proportion de grains de poids inférieur ou égal à 10 mg.

### Traitement statistique et présentation des graphiques

Les histogrammes et graphiques ont été réalisés avec le tableur Excel (Microsoft). Le traitement statistique des données a été fait avec le logiciel SAS version 6.12 pour Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA). Les analyses de variance ont été faites avec la procédure GLM (*General Linear Model*).

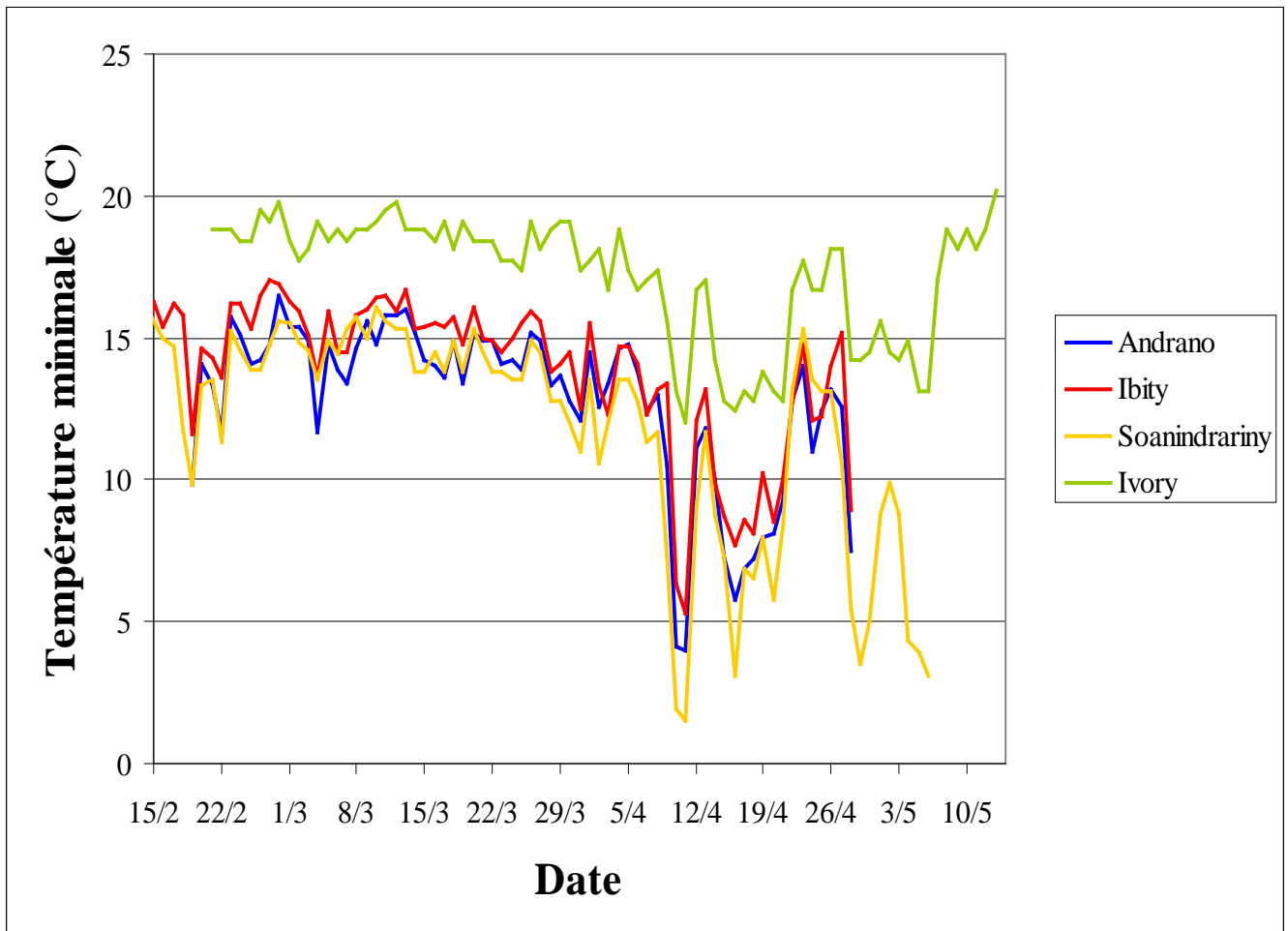
## IV- Résultats

### IV-1- Comparaison des températures minimales entre sites

La figure 1 ci-dessous montre l'évolution des températures minimales sur les 4 sites (Andranomanelatra, Ibity, Soanindrariny, Ivory).

Durant les deux premiers mois, février et mars, la température minimale avoisine les 10°C. Une période relativement froide de basse température est observée durant le mois d'Avril. La température minimale descend jusqu'à 5°C au début du mois d'avril. Il est constaté aussi que Soanindrariny montre une situation plus froide et Ivory une situation plus chaude.

**Figure 1 :** Evolution des températures minimales sur les sites d'Andranomanelatra (1645m), d'Ibity (1540m), d'Ivory (1000m) et de Soanindrariny (1780m)





## IV-2- Comparaison des taux de stérilité entre variétés et entre sites

### IV-2-1- Taux de stérilité par comptage

D'après le tableau 2 ci-dessous, le taux de stérilité varie suivant l'altitude du site.

Il existe une grande diversité de pourcentage de stérilité entre les sites et les variétés. Cependant, Soanindrarinny présente le taux de stérilité le plus élevé. Les 3 autres sites ne sont pas différents de façon significative mais pour Andranomanelatra on observe une tendance à un taux de stérilité plus élevé.

Les variétés présentent aussi une grande diversité du taux de stérilité. En fait, les variétés FOFIFA154 et Expérimentale206 sont les plus remarquables, car elles se situent aux deux extrêmes de l'échelle de stérilité pour les variétés observées. La variété Expérimentale 206 présente un taux de stérilité minimum, la variété FOFIFA 154 le plus élevé sur 3 sites sur 4.

**Tableau 2** : Pourcentage de stérilité des variétés par site (moyenne sur 4 blocs, comptage sur 20 panicules par bloc)

<sup>a</sup> Entre sites, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Site	% stérilité	Variétés	% stérilité
<b>Ivory</b>	13.2 b	F152	15.7
		<b>F154</b>	<b>13.1</b>
		F133	11
		E933	15.7
		<b>E206</b>	<b>10.5</b>
<b>Ibity</b>	13.7 b	F152	13.8
		<b>F154</b>	<b>23</b>
		F133	12.9
		E933	9.2
		<b>E206</b>	<b>9.7</b>
<b>Andranomanelatra</b>	16.9 b	F152	17.2
		<b>F154</b>	<b>24.6</b>
		F133	13
		E933	14.1
		<b>E206</b>	<b>13.5</b>
<b>Soanindrarinny</b>	34 a	F152	30.6
		<b>F154</b>	<b>48.7</b>
		F133	29
		E933	35.6
		<b>E206</b>	<b>26.2</b>

#### IV-2-2- Comparaison des courbes de distribution du poids des grains par site pour une variété

Les courbes de distribution du poids des grains par site et variété sont présentées dans les figures 1 et 2. On observe pour chaque courbe, 2 pics bien distincts, celui des grains pleins (grains les plus lourds) et celui des grains vides.

Pour les deux variétés F154 et E206, le site d'Ibity apparaît comme le site de référence, en effet la proportion de grains pleins est maximale pour ce site (pic des grains pleins long et étroit). La courbe d'Ivory se décale vers la droite, ce qui signifie que les grains pleins sont plus lourds, mais le pic est plus large, donc présente plus de variabilité de poids. Pour ce site on observe également un décalage vers la droite du pic des grains vides, ce qui indique une augmentation du poids (et donc de la taille) de l'enveloppe des grains. La température a donc agi sur le nombre de grains remplis, mais également sur leur remplissage (sur le potentiel de remplissage c'est-à-dire la taille de l'enveloppe à remplir, et/ou sur le degré de remplissage).

Pour la variété F154, on observe une réduction de la proportion des grains pleins et parallèlement une augmentation de la proportion des grains vides quand on passe du site d'Ibity, à Andranomanelatra et à Soanindrariny.

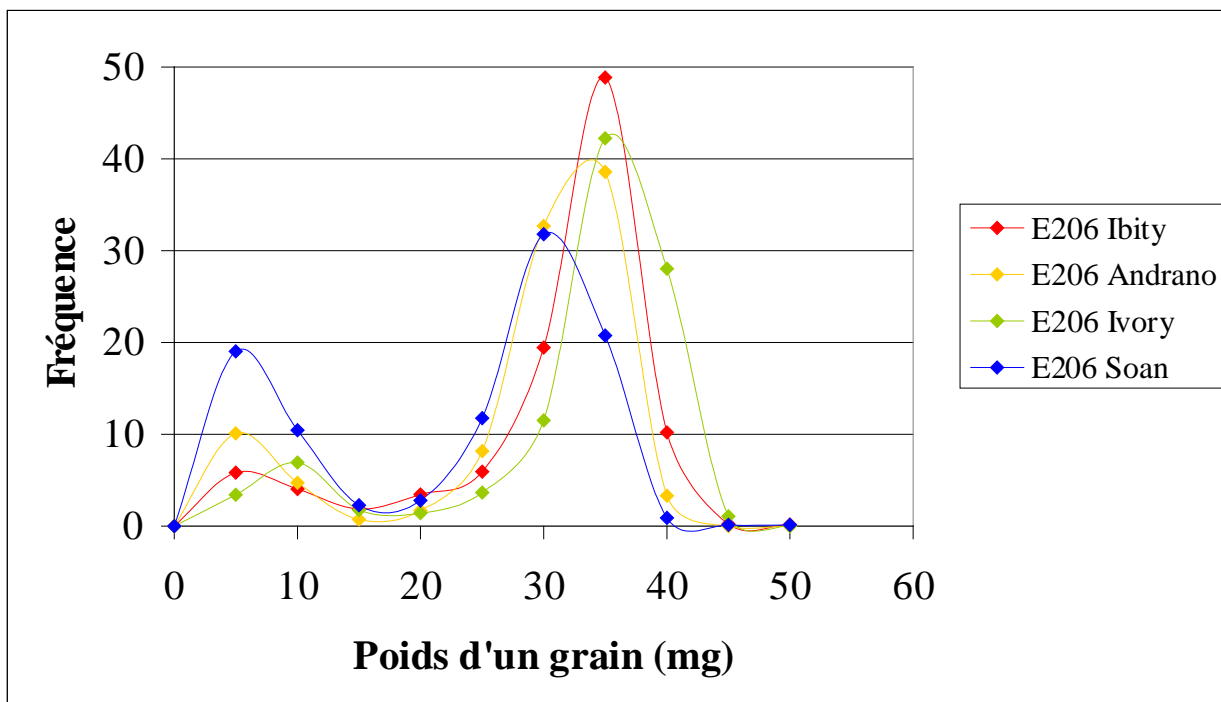
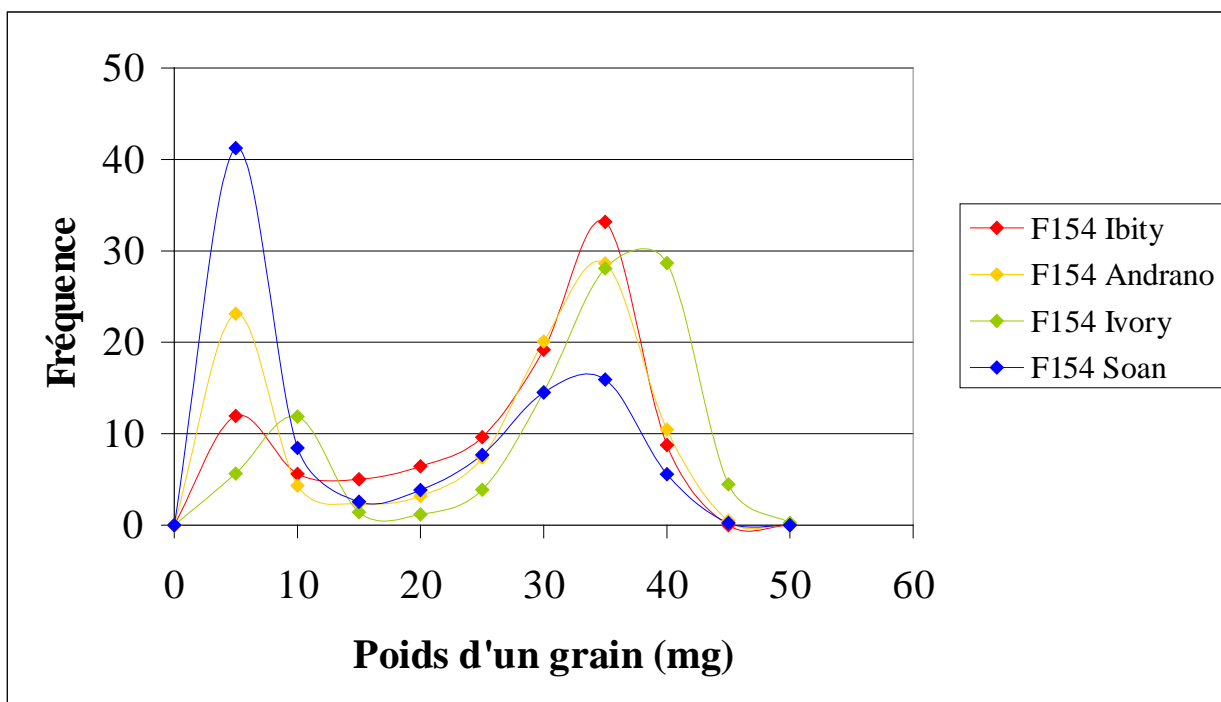
Pour la variété Expérimentale 206, on observe en plus de la réduction de la proportion des grains pleins, un décalage vers la gauche du pic, qui indique que ces grains sont de moins en moins lourds du site d'Ibity, à Andranomanelatra et à Soanindrariny.

Dans le tableau 2 ci-dessous, sont donnés les taux de grains vides, mal remplis et pleins obtenus à partir des courbes de distribution du poids des grains par variété et site.

**Tableau 2** : le pourcentage de grains vides, mal remplis et pleins obtenus à partir des courbes de distribution du poids des grains par variété et par site

Site	Variété	% gr vides 0-10 mg	% gr mal remplis 15-25 mg	% gr pleins 30-50 mg
Andranomanelatra	E206	13.4	10.9	75.7
	F154	25.8	8.8	65.4
Ibity	E206	10.3	11.6	78.1
	F154	18.2	16.1	65.7
Ivory	E206	10.3	6.8	82.9
	F154	17.5	6.5	76.0
Soanindrariny	E206	31.2	16.3	52.5
	F154	50.8	9.0	40.2

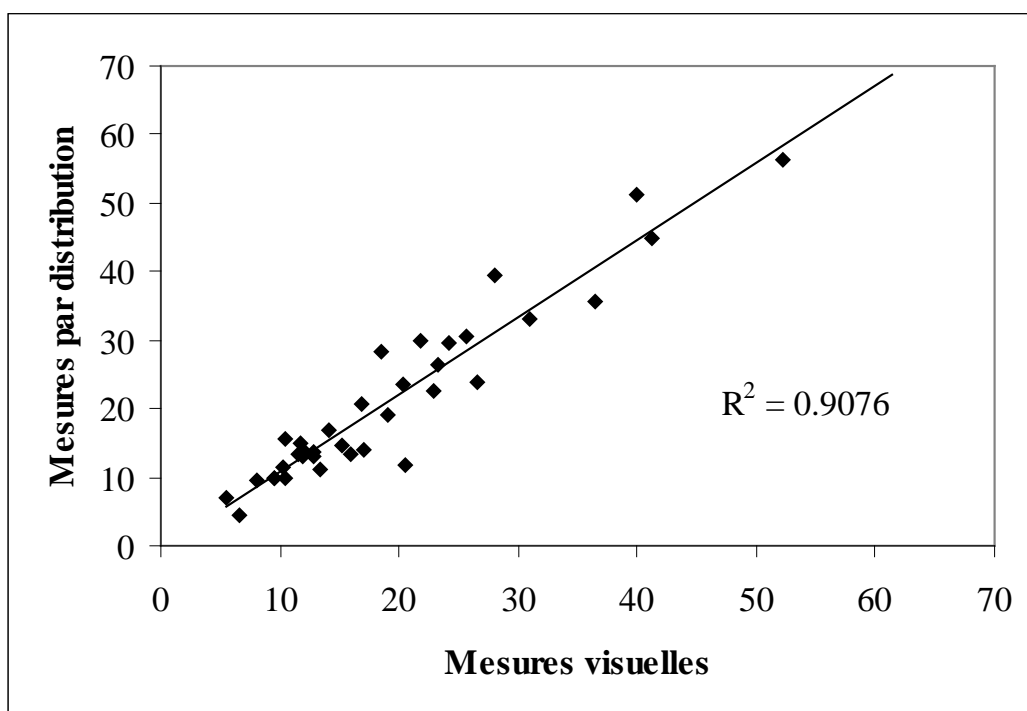
**Figures 1 et 2 :** Courbes de distribution du poids des grains (mg) de la variété F154 et E206 pour les 4 sites d'étude (chaque courbe est la moyenne des 4 blocs)



### IV-2-3- Comparaison des méthodes

La figure 3 présente la relation établie entre le taux de stérilité obtenu par comptage visuel et celui obtenu par mesure de la distribution du poids des grains. Le coefficient de corrélation entre les deux mesures est de 0.9076, ce qui indique qu'il existe une bonne relation linéaire. Mais il est très difficile d'évaluer le degré de remplissage par la méthode visuelle, le pourcentage de stérilité apparaît ainsi sous-estimé par cette méthode (la droite 1:1 est décalée vers le haut, cf. figure 3).

**Figure 3** : Relation entre les mesures du pourcentage de grains vides mesuré par la méthode visuelle et par la distribution du poids des grains



### IV-2-Analyse de la relation entre le taux de stérilité et la température minimale avant floraison

Nous avons essayé de mettre en relation les taux de stérilité avec des moyennes de températures minimales sur différentes périodes avant floraison (10 à 15 jours, 15 à 20 jours, 10 à 20 jours). C'est avec la période de 15 à 20 jours avant floraison que nous avons obtenu les meilleurs résultats. Cette période correspond à la formation des épillets d'après notre synthèse bibliographique. On peut voir d'après la figure 4 que lorsque la température minimale diminue le taux de stérilité augmente.

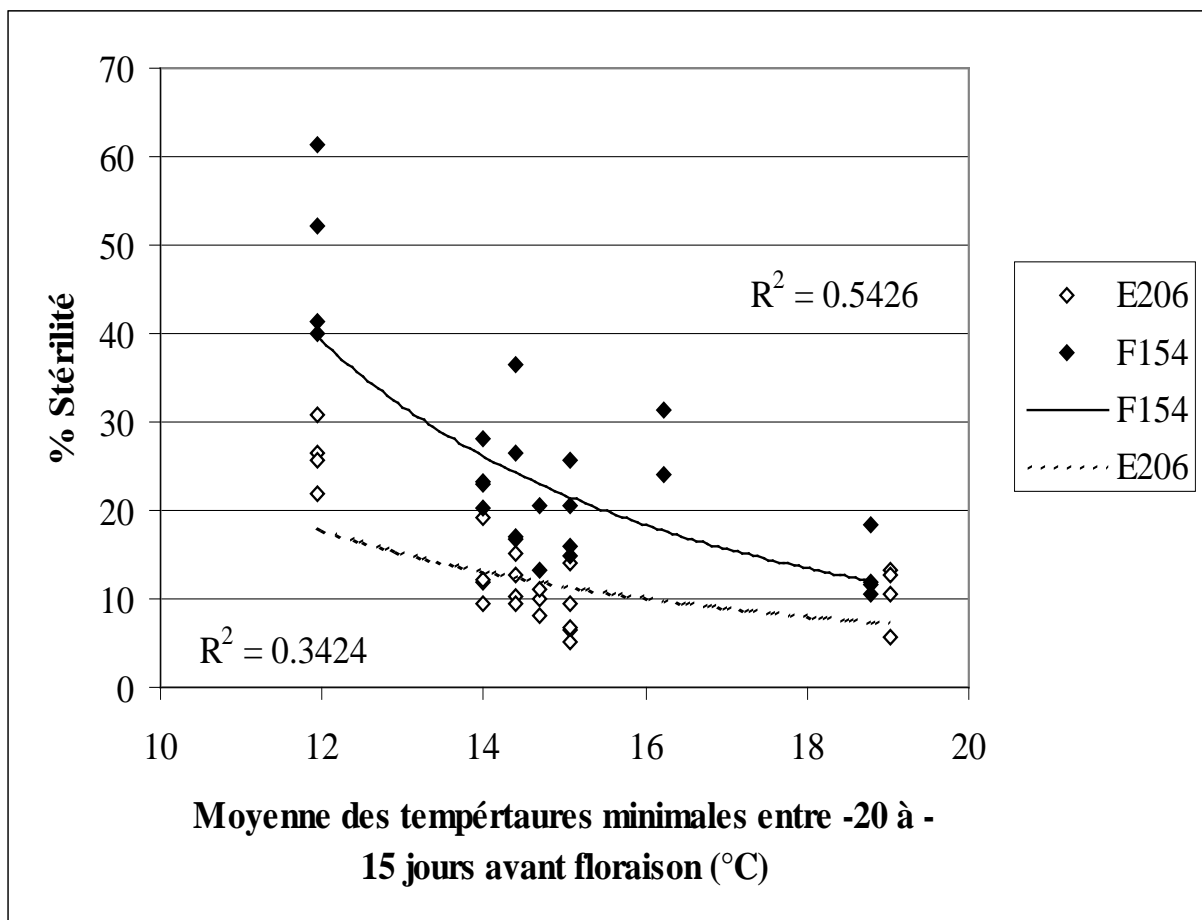
Les températures minimales subies entre 15 à 20 jours avant floraison explique une part importante de la variabilité du taux de stérilité. Pour F154, 54% de la variabilité du taux de

stérilité sont ainsi expliqués, 34%, pour E206. D'autres facteurs doivent donc intervenir, mais n'ont pu être pris en compte dans cette étude.

Le taux de stérilité augmente plus rapidement pour F154, par rapport à E206, avec la diminution de la température (cf. figure 4, les pentes des courbes). En effet, pour E206 des taux de stérilité aux environs de 10 % sont observés pour des températures allant de 19 à 15 °C, alors que pour F154 les taux de stérilité sont déjà aux environs de 20 % vers 15-16°C.

Il semblerait que F154 soit plus sensible à l'action du froid par rapport à la variété E206.

**Figure 4 :** Relation entre le pourcentage de stérilité est la moyenne des températures minimales entre 20 à 15 jours avant la floraison (relation puissance)



## **Discussion**

### **1) Les méthodes de mesure :**

La distribution des poids des grains est une méthode très précise, on utilise une balance de précision sensible au 10<sup>ème</sup> de mg. Mais le problème c'est que cela prend beaucoup de temps. Pour la mesure de 200 à 300 graines, un minimum de 1h30 est nécessaire.

Nous avons choisi arbitrairement la catégorie 0 à 10 mg pour les grains vides. Il faudrait vérifier la valeur physiologique de ce choix (à partir de quel poids les semences sont viables ou non) ainsi que la valeur commerciale (élimination lors du vannage et du décorticage).

L'intérêt de cette méthode de distribution de poids est de mieux décrire le comportement variétal. Nous avons pu observer l'effet de la température (par comparaison des sites, cf. figures 1 et 2) sur le taux de stérilité mais également sur le remplissage (sur le potentiel de remplissage c'est-à-dire la taille de l'enveloppe à remplir, et/ou sur le degré de remplissage).

Par contre, l'autre méthode, la méthode visuelle ne permet pas de donner exactement le poids d'un grain vide, mal rempli et plein. Mais elle permet d'identifier et de séparer rapidement et sans matériel sophistiqué, les grains pleins et les grains vides.

### **2)- Les résultats sur la relation entre la température et le pourcentage de stérilité :**

D'après les résultats obtenus, les températures froides entraînent de la stérilité. En effet, la relation entre le pourcentage de stérilité et la moyenne des températures minimales entre 15 à 20 jours avant la floraison nous permet de dire qu'il existe un effet du froid. Les deux variétés y sont sensibles mais le pourcentage de stérilité expliqué par le froid est de 54% pour F154 et 34% pour E206. Il existe d'autres facteurs qui entraînent la stérilité mais ils n'ont pu être identifiés et mesurés dans cette étude. Ainsi le faible rayonnement ou contrainte hydrique entre la division réductionnelle et l'épiaison peuvent également induire une forte stérilité. Autres facteurs du milieu pouvant intervenir : le vent (effet mécanique, thermique et sur la pollinisation), des déficiences en fertilité du sol.

## **Conclusion**

Ce travail avait comme objectif général la contribution à la caractérisation de la stérilité chez les variétés de riz pluvial d'altitude. Le travail effectué permet de dire que la stérilité est influencée par le froid, mais il existe également d'autres facteurs.

Pour F154, 50% de la stérilité est due au froid, on peut y remédier en avançant la date de semis ainsi, la période critique lors de la phase reproductive n'est pas dans une période trop froide. Par contre, E206 tolère davantage le froid.

La stérilité peut aussi être provoquée par d'autres facteurs externes comme : un faible rayonnement, l'excès d'éléments nutritifs, surtout l'azote, un régime hydrique contrasté et une élévation de température. Ces facteurs devront être étudiés dans de prochaines études

En outre, les sélectionneurs doivent continuer leur recherche sur l'amélioration variétale afin d'avoir des variétés qui puissent s'adapter en haute altitude et qui présente un taux de stérilité faible.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé à la Station FOFIFA/CIRAD à Antsirabe. Il n'aurait pu aboutir sans l'aide de Dieu que je remercie en premier.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à M. Jean Luc DZIDO, responsable de la sélection au CIRAD, de m'avoir accepté comme stagiaire au sein du PCP-SCRID.

Je tiens à exprimer également ma profonde gratitude à M. Alain RAMANANTSOANIRINA, pour ses conseils et suggestions.

Je tiens à remercier aussi M. Frederik, pour son aide et ses conseils.

Je remercie tout particulièrement Mlle Julie DUSSEIRE, mon encadreur technique, pour son aide constante au cours de ce travail, pour la qualité de ses conseils ainsi que pour son étroite et efficace collaboration.

Je remercie également M. Nonat R. RAVELOARIJAONA, mon encadreur pédagogique pour ses conseils en début de ce stage, pour son appui en matière pédagogique.

Je tiens à remercier tous les membres du jury :

- Madame RALAMBORANTO Laurence

- Madame RAHARISOA Georgette

Je ne pourrais oublier tous les stagiaires de FOFIFA/CIRAD en particulier Laingo et Fidy.

Je remercie aussi ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce stage.

Qu'ils trouvent tous ici ma profonde gratitude



## **DEDICACE**

Ce mémoire est dédié à :

- Ma grand- mère RAZAFINDRAFARA Rota, à ma mère RAVONIMIARANDRAISOA V. R. et à mon père RANARISON Jules pour leur amour sans égal,
- Toutes les membres des familles surtout la famille RASOLOFO Herimanana et la famille RASOLONJATOVO Faly A. pour leur soutien et leur confiance,
- Ma sœur et mes frères pour leurs amitiés,
- Eric pour son aide et son amour,
- Toutes les personnes de près ou de loin qui m'ont soutenu durant ce mémoire.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Actes du séminaire riziculture d'altitude, 29 mars – 5 avril 1996, Antananarivo, Madagascar. Colloques, CIRAD-CA, Montpellier, France, 272 p.

Angladette A. Le riz, techniques agricoles et productions tropicales

Atlas CIRAGRI, 1996

Base de donnée STRAT Vakinankaratra, 2000

CHABANNE A., RAZAKAMIARAMANANA. Le développement de la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar. In: Atelier état des lieux de la filière riz. 22-27 avril 1996. Mantasoa, Madagascar.

Dzido, JL. & RAZAKAMIARAMANANA. 1998/1999. Programme riz d'altitude Madagascar, compte rendu technique campagne.

DZIDO, JL. 1997/1998 Programme riz d'altitude Madagascar, compte rendu technique campagne.

Galtier A. & Guimera P. 2000. Diffusion de la riziculture d'altitude et ses perspectives dans la région du Vakinankaratra, Madagascar. Rapport ESITPA-PRA FOFIFA-CIRAD. 44 p. + annexes.

Hubert P., 1992, Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale, Tome I. professeur du lycée agricole de Tananarive

Jacquot M. & Courtois B., 1988, Le riz pluvial, Maisonneuve & Larose, collection dirigé par René COSTE (Ingénieur d'agronomie tropicale, président de l'IRCC).

M.A. Arraudeau et B.S. Vergara, 1992, Manuel illustré de riziculture pluviale

Moreau D. 1987. L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic. Paris, France, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, 126 p.

RANDRIANJAFINIMARO H. 1993- Etude de filière riz dans le Vakinankaratra, Antsirabe, Equipe Recherche-développement, FOFIFA-PPI-ODR2

Suweon, Korea, 1979, Report of a rice cold tolerance workshop, international rice research institute

Yoshida, S., 1981, Fundamentals of rice crop science, the international rice research institute

## Liste des abréviations

PRA : Projet Riz d'Altitude

FOFIFA : FOibe Fikarohana ho Fampanandrosoana ny tontolo ambanivohitra

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CIRAGRI : Circonscription Agricole

ONG TAFA : Organisation Non Gouvernementale Tany sy Fampanandrosoana

SCV : système de Culture sous couverture végétale

NP/m<sup>2</sup> : nombre de plante par m<sup>2</sup>

NPa/P : nombre de panicule par plante

NPa/m<sup>2</sup> : nombre de panicule par m<sup>2</sup>

NEpts/Pa : nombre d'épillets par panicule

%G.P. : pourcentage de grain plein

P.G. : poids des grains

GV : grains vides

GP : grains pleins

NF/Pa : nombre de fleur par panicule