



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

MEMOIRE DE DIPLOME D'ETUDE APPROFONDIE (DEA)

EN BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

Option : PHYSIOLOGIE VEGETALE

**DETERMINATION DE LA SURFACE SPECIFIQUE FOLIAIRE
(SSF), RELATION AVEC LE FONCTIONNEMENT PHYSIOLOGIQUE
CHEZ DIX VARIETES DE RIZ PLUVIAL**



Présentée par :

NIRY Fenosoa Sylvia

Maître ès Sciences

Soutenu publiquement le : 16 juin 2010

Devant la commission d'examen composé de :

Président : PROFESSEUR : RAMAVOVOLOLONA

Rapporteurs : DOCTEUR : Julie DUSSERRE

DOCTEUR : Eliane RALAMBOFETRA

Examineur : DOCTEUR Alice ANDRIANJAKA

❧ REMERCIEMENTS ❧

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce mémoire.

❧ **Madame RAMAVOVOLOLONA**, Professeur et Enseignant chercheur, responsable de la formation Doctorale au Département de Biologie et Ecologie végétales, Faculté des Sciences qui a bien voulu présider le jury de ce mémoire malgré ses nombreuses préoccupations. Qu'elle trouve ici l'expression de notre très haute considération.

❧ **Madame Julie DUSSE**RE, Chercheur en Ecophysiologie végétale à l'URP SCRID à Antsirabe qui nous a dirigé dans la réalisation de ce travail, aussi bien pour la correction au moment de la rédaction et a accepté d'être le rapporteur de ce mémoire. Nous vous exprimons notre gratitude.

❧ **Madame Eliane RALAMBOFETRA**, Maître de conférences et Enseignant Chercheur à la faculté des Sciences à Antananarivo qui, malgré ses lourdes responsabilités, a bien voulu encadrer, corriger et d'être le rapporteur, et qu'elle n'a ménagé ni son temps, ni ses judicieux conseils tout au long de la réalisation de ce mémoire. Qu'elle trouve ici nos chaleureux remerciements.

❧ **Madame Alice ANDRIANJAKA**, Maître de conférences et Enseignant Chercheur a aimablement accepté de consacrer son temps pour apporter son jugement à ce mémoire. Tous mes sincères remerciements.

❧ **Monsieur Alain RAMANANTSOANIRINA**, Améliorateur et Chercheur au FOFIFA, source d'idée du thème. Soyez assuré de nos sincères reconnaissances.

❧ **Monsieur Shuchit SHRESTA**, étudiant en doctorat Ecophysiologie Végétale, qui a accepté de collaborer et de nous confier les matériels utilisés pour la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons également à adresser nos vifs remerciements :

- ❧ Aux responsables du projet **RISOCAS** qui ont accepté de financer cette étude.
- ❧ Aux techniciens du **FOFIFA** et **SCRID** Andranomanelatra Antsirabe, pour leurs aides et leurs amitiés.
- ❧ A toutes les personnes de près ou de loin, ayant contribué à la réalisation de ce mémoire.

LISTE DES FIGURES

- **Figure n°1** : Plant de riz 4
- **Figure n°2** : Cycle de développement de riz..... 5
- **Figure n°3** : Diagramme ombrothermique du site d'Andranomanelatra...11
- **Figure n° 4** : Dispositif principal d'Andranomanelatra..... 16
- **Figure n° 5** : Schéma de la Disposition des poquets dans les parcelles à Andranomanelatra..... 17
- **Figure n°6** : Dispositif secondaire d'Andranomanelatra..... 18
- **Figure n°7** : Histogramme de l'évolution du SSf selon les positions de la feuilles pour chaque variété de riz pluvial étudiée..... 33
- **Figure n° 8** : Comparaison des SSF des feuilles entière et des disques foliaires par taille des disques (pour les surfaces des disques : 0.126 cm² ; 0.196cm² ; 0.283 cm²)..... 35
- **Figure n°9** : Comparaison des SSF des feuilles entière et des disques foliaires par taille des disques (pour les surfaces des disques : 0.50 3 cm² ; 0.636 cm² ; 0.786 cm²).35
- **Figure n°10** : Comparaison des SSF des feuilles entière et des disques foliaires par taille des disques (pour les surfaces des disques : 1.131 cm² ; 1.328 cm² ; 1.54 cm²)..... 35
- **Figure n° 11** : Relation entre les SLA des feuilles entières et SPAD de chaque variété de riz pluvial..... 37
- **Figure n° 12** : Relation entre les SLA des feuilles entières et SPAD de chaque variété de riz pluvial selon le stade de développement de la plante: Début tallage ; Fin tallage ; Mi- tallage 38

- **Figure n°13** : Relation entre les SLA des feuilles entières et SPAD de chaque variété de riz pluvial selon le stade de développement de la plante : Initiation paniculaire ; Reproductif.....**42**
- **Figure n°14** : Evolution du LAI de la plante entière par rapport à la somme de température à base de 10 depuis semis **43**

LISTE DES TABLEAUX

- **Tableau n°1a** : Caractéristiques des variétés de riz pluvial : B22 ; Botramaintso ; Chhomrong Dhan **12**
- **Tableau n°1b**: Caractéristiques des variétés de riz pluvial : FOFIFA 161 ; FOFIFA 167 ; FOFIFA 172..... **13**
- **Tableau n°1c** : Caractéristiques des variétés de riz pluvial : IRAT 112 ; NERICA4; Primavera.....**14**
- **Tableau n°1d** : Caractéristique de variété de riz pluvial : WAB 878..... **15**
- **Tableau n°2** : Dates de semis de Mini Rice Garden.....**17**
- **Tableau n°3** : Calendrier des prélèvements et des mesures de la surface foliaire à l'échelle de la feuille.....**19**
- **Tableau n°4** : Diamètre et surface des feuilles utilisées..... **22**
- **Tableau n°5** : Dates des mesures de la Surface Foliaire des plantes sur les deux sites pour la première date de semis**24**
- **Tableau n°6** : Dates des mesures de la Surface Foliaire des plantes sur les deux sites pour la deuxième date de semis **24**
- **Tableau n°7** : Représentation du tableau de variance**28**
- **Tableau n°8** : Représentation du tableau de variance à deux facteurs.....**29**
- **Tableau n°9** : Valeurs moyenne de la SSF des dix variétés de riz pluvial.....**32**
- **Tableau n°10** : Différences du SSF entre les deux méthodes.....**34**
- **Tableau n°11** : Valeurs de la SSF de la première date de semis d'Andranomanelatra**39**
- **Tableau n°12** : Valeurs de la SSF de deuxième date de semis d'Adranomanelatra..... **40**

- **Tableau n°13** : Valeurs de la SSF de la première date de semis d'Ivory **41**
- **Tableau n°14** : Valeurs de la SSF de deuxième date de semis d'Ivory **41**
- Tableau n 15** : Récapitulatif de l'évolution logistique du LAI suivant l'équation...**44**

LISTE DES PHOTOS

- Photo n°1a : Variétés de riz pluvial : B22 ; Botramaintso ; Chhomrong Dhan.....	12
- Photo n°1b : Variétés de riz pluvial : FOFIFA 161 ; FOFIFA 167 ; FOFIFA 172.....	13
- Photo n°1c : Variétés de riz pluvial : IRAT 112 ; NERICA4; Primavera.....	14
- Photo n°1d : Variétés de riz pluvial : WAB 878.....	15
- Photo n°2 : Appareil SPAD.....	20
- Photo n°3 : Mesure SPAD sur la feuille du riz.....	21
- Photos n°4 : Disques foliaires de différents calibres, numérotés de 1 jusqu'à 9.....	22
- Photo n°5 : Prélèvement du disque foliaire.....	23
- Photo n°6 : Trois disques et le reste de la feuille entière.....	23
- Photo n°7 : Plantes avant les mesures de la surface foliaire.....	25
- Photo n°8 : Appareil LI-3000A portable area.....	26
- Photo n°9 : Mesure de la surface foliaire	26

ABREVIATIONS

- ✿ **SSF** : Surface Spécifique Foliaire
- ✿ **LAI** : Leaf Area Index (Indice foliaire)
- ✿ **SPAD** : Soil Plant Analysis Développement
- ✿ **FOFIFA** : Foibe Fikarohana ny eny Ambanivohitra (Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural)
- ✿ **RISOCAS**: Rice and Sorghum Crop Adaptation Strategy
- ✿ **MRG** : Mini Rice Garden
- ✿ **CIRAD** : Centre International des recherches Agronomiques pour le Développement
- ✿ **SCRID** : Système de Culture er de Riziculture Durable
- ✿ **GTZ** : Deutsche Gesellschaft Fur Technische Zusammenarber(Agence de Coopération Technique)

TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	I
LISTE DES FIGURES	II
LISTE DES TABLEAUX	III
LISTE DES PHOTOS	IV
ABREVIATIONS	V
Première partie : INTRODUCTION	1
I –GENERALITES	3
I.1.Le riz	3
I.1.1. Classification botanique.....	3
I-1-2 Description botanique	3
I-1.3. Différentes phases du cycle de végétation du riz	4
I-2 Le riz pluvial.....	6
I-2-1 Définition.....	6
I-2-2 Importance du riz pluvial.....	6
I-2-3 Contraintes majeurs du riz pluvial	6
I.3.La Surface Spécifique Foliaire (SSF)	7
I.3.1. Définition.....	7
I.3.2 Pourquoi étudie- t-on la SSF	8
I.3.3 Facteurs de variation de la Surface Spécifique Foliaire	9
Deuxième partie : MATERIELS ET METHODES	
II .1 Site d'étude.....	11.
II.1.1 Site Andranomanelatra :	11
II.1.2 Site Ivory.....	11
II.2 Matériel Végétal.....	12
II-2.1 Dix variétés de riz pluvial.....	12

II.3 Dispositif expérimental	15
II-3.1 Site d'Andranomanelatra.....	15
II.3.1.1 Dispositif principal.....	15
II.3.1.2 Dispositif secondaire ou MRG	17
II.3.2 Site d'Ivory	18
II.4 - Environnement technique de l'expérimentation.....	18
II.4.1 Fertilisation du sol.....	18
II.4.2 Semis et entretiens.....	19
II.5 Outils et méthodes expérimentales	19
II.5.1 Mesures de la SSF à l'échelle de la feuille sur le dispositif principal et le MRG ...	19
.....	19
II.5.2 Mesures de la SSF à l'échelle de la plante.....	24
II.6 Analyse statistique	27
II.6.1 Coefficient de corrélation	27
II.6.2 Analyse de variance	28

Troisième partie : RESULTATS

III.1. SSF à l'échelle de la feuille.....	32
III-1.1 Valeurs de la Surface Spécifique Foliaire à l'échelle de la feuille des dix variétés étudiées à Andranomanelatra.....	32
III.1.2 Variation de la SSF selon la position de feuille pour chaque variété de riz pluvial.	33
III-1.3 SSF des disques foliaires et celle de la feuilles entières	34
III.1.4 Relation entre la SSF feuille entière et SPAD	36
III.1.4.1 Relation par variété.....	36
III.1.4.2 Relation selon le stade de développement	38
III-2 SSF à l'échelle de la plante.....	39
III-2.1. Mesure de la SSF des dix variétés de riz du Site d' Andranomanelatra	39

III.2.2 Mesure de la SSF des dix variétés de riz du Site d' Ivory.....	41
III .3 Relation entre SSF et LAI	41
Quatrième partie DISCUSSION.....	45
Cinquième partie : CONCLUSION et PERSPECTIVES	48
BIBLIOGRAPHIES.....	49

ANNEXES

ANNEXES I : Caractéristiques des variétés

ANNEXES II : Analyse de variance pour l'effet de la position de la feuille

ANNEXES III : Analyse de variance pour l'effet de la date de semis et variété

RESUME

INTRODUCTION

Pour Madagascar, le riz est un produit à la fois économique, social et politique. Produit de première nécessité, il a une place importante dans tous les domaines de la vie des Malgaches. Le riz représente 70% de la production agricole totale. D'après les données publiées par le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement), plus de 50% des terres luxuriantes de l'île peuvent être cultivées en riz, mais seules 10% le sont actuellement. (Risham BADROUDINE 2008)

Néanmoins, la production de riz du pays a progressé depuis 1960 (1.2 millions de tonnes de riz en 1960 pour une population de 5.5 millions d'habitants) pour atteindre aujourd'hui 3.7 millions de tonnes (pour une population de 19 millions d'habitants). (Risham BADROUDINE 2008). La majorité des paysans malgaches pratiquent la riziculture irriguée. Le rendement dépend des variétés cultivées mais aussi fortement de la maîtrise de l'eau avec un autre facteur à prendre en compte l'ensablement des rizières. Compte tenu de la croissance démographique et l'exiguïté des terres cultivables dans les bas fonds, le recours à l'exploitation des tanety devient nécessaire, favorisant l'initiative des différents centres de recherche à travailler dans ce domaine. Parmi les organismes, le CIRAD en collaboration étroite avec le FOFIFA, essaie d'améliorer la riziculture pluviale. Ces recherches sont orientées surtout vers la création de variétés tolérantes au froids, sur la gestion agrobiologique des sols, sur la mise au point de méthode de lutte intégrée contre les insectes terricoles et contre les pyricularioses, sur l'élargissement de la base génétique du matériel végétal ainsi qu'une plus grande prise en compte des interactions entre les génotypes de riz cultivés les systèmes de culture et l'environnement. (<http://www.cirad.mg>)

Outre, l'analyse des paramètres agronomiques, l'étude des paramètres physiologiques est très sollicitée. Les recherches physiologiques et, plus particulièrement l'écophysiologie des grandes cultures, ont permis d'accumuler un ensemble impressionnant de connaissances sur le fonctionnement des plantes comme l'élaboration séquentielle du rendement (mise en place des composantes, remplissage du grain, redistribution des assimilâtes), la mise en évidence de l'importance du stade de développement sur les besoins en fournitures d'assimilâtes (carbone, azote). Ces connaissances ont permis l'élaboration de modèles déterministes de croissance dont l'un des objectifs était l'utilisation pour de la simulation et qui devraient s'avérer utiles pour faire le lien entre différents niveaux d'intégration (J. F. LEDENT', P. GIRARDIN, 1995). C'est la raison pour laquelle nous avons étudié la surface foliaire spécifique (SSF) des feuilles du riz pluvial de différentes variétés, un paramètre physiologique qui était positivement corrélé au taux de croissance relatif, au taux de

renouvellement des feuilles, aux concentrations en nutriments foliaires et aux taux de photosynthèse. (Schnier et al, 1990 ; Dingkuhn et al, 1991)

Le travail est effectué dans le cadre du projet RISOCAS « developing rice and sorghum crop adaptation strategy for climate change in Africa » sur des fonds du GTZ en collaboration avec l'unité SCRID. Deux sites différents ont été considérés par la présente étude à savoir : Andranomanelatra Antsirabe, Ivory .

Nos objectifs ont été de :

- Déterminer les SSF des feuilles entières, des disques foliaires des variétés de riz pluvial à partir des mesures des surfaces foliaires et pesage des poids sec des feuilles.
- Comparer les méthodes de mesures des SSF sur feuilles entières et disques foliaires
- Voir l'évolution de la SSF des feuilles entières selon les positions de la feuille
- Voir les corrélations entre les valeurs de la SSF des feuilles entières et les valeurs SPAD (statut azotée)
- Voir l'évolution des SSF par variété sur les deux sites en faisant des comparaisons par variété et voir l'effet du site.
- Voir les relations entre SSF et LAI (Indice Foliaire)

La présente étude comporte les trois parties suivantes :

- Les généralités sur le riz, la riziculture pluviale et la surface foliaire spécifique
- Les matériels et méthodes montreront l'approche méthodologique sur les mesures de la SSF à l'échelle de la feuille et à l'échelle de la plante
- Les résultats et discussions présenteront les données des mesures et les relations de la SSF aux autres paramètres comme le statut azoté et le LAI.

I –GENERALITES

I.1.Le riz

1.1.1. Classification botanique

Classification classique

Règne : PLANTAE

Sous règne : TRACHEOBIONTA

Division : MAGNOLIOPHYTA

Classe : LILIOPSIDA

Sous-classe : COMMELINIDAE

Ordre : POALES

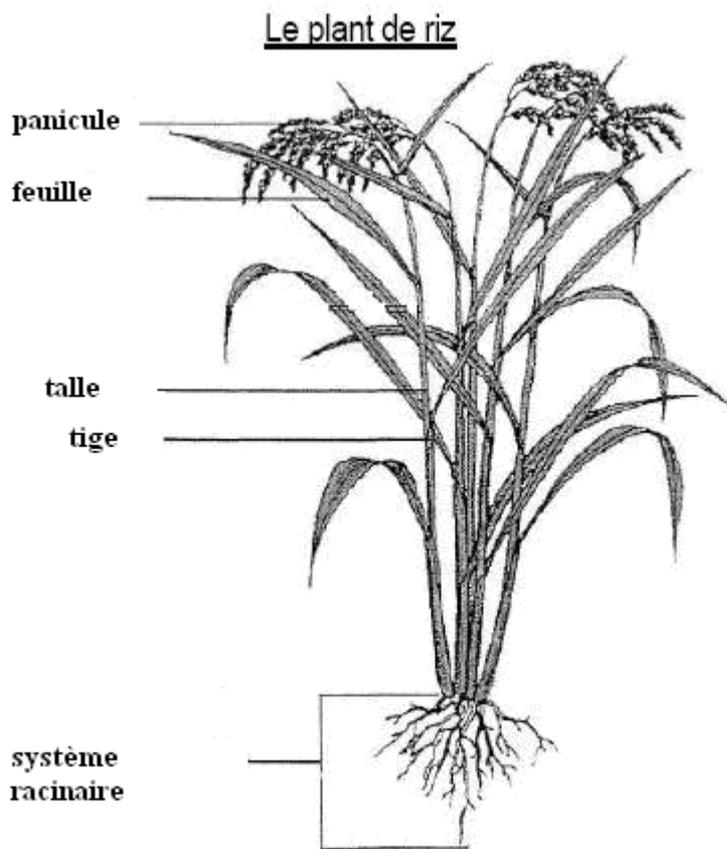
Famille : POACEAE

Sous – Famille : POOIDAE

Tribu : ORYZAE

I-1-2 Description botanique

Le riz est une plante annuelle à chaume dressé ou étalé de hauteur variable, allant de moins d'un mètre jusqu'à cinq mètres pour les riz flottants. C'est une plante prédisposée au tallage, formant un bouquet de tiges, à racines fasciculées. Les fleurs, en épillets uniflores, sont groupées en panicules de 20 à 30 cm, dressées ou pendantes. Le fruit est un caryopse enveloppé dans deux glumelles grandes, coriaces et adhérentes, l'ensemble formant le paddy.



Memento technique de Riziculture, Marc Lacharme, Mai 2001

Figure 1 : Plant de riz

1-1.3. Les différentes phases du cycle de végétation de riz

Le cycle de riz peut être divisé en trois phases:

- 1 phase végétative
- 1 phase reproductive
- 1 phase de remplissage et de maturation du grain

a) Phase végétative

La phase végétative comprend la germination, la levée et le tallage. Elle dure du semis jusqu'à la phase de différenciation paniculaire (Initiation paniculaire).

Selon la température, la phase de germination dure de 5 à 20 jours (5 jours en condition chaude et 20 jours sous de basses températures).

b) Phase reproductive

La phase reproductive va de l'initiation paniculaire à la fécondation. Elle dure 19 jusqu'à 25 jours. Elle comprend l'initiation paniculaire, la montaison, l'épiaison et la fécondation. A partir de l'initiation paniculaire, le tallage s'arrête.

Durant la phase reproductive, le plant de riz est particulièrement sensible à des conditions défavorables (sécheresse, basses températures ...).

c) Phase de remplissage du grain et de maturation

La phase de remplissage du grain et de maturation va de la fécondation des grains jusqu'à la maturité. Durant cette phase, on observe un remplissage des grains par un mouvement des éléments nutritifs de la plante vers les grains. Les grains passent en état de grain laiteux, puis pâteux et enfin on obtient de grain mature. Cette phase dure de 30 à 42 jours, selon les conditions de température et d'humidité du milieu.

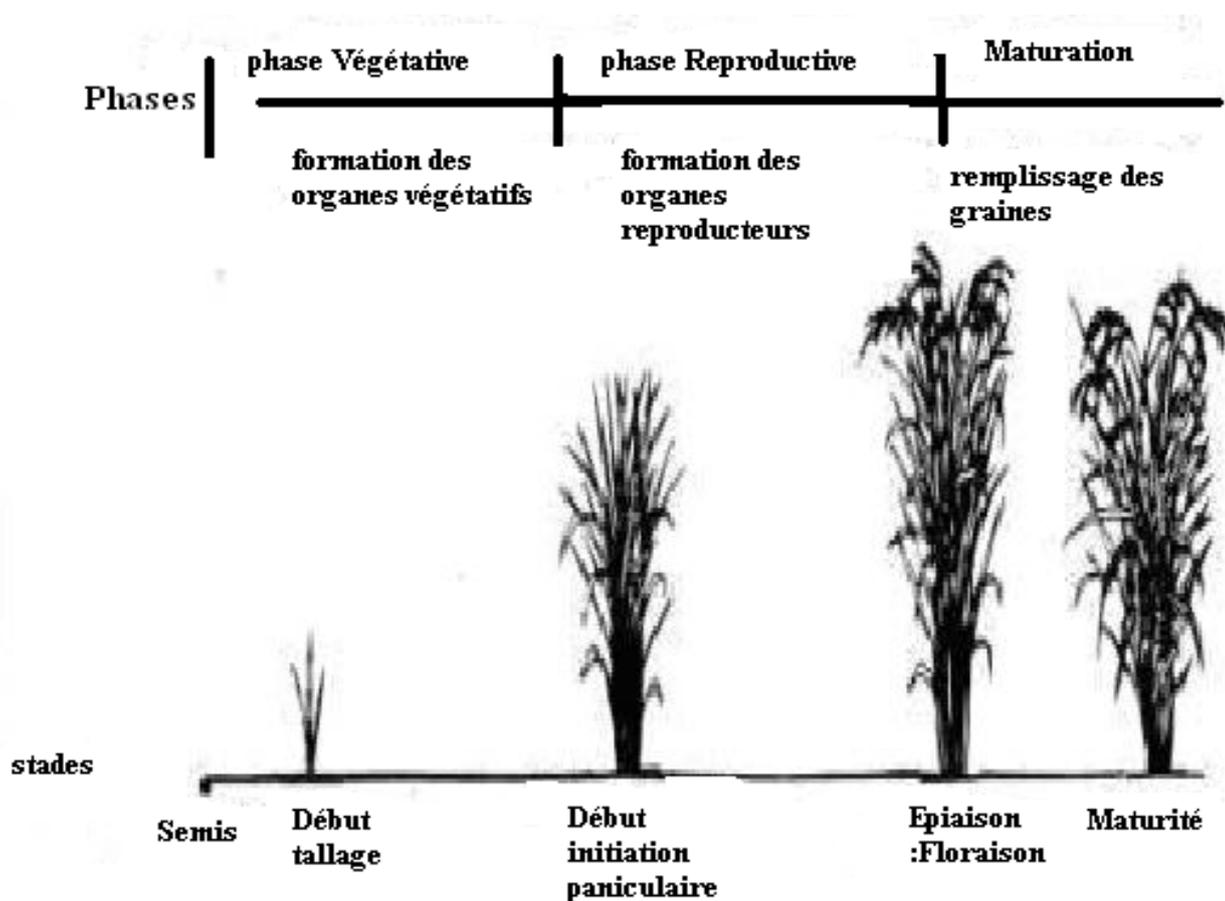


Figure 2 : cycle de développement de riz

I-2 Le riz pluvial

II-2-1 Définition

Le riz pluvial est le riz qui est cultivé sans être immergé, c'est-à-dire pas dans une rizière aménagée pour retenir l'eau mais dans un champ. Il peut être cultivé en labour ou sur couvert végétal mort (résidus de la culture précédente) ou vivant, lors des cultures sans labour, dans le cadre de système antiérosif. Ce mode de culture est dit riziculture pluviale. (Hari, K.Pande 1997)

Il est aujourd'hui notamment développé en Afrique de l'Ouest et, dans quelques zones tropicales à titre expérimental ou de culture traditionnelle. Les rendements sont plus faible, mais moins dépendant d'une ressource abondante en eau.([http : // fr.wiikipedia.org/wiki /oryza](http://fr.wikipedia.org/wiki/oryza))

I-2-2 L'importance du riz pluvial

La riziculture pluviale permet l'extension de la superficie cultivée en riz et contribue à combler les besoins alimentaires de la population en complément du riz irrigué. Il permet de raccourcir la période de soudure et financer le riz de la deuxième saison. Il offre un rendement supérieur au décorticage fait l'objet d'une demande interrégionale. Les contraintes à lever pour son développement sont : la faible résistance à plusieurs fléaux (striga, pyriculariose, ravageurs), l'insuffisance de semences, l'étroitesse de l'offre nationale (Jean-Luc Dzido (CIRAD), Alain Ramanantsoanirina (FOFIFA), Marie-Hélène Dabat (CIRAD), Simon Razafimandimby (FOFIFA)).(www.cirad.mg)

I-2-3 Les contraintes majeurs du riz pluvial

a) constituent une des principales contraintes et nécessitent une lutte constante. Un certain nombre de pratiques permettent de limiter l'invasion des plantes nuisibles : intervention manuelle, mécanique ou chimique ou association de ces différentes techniques.

b) La baisse de fertilité des sols, en absence de fertilisation complémentaire et de restitution des résidus de récolte qui entraîne une chute importante des rendements. Pour maintenir durablement la richesse du sol et obtenir des rendements élevés, il est nécessaire d'effectuer des apports d'engrais minéraux (NPK) et si possible d'engrais organiques (fumier, compost...) et de restituer au sol les résidus de récolte.

c) **la sécheresse** :Le riz pluvial dépend des conditions du milieu pour son alimentation hydrique. Si les pluies sont insuffisantes ou irrégulières, ou si le sol ne conserve pas bien l'humidité, la culture va subir des déficits dans la couverture de ses besoins et il y a une influence sur rendement .Il est conseillé d'utiliser les variétés tolérantes aux aléas climatiques et qui peuvent donner des rendements élevés.

d) Les maladies

Les champignons comme les pyricularioses qui peuvent chez les variétés très sensibles, détruire totalement la culture en cours de végétation. Ce champignon s'attaque aux feuilles et aux panicules. Autres maladies pouvant également causées des dégâts importants : rhynchosporiose, l'helminthosporiose,qui s'attaquent aux feuilles, la brunissure des gaines. Il est conseillé d'utiliser des fongicides.

e) Les insectes

Ils s'attaquent aux tiges, ou mangent les feuilles comme les chenilles dévastatrices, dans le sol comme les termites, fourmis coustilières, vers blancs,....qui s'attaquent aux racines. Le Carbofuran est un insecticide de traitement du sol contre les insectes terricole.

f) Les oiseaux mangent les graines et les feuilles.

I.3.La Surface Spécifique Foliaire (SSF)

La SSF est un paramètre physiologique utilisé par les écologistes, les agronomes et les éco physiologistes pour les recherches et l'amélioration des variétés de plantes alimentaires surtout les céréales.

I.3.1. Définition

C'est la surface foliaire par unité de poids foliaire. (Dingkuhn et Al., 1998 ; Jonhson et Al., 1998b) c'est-à-dire : accumulation de biomasse sèche par unité de surface.

En d'autre terme, c'est la surface d'interception lumineuse par unité de masse sèche foliaire (Poorter et Garnier, 1999).

I.3.2 Pourquoi étudie – t – on la SSF

La feuille est le siège des activités physiologiques intenses des métabolismes de la plante, intervenant dans les processus directeurs de la croissance et du développement. Dans ces processus, les feuilles interviennent surtout par leur surface, leur âge, leur composition chimique et leur nombre (Binet et Brune, 1968 ; Deyson, 1970 ; Desloover et al. 1981 ; et Decerier et al. 1988). C'est pour ces rôles que la SSF est introduite comme un concept dans l'analyse de la croissance de la plante entière (Evans, 1972). Il apparaît que les plantes à stratégie d'acquisition des ressources et de croissance rapide auront tendance à avoir une valeur de la SSF élevée (Wright, I.J.et Al, 2002). La disponibilité en matière sèche pour la croissance dépend de l'intensité de la photosynthèse et de la respiration de la biomasse aérienne. Elle est liée avec d'autres traits foliaires tels que l'épaisseur de la feuille et la

teneur en matière sèche. Typiquement, une grande feuille fine aura une SSF élevée contrairement à une feuille étroite et épaisse. En réponse à une baisse de l'intensité lumineuse, l'épaisseur de la feuille diminue, ce qui a pour conséquence d'augmenter la SSF et de limiter l'investissement en masse sèche pour l'interception lumineuse.

L'augmentation de la valeur de la SSF est un mécanisme pour augmenter la vigueur précoce de *Triticum Aestivum*. La vigueur précoce est considérée comme un caractère physiologique pour augmenter le rendement en grain (Turner et Nicolas., 1987 ; Whan et Al., 1993). Cet indice est classé aussi parmi les indices de croissance des plantes utilisées dans INTERCOM dans le développement de modèles informatiques pour la compétition riz-adventices au Sahel. Cette étude se propose l'hypothèse suivante : une plante aux feuilles minces, à SSF élevée, peut produire plus de feuilles car cela demande moins de matière sèche, et donne ainsi plus d'ombre pour étouffer les adventices qu'une plante aux feuilles épaisses, qui donnera qu'un nombre restreint de feuilles. Les résultats de cette expérience ont montré que les riz *Glaberrima* aux feuilles plus minces sont plus compétitifs contre les adventices que le type *Sativa* (*Rapport annuel ADRAO 2000*).

La SSF varie de façon significative selon l'espèce, la date de récolte et le traitement expérimental et en général, la SSF diminue avec l'âge de la plante, surtout lorsque la radiation solaire est faible (Jarcilene AMEIDA- CORTEZ). La SSF de beaucoup d'espèces herbacées dépasse une moyenne de 25 m²/kg (e.g. Shipley. ,1995 ; Garner et al. ,1997 ; Poorter et Jong, 1999) et pour les feuilles larges des arbustes et des arbres la SSF peut dépasser de 10 m²/kg (e.g. Abrams et Kubiske, 1990 ; Niinemets, 1999 ; Reich et al., 1999).

Ce paramètre est contrôlé par les facteurs climatiques et les conditions stationnaires, en particulier l'alimentation hydrique et la disponibilité en élément dans le sol.

I.3.3 Les facteurs de variation de la Surface Spécifique Foliaire

Il y a deux causes de la variation de la SSF

- Effet réel
- Effet expérimental

a) Effet réel

La Surface Spécifique Foliaire de la plante varie en fonction de divers paramètres

- De la variété :

La SSF est un paramètre architectural. Pour une même quantité de biomasse, la surface et l'architecture foliaire peuvent varier en fonction de la SSF. Pour une même

quantité de biomasse, des variétés auront beaucoup de feuilles avec une forte SSF (feuilles « minces ») et d'autres peu de feuilles avec une faible SSF (feuilles « épaisses »).

L'épaisseur est liée à la composition tissulaire. La variation de la composition tissulaire foliaire est corrélée à la capture et à l'utilisation de la ressource lumineuse, cause de l'augmentation ou de la diminution de la teneur en matière sèche de la feuille dépendant du taux de photosynthèse. Le poids sec et la durée de vie des feuilles dépend de la teneur en matière sèche de la feuille (Ryzer et Notz, 1996).

- De la variabilité environnementale : Par exemple les feuilles de soleil et les feuilles d'ombre d'une même plante peuvent présenter des valeurs de SSF différentes (Popma et Bongers., 1988 ; Cornelisses., 1992 ; Dong., 1993).

- Shipley et Meziane (1998) ont montré que la nutrition minérale et l'intensité lumineuse peuvent avoir des effets complexes et interactifs sur la SSF.

- L'âge foliaire : les feuilles âgées peuvent avoir des valeurs de SSF plus élevées que les feuilles jeunes (Garnier et Freijssen, 1994).

- La surface foliaire peut être limitée par d'autres facteurs tels que la présence de parasite foliaire comme la pyriculariose ou l'attaque d'insectes qui limiteront la quantité de feuilles disponibles pour les mesures de la surface foliaire.

b) Erreur expérimentale

- Sur la mesure de la surface foliaire : les feuilles onduleuses ; frisées ; enroulées ; auront une influence sur la valeur de la surface foliaire.

MATERIELS ET METHODES

II.1 Site d'étude

L'expérimentation est conduite sur deux sites, localisés à des altitudes différentes.

II.1.1 Site Andranomanelatra :

Andranomanelatra se trouve à 15 km environ au Nord d'Antsirabe, sur la route nationale numéro 7 (RN7.)

Andranomanelatra est situé entre 19°46'55'' de latitude SUD et 47° 6'25'' de longitude EST, et se trouve à 1640 m d'altitude.

Le climat

Il est marqué par une saison humide qui débute au mois d'Octobre et se termine au mois d'Avril, et une saison sèche et froide qui se déroule du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre, d'après la courbe ombrothermique de Gaussen 2008-2009. L'expérience a été effectuée durant la période pluvieuse.

Le sol

La région du Vakinankaratra est composée en grande partie par des sols ferrallitiques, des sols alluvionnaires (UPDR, 2003).

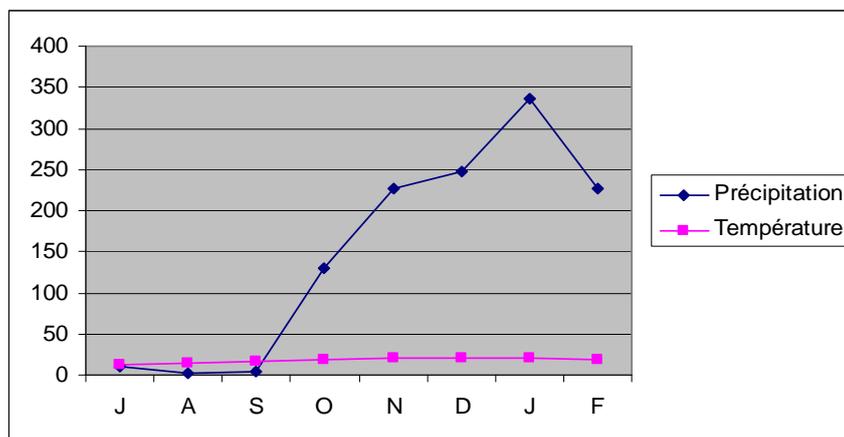


Figure n°3 : Diagramme ombrothermique du site d'Andranomanelatra

II.1.2 Site Ivory

Ivory se trouve à 100 km environ à l'OUEST d'Antsirabe. Elle est reliée à la route nationale numéro 2 (RN2).

Ivory est situé entre 19°46'55'' de latitude SUD et 47° 6'25'' de longitude EST, et se trouve à 950 m d'altitude.

II.2 Matériel Végétal

II-2.1 Les dix variétés de riz pluvial

Dans la présente expérimentation, des feuilles de dix variétés de riz pluvial ont été utilisées, les caractéristiques des variétés sont données dans les tableaux n°1a, 1b, 1c, 1d suivants :

Tableau n°1a : Caractéristiques des variétés de riz pluvial : B22 ; Botramaintso ; Chhomrong Dhan

Nom	V1 : B22	V2: Botramaintso	V3: Chhomrong Dhan
Parents	Origine Brésil	Variété traditionnelle	origine Népal
nom malgache	Néant	Néant	Néant
N° collection nationale	Néant	-	4368
Hauteur (cm)	-	-	125
Cycle	-	tardif	semi précoce
Feuilles	-	-	-
			
Photos1a : Fenosoa , 2009			

V1: B22

V2: Botramaintso

V3: Chhomrong Dhan

**Tableau n°1b: Caractéristiques des variétés de riz pluvial :
FOFIFA 161 ; FOFIFA 167 ; FOFIFA 172**

Nom	V4 : FOFIFA 161	V5 : FOFIFA 167	V6 : FOFIFA 172
Parents	IRAT 114 x FOFIFA 133	CA 148 x shin Ei	IRAT 265 x Jumli Marshi
nom malgache	Mahefa	Néant	Néant
N° collection nationale	4178	4362	4370
Hauteur (cm)	100	115	95
Cycle	semi- précoce	tardif	précoce
Feuilles	-	fine	fines horizontales
			
Photos1b : (Fenosoa ,2009)			

V4: FOFIFA 161

V5: FOFIFA 167

V6: FOFIFA 172

Tableau n°1c : Caractéristiques des variétés de riz pluvial : IRAT 112 ; NERICA4; Primavera

Nom	V7: IRAT 112	V8: NERICA 4	V9: Primavera
Parents	IRAT 13x Dourado précoce	Oryza sativa x Oryza glaberrima	Origine Brésil
nom malgache	Néant	Néant	Néant
N° collection nationale	3290	Néant	Néant
Hauteur (cm)	110 à 120	-	-
Cycle	précoce	-	-
Feuilles	-	larges et retombantes	-
			
Photos1c : (Fenosa ,2009			

V7 : IRAT 112 ;

V8 : NERICA4

V9 : Primavera

Tableau n°1d : Caractéristique de variété de riz pluvial : WAB 878

Nom	V10: WAB 878
Parents	Origine ADRAO
nom malgache	Néant
N° collection nationale	Néant
Hauteur (cm)	-
Cycle	-
Feuilles	-
Photos1d : (Fenosoa ,2009)	

V10 : WAB878

II.3 Dispositif expérimental

II.3.1 Site d'Andranomanelatra

Dans cette étude, l'expérience s'est déroulée sur deux dispositifs différents :

- Un dispositif principal pour mesurer l'évolution de la SSF à l'échelle de la plante.
- Un autre dispositif nommé MRG (Mini Rice Garden) pour mesurer l'évolution de la SSF à l'échelle de la feuille.

II.3.1.1 Le dispositif principal est un bloc complet de 1405.05 m², divisé en 60 parcelles de 18.24 m² chacune, les parcelles sont séparées entre elle par des allées de 0.5 m de large. Les semis ont été échelonnés (l'un a été fait le 21 Novembre 2008 et l'autre, le 19 Décembre 2009), avec trois répétitions pour chaque date. Chaque répétition présente les dix variétés de riz pluvial. La répartition des dix variétés a été faite au hasard. Les semis sont faits manuellement en poquets distants de 0.2 x 0.2 m.

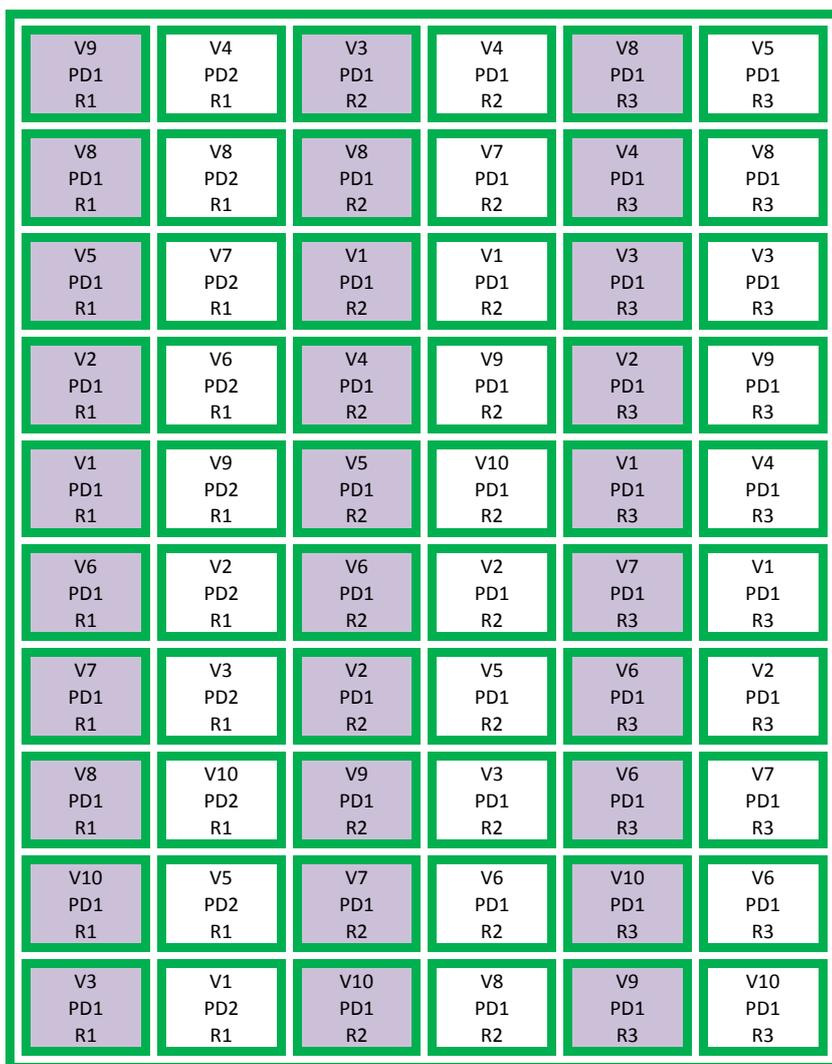


Figure n°4 : Dispositif principal d'Andranomanelatra

V : variété

V1 : B22

V4: Fofifa 161

V7: Irat 112

R : Répétition

PD : date de plantation

V2 : Botramaintso

V5: Fofifa 167

V8: Nerica 4

**V3 : Chhomrong
Dhan**

V6: Fofifa 172

V9 : Primavera

V10:WAB 878

 Allées : 0,5m

 Parcelles semées le 21 Novembre 2008 (PD1)

 Parcelles semées le 19 Décembre 2009 (PD2)

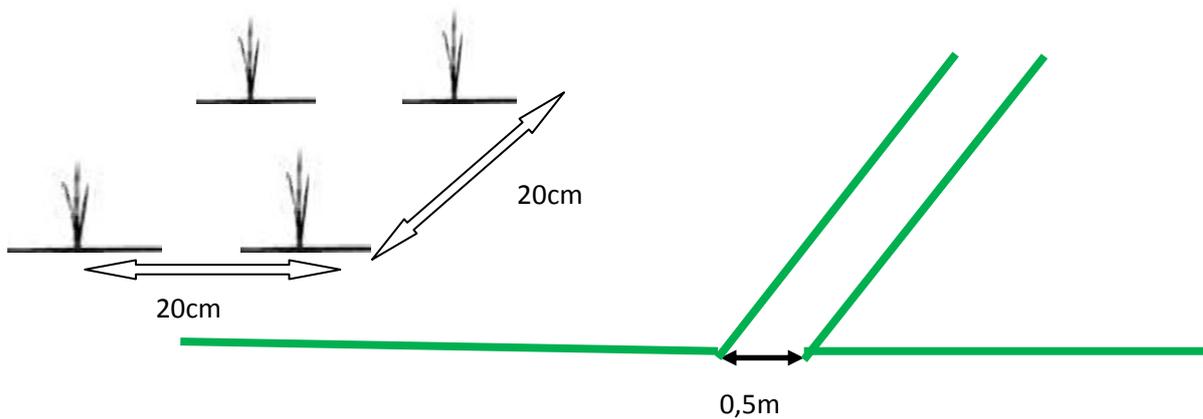


Figure n°5 : Schéma de la Disposition des poquets dans les parcelles du site d'Andranomanelatra

II.3.1.2 Dispositif secondaire ou MRG

Le MRG est un dispositif en bloc sans répétitions avec 5 dates de semis séparées de 1 mois chacune : MRG1, MRG2, MRG3, MRG4 ; MRG5. Les dates de semis sont présentées dans le tableau n°2.

Tableau n°2 : Dates de semis de Mini Rice Garden

	Dates de semis
MRG1	18/09/2008
MRG2	15/10/2008
MRG3	21/11/2008
MRG4	19/12/2008
MRG5	19/01/2009

Chaque bloc est constitué de 10 placettes de 1m x 1m contenant 25 poquets chacun. La distance entre les poquets est de 0.2 x 0.2 m. Chaque bloc est entouré par deux lignes de riz de bordure (Fofifa 161).

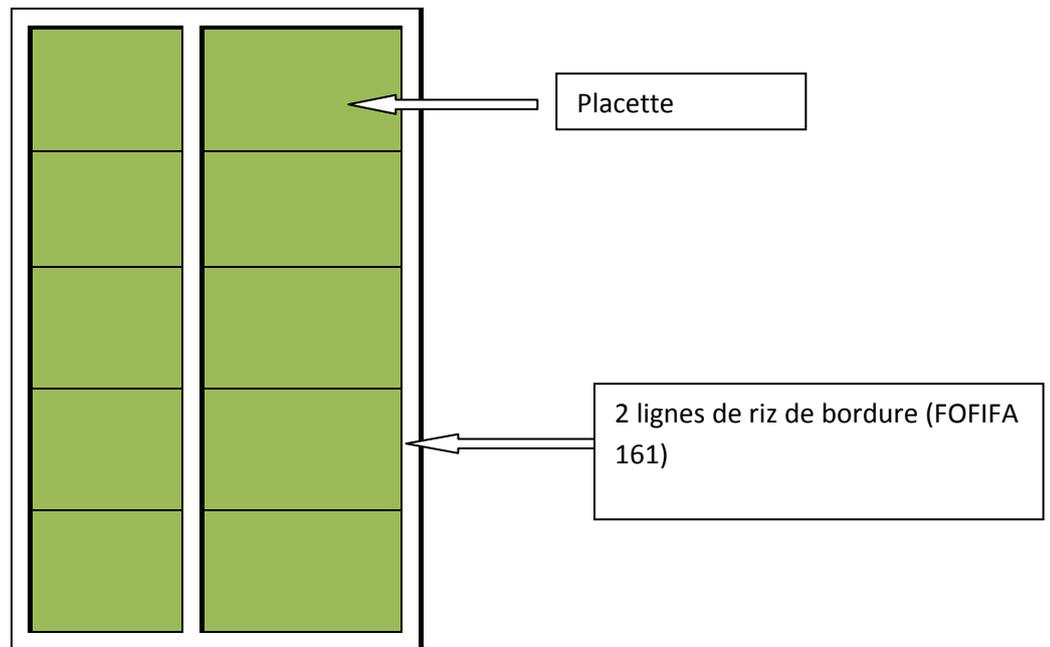


Figure n°6 : Dispositif secondaire : MRG (Mini Rice Garden) d'Andranomanelatra

II.3.2 Site d'Ivory

Même dispositif qu' Andranomanelatra mais la surface des parcelles est de 11, 52 m².

II.4 Environnement technique de l'expérimentation

II.4.1 Fertilisation du sol

Touts les dispositifs ont reçu la même fertilisation :

- 5t/ha de fumier qui augmente la capacité d'échange du sol, et il apporte aussi des éléments nutritifs utilisables par la plante (RABEZANDRINA., 1985)
- 500Kg / ha de dolomie qui à pour effet de relever le PH du sol acide.
- La fumure minérale : 300 kg/ha de NPK (11-22-16) apportée au poquet au moment du semis et de 100 kg/ha d'urée en deux apports au cours du cycle.

II.4.2 Semis et entretiens

- Les semences sont désinfectées avec l'Imidaclopride (2.5g de Gaucho / Kg de semences) contre les attaques des insectes terricoles.
- Le Carbofuran (12 Kg de Furadan / Ha) qui est un insecticide de traitement du sol contre les insectes terricole
- Les semis sont réalisés manuellement, en poquet. La distance entre les poquets est de 20 cm x 20 cm. La profondeur de semis est de 3à 4cm et 6 à 8 graines sont déposées dans chacun des trous qui sont ensuite recouverts de terre.

II.5 Outils et méthodes expérimentales :

Les dix variétés de riz pluvial ont été cultivées sur deux sites (Andranomanelatra et Ivory) à partir du mois de Novembre. Les mesures de la SSF ont été réalisées sur la première feuille émise jusqu'à la feuille paniculaire, et deux mesures ont été faites : mesure de la SSF à l'échelle de la feuille (à Andranomanelatra) et la mesure de la SSF à l'échelle de la plante (à Andranomanelatra et à Ivory).

II.5.1 Mesures de la SSF à l'échelle de la feuille sur le dispositif principal et le MRG :

Pour la détermination de la SSF à l'échelle de la feuille, sept prélèvements destructifs ont été faits :

- Un prélèvement pour chaque date de semis du dispositif principal
- Trois prélèvements pour MRG5
- Un prélèvement sur MRG 4 et même sur MRG 3.

Le calendrier des prélèvements et des mesures est porté dans ce tableau n°3

Tableau n°3 : Calendrier des prélèvements et des mesures de la surface foliaire des variétés de riz pluvial

N°	Diamètres (cm)	Surfaces (cm ²)
1	0,4	0,1257
2	0,5	0,1964
3	0,6	0,2829
4	0,8	0,5029
5	0,9	0,6364
6	1	0,7857
7	1,2	1,1314
8	1,3	1,3279
9	1,4	1,5400

DP : dispositif principal ; D1 et D2 : date de semis (1 : première, 2 : deuxième)

R2 : répétition N° 2 ; MRG : Mini Rice Garden

Les feuilles pour les mesures doivent être vertes et saines et sont collectées sur les bordures de chaque parcelle.

Avant les mesures de la SSF à l'échelle de la feuille, on estime la nutrition azotée des feuilles entières par l'intermédiaire du **SPAD chlorophyll meter** : (une méthode non destructive).

SPAD : C'est un instrument compact, portable et autonome qui permet des estimations faciles et rapides de la concentration en chlorophylle. La concentration en chlorophylle des plantes est fortement corrélée de l'état de nutrition azotée de celle-ci. La mesure est faite optiquement, par contact direct avec la feuille, avec un affichage direct sur l'écran de l'appareil.



Photo n°2 : Appareil SPAD (Fenosoa, 2009)

Une diminution de la valeur SPAD indique une diminution de la teneur en chlorophylle et de la concentration d'azote foliaire.

L'unité de mesure est le SPAD (Soil Plant Analyses Development). La mesure SPAD est pratiquée sur trois points sur chaque tiers des feuilles, du même côté de la nervure principale.



Photo n°3 : Mesure SPAD sur la feuille du riz (Fenosoa, 2009)

Après les mesures SPAD, les feuilles sont coupées à leur base et mises dans des sceaux contenant de l'eau pour éviter leurs enroulements.

Arrivé au laboratoire, deux mesures de la SSF sont appliquées sur les feuilles de riz.

- Mesure de la SSF des feuilles entières
- Mesure de la SSF des échantillons de disques foliaire

Les mesures de la surface foliaire des feuilles entières sont faites en premier lieu à l'aide d'un scanner relié à un ordinateur. Après, les échantillons de disques foliaires sont prélevés sur les feuilles entières par intermédiaire des disques de différents calibres (surface des feuilles différentes) dont les surfaces sont connues. Les surfaces des cercles de chaque calibre sont données dans ce tableau n°4.

Tableau n°4 : Diamètre et surface des feuilles utilisées

N°	Diamètres (cm)	Surfaces (cm ²)
1	0,4	0,1257
2	0,5	0,1964
3	0,6	0,2829
4	0,8	0,5029
5	0,9	0,6364
6	1	0,7857
7	1,2	1,1314
8	1,3	1,3279
9	1,4	1,5400

La formule de la surface est :

$$\text{Surface (cm}^2\text{)} = 22/7 \times (d/2)^2$$

- d (cm) : diamètre



Photo n°4 : Disques foliaires de différents calibres, numérotés de

1 jusqu'à 9 (Fenosoa, 2009)



Photo n°5 : Prélèvement du disque foliaire (Fenosoa, 2009)

Les restes des feuilles entières et les trois disques sont mis dans deux enveloppes différentes (pour chaque feuille) et sont séchés à l'étuve 48 heures à 60°C ; puis pesés séparément pour déterminer leur surface foliaire spécifique.

Pour avoir le poids sec de la feuille entière, on additionne le poids sec des trois disques avec le reste de la feuille.



Photo n°6 : Trois disques et le reste de la feuille entière (Fenosoa, 2009)

La SSF est calculée en divisant la surface par la masse

Surface Foliaire(cm²)

SSF de la feuille entière (cm²/g) : -----

poids sec de la feuille entière(g)

Surface Foliaire des 3 échantillons de disque (cm²)

SSF de disques foliaires(cm²/g) : -----

Poids sec des 3 échantillons de disques (g)

NB : Les mesures SPAD et les prélèvements de la SSF de la feuille entière et des disques sont faits sur les mêmes feuilles et en même temps.

II.5.2 Mesures de la SSF à l'échelle de la plante

Les mesures de la SSF à l'échelle de la plante sont faites sur le dispositif principal des deux sites (Andranomanelatra, Ivory). Les mesures sont réalisées à trois différents stades de développement (mi- tallage, montaison et floraison) pour chaque date de semis. Les calendriers des mesures de la surface foliaire des plantes pour chaque dates de semis dans les deux sites sont présentées dans les tableaux n°5 et n°6.

Calendrier des mesures

Tableau n°5 : Dates des mesures de la surface foliaire des plantes sur les deux sites pour la première date de semis

	Première date	Deuxième date	Troisième date
Andranomanelatra	13/01/09 et 19/01/09	10/02/09 et 11/02/09	09/03/2009
Ivory	14/01/09 et 22/01/09	04/02/2009	23/02/2009

Tableau n°6 : Dates des mesures de la surface foliaire des plantes sur les deux sites pour la deuxième date de semis

	Première date	Deuxième date	Troisième date
Andranomanelatra	02/02/09 et 03/02/09	25/02/2009	09/04/09 et 21/04/09
Ivory	29/01/2009	12/02/2009	03/03/2009

- L'arrachage d'un poquet est fait sur un carré de 0.2x0.2 en prenant le poquet central.
- Pour ce poquet, 2 plantes sont sélectionnées de l'échantillon en enlevant toutes les feuilles vertes.



Photo n°7 : Plantes avant les mesures de la surface foliaire (Fenosa, 2009)

Après, les feuilles sont scannées à l'aide du LI-3000A portable area en les passant sous le rouleau de l'appareil afin de réaliser les mesures



Photo n°8 : Appareil LI-3000A portable area (Fenosoa, 2009)



Photo n°9 : Mesure de la surface foliaire (Suchit , 2009)

- Enfin, toutes les feuilles sont mises dans un sac et elles sont séchées à l'étuve 48 heures à 60°C et pesés pour avoir le poids sec afin de déterminer la surface foliaire spécifique.

La SSF est calculée en divisant la surface par la masse

<p>Surface Foliaire des feuilles (m²)</p> <p>SSF (m²/kg) : -----</p> <p>Poids sec des feuilles (kg)</p>
--

L'indice foliaire (LAI)

Le LAI (Index Leaf Area) peut être calculé à partir de la valeur de la surface foliaire

Le LAI c'est la surface foliaire totale d'une plante divisée par la surface de sol qu'elle occupe : c'est donc une fonction directe de l'espacement des plantes dans la parcelle. Cet indice est un paramètre très informatif de la structure du couvert d'un peuplement cultural (Lamade E. 1997). Ce paramètre conditionne l'interception du rayonnement solaire et l'activité photosynthétique de la culture, (Simon J. C. ; 1985). LAI est connu pour être un bon indicateur de la compétitivité contre les adventices (donnée INTERCOM).

Il faut toutefois souligner que l'indice foliaire peut être limité par d'autres facteurs dont la température. La présence de parasites foliaires comme la verticilliose ou l'anthracnose ou l'attaque de ravageurs animaux vont limiter la quantité de feuilles disponibles

LAI est calculé à partir de la Surface foliaire total de la plante divisé par la surface de sol qu'elle occupe

$$\mathbf{LAI (m^2/m^2) = S f / 10000/ 0, 04}$$

LAI: Index Area Leaf ; Sf: surface foliaire c m² par placette

0. 04: surface de sol qu'elle occupe

II.6 Analyse statistique

II.6.1 Coefficient de corrélation

Nous avons fait ce test pour connaître l'importance d'une relation entre deux variables quantitative.

- Si $R^2=0$: l'équation de la droite de régression détermine 0% de la distribution des points. Cela signifie que le modèle mathématique utilisé n'explique absolument pas la distribution des points et que la corrélation est très faible.

- Si $R^2 = 1$: l'équation de la droite de régression est capable de déterminer 100 % de la distribution des points, cela signifie que le modèle mathématique utilisé

ainsi que les paramètres a et b calculés sont ceux qui déterminent la distribution des points.

Modèle linéaire : $y = a + bx$

. a = ordonnée à l'origine

. b = pente

Cela se traduit de manière graphique selon la relation suivante :

- Plus le coefficient de détermination se rapproche de 0, plus les nuages des points sont diffus autour de la droite de régression,
- au contraire, plus le R^2 tend vers 1 plus les nuages des points se rapprochent de la droite de régression.
- Quand les points sont exactement alignés sur la droite de régression, $R^2=1$
- La corrélation est positive lorsque les nuages de points à une orientation ascendante et négative lorsque ces nuages ont une orientation descendante.

II.6.2 Analyse de variance

Cette analyse des variances (inter-groupe et intra-groupe) est faite par le calcul du 'F' : Fisher

II.6.2.1 Analyse de variance à un facteur

L'analyse de variance de la SSF de chaque variété de riz pluvial en fonction de la position de la feuille est montrée dans le tableau n°7.

Tableau n°7 : Représentation du tableau de variance

	Première date	Deuxième date	Troisième date
Andranomanelatra	02/02/09 et 03/02/09	25/02/2009	09/04/09 et 21/04/09
Ivory	29/01/2009	12/02/2009	03/03/2009

- n : nombre total d'observations - t : le nombre d'échantillons

- ddl : degré de liberté

- F : Fisher

SC_E : La somme des carrés entre les groupes

$$SC_E = \sum_{i=1}^t n_i (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})^2$$

SC_I : La somme des carrés à l'intérieur des groupes

$$SC_I = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{i..})^2$$

$\bar{Y}_{i..}$ = moyenne de i -^{ème} groupe

$\bar{Y}_{...}$ = moyenne générale

S^2_E : La moyenne des carrés entre les groupes

$$S^2_E = \frac{SC_E}{t-1}$$

S^2_I : La moyenne des carrés à l'intérieur des groupes

$$S^2_I = \frac{SC_I}{n-t}$$

II.6.2.2 Analyse de variance à deux facteurs

L'analyse de variance de la SSF des différentes variétés de riz pluvial entre eux et les différentes dates de semis est montrée dans le tableau n°8.

Tableau n°8 : Représentation du tableau de variance à deux facteurs

	Première date	Deuxième date	Troisième date
Andranomanelatra	02/02/09 et 03/02/09	25/02/2009	09/04/09 et 21/04/09
Ivory	29/01/2009	12/02/2009	03/03/2009

- a ; b et c : niveau de facteur A ; B F : Fisher

- SC_A : Somme des carrés entre la variance du facteur A

$$SC_A = a \cdot c \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...})^2$$

- SC_B : Somme des carrés entre la variance du facteur B

$$SC_B = a \cdot c \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...})^2$$

- SC_{AB} : Somme des carrés la variance d'interaction A et B

$$SC_{AB} = c \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i...} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...})^2$$

- SC_I : Somme des carrés entre la variance à l'intérieur des groupes

$$SC_I = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (\bar{y}_{ijk} - \bar{Y}_{ij.})^2$$

- S^2_A : Moyenne des carrés entre la variance du facteur A

$$S^2_A = \frac{SC_A}{a-1}$$

- S^2_B : Moyenne des carrés entre la variance du facteur B

$$S^2_B = \frac{SC_B}{b-1}$$

- S^2_{AB} : Moyenne des carrés entre la variance d'interaction A et B

$$S_{AB}^2 = \frac{SC_{AB}}{(a-1)(b-1)}$$

- S_I^2 : Moyenne des carrés entre la variance à l'intérieur des groupes

$$S_I^2 = \frac{SC_I}{ab(c-1)}$$

RESULTATS

Dans ce chapitre, nous allons exposer les résultats obtenus d'après les calculs de la SSF de la feuille de dix variétés de riz pluvial à l'échelle de la feuille (feuilles entières et disques foliaires) et à l'échelle de la plante entière.

III.1. SSF à l'échelle de la feuille

III.1.1 Valeurs de la Surface Spécifique Foliaire à l'échelle de la feuille des dix variétés étudiées à Andranomanelatra

Les valeurs obtenues sur les dix variétés, prélevées aussi bien sur le dispositif principal que sur le Mini Rice Garden (MRG) sont présentées dans le tableau n°8.

Tableau n°9 : Valeurs moyenne de la SSF des dix variétés de riz pluvial

Dispo	Jours après semis	Variétés									
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
		SSF moyenne (cm ² /g)									
MRG5	38	28,37	25,75	29,55	24,9	29,62	24,56	24,84	22,91	25,09	21,76
MRG5	57	27,04	32,26	35,41	19,65	30,3	27,92	25,63	39,54	22,35	28,04
MRG5	87	23,27	24,26	24,72	19,61	24,7	23,02	20,54	20,61	18,75	21,7
MRG4	81	20,13	16,65	30,21	18,76	23,87	22,9	21,07	19,64	21,72	26,21
MRG3	86	19,97	23,13	24,76	20,06	21,47	20,64	18,98	19,76	20,66	22,57
D1 R2	85	16,25	20,93	21,02	13,9	17,18	17,03	15,54	18,01	24,02	18,05
D2 R2	96	23,58	29,17	30,9	21,05	29,76	24,04	24,15	21,6	16,87	25,02

Dispo : dispositif MRG : Mini Rice Garden SSF : Surface Spécifique foliaire

R : répétition D : date de semis

Ce tableau nous indique que les valeurs maximales de la SSF sont obtenues au 38^{ème} jours pour V1 ; V4 ; V9 et au 57^{ème} jours pour les variétés V2 ; V3 ; V5 ; V6 ; V7 ; V8 ; V10 (chiffres en bleu). Ces périodes correspondent au stade de tallage de la plante qui se situe entre le 10^{ème} et le 70^{ème} jour après le semis. Après tallage, la valeur de la SSF diminue ce qui est observée avec les autres dispositifs : MRG4 ; MRG5 et dispositif principal (D1R2 correspondant au stade d'initiation paniculaire). Pour le D2 R2 au 96^{ème} jours après le semis, nous observons une valeur plus élevée de la SSF par rapport aux autres dispositifs. Entre les variétés, on note que

les valeurs les plus faibles de la SSF sont observées pour V4 (F161), V9 (Primavera), V7 (IRAT 112) et V1 (B22), ce sont des plantes avec des types architecturaux plutôt comparables : feuilles épaisses, faible taille. Un autre groupe à l'opposé avec des valeurs de la SSF élevées comme V3 (Chhomrong Dhan), V2 (Botramaintso) et V5 (F167) ont des types architecturaux relativement comparables : feuilles minces, haute taille, fort tallage. Ces 3 variétés sont caractérisées par une forte vigueur végétative.

III.1.2 Variation de la SSF selon la position des feuilles pour chaque variété de riz pluvial

Rappelons que les feuilles entières de la 5^{ème} à la 9^{ème} feuille des plants du dispositif du MRG₄ ont été prélevées en même temps pour la mesure de la SSF. L'histogramme de la figure n°7 montre les résultats.

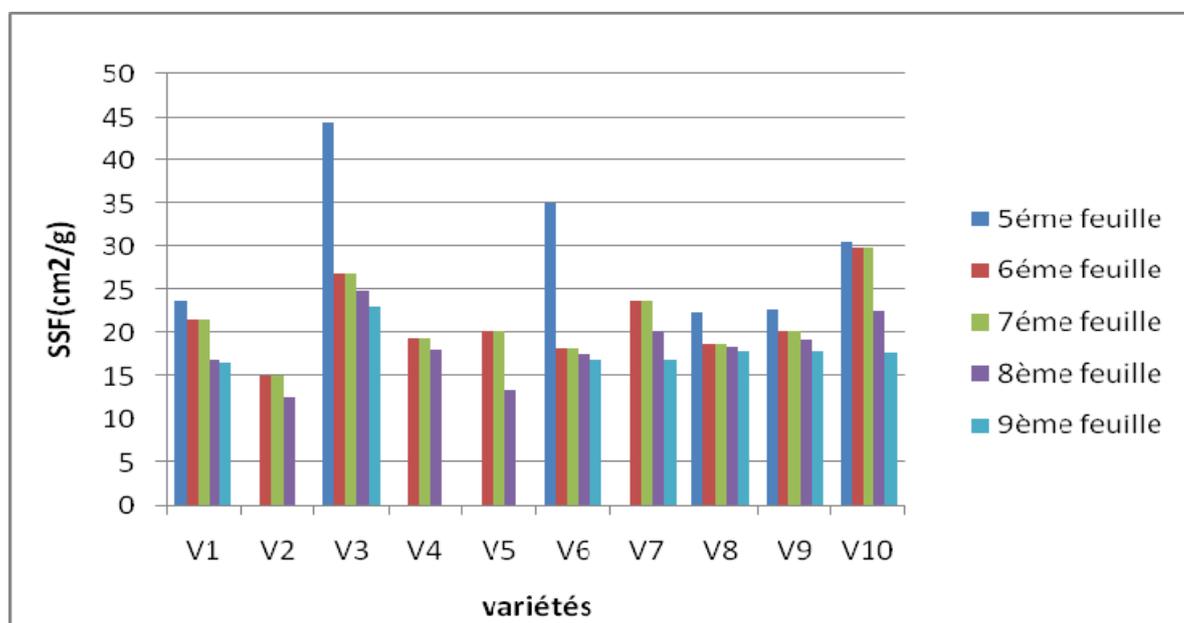


Figure n°7: Histogramme de l'évolution de la SSF selon les positions des feuilles pour chaque variété de riz pluvial étudiée

V1: B22 **V2:** Botramaintso **V3:** Chhomrong Dhan **V4:** FOFIFA161

V5: FOFIFA 167 **V6:** FOFIFA 172 **V7:** IRAT 112 **V8:** NERICA 4

V9: Primavera **V10:** WAB878 SSF: Surface Spécifique Foliaire

En général, une faible diminution de la valeur de la SSF est observée en fonction de la position de la feuille. Les feuilles du bas plus âgées ont les valeurs les plus élevées. Sur les feuilles des rang 5 et 6 (la feuille 5 n'ayant pas été récoltée sur toutes les variétés), les variétés V3 (Chhg), V5 (F167), V6 (F172) et V10 (WAB 878) présentent une valeur de la SSF particulièrement élevées, supérieur à proche de 30

m²/kg alors que pour les autres variétés , les SSF des premières feuilles récoltées sont inférieures à 25 m²/kg.

D'après l'analyse de variance , nous avons trouvé qu'il y avait une différence significative du facteur position de la feuille (F calculé supérieur au F de la table). On peut dire que la position de la feuille a une influence sur les valeurs de la SSF.

III-1.3 SSF des disques foliaires et celle de la feuille entière

Pour pouvoir visualiser la différence entre l'utilisation de la feuille entière et les disques pour la mesure de la SSF, nous avons effectué le calcul de la différence de la SSF de la feuille entière (valeur maximale) et la SSF des disques (valeur maximale) dans le tableau n°10. La plus petite différence devrait indiquer la surface de disque qu'on devrait utiliser. C'est la surface du disque n° 8 (soit de 1.328 cm²) qui a donné la plus petite différence soit de 0.82 m²/kg. La valeur de la SSF de grande taille de disque se rapproche de la valeur de la SSF de la feuille entière.

Tableaux n°10 : Différences de la SSF entre les deux méthodes

surface du disque (cm ²)	SSF max du disque (cm ² /g)	SSF max des feuilles entières (cm ² /g)	différences entre les deux SSF
0,126	47,14	36,76	10,38
0,196	53,57	37,32	16,25
0,283	49,92	37,67	12,25
0,503	35,08	27,66	7,42
0,636	36,72	26,76	9,96
0,789	30,22	33,42	-3,2
1,131	37,71	31,48	6,23
1,328	22,51	21,69	0,82
1,54	25,67	24,41	1,26

L'étude de la corrélation entre la SSF des disques et celle de la feuille entière (figure n°8;9 ; 10) a montré une corrélation positive entre ces deux valeurs qui varient de 0.1014 à 0.6086. Le coefficient de détermination la plus faible correspond

à la surface de disque le plus petit 0.126 (disque n°1) et le plus grande à la surface de disque n°8 (1.328cm²).

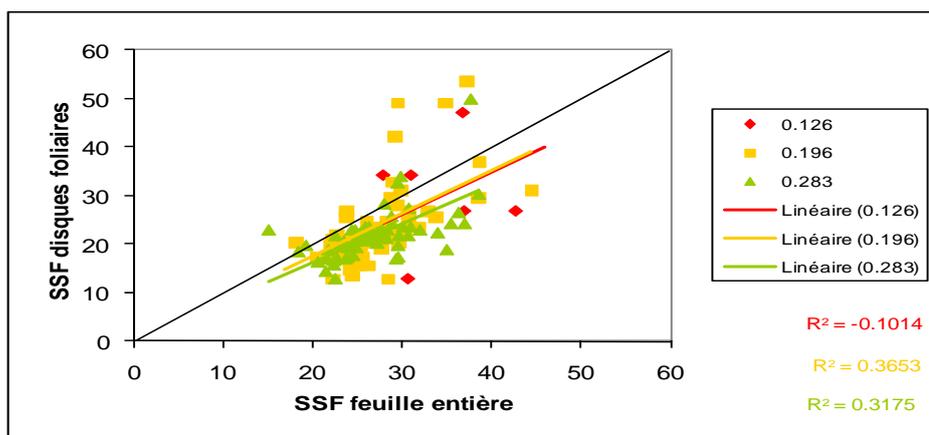


Figure 8 : Comparaison des SSF des feuilles entière et des différents tailles de disques des dix variétés de riz pluvial (pour les surfaces des disques : 0.126 cm² ; 0.196cm² ; 0.283 cm²)

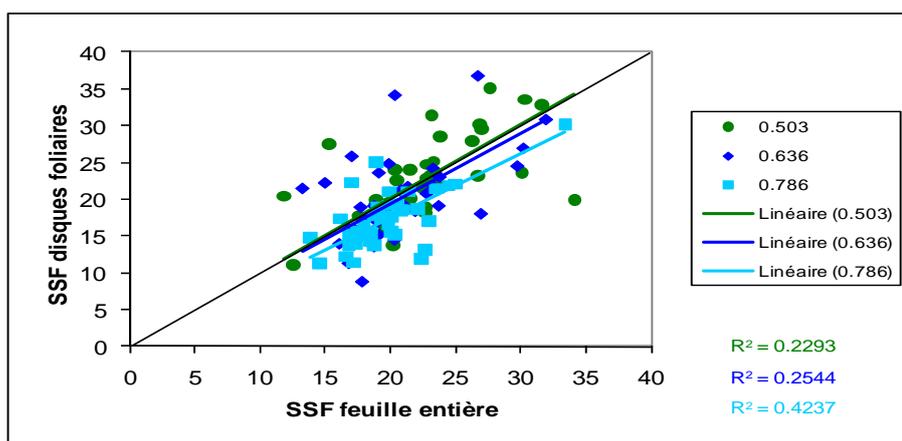


Figure 9 : Comparaison des SSF des feuilles entière et des différents tailles de disques des dix variétés de riz pluvial (pour les surfaces des disques : 0.50 3 cm² ; 0.636 cm² ; 0.786 cm²).

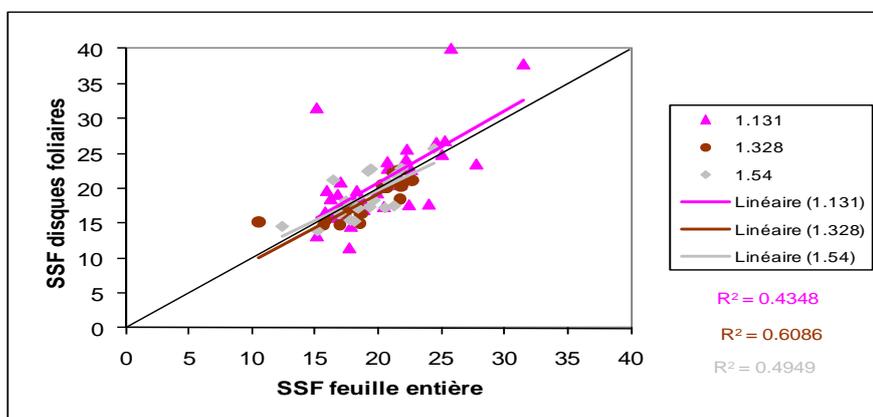


Figure 10 : Comparaison des SSF des feuilles entière et des différents tailles de disques des dix variétés de riz pluvial (pour les surfaces des disques : 1.131 cm² ; 1.328 cm² ; 1.54 cm²)

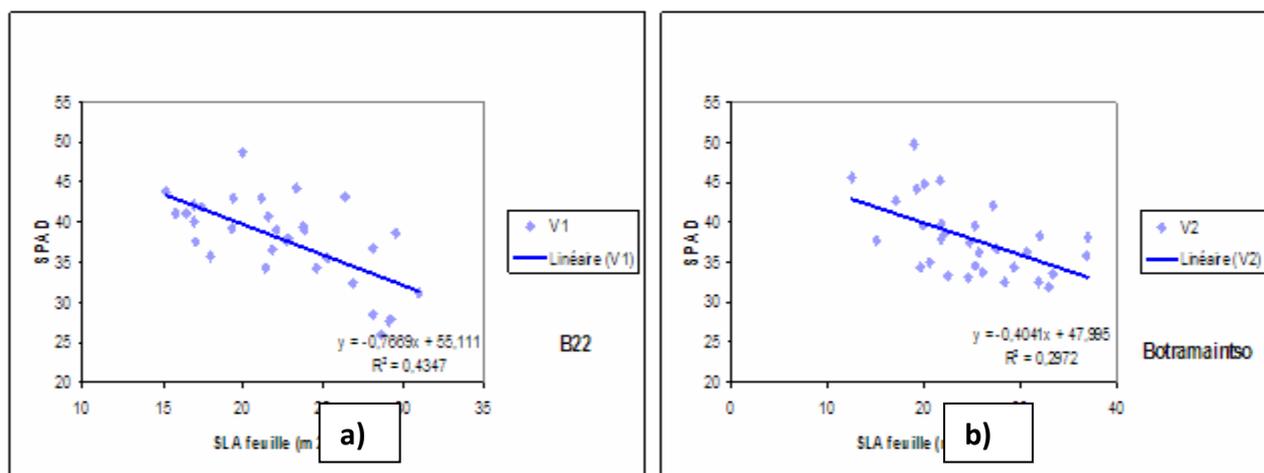
III.1.4 Relation entre la SSF feuille entière et SPAD

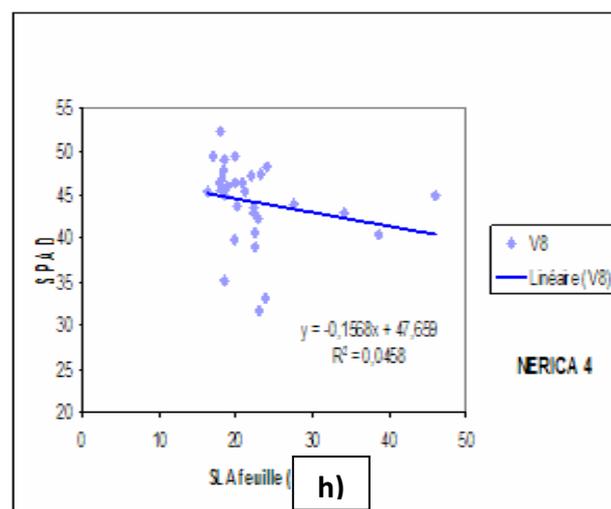
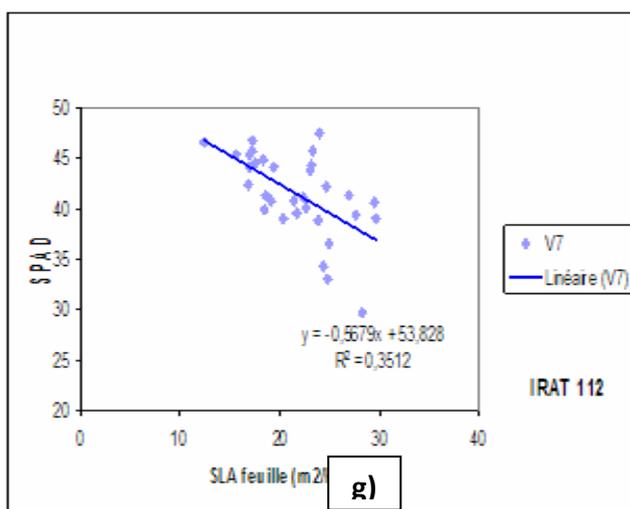
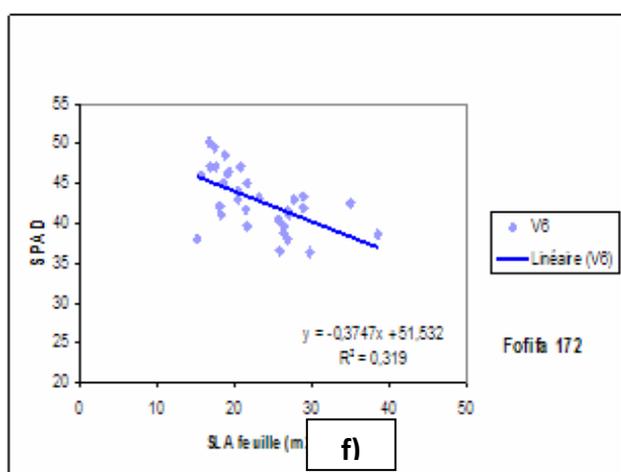
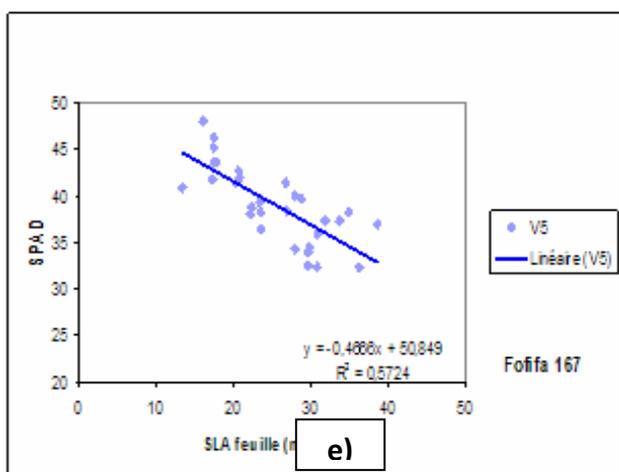
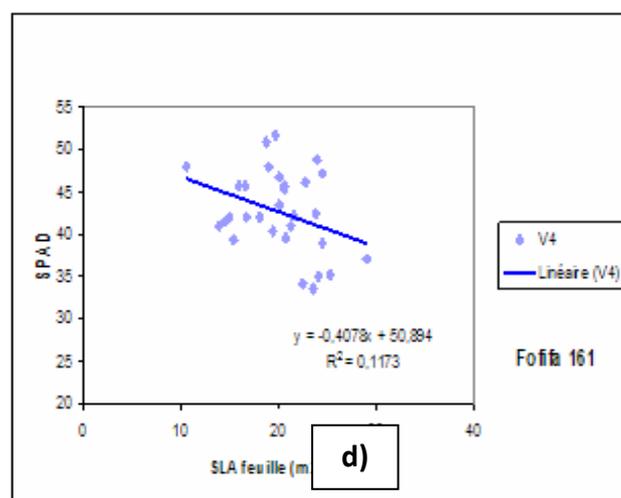
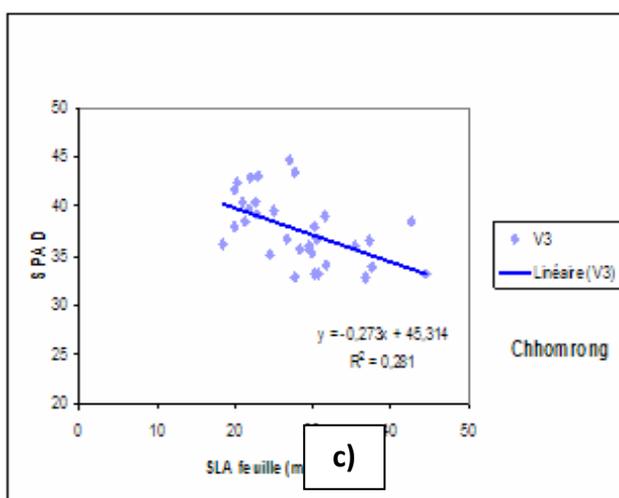
Dans la méthodologie, avant les prélèvements des feuilles entières, nous avons estimé le taux de chlorophylles par l'intermédiaire du SPAD. Rappelons que le SPAD est un instrument compact, portable et autonome qui permet l'estimation facile et rapide de la concentration en chlorophylle et que la SSF est la surface foliaire par unité de poids foliaire. La quantité de la chlorophylle dans une feuille dépende de la teneur en Azote foliaire (Evans, 1999).

Ainsi nous pensons qu'une corrélation devrait exister entre les valeurs de ces deux paramètres et nous avons étudiés la corrélation entre SPAD et SSF au niveau des dix variétés étudiées.

III.1.4.1 Relation par variété

L'étude de cette corrélation pour toutes les variétés étudiées dans la figure n°11 a montré qu'il existe bien une corrélation négative entre les valeurs de ces deux paramètres : pour des SSF faibles (feuille épaisse) on observe des valeurs de SPAD plus élevées. La valeur du coefficient de détermination varie de 0.04 pour V8 et 0.6 pour V5.





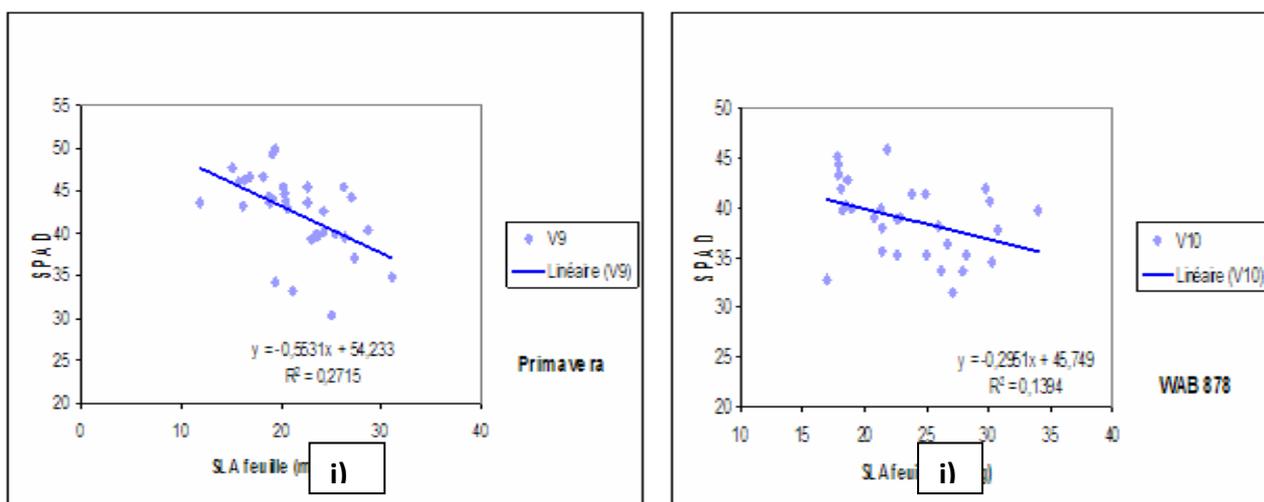


Figure 11 : Relation entre les SSF des feuilles entières et SPAD des variétés de riz pluvial : a) B22 ; b) Botramaintso ; c) Chhomrong Dhan ; d) FOFIFA 161 ; e) FOFIFA 167 ;

f) FOFIFA 172; g) IRAT 112; h) NERICA 4; i) Primavera; j) WAB 878

III.1.4.2 Relation selon le stade de développement

Selon le stade de développement de la plante, nous avons obtenu aussi une corrélation négative faible entre SSF et SPAD dont R^2 varie de 0.151 (pour le stade début tallage) et 0.258 (pour le stade initiation paniculaire). Cette corrélation est montrée dans la figure n°12 et 13

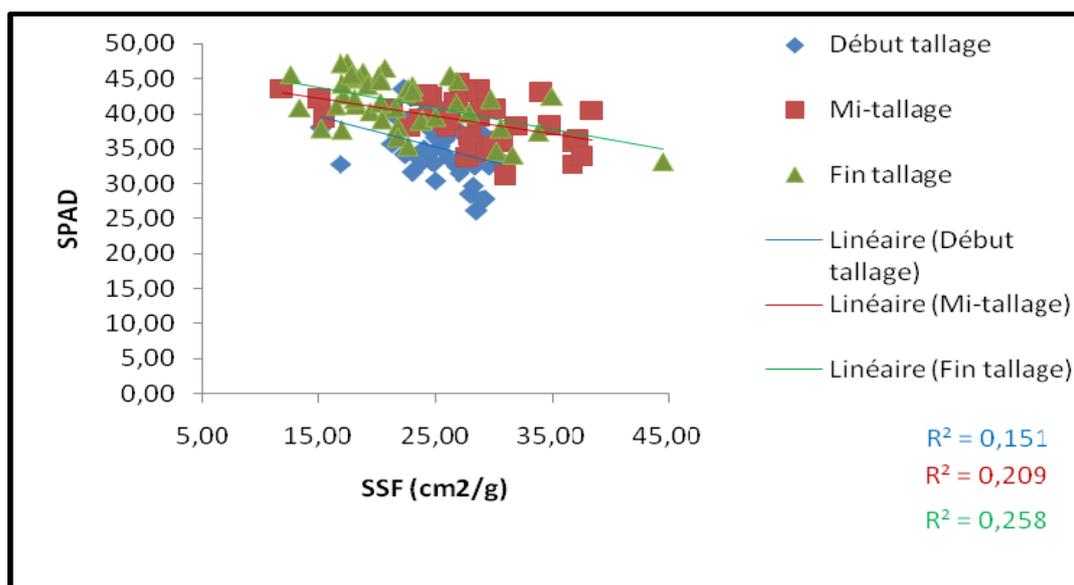


Figure 12 : Relation entre les SSF des feuilles entières et SPAD des variétés de riz pluvial selon le stade de développement de la plante : Début tallage ; Mi-tallage ; Fin tallage.

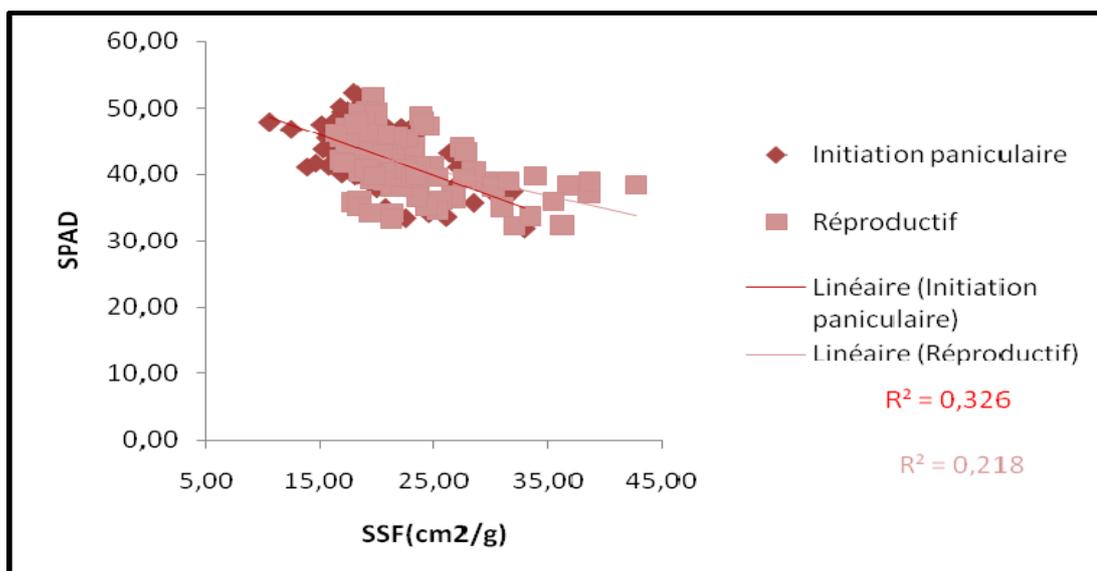


Figure 13 : Relation entre les SSF des feuilles entières et SPAD des variétés de riz pluvial selon le stade de développement de la plante. : Initiation paniculaire ; Réproductif

III-2 SSF à l'échelle de la plante

Les mesures de la SSF des dix variétés ont été faites dans les deux sites d'étude : Andranomanelatra et Ivory. Rappelons que chaque site présente deux dates de semis et trois prélèvements chacun à différents stades phénologiques : tallage ; montaison et floraison.

Nous allons étudier :

- Mesure de la SSF des dix variétés de riz pluvial dans les deux sites
- Comparaison des SSF maxima des dix variétés de riz pluvial dans les deux sites
- Relation entre SSF et LAI

III-2.1. Mesure de la SSF des dix variétés de riz du Site d' Andranomanelatra

Pour toutes les variétés, le premier prélèvement présente une valeur de la SSF élevée (au stade tallage) sauf pour V4 au deuxième prélèvement (Stade initiation paniculaire). Toutes les variétés au troisième prélèvement (montaison) montrent une valeur de la SSF plus faible. Le tableau n°11 et n°12 pour les deux dates de semis montre les valeurs de la SSF selon le stade de développement de la plante.

Tableau n°11 : Valeurs de la SSF de la première date de semis du site d'Andranomanelatra

Périodes de Prélèvements	SSF m ² /kg									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	26,64	23,94	30,64	22,34	23,97	23,56	21,78	21,09	22,5	27,3
2	23,42	11,82	21,9	24,77	17,69	20,24	11,09	17,23	17,2	26,16
3	20,24	17,54	21,26	16,33	15,51	13,41	14,57	15,78	14,4	20,41

V : variété ; 1 : tallage ; 2 : montaison ; 3 : floraison

Comme précédemment, le tableau n°12 montre que pour toutes les variétés, la valeur maximale de la SSF est obtenues au stade tallage lors du premier prélèvement et les valeurs diminuées jusqu'à la floraison (troisième prélèvement).

Tableau n°12 : Valeurs de la SSF de la deuxième date de semis du site d'Andranomanelatra

Périodes de Prélèvements	SSF m ² /kg									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	25,31	25,74	31,76	24,51	26,09	26,66	25,44	21,86	20,6	26,47
2	17,97	21,54	21,21	21,88	20,21	18,39	24,5	15,49	19,8	24,47
3	15,71	17,8	16,25	18,45	20,92	19,84	20,43	15,79	16,4	20,93

V : variété ; 1 : tallage ; 2 : montaison ; 3 : floraison

En générale les valeurs sont plus élevées lors du premier prélèvement et baissent par la suite. Cette observation est en lien avec les résultats obtenus à l'échelle de la feuille, plus il y a de feuilles âgées, plus les valeurs de la SSF diminuent (les feuilles s'épaississent). On retrouve 2 ensembles de variétés avec pour l'une des valeurs plutôt élevé de la SSF : V3 (Chhg), V10 (WAB 878), V5 (F167) et V6 (F172) et pour l'autre des valeurs plutôt faibles : V4 (F161), V9 (primavera) et V8 (Nerica 4).

Pour le dispositif d'Andranomanelatra, la valeur de la SSF des différents variétés de riz pluviaux entre eux et les deux dates de semis n'ont pas montré d'effet significatif.

III.2.2. Mesure de la SSF des dix variétés de riz du Site d' Ivory

Les résultats obtenus à Ivory diffèrent de ceux d'Andranomanelatra, mais il est plus difficile de vérifier la tendance à la baisse des valeurs de la SSF du fait de problème de transport des plantes prélevées pour les mesures de surface foliaire, de nombreux enroulement des feuilles ont été observés entraînant des erreurs de mesures. Ces valeurs sont portées dans le tableau n°13 et 14

Tableau n°13 : Valeurs de la SSF de la première date de semis du site d'Ivory

Périodes de prélèvements	SSF m ² /kg									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	20,11	19,95	23,98	19,88	23,69	33,48	43,29	22,23	21,5	40,53
2	18,36	24,19	21,6	23,82	20,05	25,04	24,92	19,83	18,1	25,26
3	16,43	36,03	26,71	17,69	8,69	20,94	10,7	18,92	25,9	28,57

V : variété ; 1 : tallage ; 2 : montaison ; 3 : floraison

Tableau n°14 : Valeurs de la SSF de la deuxième date de semis du site d'Ivory

Périodes de prélèvements	SSF m ² /kg									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	20,11	19,95	23,98	19,88	23,69	33,48	43,29	22,23	21,5	40,53
2	18,36	24,19	21,6	23,82	20,05	25,04	24,92	19,83	18,1	25,26
3	16,43	36,03	26,71	17,69	8,69	20,94	10,7	18,92	25,9	28,57

V : variété ; 1 : tallage ; 2 : montaison ; 3 : floraison

III .3 Relation entre SSF et LAI

Après l'obtention de la SSF, l'Indice foliaire (LAI) de chaque variété de riz pluvial est calculé à partir des surfaces foliaires de la plante. Rappelons que le LAI étant la surface foliaire totale d'une plante divisée par la surface de sol qu'elle occupe. La Courbe de l'évolution de LAI comprend 4 phases :

1. La phase de latence.
2. La phase accélérée (ou phase exponentielle)
3. La phase linéaire : V est constante.
4. La phase de ralentissement : c'est une phase de sénescence.

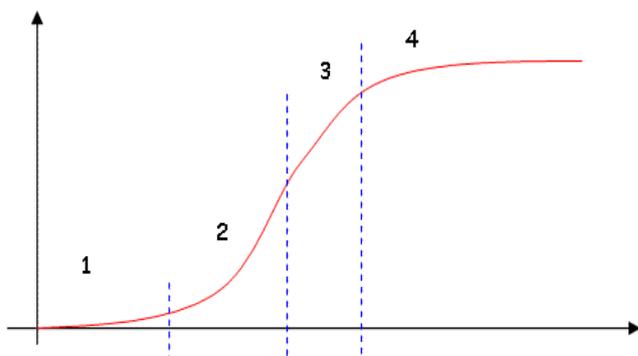
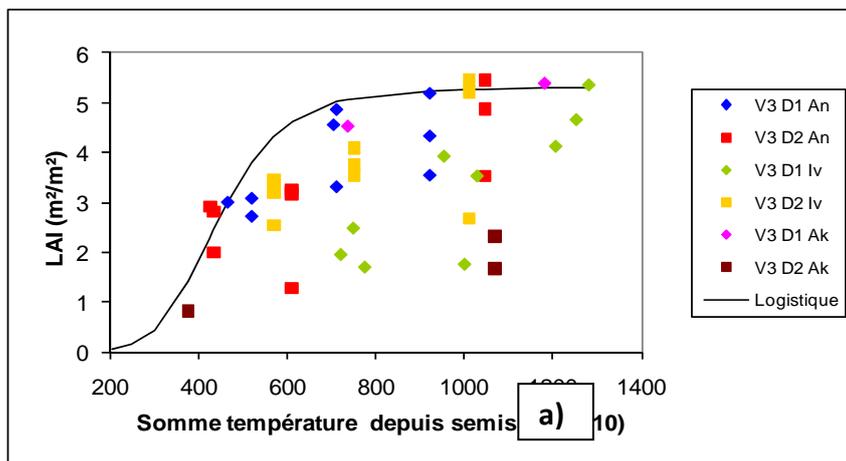


Figure14 : Différents phases de l'évolution logistique de LAI

Les Courbes de l'évolution de LAI par rapport à la somme de la température en fonction de la somme des températures (base de 10) sont présentées pour quelques variétés sur les figures n°15 suivantes, le tableau n°15 à la suite donne les paramètres des courbes pour toutes les variétés.



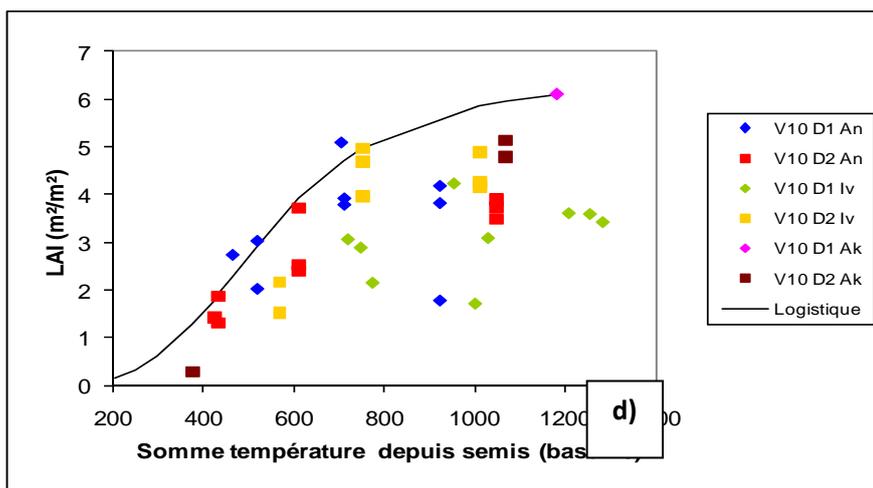
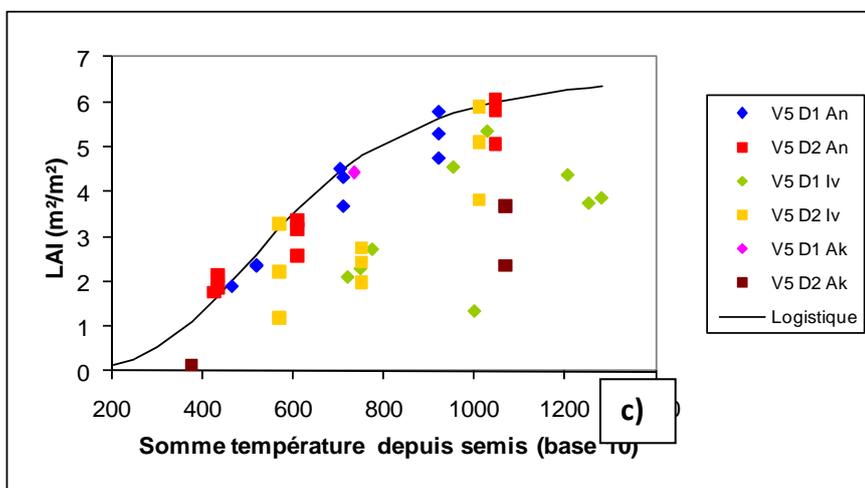
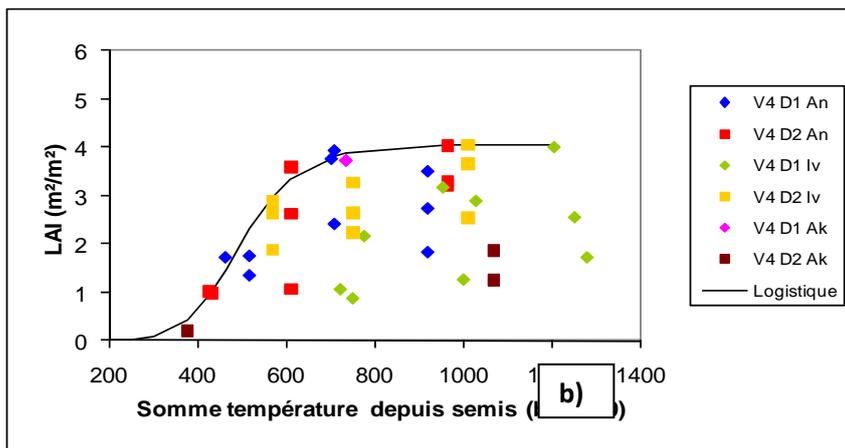


Figure 15 : Evolution du LAI de la plante entière par rapport à la somme température depuis semis des variétés a) Chhomrong Dhan (V2) ; b) WAB 878 FOFIFA 161(V4) ; c) FOFIFA 167(V5) ; d) WAB878

An : Andranomanelatra, Iv : Ivory, Ak : Ankepaka

D1 : première date de semis, D2 : deuxième date de semis

Les données de LAI obtenues sur tous les sites sont très dispersées et ne facilitent pas l'analyse, nous avons choisi de prendre les points maximaux pour tracer la courbe. Il est ainsi peu facile de tirer des caractères particuliers pour chaque variété, toutefois on peut noter que V2 (Botramaintso) présente le LAI maximum le plus élevé (soit 9,041) en lien avec son cycle végétatif tardif (X_0 plus long), les variétés V6 (F172) , V7 (IRAT 112), et V9 (Primavera) semblent présenter un comportement similaire; et V4 (F161) le plus faible (soit 4.0719), ainsi que V1 (B22) avec des X_0 plus faibles.

.Le tableau récapitulatif de cette évolution logistique est reporté dans le tableau n°15

Tableau n°15 récapitulatif de l'évolution logistique du LAI suivant l'équation :

$$y = a / (1 + (x/x_0)^b)$$

Paramètres	a	b	X_0
V1	4,4824	-3,3155	490,3805
V2	9,041	-4,8278	633,4285
V3	5,3149	-6,0335	446,8423
V4	4,0719	-7,6242	500,5569
V5	6,7063	-3,7013	587,4056
V6	8,6007	-3,9419	634,431
V7	7,977	-3,7769	626,8752
V8	5,5577	-4,6136	599,1357
V9	7,9283	-4,6137	626,2773
V10	6,4121	-3,8113	544,704

a : LAI maximum

b : pente

X_0 : vitesse initial maximum pour atteindre X

D'après ce tableau, V2 présente le LAI et une vitesse maximale les plus élevés pour l'occupation de l'espace et par contre V4 le plus faible. V1 présente la plus grande pente.

DISCUSSIONS

Par ce travail, il nous a été proposé de mesurer la Surface Spécifique Foliaire (SSF) du riz pluvial vue l'importance de ce trait foliaire vis-à-vis des caractères physiologiques et agronomiques de la plante.

Dans un premier temps, nous avons essayé de voir quelle serait la méthode la plus adéquate pour sa détermination et avec les résultats obtenus, et d'en tirer des informations sur sa variation en fonction du stade phénologique de la plante et avec d'autres traits foliaires comme le statut azoté (SPAD) et l'indice foliaire (LAI).

Ainsi les résultats de la mesure de la SSF par l'utilisation de la feuille entière ; des disques foliaires ; et de la plante entière a montré qu'il faut une surface de disque assez grande (soit de 1.328 cm²) pour avoir une valeur rapprochée à la valeur obtenue avec la feuille entière ce qui a été confirmé par la corrélation positive $R^2 = 0.6086$ entre SSF de la feuille entière et des disques foliaires. Il est possible d'utiliser des disques de feuille pour la mesure de la SSF d'une plante sans éliminer la feuille entière mais des expériences supplémentaires seraient nécessaires pour la confirmation.

Pourtant, l'utilisation de ces méthodes a des limites. Pour la plante entière, les feuilles enroulées ou abimées peuvent influencer la valeur de la SSF. E.G Reich et AL., (1992) ; Westoby. (1998) ; Weiher et AL., (1999) ont proposé de sélectionner des feuilles saines, en pleine expansion, non attaquées par des herbivores ou des insectes. Pour les disques, le choix est difficile faute de la largeur de la feuille (base élargie et sommet rétrécie). Pour la plante entière, une erreur de mesure ou une feuille perdue peut changer la valeur de la SSF. Pour le site d'Ivory, les transports des plants de riz à Andranomanelatra ont entraîné des enroulements des feuilles, et les mesures ont été rendues difficiles ; ce qui a influencé la valeur de la SSF. E. Garnier et al. (1997), pour toutes les méthodes ont conseillé que la récolte des feuilles soient effectuées 2 ou 3 heures après la lever du soleil et 3 ou 4 heures avant le coucher du soleil, car à ces moments là, la SSF est stable.

Une question qui pourrait se poser est la suivante : quelle serait la variation de la valeur de la SSF selon la position de la feuille ? Les résultats ont montré que la valeur de la SSF de la feuille diminue de bas en haut sur la tige de la plante. Cette diminution de la SSF signifie que les substances synthétisées par la plante ont migré. Poons et Pearcy., (1994) ont trouvé que cette diminution est due aussi à l'augmentation du poids sec de la feuille. Ce résultat est similaire à ce trouvé par S.Gunn et Al., (1999), sur l'orge. En effet, il a été remarqué que les feuilles du bas

de la plante à SSF élevée sont fines et celles du haut à SSF faible sont épaisses. Les feuilles épaisses à SSF faible ont une durée de vie plus longue par rapport aux feuilles fine à SSF plus élevées (Westoby et Al, 2002

De plus, il est a noté que le développement du plant de riz se divise en deux grandes parties : la phase végétative dominée par le développement des talles, et la phase reproductive marquée par la formation des graines. Le riz est une plante annuelle ainsi son développement se termine par la sénescence de la plante entière. Nos résultats ont montré que la valeur de la SSF des plants de riz pluvial étudiés diminue en fonction du développement de la plante. A la phase de tallage, les valeurs de la SSF de la feuille entière aussi bien que de la plante entière sont élevées. Ce qui signifie que les feuilles sont jeunes, non enroulées donc un maximum de surface foliaire mais les poids des feuilles sont relativement faibles étant donné que tous les assimilés arrivés au niveau de la feuille vont être utilisés pour la croissance végétative de la plante et le développement des talles. En effet selon Dingkhun et al., 1998 ; Johnson et al., 1997, c'est au stade tallage qu'on observe le maximum de la valeur de la SSF .Ce développement de la partie végétative de la plante conduit d'une part à une réception maximale de la lumière mais aussi d'autre part à rendre le plant compétitif vis-à-vis des autres plantes par la conquête d'une plus grande superficie occupée. Ce qui a été prouvé par Westoby en 1998. Mais lors de la phase reproductive, la valeur de la SSF diminue. Il n'y a plus augmentation de la surface foliaire, elle reste constante mais son poids du fait d'une synthèse plus active en vue de la fécondation et du remplissage des grains augmente. Avec l'avancement du développement reproducteur, la surface foliaire diminue, des parties jaunes apparaissent et bien que des dégradations de substances s'effectuent dans les feuilles, elle est aussi en train d'accumuler d'autres substances, ce qui entraîne une diminution rapide de la valeur de la SSF. En particulier, la feuille paniculaire assure la fourniture des assimilés nécessaires au remplissage des graines avant qu'ils n'atteignent la maturité. En effet, la capacité de photosynthèse décroît lorsque la feuille vieillit et atteint la phase de sénescence. T. Lieu et al. 2008 ont montré ce même résultat sur les Composites, la SSF diminue lentement du stade plantule jusqu'au stade élancement et diminue rapidement jusqu'à la sénescence de la plante.

L'étude de l'évolution de la teneur en azote de la feuille montre que la teneur augmente avec l'âge de la plante, c'est-à-dire que les feuilles de la partie apicale de la plante ont une teneur en Azote élevée. En effet tant que la feuille est jeune, elle est très active ainsi, la photosynthèse est intense et la teneur en Azote est élevée. Nos

résultats ont montré une faible corrélation négative entre les valeurs SPAD et SSF, pour des SSF faibles (feuilles épaisses) on retrouve des valeurs SPAD élevées, indépendamment de la position de la feuille. Il faudrait plutôt travailler avec la mesure directe de la teneur en azote des feuilles, la valeur SPAD par sa mesure optique est biaisée par l'épaisseur de la feuille. Plusieurs auteurs ont aussi montré que la concentration d'Azote dans les feuilles épaisses (faible SSF) est faible par rapport à celle des feuilles fines (SSF élevée) Field et Mooney, (1986) ; Evans, (1989). La diminution de la concentration d'Azote foliaire peut limiter leur capacité pour la fixation de CO₂ atmosphérique et diminuer l'activité photosynthétique. La teneur en Azote a donc un effet sur la SSF (Roumet et Al, 1996). Les travaux de Hirose et Werger., 1987 ont confirmé aussi que dans un peuplement végétal, la quantité d'Azote par unité de surface n'est pas uniformément répartie au sein d'un couvert et qu'il existe un gradient depuis les feuilles du haut plus éclairées riche en Azote vers les feuilles de la base ombrée plus pauvres en Azote et que Af Afas Nawja et al, 2007 ont confirmé que la surface des feuilles et leurs teneurs en azote augmentent de la base vers le sommet de la canopée tandis que les SSF diminuent .

L'Indice foliaire (LAI) est le rapport entre la surface totale des feuilles et la surface du sol recouvert par la plante. Plus cette indice est élevée, plus il y a de la lumière interceptée pour la plante, et que la plante produit beaucoup de talles pour l'occupation de l'espace et pour la compétition aux mauvaises herbes et à la lumière. De plus la productivité d'un peuplement est dépendant de la photosynthèse du couvert, elle même est conditionnée par le LAI (interception de rayonnement). La SSF est donc corrélé fortement à la vigueur de la croissance végétative et au LAI (Dingkuhn et Al, 1998) Nos résultats ont montré que la phase exponentielle présente le LAI maximum pour toutes les variétés et on peut dire que cette phase correspond au stade tallage de la plante. En comparant, la valeur de LAI avec la SSF, on a vu que les deux paramètres présentent des valeurs élevées au tallage. Ainsi les deux paramètres dépendent de la surface foliaire de la plante et à la position de la feuille dans un couvert.

**CONCLUSIONS
ET
PERSPECTIVES**

L'étude de la surface foliaire spécifique (SSF) de dix variétés de riz pluvial effectué à Andranomanelatra et à Ivory, région du Vakinankaratra a permis de voir qu'il existe une corrélation entre les valeurs obtenues par l'utilisation de la feuille entière et les disques foliaires donne une corrélation positive assez élevée soit $R^2=0.6080$. Ainsi il est possible dans la mesure de la SSF à l'échelle de la feuille soit sur la feuille entière soit sur les disques foliaires mais la méthodologie reste à préciser et valider.

De plus, nous avons vu d'après ce présent travail que la SSF diminue suivant la position de la feuille de bas en haut et elle diminue aussi suivant le stade phénologique de la plante : au stade végétatif, la SSF est élevée, elle diminue lentement au stade reproductif et rapidement à la sénescence de la plante.

Par ailleurs, on a pu constater aussi qu'il y a une relation étroite entre l'Indice foliaire et la SSF. L'Interception lumineuse est importante pour la photosynthèse qui est responsable du développement de la plante et elle dépend de la surface foliaire

Les variétés ont montré des différences significatives concernant les valeurs de la SSF. Les évolutions ne sont pas tout à fait les mêmes sur les deux sites, mais l'analyse est difficile du fait des difficultés de mesures des prélèvements d'Ivory.

L'étude de la SSF aide au paramétrage des modèles de culture qui sont très utilisés en agronomie. Le fonctionnement carboné des plantes constitue la trame de ces modèles et le développement phénologique ainsi que les contraintes hydriques et azoté. Elle est un important index physiologique pour la croissance de la culture et pour la vigueur des variétés nécessaire au programme d'amélioration variétale.

Il serait donc utile de poursuivre les recherches plus approfondies de l'étude de la SSF pour les modèles des plants de riz pluvial future suivant les changements climatiques et qui répondront bien au besoin des agriculteurs comme le haut rendement.

Perspectives :

- Une étude en parallèle de la mesure de la SSF de la plante entière et de la feuille entière au cours du développement de la plante serait nécessaire pour confirmer la corrélation positive entre la SSF de la feuille entière et de la plante entière
- De plus la détermination de la feuille à utiliser est aussi à faire car il a été observé que la SSF évolue en fonction du développement de la plante.
- Comparaison de comportement selon le site est à préciser.

BIBLIOGRAPHIES

- ABRAMS, M.C., 1990. Leaf structural characteristics of 31 hardwood and conifer tree species in central Wisconsin: influence of light regime and tolerance rank. *Forest Ecology and Management*. **31**, pp: 245-253.
- AL AFAS N AJWA, MARRON,N., LEULELANS,R., 2007. Variability in populus leaf anatomy and morphology in relation canopy position , biomass production and varietal taxon. *Annals of forest Science*. **64**, n°5,pp: 521-532.
- BILL SHIPLEY, JARCILENE ALMEIDA- CORTEZ, 2003. Interspecific consistency and intraspecific variability of SLA with respect to irradiance and nutrient availability .*In Ecoscience* , Vol 10(1) 2003, pp: 74-79.
- BINET, P., BRUNE, L., 1968. *Physiologie Végétale T2*, Paris, Doin.
- DECERIER, A. et al, 1988. Les transformations de la matière et les flux d'énergie chez les êtres vivants in *Biologie- Géologie*, Nathan, paris, coll. Jacques Escalier.
- DESLOVER, J. et al, 1981. *Elément de Biologie Générale et de Botanique*, Fascicule II, F.S.A, UCL, Bruxelles.
- DEYSON, G., 1970. *Cours Botanique Générale*, T3, Enseignement supérieurs, Paris V.
- DINGKUHN, M., ASCH, F., 1999. Phenological responses of *Oryza sativa* , *O. glaberima* and interspecific rice cultivars in West African ecosystems. *Euphytica*, in press.
- DINGKUHN,M.,SCHNIER,H.F.,DEDATTA,S.K,DOERFFLING,K.,JAVELL ANA,C., 1991. Relationship between ripening phase productivity and crop duration, canopy photosynthesis and senescence in transplanted and direct seeded lowland rice. *Field Crops Res.***26**, pp: 327-345.
- DINGKUHN, M., JONES, M.P., JOHNSON, D. F., SOW, A., 1998. Growth and yield potential of *Oryza sativa* and *O. glaberima* upland rice cultivars and their interspecific progenies. *Field Crops Res.* **57**, pp: 57- 69.
- DINGKUHN, M., JOHNSON, D. F., SOW, A., AUDEBERT; A.Y., 1999. Relationship between upland rice canopy characteristic and weed competitiveness. *Field Crops Res.***61**; pp: 71-95.
- DINGKUHN, M., ASCH ,F.,1999. Phenological responses of *Oryza sativa*, *Oryza glaberima* and interspecific rice cultivars in West African ecosystems. *Euphytica*,in press.

- DONG, M., 1993. Morphological plasticity of the clonal herb *Lamiastrum galeobdolon* (L.) Ehrend et Polatscheck In response to partial shading. *New phytologist*. **124**, pp: 291-300.
- CORNELISSEN, J.H.C., 1992. Seasonal and year to year variation performance of *Gordonia acuminata* seedlings in different light environments. *Canadian journal of botany*. **70**, pp: 2405-2414.
- EVANS, G.C., 1999. The quantitative analysis of plant growth. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publication.
- FIELD, MOONEY, H.A., 1986. In on the Economy of Plant form and Function .ed. Givnish , T.P., pp: 25-55.
- HARI K. PANDE 1997, consultant FAO avec la contribution de DAT VAN TRAN TRINH TON THAT agronomes spécialistes du riz. Division de la production végétale et de la protection des plantes. Systèmes améliorés de riziculture pluviale. Rome.
- GARNIER, E., FREIJSEN, A.H.J. 1994. On ecological inference from laboratory experiments conducted under optimum conditions. In: Roy, J., Garnier, E.; Whole plant perspective on carbon - nitrogen interactions .the Hague; the Wetherlands: SPB Academic Publishing; pp: 267- 292.
- GARNIER; E., CORDONNIER, P., GUILLERM; J.L., SONIE, L. , 1997. Specific Leaf Area and leaf nitrogen concentration in annual and perennial grass species growing in Mediterranean old – field. *Oecologia*. **111**, pp: 490-498.
- GUNN, S., FARRAR, J.F., COLLIS, B.E., NASON, M., 1999. Specific Leaf Area in barley: individual leaves versus whole plant. School of biological Sciences; University of Wales; Bangor, Gwynedd LL572UW, UK. *New Phytol*, **143**, pp: 45-51.
- JOHNSON, D. F., DINGKUHN, M., JONES, M.P., MAHAMANE, M.C., 1998a. The influence of rice plant type on the effect of weed competition on *Oryza sativa* and *O. glaberrima*. *Weed Res.* **38**, pp: 207-216.
- JOHNSON, D. F., DINGKUHN, M., JONES, M.P., MAHAMANE; M.C., 1997. the response of *Oryza sativa* and *O. glaberrima* and interspecific hybrid rice cultivars to weed competition. Proc. 1997 Brighton Crop Protection Conference. The British Crop protection council, Farnham; Surrey; UK, pp: 197- 202.
- LAMADE, E., 1997. Méthode rapide de mesure de l'indice foliaire du palmier à l'huile. *Plantations, Recherche, Développement*, **4**(6), pp: 385- 389.
- LEDENT, J.F., GIRARDIN, P., 1995. Ecophysiologie et amélioration des plantes, une relation utile? In dans quel avenir pour l'amélioration des plantes. Ed. AUPELF- UREF. *John Libbey Eurotext*, Paris, pp : 23-30.

- LIU,T., ZHANG,C. , YANG ,G., ZENG,H., YIN,C., . Central composite design based analysis of SLA and related agronomics factors in cultivars of rapeseed (*Brassica napus L.*). *Field Crops Research* 111 (2009), pp : 92-96.
- NIINEMENTS, U., 1997. Role of foliar nitrogen in light harvesting and shade tolerance of four temperate deciduous woody species. *Functional Ecology*. **11**, pp: 518- 531.
- POORTER, H., DE JONG, R., 1999. A comparison of Specific Leaf Area; chemical composition and leaf construction costs of field plants from 15 habitats differing in productivity. *New Phytologist*. **143**, pp: 163- 176.
- POORTER, H., GARNIER,E., 1999. Ecological significance of inherent variation in relative growth rate its components. Handbook of functional Plant Ecology. Eds: PUGNAIRE,F.I., VALLADARES,F, pp: 81-120.
- PONS , T.L., PEARCY, R.W., 1994. Nitrogen reallocation and photosynthetic acclimation in response to partial shading in soybean plants. *Physiologia plantarum* . 92, pp: 636-644.
- POPMA, J., BONGERS, F., 1988. The effect of canopy gaps on growth and morphology of seedling of rain forest species. *Oecologia* .**75**, pp: 625-632.
- RABEZANDRINA, R., 1985. Régénération des sols ferrallitique dégradés par le fumier et les engrais verts . Cours National de formation en aménagement des sols. 27 juin- 6 juillet 1985.
- Rapport annuel ANDRAO 2000 (points saillants des activités). Développement de modèles informatiques pour la compétition riz- adventices au Sahel pp: 39-43.
- ROUMET, C., BEL,M.P., SONIE,L.J., JARDON,F., 1996. Growth responses of grasses to elevated CO₂: physiological plurispecific analysis . *New phytol.*133, pp: 595-603.
- REICH, P.B., ELLSWORTH, D.S., WALTERS, M.B., VOSE, J.M., GRESHAM, C., VOLIN, J.C., BOWMAN, W.D., 1999. Generality of leaf trait relationships: a test across six biomes. *Ecology* .**80**, pp: 1955-1969.
- REICH, P.B. ,WALTERS, M.B., ELLSWORTH, D.S.,1992 . Leaf lifespan in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological monographs*. **62**, pp: 365- 392.
- Risham BADROUDINE ,2008 . Madagascar suspend l'exportation de riz. témoignages du jeudi 5 juin 2008.

- RYSER, P., NOTZ, R., 1996. Competitive ability of three ecologically contrasting grass species at low nutrient supply in relation to their maximal relative growth rate and tissue density. *Bulletin of the Geobotanical Institute ETH Zurich*; 62, pp: 3-12
- SHIPLEY; B., 1995. Structured interspecific determinants of Specific Leaf Area in 34 species of herbaceous angiosperms. *Functional Ecology*. **9**, pp: 312-319.
- SHIPLEY; B., MEZIANE, D., 1998. In LAMBERT,H., POORTER,H., VAN VUUREN,M.M.I., Inherent variation in plant growth, physiological mechanisms and ecological consequences. Leiden, the Netherlands: Blackhuys, pp: 393- 408.
- SIMON, J.C., 1985. La reconnaissance des formes algorithmes. Paris, New jour.Eds: Marson. 251p.
- SCHNIER,H.F, DINGKUHN,M., DEDATTA, S.K., MENGEL, K., WINJANGCO, E., JAVELLENA, C.,1990. Nitrogen economy and canopyCO₂ assimilation in tropical lowland rice . *Agron.J.***82**, pp: 451-459.
- TURNER, N.C., NICOLAS, M.E., 1987. Drought resistance of wheat for light: Textured soil in Mediterranean climate. *In*: Srivastava, J.P. et al. Drought tolerance in winter cereals. CCSHAU, Hisar, and MMB, New Delhi, pp: 203-216.
- WEIHER, E., VAN DER WERF, A., THOMPSON, K., RODERICK, M. , GARNIER; E., ERICKSON, O.; 1999. Challenging Theophrastus: a common core list of plant trait for functional ecology. *Journal of vegetation Science*. **10**, pp: 609-620.
- WESTOBY, M., 1998. A Leaf Height Seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and Soil*, **199**, pp: 213-227.
- WESTOBY, M., FALSTER,D.S., MOLES,A.T., VESK,P.A., WRIGHT, I.J.(2002).Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annual review of ecology and systematic*, **33**, pp: 125-159.
- WHAN, B.R., CARLTON, G.P., SIDDIAUE, K.H.M., REGAN, K.L.; TURNER; N.C., ANDERSON, W.K.; 1993. Integration of breeding and physiology: lessons from a water limited environment. *In* : Bruxton , D.R. et al : international crop Science . I. proc. Int. crop Sci. Congr, Ames, IA, 14 – 22 July 1992, CSSA, Madison, WI, pp: 607-614.
- WRIGHT, I.J., WESTOBY, M., 2002. Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure lifespan and physiology . *New phytol.***155**, pp: 403-416.

REFERENCE WEBIOGRAPHIQUES:

- [http:// fr.wikipedia.org/wiki/oryza](http://fr.wikipedia.org/wiki/oryza)
- [http:// www.nature.com/nature](http://www.nature.com/nature)

- Risham BADROUDINE 2008: [http:// www.temoignages.re/spip.php?](http://www.temoignages.re/spip.php?)
- [http:// www.cirad.mg](http://www.cirad.mg)

ANNEXES

ANNEXES I : LES CARACTERISTIQUES DES VARIETES DE RIZ PLUVIAL

B22 (FOFIFA)

- Adaptation à moyen altitude
- Variété brésilienne

BOTRAMAINTSO (FOFIFA)

- Adaptation à moyen altitude
- Tardive
- Variété locale
- Vigueur important

CHHOMRONG DHAN (Principales caractéristiques des variétés de riz pluvial d'altitude multipliées par SCRID en 2007-2008)

- Points forts : origine Népal
- Points faibles : 4368
- Parents : grand, érigé, panicule bien dégagée, longue et lâche, grains bicolore à apex violet foncé et péricarpe rouge, tige colorée plus ou moins rayée
- Type de grain : rond
- Aristation : aristulé
- Hauteur : 125 cm
- Cycle : semi- précoce
- Production potentielle : très bonne
- Points forts : résistance aux maladies, adaptation à haute altitude, grain rouge, résistance.
- Points faibles : sensible égrenage

FOFIFA 161 (Principales caractéristiques des variétés de riz pluvial d'altitude multipliées par SCRID en 2007-2008)

- Origine : IRAT 114 x FOFIFA 133 (URP SCRID Madagascar)
- Cycle cultural : 155 jours
- Région de culture : haute altitude
- Adaptation à la culture pluviale
- Grains demi- ronds, gros
- Résiste à la verse, tolère à la pyriculariose

FOFIFA 167 (Principales caractéristiques des variétés de riz pluvial d'altitude multipliées par SCRID en 2007-2008)

- **Parents** : CA 148 x Shin El
- **N° collection nationale** : 4362
- **Principales caractéristiques physiques** : plante haute à tige blanche à la base, feuille fine
- **Type de grain** : medium
- **Aristation** : mutique
- **Hauteur** : 115 cm
- **Cycle** : tardif
- **Production potentielle** : très bonne
- **Points forts** : productivité, bon tallage, bonne couverture du sol.
- **Points faible** : tardif et risque de verse

FOFIFA 172 (Principales caractéristiques des variétés de riz pluvial d'altitude multipliées par SCRID en 2007-2008)

- **Parents** : IRAT 265 x jumli Marshi
- **N° collection nationale** : 4370
- **Principales caractéristiques physiques** : grain medium bicolore (brun et paille) à barbe brun et péricarpe rouge, feuilles fines horizontales
- **Type de grain** : medium
- **Aristation** : barbe brune courte
- **Hauteur** : 95cm
- **Cycle** : précoce
- **Production potentielle** : bonne
- **Points forts** : résistance aux maladies, adaptation à haute altitude, grain rouge, précocité de tallage
- **Points faibles** : sensible à l'égrenage

IRAT 112 (FOFIFA)

- **Numéro de collection** : 3290
- **Origine** : cote d'Ivoire (hybride d'IRAT 113x Dourado précoce)
- **Cycle** : 110 à 115 jours
- **Aptitudes culturale** : pluviale

- **Hauteur** : 110 à 120 cm
- **Port de la plante** : érigé
- **Type de graine** : long
- **Verse** : assez bonne
- **Tolérance à la pyriculariose** : bonne
- **Rendement moyen** : 3.5t/ha
- **Région de culture** : moyen Est, lac Alaotra , Anketrakabe , Côte Est
- **Port de la feuille paniculaire** : dressée
- Grain d'excellente qualité
- Variété à bonne plasticité, précoce et productivité

NERICA 4 : (Monty Jones, 2003)

• **Produit à partir de deux espèce de riz asiatique** : *Oryza sativa* et Africaines (*oryza glaberima* par hybridation)

- Robuste
- Résistant aux maladies et aux insectes
- S'adapte au sol pauvre et à la sécheresse
- Panicule longue avec des branches fourchues pouvant porter jusqu'à 400 grains
- Mûrit rapidement
- **Rendement moyen** : 2.5t/ha à un faible taux d'intrant
- **Rendement maximal** : 5t/ha ou plus avec juste une amélioration minimale de

l'utilisation d'engrais.

PRIMAVERA (FOFIFA)

- Adaptation à basse altitude
- Variété brésilienne

WAB 878 (FOFIFA)

- Origine : ANDRAO

ANNEXE II :Tableau de l'analyse de variance pour l'effet de la position de la feuille

source de variation	ddl	somme des carrés	moyenne des carrées	F calculé
entre les groupes	4	717,6	179,4	5,36
à l'intérieur du groupe	45	1505,89	33,46	

D.d.l : degré de liberté

F : FISHER

F de la table : 2.61

ANNEXE III : Tableau de résumé de la représentation de l'analyse de variance

source de variation	ddl	somme de carré	moyenne des carrés	F Calculé
Variétés A	10	234,14	26,02	1,36
Date de semis B	1	24	2,4	0,12
Interaction AB	9	169	18,78	0,99
Intérieur des groupes	20	765,46	19,14	

D.d.l : degré de liberté F : FISHER

F de la table : 2.61

Title: Determination of the Specific Leaf Area (SLA), relationship to physiological functioning in ten varieties of rainfed rice.

Author: N I R Y Fenosoa Sylvia

Abstract

The Specific Leaf Area (SLA) is defined as the area per unit of weight of the leaf.

SLA is a physiological parameter used in agronomy. In our experiment, ten varieties of rainfed rice were selected for its determination by using either a whole leaf, or a foliar disc of rather large size (1,328 cm²); its value decreases according to the position of the leaf upwards of the stem. It is an architectural parameter depending on the area and on the foliar architecture. Leaves with high SLA are thin, the plant has a strong tillering and is tall ; on the other hand those which have a low SLA are of small size and have thick leaves. Depending on the phenologic stage of the plant, the SLA is high at the vegetative stage (tillering) during which the leaf area is wide but the foliar dry weight is low; the plant is in full vegetative growth and tiller development. At the reproductive stage, the SLA decreases, the leaf area remains constant but the dry weight increases. Assimilates and synthetates ensure the development of the reproductive organs of the plant. At the maturity stage, it decreases quickly due to the senescence of the leaf but the foliar dry weight increases because of the degradation and the accumulation of the dry matters in the leaves; leaves with weak SLA have high SPAD (Soil Plant Analysis Development) values. The SLA is positively correlated with the LAI.

Key words: rainfed rice, SLA, LAI, SPAD

Supervisors: DOCTOR Julie DUSSERE

DOCTOR Eliane RALAMBOFETRA

**Titre : Détermination de la Surface Spécifique Foliaire (SSF),
relation avec le fonctionnement physiologique chez dix variétés de riz
pluvial.**

Auteur : **NIRY** Fenosoa Sylvia

Résumé

La Surface Spécifique Foliaire (SSF) est la surface par unité de poids de la feuille. Elle est un paramètre physiologique utilisé en agronomie. Dans notre expérience, dix variétés de riz pluvial ont été choisies pour sa détermination en utilisant soit une feuille entière, soit un disque foliaire de taille assez grande (1,328 cm²). La valeur de la SSF diminue suivant la position de la feuille de bas en haut de la tige. Elle est un paramètre architectural dépendant de la surface et de l'architecture foliaire. Les feuilles à SSF élevée sont fines, la plante a un fort tallage et de haute taille, par contre celles qui possèdent une SSF faible ont une faible taille et des feuilles épaisses. Selon le stade phénologique de la plante ; la SSF est élevée au stade végétatif (tallage), durant lequel les surfaces foliaires sont larges mais les poids secs foliaires sont faibles ; la plante est en pleine croissance végétative et développement des talles. Au stade reproductif, la SSF diminue, les surfaces foliaires restent constantes mais le poids secs augmente, les assimilats et les synthétases assurent le développement des organes reproducteurs de la plante. Au stade de maturation, elle diminue rapidement due à la sénescence de la feuille mais le poids secs foliaires augmente à cause de la dégradation et l'accumulation des matières sèches dans les feuilles ; les feuilles à SSF faible ont des valeurs SPAD (Soil Plant Analysis Development) élevées. La SSF est corrélée positivement avec le LAI (Leaf Area Index : indice foliaire).

Mots clés : Riz pluvial ; SSF ; SPAD ; LAI

Rapporteurs : DOCTEUR Julie DUSSERRE

DOCTEUR Eliane RALAMBOFETRA