

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme ombro-thermique de la zone d'étude

Figure 2 : Distribution des indices de direction en fonction des valeurs de nombre d'impacts

Figure 3 : Distribution des indices de direction en fonction des valeurs de nombre d'impacts racinaires pour le premier prélèvement (P1 – Campagne 06-07)

Figure 5 : Distribution des indices de direction en fonction des valeurs de nombre d'impacts racinaires pour le troisième prélèvement (P3 – Campagne 06-07)

Figure 6 : Nombre d'impacts racinaires mesurés en fonction de la profondeur du profil à trois périodes du cycle : à 40 jours après semis vers début tallage, à 95 JAS à début montaison et à 130 JAS à fin floraison (Campagne 2006-07)

Figure 7 : Comparaison du nombre d'impacts racinaires mesurés en fonction de la profondeur du profil entre systèmes de culture et fertilisations (Campagne 2005-06)

Figure 8 : Comparaison de la densité apparente du sol (g/cm<sup>3</sup>) mesurée en fonction de la profondeur du profil entre systèmes de culture (Campagne 2005-06)

Figure 9 : Comparaison de la densité apparente du sol (g/cm<sup>3</sup>) mesurée en fonction de la profondeur du profil entre systèmes de culture (Campagne 2005-06)

Figure 10 : Evolution de la tension hydrique du sol (mb) mesurée à différentes profondeurs pour les deux modes de gestion (Campagne 2006-07)

Figure 11 : Evolution des valeurs SPAD par mode de gestion pour la campagne de mesure 2006-2007

Figure 12 : Evolution de la biomasse aérienne (t/ha) par mode de gestion du sol pour la campagne de mesure 2006-2007

Figure 13 : Rendement (t/ha) obtenus par systèmes et fertilisation pour la campagne de mesure 2005-2006

Figure 14 : Rendement (t/ha) obtenus par modes de gestion du sol pour la campagne de mesure 2006-2007

Cliché1 : Etude du système racinaire du riz par la méthode de la grille

Cliche 2 : Prélèvement des cubes : photo1 position des cubes avant le prélèvement ; photo 2,3 extraction des cubes

## LISTE DES ABREVIATIONS

C.A.H :	Complexe argilo-humique
C.E :	Coefficient de passage expérimental
C.O :	Coefficient du nombre d'impacts à la longueur théorique
Da :	Densité apparente
DLR :	Densité de longueur racinaire
DLR c :	Densité de longueur racinaire mesuré
DLRm :	Densité de longueur racinaire mesurée
FOFIFA :	Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural ou FOibem-pirenena momban'ny Fikarohana ampiarana amin'ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra
Ha :	Hectare
H :	Face horizontal du cube
JAS :	Jours Après Semis
LAB :	Labour
L :	Face longitudinal du cube
LAI :	Leaf area index
MAEP :	Ministère de l'agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
NI :	Nombre d'Impact racinaire
Nim :	Nombre d'Impact racinaire moyens
Nit :	Nombre d'Impact racinaire sur la face transversal
NPK :	Engrais minéral (Azote, phosphore et potassium)
O <sub>2</sub> :	Oxygène
P (x, y, z) :	Indice de direction préférentielle des racines
R3 :	Système de culture (riz/maïs + Brachiaria)
R4 :	Système de culture (riz – vesce/maïs + soja – vesce)
SRA :	Système de riziculture améliorée
SRI :	Système de riziculture intensive
SCV :	Système de culture sur couverture végétale
t :	tonne
t/ha :	tonne/ha
T :	Face transversale du cube
URP/SCRID :	Unité de recherche en Partenariat/Système de culture et riziculture durable

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	- 6 -
Partie I : CONTEXTE DE L'ETUDE.....	- 8 -
I.1 Contexte rizicole à Madagascar .....	- 8 -
I.2 Techniques culturales.....	- 8 -
I.3 La riziculture pluviale .....	- 9 -
I.3.1 Importance de la riziculture pluviale .....	- 9 -
I.3.2 Les contraintes .....	- 9 -
Partie II : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE : impact des caractéristiques du sol sur le système racinaire, modèle d'étude d'enracinement .....	- 12 -
II.1 Le système racinaire du riz pluvial.....	- 12 -
II.1.1 Caractéristiques du système racinaire du riz .....	- 12 -
II.1.2 Intérêt de l'étude du système racinaire .....	- 13 -
II.2 Les caractéristiques du sol.....	- 14 -
II.2.1 Les propriétés physiques du sol.....	- 14 -
II.2.2 Les propriétés chimiques du sol .....	- 15 -
II.3 Influences des facteurs physiques du sol sur l'enracinement .....	- 16 -
II.3.1 Texture.....	- 16 -
II.3.2 Porosité .....	- 16 -
II.3.3 Structure.....	- 16 -
II.3.4 L'eau.....	- 17 -
II.4 Influences des modes de gestion du sol sur l'enracinement .....	- 17 -
II.4.1 Le labour.....	- 18 -
II.4.2 Le SCV .....	- 18 -
II.5 Méthodes de mesures du système racinaire.....	- 19 -
II.5.1 Les différentes méthodes .....	- 19 -
II.5.2 La méthode choisie : Evaluation de la densité de longueur racinaire à partir d'observation de point d'impact sur un profil racinaire .....	- 20 -
BUT DE L'ETUDE.....	- 21 -
Partie III : Matériels et méthodes .....	- 23 -
III.1 Condition générale de l'expérimentation .....	- 23 -
III.1.1 Le climat.....	- 23 -
III.1.2 Le site d'intervention .....	- 23 -
III.1.3 Le sol .....	- 24 -
III.1.4 Matériel végétal.....	- 24 -
III.1.5 Le dispositif expérimental .....	- 24 -
III.1.6 Conduite de la culture.....	- 24 -
III.2 METHODOLOGIE.....	- 25 -
III.2.1 La méthode d'étude du système racinaire .....	- 25 -
III.2.2 Mesures effectuées .....	- 27 -
Partie IV : Résultats et discussion .....	- 30 -
IV.1 Résultats pour l'ajustement du modèle .....	- 30 -
IV.1.1 Rappel des résultats obtenus lors de la calibration en 2006.....	- 30 -
IV.1.2 Résultats de la validation en 2007.....	- 32 -
IV.2 Résultats de la caractérisation du système racinaire .....	- 35 -
IV.2.1 Dynamique de croissance racinaire, données 2007.....	- 35 -
IV.2.2 Comparaison de traitements, données 2006 : 3 systèmes et 2 fertilisations ....	- 36 -
IV.3 Analyse des caractéristiques du sol et des relations système racinaire – partie aérienne (biomasse, statut azoté, rendement), données 2006 et 07 .....	- 38 -

IV.3.1 Caractéristiques du sol : densité apparente, statut hydrique .....	- 38 -
IV.3.2 Relations système racinaire – partie aérienne de la culture .....	- 41 -
IV.3.4 limites de l'étude .....	- 44 -

## INTRODUCTION

La performance de l'agriculture malgache repose en grande partie sur la riziculture. En majorité, c'est celle irriguée qui domine; soit 80% de la surface totale (MAEP, 2006). Mais la production n'arrive pas à couvrir les besoins nationaux.

Sur les Hautes Terres malgaches, en raison de la saturation des bas-fonds, les paysans recourent aux cultures pluviales sur Tanety (versant des collines) dépendantes des pluies. La riziculture pluviale s'est introduite dans la région de Vakinakaratra vers les années 80, avec pour but de compléter la riziculture aquatique. Cependant, elle s'affronte à de nombreux problèmes, tels que la nature du sol des Tanety (sol ferrallitique), sensible à l'érosion et aggravée par la pente, et les techniques traditionnelles de travail du sol pratiquées par les producteurs. Ainsi l'objectif de satisfaire de façon durable la demande ne peut pas être réalisé.

L'Unité de Recherche en Partenariat « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables (URP SCRiD) regroupant le CIRAD, le FOFIFA et l'Université d'Antananarivo conduit une recherche pour résoudre ces contraintes. Elle travaille sur plusieurs volets tels que: l'entomologie, la phytopathologie, l'agronomie, la sélection variétale, l'économie et l'écophysiologie. En effet, elle étudie une technique : un système de culture sous couverture végétale sans travail du sol ou zéro labour qui est adapté à notre écosystème fragile. Pour évaluer et améliorer cette technique, elle s'intéresse aux effets du mode de gestion du sol (avec ou sans labour) sur la croissance et le développement du peuplement de riz pluvial. Un des points, peu étudié, est l'effet du mode de gestion du sol sur le développement du système racinaire, alors que cet élément est important pour évaluer à la fois, la qualité agronomique d'un état du sol et le fonctionnement du peuplement végétal.

Nous avons choisi de travailler à partir d'une méthode de caractérisation du système racinaire développée sur le maïs (Chopart et Siband, 1999), qui permet d'estimer une densité de longueur racinaire et un taux d'exploration à partir de mesures d'impacts relevés sur un profil cultural. Notre objectif est alors de valider ce modèle sur l'enracinement du riz pluvial afin de pouvoir mettre à terme une méthodologie simple et solide pour caractériser le système racinaire des espèces cultivées.

Ainsi, l'ordre suivant a été choisi pour présenter cette étude :

La première partie parlera du contexte et de la présentation de l'étude. Puis avant d'évoquer l'objectif, la deuxième partie présentera la synthèse bibliographique sur le fonctionnement et

les méthodes de mesure de système racinaire. Ensuite, la troisième partie traitera les matériels et méthodes utilisées. Enfin, la quatrième partie illustrera les résultats et discussions et on terminera par des perspectives.

## **Partie I : CONTEXTE DE L'ETUDE**

### **I.1 Contexte rizicole à Madagascar**

Le riz est toujours la principale culture des malgaches en termes d'occupation de superficie. Il est cultivé sur une surface estimée à 1 140 087ha (MAEP 2006) occupant 70% de l'exploitation agricole totale.

La production annuelle est au voisinage de 3 400 000 t de paddy. Les rendements varient de 1.5 à 2 t/ha mais parfois il peut atteindre 18t/ha en technique améliorée. Ces six dernières années, la production est en augmentation sauf pour l'année 2004 à cause du cyclone. Bien qu'en évolution croissante, elle n'arrive pas à couvrir les demandes de la population dont la croissance est plus intense que celle de la production de paddy.

Ainsi pour pallier l'insuffisance, Madagascar importe régulièrement du riz des pays asiatiques tels la Thaïlande, le Pakistan, l'Inde, ou le Vietnam.

Les différents types de riziculture à Madagascar sont divers mais on les regroupe en 2 grands systèmes :

La riziculture sèche telle que le système itinérant « tavy » ou culture sur brûlure, le riz pluvial sur colline et la riziculture sèche permanente du « baibofo » ;

La riziculture aquatique telle la riziculture de bas fond avec partielle maîtrise de l'eau et celle avec parfaite maîtrise de l'eau.

### **I.2 Techniques culturales**

Les techniques traditionnelles sont dominantes. Elles sont caractérisées par la faible utilisation des intrants peu performants (peu d'engrais et un emploi des semences non améliorées).

Les nouvelles méthodes comme le SRI (système de riziculture intensive, c'est-à-dire repiquage de jeunes plants de 8 jours) et le SRA (système de riziculture améliorée ou repiquage en ligne) sont vulgarisées par l'Etat pour améliorer la production. Avec ces procédés, on peut atteindre un rendement de 8 à 18 t/ha.

La faible performance de la riziculture malgache est due principalement :

- ❖ à la faible maîtrise de l'eau et celle des adventices,
- ❖ à la faible utilisation de semences améliorées et engrais,

- ❖ à la moindre utilisation de la traction animale et équipements agricoles,
- ❖ aux aléas climatiques,
- ❖ à l'insuffisance de l'investissement,
- ❖ et enfin à l'insécurité et à l'enclavement des zones productives.

## **I.3 La riziculture pluviale**

### **I.3.1 Importance de la riziculture pluviale**

Le riz pluvial est cultivé en complément du riz irrigué. Ainsi, il ne représente qu'un faible part de la surface et de la production rizicole totale. Soit 10% de la superficie totale et moins de 10% de la production. Le rendement est plus faible par rapport à celui du riz aquatique.

Le climat des Hautes Terres est caractérisé par une saison chaude et pluvieuse, qui alterne avec une saison sèche et fraîche. Pour cette raison, il ne se pratique qu'une campagne rizicole dans l'année. Mais la riziculture pluviale présente des potentialités intéressantes. Elle permet une extension des zones cultivées dans les régions à forte pression foncière. Dans certains cas où les paysans ne possèdent pas de parcelle en bas fond, le riz pluvial peut substituer celui du riz irrigué.

Dans certaines régions, le riz pluvial n'est qu'une culture de subsistance (cas de Vakinakaratra). Mais au contraire, dans le moyen ouest d'Antananarivo, il tient une place importante, en tant que culture de rente. Alors dans cette région, il occupe une grande surface et la production est importante.

### **I.3.2 Les contraintes**

La riziculture pluviale se heurte à plusieurs contraintes :

- ❖ Sociale : il existe une dualité entre le bas fond et le « tanety ». Les agricultures priorisent le premier à cause de la tradition.
- ❖ Agronomique :

Le travail manuel freine la productivité et bride les potentialités de la riziculture pluviale. Par ailleurs, les variétés de riz performantes au dessus de 1400m sont peu diffusées.



Les mauvaises herbes constituent l'une des principales contraintes du riz pluvial et nécessitent une lutte constante. On ne bénéficie pas comme en riziculture aquatique des moyens efficaces que sont le repiquage et la submersion.

De plus, la baisse de la fertilité des sols est un problème majeur. Dans le système itinérant, les cultures bénéficient de réserve cumulée sous forêt et des apports des brûlis. Mais cette fertilité n'est que temporaire. En absence de fertilité complémentaire et de restitution des résidus de récolte, elle est assez vite insuffisante, s'ensuit alors à un chute important des rendements. La jachère étant le seul mode de régénération connu des paysans.

❖ Environnementale :

En majorité, le sol est de nature ferralitique, peu fertile, et sensible à l'érosion. Cela entraîne l'ensablement des parcelles en aval.

❖ Climatique :

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 les rendements l'en ressentiront. Il y a donc lieu de chercher à cultiver de préférence le riz pluvial là où les sols sont les meilleurs, là où les pluies sont abondantes et les mieux distribuées. Il est également prudent d'utiliser les variétés qui supportent le mieux les aléas climatiques.

❖ Les maladies et ennemis :

Certaines maladies sont très dangereuses pour le riz. La plus grave est la *Pyricularia oryzae* qui est une maladie cryptogamique. Elle détruit totalement la culture en cours de végétation chez les variétés très sensibles. Elle attaque surtout les feuilles et les panicules.

Concernant les insectes, les principaux dégâts aux cultures sont causés par celles qui attaquent les tiges, les feuilles et les racines. Les plus redoutables sont les *Heteronichus sp* (Fano) qui sont des insectes terricoles attaquant les racines.

## CONCLUSION PARTIELLE

Bref, la riziculture occupe une place importante de l'économie nationale du pays. C'est le riz irrigué qui domine la production rizicole. Cependant, ce type de culture est

confronté à de nombreuses contraintes. Ce qui incite les agriculteurs à le substituer aux cultures pluviales. Par conséquent, le riz pluvial est un complément du riz irrigué.

## **Partie II : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE : impact des caractéristiques du sol sur le système racinaire, modèle d'étude d'enracinement.**

### **II.1 Le système racinaire du riz pluvial**

#### **II.1.1 Caractéristiques du système racinaire du riz**

##### **❖ Description générale du système racinaire du riz**

Comme toutes les graminées, le système racinaire du riz est de type fasciculé. Il est composé de trois types de racines : les racines séminales, qui émergent de la graine dès la germination ; les racines primaires, qui sont émises au niveau du plateau de tallage par chaque nœud, et les racines secondaires, qui sont des ramifications des racines primaires (dites racines latérales).

En générale, on compte plus de 2000 racines par plant, portant chacune 10 à 30 radicelles dotés de poils absorbant (H HUBERTS). Leur durée de vie est courte, elles deviennent inactives à partir de la maturation des grains. En condition favorable, certaines racines peuvent atteindre 1m et plus de profondeur (YOSHIDA cité par BOUSQUET, 99).

##### **❖ La croissance racinaire**

Les racines se développent par accroissement de la longueur et de l'épaisseur et par émission de nouvelles racines par les racines les plus âgées. Cette croissance est fonction du méristème apical localisé dans la zone d'élongation de cellule des racines : c'est la croissance primaire ou principale qui permet la croissance verticale.

A la germination, les racines croissent vers le bas sous l'effet du géotropisme positif, opposable à l'héliotropisme de la tige qui la pousse à croître vers la source de lumière. Ceci paraît vrai pour les pivots, il s'agit plutôt d'une tendance pour les autres racines qui présentent une disponibilité oblique, voire horizontale.

Les racines manifestent à l'égard du milieu humide un hydrotropisme positif. En effet, elles se dirigent toujours vers l'eau. Elles présentent également un chimiotropisme positif vis-à-vis de l'oxygène. Ces constatations expliquent l'orientation des racines dans le sol.

La croissance secondaire se produit à partir du cambium vasculaire et cortical qui permet la croissance en diamètre des racines

### ❖ Conditions et facteurs nécessaires à la croissance et au développement racinaire

Les facteurs de croissance sont les éléments du milieu qui interviennent directement dans la fabrication de la matière sèche. Ce sont l'eau, l'oxygène et les éléments nutritifs.

Les conditions de croissance sont les caractéristiques du milieu qui influent sur le fonctionnement de la plante. Ce sont la température, la structure du sol, l'absence d'obstacle, des substances toxiques ou de parasite, la génétique de la plante ( Michel Bonnefoy et al. 1990) et les conditions de culture telles que la densité du semis.

D'après PUARD et al., le système racinaire croît dans toutes les directions mais son potentiel de développement dépend :

- du facteur génétique,
- des facteurs environnementaux tels que l'aération du sol, la quantité d'eau disponible dans le sol, la richesse en élément nutritifs, la structure du sol et enfin le mode de gestion du sol,
- des conditions climatiques globales telles que le stress thermique, l'intensité de la demande évaporative
- des conditions de culture : densité de semis, les maladies,....

### ❖ Rôles du système racinaire

La racine est un organe vital de la plante, son rôle est donc fondamental :

- elle sert à fixer la plante au sol : « rôle d'encrage ».
- elle assure l'absorption de l'eau et des éléments minéraux dans le sol et leur transport dans la plante nécessaire à sa croissance, et à la photosynthèse dans les feuilles.

Au sein du sol : elle participe au bilan organique et au maintien de la fertilité du sol. Parfois c'est la seule restitution régulière du sol dans les zones tropicales. Et en plus elle contribue à la création et au maintien de la structure du sol.

## II.1.2 Intérêt de l'étude du système racinaire

Etudier l'état d'enracinement d'un peuplement végétal à une date donnée ou son évolution au cours du temps, pose un certain nombre de difficultés d'ordre pratique. En effet, il existe un déséquilibre entre les connaissances relatives entre les parties aériennes et celles décrivant l'appareil souterrain.

Or il est indispensable d'évaluer les caractéristiques racinaires pour compléter la connaissance sur la partie aérienne afin de comprendre mieux le fonctionnement du végétal.

En outre, la caractérisation du système racinaire est un bon outil de diagnostic rapide de qualité agronomique d'un état du sol, de pronostiquer le comportement du végétal et des effets d'une intervention culturale. Par conséquent, il a intérêt pour l'étude de l'effet de mode de gestion du sol sur la nutrition de la plante.

## **II. 2 Les caractéristiques du sol**

Afin de comprendre les interactions entre le sol et les racines, un aperçu sur tous les aspects physique, chimique, biologique du sol peut être utile.

### **II.2.1 Les propriétés physiques du sol**

D'abord, les propriétés physiques du sol dépendent naturellement des proportions relatives des éléments constitutants (sable, argile, limon), mais aussi de la façon dont ces éléments sont associées entre eux.

#### **II.2.1.1 La texture**

Le sol est constitué par des particules minérales et organiques de taille diverse. C'est la taille de particules et aussi les proportions des éléments constitutants qui conditionnent la texture.

Les classes de texture sont généralement données par des diagrammes triangulaires<sup>1</sup>, divisés en zones de texture déterminée. Mais on peut distinguer quelques types de texture.

A savoir le sol à texture argileuse ou lourde dont la proportion de particules argileuses est forte, le sol à texture sableuse et limoneuse dont respectivement les proportions de sable et limon sont dominantes.

#### **II.2.1.2 La structure**

Par contre, la structure correspond au mode d'assemblage de ces particules.

---

<sup>1</sup> Il permet une identification graphique des textures issues des compositions granulométriques possibles des sols.

Lorsqu'elles s'agglutinent en agrégats, on aura un sol à l'état flocculé et la structure est dite fragmentaire.

Contrairement, si elles demeurent indépendantes les unes des autres, la structure est dite particulaire. Enfin, si l'ensemble du sol est constitué en bloc c'est-à-dire compact, la structure est dite massive ou continue.

Notons que la structure n'est pas une valeur constante, elle varie dans le temps, avec la saison, en fonction de l'humidité et sous l'effet de la culture. Alors que sa stabilité est une caractéristique physique du sol importante ; elle est surtout fonction de la quantité et de la forme de la matière organique présente. Elle est souvent associée à l'activité biologique du sol.

Ces deux notions commandent les caractéristiques physiques du sol, entre autres la porosité et le comportement du sol vis-à-vis de l'eau et de l'air.

### **II.2.1.3 La porosité**

Il faut entendre par porosité la fraction de l'unité de volume du sol en place, qui n'est pas occupée par les matières solides. Cette espace lacunaire se répartit en trois grandes parties suivant leur volume : les macroporosités ( $6\mu$  à  $0,2\text{mm}$ ) qui seront utilisées pour la circulation de l'air et de l'eau, les microporosités ( $0,2\mu$  à  $6\mu$ ) qui serviront pour le stockage de l'eau et une porosité très fine appelée porosité matricielle ( $d < 0,2\mu$ ).

Cette porosité est étroitement liée à la densité apparente du sol sec en place. Cette densité est en moyenne de 1,45 ; ce qui correspond à une porosité de 45%. Elle peut atteindre 1.8 dans le sol très compact (porosité 32%).

Elle est donnée par la formule suivante :  $P \% = 100 [1 - \text{densité apparente} / \text{densité réelle}]$

### **II.2.2 Les propriétés chimiques du sol**

Les propriétés chimiques du sol sont caractérisées par la richesse en minéraux et en CAH (complexe argilo-humique) constituant la liaison entre matière organique et argile. Ce dernier a pour rôle de retenir les cations du sol.

La matière organique est l'élément indispensable des caractéristiques du sol. Il peut non seulement stabiliser et créer la structure du sol mais surtout enrichir le sol en matière minérale par minéralisation puis en humus et finalement en CAH.

Enfin le sol est normalement habité par la microflore essentiellement constituée par des bactéries et champignons. Les plus importantes sont celles qui contribuent à enrichir le sol en azote, les bactéries nitrifiantes et les bactéries fixatrices d'azote. Dans les sols trop acides, ces bactéries ne peuvent plus se développer et le cycle de l'azote ne tourne plus régulièrement.

## **II.3 Influences des facteurs physiques du sol sur l'enracinement**

### **II.3.1 Texture**

La texture du sol influence l'enracinement des plantes. Il est généralement admis que la croissance des racines est favorisée par la texture grossière (MAURY ET RIVOIRE). L'influence de la texture ne s'exerce pas seulement sur l'élongation des racines mais également sur la rhizogénèse c'est-à-dire l'émission de racines.

Dans le cas général le nombre de racines sur un sol sableux est beaucoup plus important que dans le sol argileux. Pour la texture limoneuse, le comportement de radicules est intermédiaire.

En outre la texture modifie également la morphologie des racines, notamment au niveau de poils absorbants. Dans le sable, la quantité de poils absorbant est beaucoup plus importante que dans le limon et l'argile.

### **II.3.2 Porosité**

L'influence de la porosité sur la colonisation du sol par les racines est remarquable, non seulement sur la densité mais aussi sur l'élongation. Un sol poreux favorise la circulation de l'eau, des éléments minéraux et de l'oxygène. En plus, il est moins résistant à la pénétration de racines. Ainsi, les racines n'ont pas de difficulté à exploiter le sol.

Quand la porosité est inférieure à 40%, l'enracinement se fait mal.

Il faut aussi que les pores aient une dimension minimum pour que les racines puissent les traverser.

### **II.3.3 Structure**

Elle joue un rôle fondamental dans la croissance des racines d'une culture.

Les effets sur l'enracinement de ces différentes propriétés physiques et mécaniques peuvent être facilement influencés par la structure du sol.

L'enracinement dans un sol argileux très bien structuré en agrégat de petite taille, peut avoir un développement similaire à celui d'un sol sableux. De même la résistance mécanique à la pénétration peut être modifiée par la structure du sol. Car la structure et sa stabilité conditionnent pour une large part la dimension des lacunes du sol et influencent ainsi son comportement hydrique et son aération.

D'une manière générale, dans le milieu à structure continue, les racines sont peu nombreuses, droites et présentent un aspect filiforme. Au contraire, dans le sol construit, elles sont sinueuses, ramifiées et garnies de nombreux poils absorbants.

Mais la rigidité du milieu intervient également et les racines ne peuvent pas développer de diamètre que, si en sol argileux, il y a une certaine plasticité ou que, si en sol sableuse, les grains sont mobiles les uns par rapport aux autres.

En plus, la plupart des racines de riz sont confinées dans la couche superficielle; car cette dernière est bien structurée. En revanche à l'horizon profond, le sol est compact et entrave la circulation de gaz dans le sol alors que les plantes ont besoin d'O<sub>2</sub>. Or la pénétration en profondeur de racines est l'un de moyen le plus efficace d'éviter le stress hydrique.

De ce fait, l'amélioration des propriétés physiques du sol est nécessaire si on veut avoir un bon enracinement.

### **II.3.4 L'eau**

Elle est indispensable à la vie des racines, mais elle peut aussi leur asphyxier lorsqu'elle est en excès. Si la microporosité est occupée par l'eau, l'air ne circule plus et les racines ne peuvent plus circuler.

## **II.4 Influences des modes de gestion du sol sur l'enracinement**

Selon leur mode d'exécution et leur nature, les façons culturales peuvent par leur effet mécanique, physique, biologique, contribuer soit à améliorer le sol, soit à le détériorer.



### **II.4.1 Le labour**

Par définition, c'est la façon de travailler le sol. Il permet d'enfouir les mauvaises herbes, les résidus de récolte, et par conséquent enrichir le sol en matière organique et finalement en humus.

En travaillant en profondeur il provoque des modifications de la structure, de la porosité, qualitative que quantitative (60%), qui influencent tous directement sur l'enracinement de la plante.

Il permet souvent de diminuer la résistance du sol à la pénétration des racines à travers une amélioration structurale du sol et parfois de son humidité. D'ailleurs, il peut intervenir sur la circulation de l'eau du sol, du gaz et facilite leur contact avec le sol.

Malgré ses effets bénéfiques, parfois le labour présente des conséquences néfastes sur le sol.

D'abord quand il est effectué avec une charrue et non à l'angady, elle aboutit à la constitution d'un horizon d'étranglement appelé semelle de labour, très tassé que les racines des plantes ne peuvent plus le traverser ( RABEZANDRINA, 2002).

Cette opération aussi accentue les effets de l'érosion pour les terrains en pente. De plus, en agriculture motorisée, des passages répétés du tracteur favorise le tassement du sol.

Pour ces raisons, des techniques culturales simplifiées ont été développées comme alternatives de labour. C'est le SCV ou système de culture sur couverture végétale appelé parfois zéro labour.

### **II.4.2 Le SCV**

Par définition, le SCV consiste à effectuer le semis dans l'état où se trouve le sol depuis la précédente récolte. Le travail du sol se limite à assembler la ligne de semis ou l'emplacement des poquets. Le nombre de passage de machines en cours du cycle est très limité.

Les adventices sont combattus par des herbicides de post et pré-émergence. Le sol est couvert en permanence : par des couvertures mortes provenant de résidus de culture ou de cultures intercalaires ou vivantes (graminée ou légumineuse...), mais contrôlées par des herbicides spécifiques. Il n'y a pas d'enfouissement.

Les avantages sont :

Il permet d'éviter les phénomènes de dégradation de l'état physique de sol d'une part et régénérer la structure de sol dégradé d'autre part.

Les plantes de couverture participent à l'amélioration de la stabilité structurale dans le cas où le travail du sol a été effectué dans les mauvaises conditions. En outre elles permettent de fragmenter le sol grâce à l'action de leurs racines qui s'introduisent dans les fissures et les agrandissent après.

Il enrichit le sol en matière organique qui favorise à son tour l'activité biologique du sol.

Il protège le sol contre l'impact des pluies et le vent par la présence de couverture en permanence.

Mais leurs inconvénients sont :

En comparant à un travail conventionnel avec labour, il favorise le développement de certaines plantes adventices vivaces, car le système racinaire n'est pas détruit et peut donc former des bourgeons végétaux. En plus la présence de couverture morte provoquerait une augmentation du stock de semence des adventices. Il aurait également l'inconvénient de faire écran lors de traitement des herbicides et pourrait donc empêcher leurs actions.

Le labour mécanique est ici remplacé par de labour chimique, par la suite les herbicides sont épandus de façon ciblée. Certes il augmente l'infiltration par le mulch, mais les risques de la pollution de la nappe phréatique sont augmentés.

## **II.5 Méthodes de mesures du système racinaire**

### **II.5.1 Les différentes méthodes**

Les méthodes de mesure du système racinaire des plantes varient suivant la finalité recherchée (étude descriptive ou visant à quantifier la production de racines), la nature du sol et les espèces botanique étudiées.

Diverses méthodes permettent de caractériser, in situ le système racinaire telles que :

Méthode d'observations directes :

Profil cultural ;

Carottage du sol ;

Excavation racinaire ;

Méthode d'observations indirectes : *Minirhizotrons* et placement d'un marqueur radioactif

## II.5.2 La méthode choisie : Evaluation de la densité de longueur racinaire à partir d'observation de point d'impact sur un profil racinaire

Le modèle utilisé dans cette présente étude est une adaptation du modèle proposé par CHOPART et SIBAND en 1999 sur l'étude du système racinaire sur maïs. Il s'agit d'une technique d'évaluation de la densité de longueur racinaire qui est un déterminant pertinent pour estimer la capacité d'alimentation hydrique et minérale d'une plante. A partir du comptage de racines sur un profil de sol vertical, grâce à une formule mathématique, on peut obtenir la densité de longueur racinaire.

D'après CHOPART et SIBAND, il est possible d'estimer la densité de longueur des racines (DLR) dans un profil à partir de comptage d'un nombre d'impacts racinaires (NI). Il existe une relation entre la longueur totale des racines contenues dans un volume de sol (un cube), la direction préférentielle d'orientation de ces racines et la distance des racines à la base de la plante.

$$DLR = NI \cdot CO \cdot CE$$

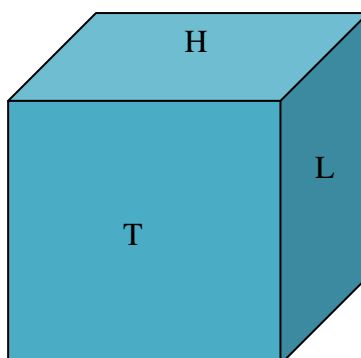
On doit pour cela évaluer 2 coefficients de passage, l'une géométrie de la distribution de racines (CO) et l'autre expérimental (CE), en les modélisant grâce à une étude préalable faisant appel à une technique de prélèvement de cubes de sol.

D'après le modèle de Van Noorwijk, sur lequel se base ce travail, la longueur des racines dans un cube dépend du nombre d'impacts sur une face (x) des directions préférentielles plus ou moins marquées (anisotropie).

Si  $NI_{xyz}$  est le nombre d'impacts racinaires par  $m^2$  sur 3 faces perpendiculaires d'un cube xyz d'arête 1 m,

$$P_x \text{ indice de direction préférentielle des racines} = (NI_y + NI_z) / 2 NI_x$$

Les trois faces d'orientation x (transveral T), y (longitudinal L), z (horizontal, H) du cube se schématisent ainsi :



Si  $P_x = 1$  la distribution des racines est isotrope,

si  $P_x < 1$  la distribution des racines est anisotrope linéaire (tendance des racines à être perpendiculaire à la face de mesure),

si  $P_x > 1$  la distribution des racines est anisotropique planique (tendance des racines à être parallèle à la face de mesure)

CO est le coefficient de passage du nombre d'impacts à la longueur théorique, dépendant de  $P_x$

$CO = f(P_x)$

$CO_x$  est la variable de passage de  $NI_x$  à DLR dans le modèle de Van Noordwijk (DLR =  $NI.CO$ )

DLR : densité volumique de longueur calculée par le modèle de Chopard et Siband, en  $m.m^{-3}$

DLR<sub>m</sub> est la longueur réelle mesurée en  $m.m^{-3}$

Dans le modèle de Van Noordwijk, le terme empirique CE ( $CE = DLR_m / DLR$ ) est utilisé pour décrire la divergence entre DLR calculé et DLR<sub>m</sub> mesuré, CE n'est pas un terme constant. D'après le modèle de Chopard et Siband, CE peut être estimé par l'âge de la culture et la distance à la base de la plante (DP).

## **HYPOTHESE**

En tenant compte des principes et caractéristiques du SCV, nous voudrions voir si le système de culture sur couverture végétale apporte un meilleur effet sur l'enracinement du riz pluvial par rapport au système conventionnel labour.

## **BUT DE L'ETUDE**

Le but principal de la présente étude est de suivre la dynamique de développement racinaire d'une variété de riz pluvial à partir de profils réalisés au cours du cycle du riz.

Nous pensons pouvoir également comparer l'effet de modes de gestion du sol (Labour / SCV) sur le développement racinaire. Toutefois des contraintes de mise en place (indisponibilité d'herbicides sélectifs pour le riz pluvial sur le marché) et des fortes attaques de ravageurs du sol (attaque d'*Hétéronychus* jusqu'à 50% des parcelles SCV des certains

blocs) ne nous ont pas confié totalement aux résultats sur les blocs SCV. Pour mener cette comparaison nous utiliserons des données obtenues lors de la campagne précédente. Nous cherchons également à comparer les résultats obtenus sur les deux campagnes. Cela a pour finalité de déterminer le modèle de mise en valeur du sol favorable à la production du riz pluvial d'une part et adaptable à l'écosystème local d'autre part.

Cette étude est l'occasion aussi de mettre en relation les suivis de croissance racinaire avec les suivis de croissance de la biomasse aérienne. Vu le déséquilibre entre les connaissances relatives à la partie aérienne et celles décrivant l'appareil souterrain, cette étude permet d'apporter une connaissance sur le fonctionnement de la plante à partir de la partie souterraine.

## **JUSTIFICATION DE L'ETUDE**

Pour conclure, les systèmes racinaires des plantes annuelles ont deux fonctions essentielles : l'enracinement de la plante au sol, l'absorption par la plante de l'eau et des éléments minéraux. Son développement dépend de son propre caractère génétique, de son milieu environnant et surtout de la caractéristique du sol.

Certaines techniques comme le travail du sol créent de bonnes conditions de croissance des racines. Mais parfois, il pose de problèmes, plus particulièrement dans le cas de forte pente et de sols sensibles à l'érosion. Donc on suppose que, le système de culture sur couverture végétale ou zéro labour peut remédier ces inconvénients du labour. Pour affirmer cette supposition, on prend les racines comme paramètre d'évaluation de ce système. On a choisi alors la méthode de caractérisation proposée par CHOPART et SIBAND.

Donc l'objectif est alors de voir la performance de nouvel système SCV par rapport au système conventionnel LAB à partir de caractérisation du système racinaire du riz afin de pouvoir choisir la technique culturale favorable et acceptable par les producteurs. C'est l'occasion de valider un modèle sur le riz.

## Partie III : Matériels et méthodes

### III.1 Condition générale de l'expérimentation

#### III.1.1 Le climat

Le climat de la région est caractérisé comme un climat tropical d'altitude avec deux saisons distinctes :

Une saison sèche et fraîche de mars à septembre dont l'hiver est rigoureuse et parfois marqué par des gelées.

Une saison humide d'octobre à avril, pendant laquelle est cultivé le riz pluvial

La variation de température et pluviométrie sont définis par la courbe suivant :

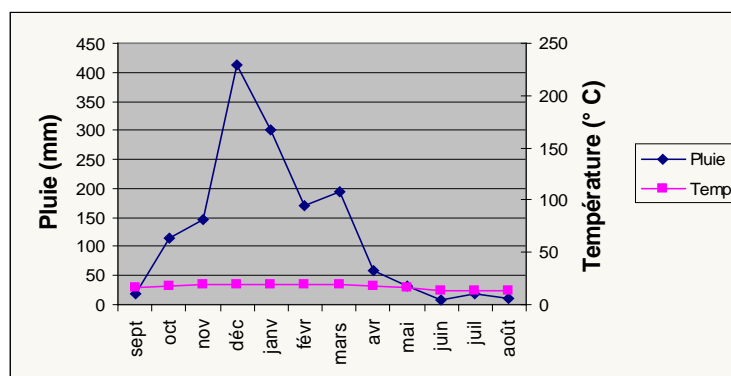


Figure 1 : Diagramme ombro-thermique de la zone d'étude

Source : station météorologique d'Andranomanelatra

#### III.1.2 Le site d'intervention

L'expérimentation s'est déroulée sur le site de l'URP/SCRID. Il se trouve à Andranomanelatra situé à 152 km d'Antananarivo, commune suburbaine d'Antsirabe, région de Vakinankaratra, haute terre sud de Madagascar.

Les coordonnées géographiques du dispositif expérimental sont de 19.4675 Sud et 46.641 Est, avec une altitude proche de 1650 m.

### **III.1.3 Le sol**

Le sol est du type ferrallitique fortement désaturé. Ce sont des sols très lessivés, plus acide en surface qu'en profondeur. L'analyse granulométrique montre qu'à l'horizon de 0-15 cm donne une fraction argileuse de 50-55% et de limon de 15-25%.

### **III.1.4 Matériel végétal**

La variété de riz pluvial cultivée porte le nom de FOFIFA 161 ; c'est une variété rustique de cycle végétatif moyen de 155 jours. Elle présente une bonne adaptation en altitude, elle est fertile et à tallage moyen avec une certaine sensibilité à l'égrenage. Elle présente une résistance à la Pyriculariose.

### **III.1.5 Le dispositif expérimental**

Il s'agit d'un dispositif en blocs complets randomisés comprenant deux traitements avec 4 répétitions. Le seul facteur étudié est le mode de gestion du sol : labour et SCV. Chaque bloc est constitué de deux parcelles de 145.2m<sup>2</sup> (6.6x22) chacune. La surface totale est de 1274m<sup>2</sup> (91x14) y compris les bordures.

### **III.1.6 Conduite de la culture**

Les parcelles ont subi la rotation avec l'association maïs-soja. Ainsi, les parcelles SCV sont donc sous couverture morte du résidu de maïs et soja. Les labours étaient réalisés le 26 septembre 2006 et les parcelles SCV étaient herbicides avec l'herbicide total 2-4 D (herbextra) et glyphosate (glyphader).

En ce qui concerne la technique culturale du riz pluvial, les parcelles sont traitées de façon identique. Les semis ont été effectués manuellement en poquet de 20 sur 20 (20 cm d'écart entre lignes de semis et entre poquets) à raison de 8 grains par poquet soit 80kg/ha. Il a été réalisé le 6 novembre sur les blocs 1 et 2 et le 7 novembre sur les blocs 3 et 4. Toutes les parcelles reçoivent des doses de fertilisants identiques. Soit au semis, un apport de NPK (11 22 16), de dolomie, et de fumier dont les doses respectives sont 300kg/ha, 500kg/ha et 5T/ha. Deux apports d'urée (46%) ont été appliqués en cours du cycle de campagne (1<sup>er</sup> apport le 28/12/06 et le 2<sup>ème</sup> le 30/01/07). Des sarclages fréquents garantissent une culture propre tout au long du cycle et une protection phytosanitaire totale a été apportée à la culture.

## III.2 METHODOLOGIE

### III.2.1 La méthode d'étude du système racinaire

#### III.2.1.1 Cartographie racinaire

La méthode a été initialisée par Bohm en 1956. Elle consiste à un comptage d'impacts racinaires sur un plan du sol à différentes profondeurs.

Pour la présente étude, le plan était matérialisé par une grille de 40cm de largeur avec des mailles de 5x5cm sur une longueur de 20cm et une largeur de 40cm.

Après avoir creuser un trou à une position de 3cm avant le poquet de la ligne de semis, on a placé une grille, puis on a rafraîchi avec un petit pulvérisateur et on a compté les impacts racinaires de chaque maille. Les mesures ont été prises jusqu'à 1m de profondeur avec un gradient de 20 cm, et elles ont été menées en deux répétitions sur l'ensemble des dispositifs d'étude. Puis, on refait cette même opération sur un 2ème plan d'observation à 10 cm derrière le poquet de la ligne de semis.

Les points de relevés étaient choisis du côté périphérique des parcelles pour conserver au maximum le milieu.

Ces mesures ont permis ainsi de caractériser le profil de la colonisation de sol par le système racinaire et de déterminer le front racinaire.



Fosse à 3cm avant le poquet



Une grille pour le comptage des racines

Cliché1 : Etude du système racinaire du riz par la méthode de la grille



### III.2.1.2 Prélèvement de cubes

Il consistait en un prélèvement de cubes de sol. Le cube était à trois face ouvertes avec un côté de 5cm soit un volume de 125 dm<sup>3</sup>, il était prélevé sur les deux plans d'observations et à trois niveaux 0-15cm, 15-30cm et 30-45cm.

Les cubes sont placés à 3cm du côté gauche et à 10cm du côté droit du pied de référence (cf : photo1), en deux positions inverses de chaque. Ils sont enfoncés horizontalement, on retire les cubes en tranchant minutieusement le sol en contour (cf : photo 2, 3). Puis on compte les impacts racinaires sur les trois faces ouvertes de chaque cube. Finalement on met le sol contenu dans les deux cubes de même position mais de sens inverse dans un sac et on le conserve au frais jusqu' au moment de l'extraction.



Cliche 2 : Prélèvement des cubes : photo1 position des cubes avant le prélèvement ; photo 2,3 extraction des cubes

### III.2.1 Extraction racinaire

Les racines contenues dans le sac étaient extraites du sol par aspersion à grande eau et après tamisage à 2 mm. La nature du sol argileux rendait difficile cette extraction. Ainsi, pour activer la désagrégation du sol, nous avons utilisé de l'eau salée au premier tamisage.

Les racines récupérées étaient ensuite rincées et colorées par un colorant contenant du méthanol pour faciliter leur repérage au scanner.

Puis la totalité des racines était séchée à l'étuve pendant 24h et pesée pour avoir leur poids sec. Ce déterminant permet de déterminer le volume massique des racines et l'importance de leur finesse.

## **III.2.2 Mesures effectuées**

### **III.2.2.1 Densité apparente**

Pour avoir une idée sur la porosité, la densité apparente est mesurée au cours du cycle, juste après les observations racinaires cités précédemment, par des prélèvements du sol avec des cylindres de section connue.

Des suivis tensionométriques vont nous donner des informations complémentaires sur les dynamiques hydriques du sol. Une batterie de 9 tensiomètres a été installée sur des parcelles labour et SCV, étudiées à 20cm, 60cm, 140cm de profondeur de sol.

### **III.2.2.2 Suivi du statut azoté : Le SPAD chlorophyll meter**

C'est un appareil portable par la société Minolta. Il sert à estimer la teneur en chlorophylle in situ d'un végétal, en mesurant la quantité de lumière transmise à travers la feuille. L'unité de mesure est le SPAD (soil plant analyses development).

Étant donné que la teneur en chlorophylles dans les plantes a une relation étroite avec la teneur en azote. D'après des essais effectués sur le riz irrigué, une valeur SPAD correspond à une teneur en azote de 1,4 à 1,5g/m<sup>2</sup>.

La mesure est commencée les 25<sup>ème</sup> jours après semis (JAS) et s'est poursuivie toutes les 2 semaines jusqu'à floraison. Elle était effectuée 3 fois sur 10 feuilles choisies aléatoirement sur les parcelles

Les feuilles mesurées sont les dernières feuilles ligulées et quand les plantes arrivent au stade montaison, la mesure était faite sur la feuille paniculaire.

### **III.2.2.3 Suivi de la croissance**

Quatre prélèvements destructifs ont été faits au cours du cycle sur une placette de 6 poquets :

35 Jours après semis (JAS) correspondant au stade début tallage

65 JAS correspondant au stade mi-tallage

85 JAS stade initiation paniculaire

115 JAS stade floraison

L'objectif est de suivre l'évolution :

❖ Du nombre des plantes et talles ;de la surface foliaire ;de la quantité de biomasse aérienne produite ;

❖ Nombre de plantes et talles : Ce sont le nombre de toutes plantes mères et talles présentes dans une unité de surface de la parcelle c'est dire sur les placettes. .

❖ Surface foliaire ou LAI (leaf area index  $m^2/m^2$ ) :

C'est la surface de feuilles par unité de surface de sol. Pour cette présente étude, on a sélectionné 5 plantes de l'échantillon et on a enlevé toutes les feuilles vertes en assurant que les feuilles ne s'assèchent et ne s'enroulent pas avant que leurs surfaces soient mesurées.

La mesure était faite à l'aide d'un appareil électronique appelé LI3000 qui donne automatiquement la longueur et la largeur de toutes les feuilles d'une plante après passage sur le tapis roulant de l'appareil.

❖ Biomasse aérienne :

Enfin, les feuilles du reste des plantes sont enlevées et misent dans un sac et la tige avec les gaines dans une autre. Ils sont tous séchés à l'étuve pendant 72h à une température de 60°. Après on les pèse pour avoir le poids sec.

La valeur de l'ensemble va donner la matière sèche totale produite par unité de surface.

#### **III.2.2.4 Mesure de composantes de rendement**

Les composantes du rendement du riz sont mesurées à récolte (sur une placette de 1  $m^2$ ) :

❖ Le nombre de plants par  $m^2$  ;

❖ le nombre de panicules par plante : c'est-à-dire le nombre de panicules entièrement dégrainés et portant des grains ;

❖ nombre de grains par panicule : c'est le nombre moyen de grains comptés sur un échantillon de panicules (20 panicules) ;

❖ pourcentage de grains vides : C'est la proportion de grains non ou peu développés dans l'échantillon.

❖ poids des grains : Les poids de grains totaux de la placette récoltée, après séchage à l'étuve

Le rendement à l'hectare est extrapolé à partir de ces données.

En résumé, les méthodes utilisées sont les méthodes plus simples de l'observation racinaire. Il s'agit de la cartographie des impacts racinaires sur un profil à l'aide d'une grille et prélèvement du sol par la méthode des cubes.

La première méthode permet une évaluation de la variabilité de l'enracinement dans le profil du sol. Son principal défaut est qu'elle ne donne pas accès directement à la densité volumique de longueur racinaire. La 2<sup>ème</sup> permet d'indiquer le degré d'anisotropie des racines et leur direction préférentielle à partir du nombre d'impact sur les 3 faces de cubes.

Des suivis des parties aériennes permettent de relier l'enracinement au fonctionnement de la plante.

## Partie IV : Résultats et discussion

### IV.1 Résultats pour l'ajustement du modèle

#### IV.1.1 Rappel des résultats obtenus lors de la calibration en 2006

##### IV.1.1.1 Indice de direction préférentielle des racines

Les données ont été obtenues à partir des comptages faits sur les trois faces des cubes. Les relations entre les indices et le nombre d'impacts racinaires obtenus selon les faces du cube sont présentées à la figure 2. Les indices variaient entre 0,6 et 1,8, les valeurs faibles correspondent à une forte densité d'impacts racinaires sur les faces du cube. L'enracinement a une tendance de direction préférentielle parallèle à la face longitudinale et transversale avec  $P_x > 1$ , et perpendiculaire à la face horizontale avec  $P_x < 1$ .

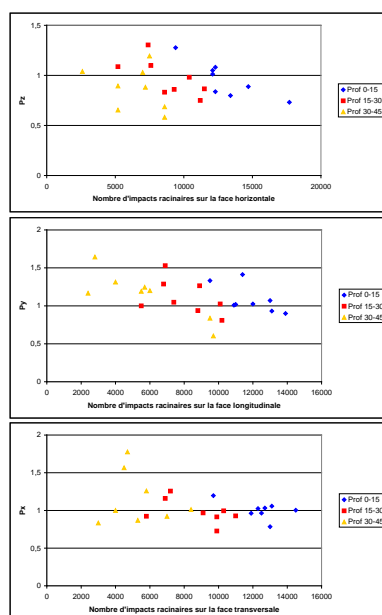


Figure 2 : Distribution des indices de direction en fonction des valeurs de nombre d'impacts racinaires

##### IV.1.1.2 Coefficient de passage et coefficient expérimental

La longueur totale des racines scannées a été mesurée avec le logiciel WinRhizo (laboratoire CIRAD – Montpellier).

Sur l'ensemble des données une bonne relation linéaire était obtenue entre Nim le nombre d'impacts moyens et la densité de longueur racinaire calculée DLR.

A partir d'une seule face on constatait qu'à partir des modèles de calcul de Ni vers DLR on trouvait la même valeur quelle que soit la face. Il pouvait donc être déduit que la valeur DLR obtenu restait exacte pour la face d'étude. A cet effet si on ne considérait que la face transversale, on avait une relation constante entre Nit et DLR soit :

$$DLR = 2Nit \text{ avec } R^2 = 0,90$$

De plus à partir des nombres d'impacts sur la face transversale Nit, la distribution des racines présente une anisotropie faible comprise en générale entre 0,8 et 1,2. Les racines ont une tendance de direction verticale qui est faiblement influencé par la profondeur.

Les Nombres d'impacts racinaires sur la transversale Nit étaient toujours supérieures à 3000/m<sup>2</sup>, limite trouvée sur des résultats précédents obtenus à Bouaké Cote d'Ivoire en 1998. Cette limite définissait les situations isotropiques où P = 1 et CO = 2.

On peut ainsi retenir ici que CO = 2

## CO

Si Nit > 3000/m<sup>2</sup>, CO = 2, à partir de cette densité d'impacts sur une face du cube, il a été considéré que P = 1 et que les racines sont isotropes.

La régression entre DLR et DLRm (longueur mesurée) montre une valeur de DLRm supérieure à celle de DLR. L'écart augmente autant que DLRm est élevée.

L'observation étant ponctuelle, indépendante du stade physiologique de la plante, on considère une variabilité de CE en fonction de DLR variable en fonction des conditions d'enracinement de la plante. Ce coefficient a donc une valeur propre à identifier pour un site et une variété donnée. Il prend aussi en compte les degrés d'erreurs induites par omission de comptage et de mesure de par l'abondance des racines et de leur finesse.

L'ensemble des données peut être partagé en deux par une valeur limite à 9500/m<sup>2</sup>. Sur notre jeu de données, cette valeur limite définit la plus faible valeur du coefficient expérimental. A cette valeur on obtient donc le minimum d'erreur.

## CE

Ce n'est pas un terme constant, pour trouver sa meilleure expression, il a été modélisé avec par rapport à la distance de la plante (DP)

$$\text{Pour Nit} > 3000/\text{m}^2, \text{CE} = 4,66 + 0,000048 \text{ DP}^2 - 0,248\text{DP} \text{ avec un } R^2 = 0,395$$

Et à partir des sous-échantillons on a

Pour Nit < 9500/m<sup>2</sup> : CE = 0,94 + 0,034 DP avec un R<sup>2</sup>= 0,112

Pour Nit > 9500/m<sup>2</sup> : CE = 3,46-0.09DP avec un R<sup>2</sup>=0,752

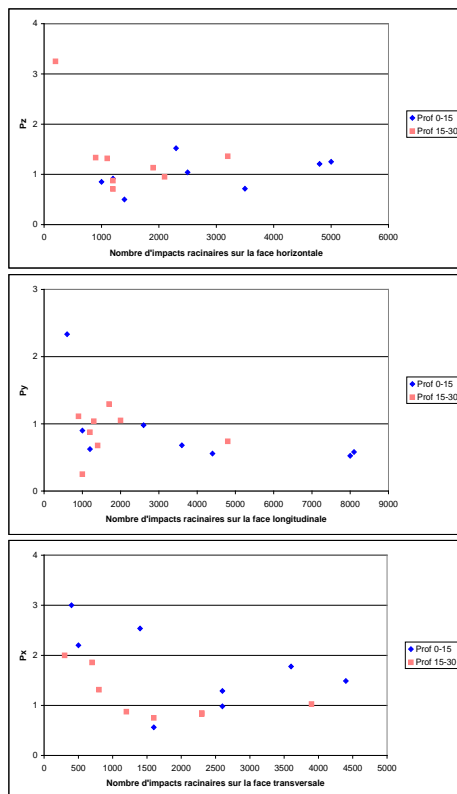
#### **IV.1.2 Résultats de la validation en 2007**

Ne disposant pas sur place du logiciel WinRhizo, nous n'avons pu réaliser les mesures des longueurs. Ces mesures seront faites ultérieurement. Il est, toutefois, possible de réaliser les comparaisons sur les deux campagnes de certains paramètres, comme l'indice de direction préférentielle des racines.

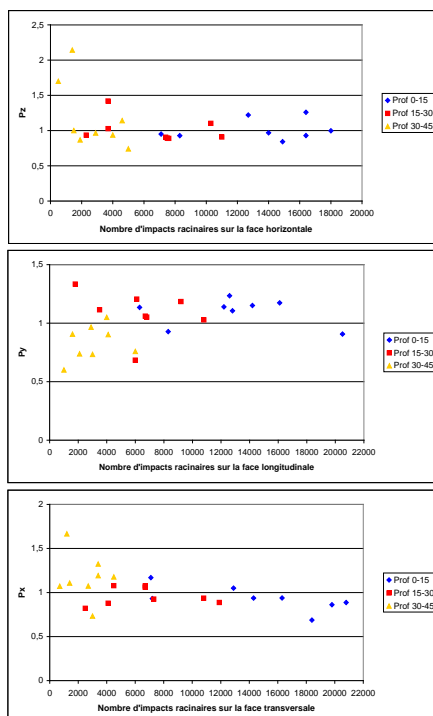
D'après la figure 3, pour le premier prélèvement, réalisé au stade début tallage, on observe que la distribution du point sur la face transversale est nettement supérieure à 1 ( $P_x > 1$ ), d'où la tendance de racine à être parallèles à la face. Contrairement à ce qu'on observe sur la face longitudinale, on constate que  $P_y < 1$ , on a alors la tendance de racine perpendiculairement à la face. Pour la face horizontale, la distribution des racines s'oriente parallèlement à la face car  $P_z > 1$ .

Pour les courbes montrant les données issues du deuxième prélèvement, à début montaison (figure 4), sur la face horizontale, la répartition des points n'est pas homogène. Sur les deux premiers horizons, la tendance est plutôt perpendiculaire à la face  $P_z < 1$ . Sur la dernière profondeur, il n'est pas net, la moyenne est tombée en dessus de 1 mais la majorité des points est en dessous, ainsi les racines n'ont pas de direction préférentielle précise. Pour la face longitudinale  $P_y > 1$ , d'où la tendance des racines à être parallèle à la face, sauf pour l'horizon 30-45 cm où  $P_y < 1$ . La tendance des racines varie également avec la profondeur sur la face transversale, entre 0-30cm,  $P_x < 1$ , donc perpendiculairement. Alors que au-delà,  $P_x > 1$ , d'où parallèlement à la face.

Quant à troisième prélèvement à fin floraison (figure 5), les indices de direction varient avec la profondeur, et les nombres d'impacts racinaires associés. Sur la face horizontale, sur les premières profondeurs, les racines sont perpendiculaires à la face par contre en profondeur, elles sont parallèles à la face. C'est l'inverse sur la face longitudinale. Sur la face transversale, les racines sont parallèles à la face.

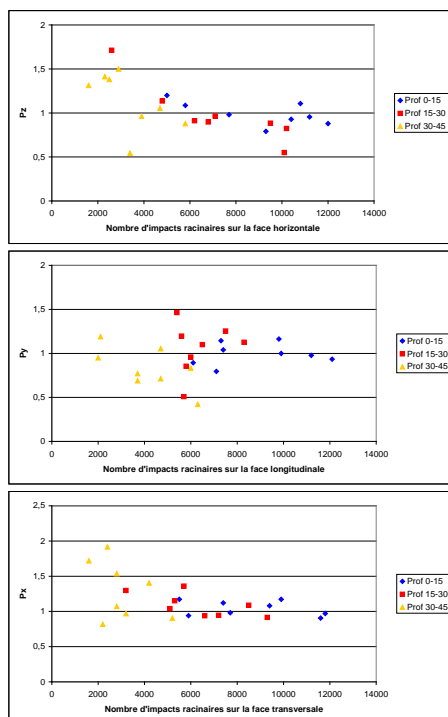


**Figure 3 : Distribution des indices de direction en fonction des valeurs de nombre d'impacts racinaires pour le premier prélèvement (P1 – Campagne 06-07)**



**Figure 4 : Distribution des indices de direction en fonction des valeurs de nombre d'impacts racinaires pour le deuxième prélèvement (P2 – Campagne 06-07)**





**Figure 5 : Distribution des indices de direction en fonction des valeurs de nombre d’impacts racinaires pour le troisième prélèvement (P3 – Campagne 06-07)**

## CONCLUSION PARTIELLE

Malgré un incident en cours de l’étude sur terrain dû au logiciel, on ne peut pas tirer beaucoup de conclusion dans le premier résultat. Le paramètre de base n’est pas défini c’est-à-dire la densité de longueur racinaire DLR. Par conséquent, on n’a pas pu valider le modèle de caractérisation du système racinaire proposé par CHOPART et SIBAND.

Le seul paramètre établi est l’indice d’anisotropie et la direction préférentielle de racines grâce à des comptages de nombre d’impact racinaire sur les 3 faces du cube.

En effet, on avait une distribution anisotropique ( $P \neq 1$ ). Par contre selon l’âge, et la profondeur, la tendance est variable suivant la face d’observation.

## IV.2 Résultats de la caractérisation du système racinaire

### IV.2.1 Dynamique de croissance racinaire, données 2007

La figure 6 représente le nombre d'impacts racinaires en fonction de la profondeur mesurée en 40 jours après semis (JAS) à début tallage, à 95JAS à début montaison et à 130 JAS, à fin floraison. Les courbes mettent en évidence une différence nette entre le nombre d'impact racinaire dénombré sur les parcelles SCV et sur les parcelles labour. Mais on ne peut pas tirer de conclusion en raison des difficultés rencontrées lors de la mise en place du système SCV.

#### Front racinaire

La profondeur maximale à laquelle on trouve une trace de racine ou appelée souvent front racinaire ne présente aucune différence significative entre les deux systèmes. Rappelons que l'année précédente le front racinaire sur les parcelles SCV est beaucoup plus profonde que sur celle en labour.

#### Nombre d'impact en fonction de la profondeur

Premièrement, les courbes montrent que les racines sont abondantes dans les premiers horizons (0 à 25 cm) et puis réduisent de plus en plus en profondeur. Deuxièmement, on constate que dans l'horizon superficiel (à 10 cm), on trouve moins de racines et que c'est dans l'horizon 10 à 25 cm qu'on trouve le maximum de racine.

La concentration des racines sur les premiers horizons peut s'expliquer de diverses façons. D'une manière générale, les tendances suivantes sont observées : en milieu bien pourvu en éléments nutritifs et bien alimenté en eau, l'enracinement reste relativement superficiel. En outre, l'état structural du sol y est meilleur et la densité apparente y est très faible ; sous entendu porosité élevée. D'où les racines trouvent tous les facteurs de croissance à savoir :  $O_2$ ,  $H_2O$ , nutriments et résistance du sol à la pénétration faible. La présence de semelle de labour au niveau à peu près 25 à 30 cm n'est pas négligeable. Elle empêche la pénétration de racine en profondeur.

#### Suivant l'âge

En général, les courbes montrent que les racines évoluent avec l'âge. Cette évolution suit les règles générales de la physiologie de la plante. Mais il y a un ralentissement de la croissance entre 90 JAS et 130 JAS. On peut supposer que le déficit hydrique entre temps entraîne la mort et réduit aussi la croissance racinaire (cf. paragraphe précédent)

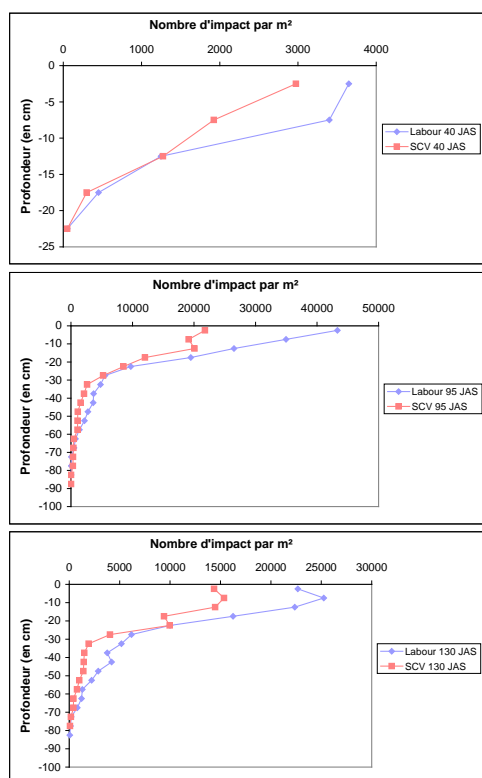
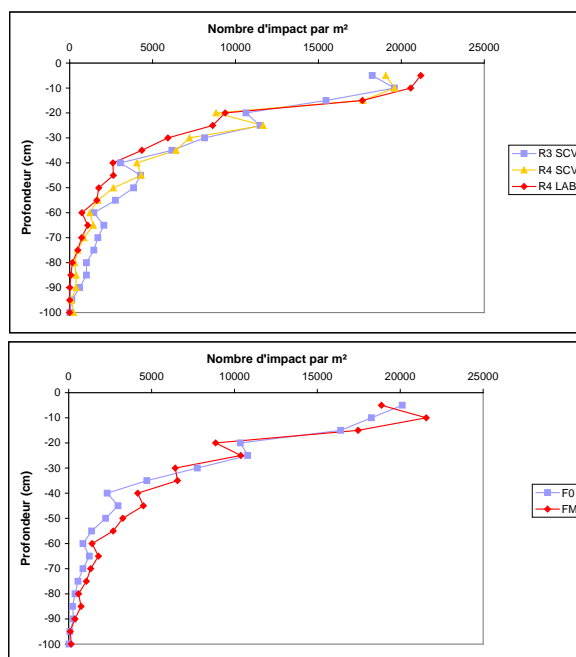


Figure 6 : Nombre d'impacts racinaires mesurés en fonction de la profondeur du profil à trois périodes du cycle : à 40 jours après semis vers début tallage, à 95 JAS à début montaison et à 130 JAS à fin floraison (Campagne 2006-07)

#### IV.2.2 Comparaison de traitements, données 2006 : 3 systèmes et 2 fertilisations

Il n'a pas pu être mis en évidence de différence significative entre systèmes de culture et entre fertilisations du fait du faible nombre de répétitions (2). Mais il est possible de décrire des tendances à partir de la figure 7.



**Figure 7 : Comparaison du nombre d’impacts racinaires mesurés en fonction de la profondeur du profil entre systèmes de culture et fertilisations (Campagne 2005-06)**

Ces courbes montrent que le nombre d’impacts racinaires est important dans les premières 20 cm et se réduit de plus en plus en profondeur. On caractérise ainsi une évolution identique en profondeur du nombre d’impact des racines sur le système labour et le système SCV. L’existence d’une couche plus meuble en dessus de la semelle de labour sur le système LAB favorise une importante concentration de racine sur la couche supérieure du sol sur ce système par rapport au système SCV. En dessous, la distribution des racines est moins abondante sur les deux systèmes mais avec une distribution plus homogène sur le système SCV.

### CONCLUSION PARTIELLE

Sur toutes les 3 différents stades de développement de la plante, c’est-à-dire stade début tallage, mi-tallage et fin floraison, l’enracinement du riz pluvial est nettement plus important en densité sur le système LAB que sur SCV. Le front racinaire ne présente aucune différence significative. Contrairement aux résultats de l’année précédente, pendant laquelle la densité racinaire est identique dans les 2 systèmes alors que le front racinaire sur le système SCV est plus profond que sur le système LAB ;

L'évolution du nombre d'impact en profondeur sur SCV et LAB est identique. Il est abondant dans les premières couches de profil (0 – 30 cm) et réduit de plus en plus en profondeur.

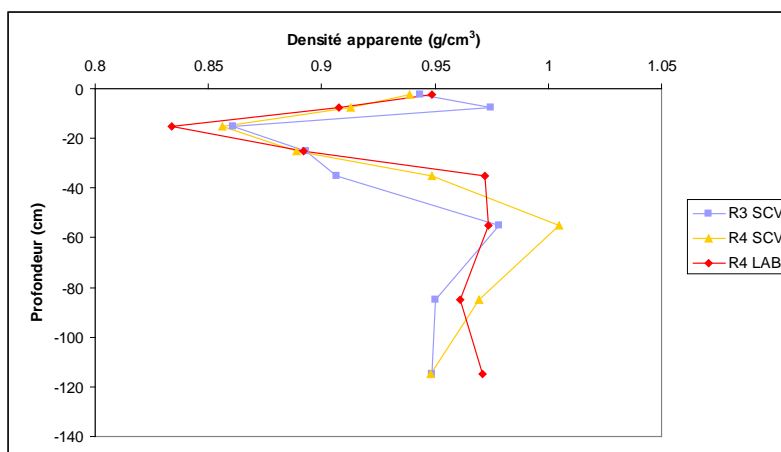
La mise en relation de la courbe de tension hydrique et la régression du nombre d'impact racinaire suivant l'âge montre que l'eau est le facteur limitant.

En conclusion, le développement et le fonctionnement des racines des végétaux sont en relation étroite avec la structure des différents horizons et l'humidité du sol.

### **IV.3 Analyse des caractéristiques du sol et des relations système racinaire – partie aérienne (biomasse, statut azoté, rendement), données 2006 et 07**

#### **IV.3.1 Caractéristiques du sol : densité apparente, statut hydrique**

La densité apparente est un indicateur de la compaction du sol, c'est le rapport du poids sec (g) sur le volume total de l'échantillon en cm<sup>3</sup>, elle représente la masse volumique du sol. En rapport avec la figure 6, en 2005-06, il semble effectivement que les densité apparente du sol, mesurée à fin floraison sur les mêmes profils que ceux utilisés pour les mesures d'impacts racinaires (figure 8) présentent des valeurs plus fortes (donc indiquant plus de compaction) vers -35 cm sur le système R4 LAB par rapport aux SCV et particulièrement au R3 SCV.



**Figure 8 : Comparaison de la densité apparente du sol (g/cm<sup>3</sup>) mesurée en fonction de la profondeur du profil entre systèmes de culture (Campagne 2005-06)**

La figure 9 représente les courbes de densité apparente ( $D_a$ ) pour la campagne 06-07 des parcelles mesurées à 40 JAS, 95 JAS et 130 JAS. On constate que au départ, elles sont confondues, après les courbes des parcelles en labour se détachent avec une  $D_a$  faible. C'est à peu près entre 15 et 25 cm qu'on trouve la  $D_a$  minimum, et puis elle augmente au fur et à mesure qu'on descend en profondeur. Rappelons que une  $D_a$  faible détermine une porosité forte. La différence de  $D_a$  mesurée sur SCV et sur labour peut s'expliquer par l'effet de labour sur la structure du sol. La présence de la semelle du labour est nette, à peu près entre 20-30 cm de profondeur.

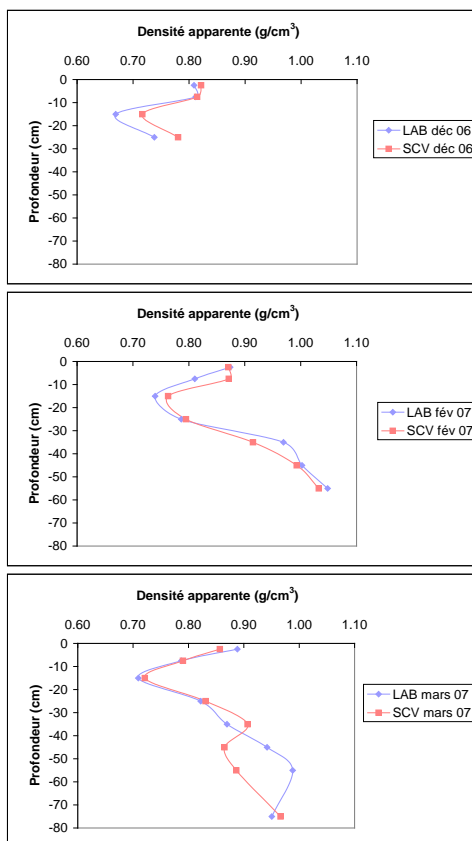


Figure 9 : Comparaison de la densité apparente du sol (g/cm<sup>3</sup>) mesurée en fonction de la profondeur du profil entre systèmes de culture (Campagne 2005-06)

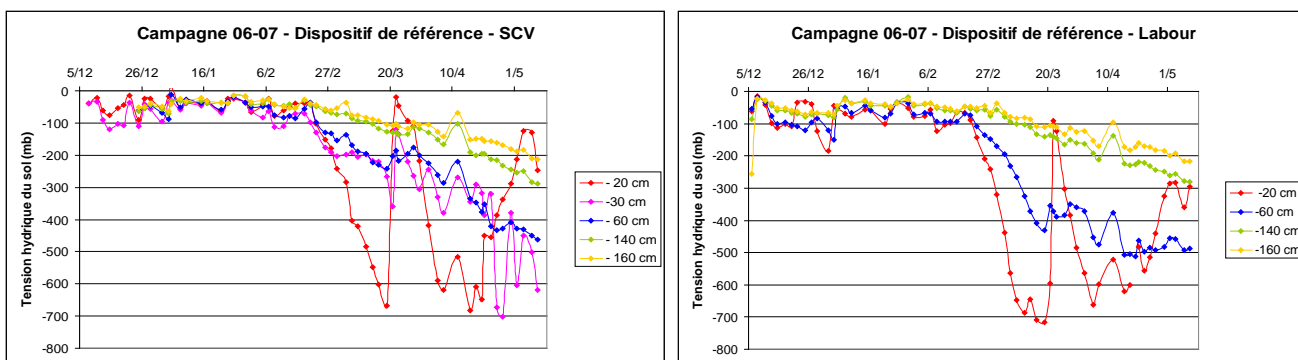


Figure 10 : Evolution de la tension hydrique du sol (mb) mesurée à différentes profondeurs pour les deux modes de gestion (Campagne 2006-07)

La figure 10 montre l'évolution de la tension hydrique du sol (mb) mesurée à différentes profondeurs pour les deux modes de gestion (Campagne 2006-07).

On constate une baisse brusque de la courbe après le 22 février et elle ne remonte qu'au 20 mars. Celle est due à de faible précipitation. L'allure générale de la courbe est identique entre les deux systèmes pour toutes les profondeurs, sauf pour un pic à 700 mb

observé sur les parcelles labour dans l'horizon superficiel. D'une manière générale, la tension augmente avec la profondeur jusqu'à une certaine limite. Il faut noter que seul les tensions mesurées à -20 et -60 qui nous intéressent parce que le front racinaire ne dépasse pas 90cm

### IV.3.2 Relations système racinaire – partie aérienne de la culture

#### IV.3.2.1 Evolution des valeurs SPAD

On observe sur la figure 11 des valeurs SPAD supérieures en labour par rapport au SCV, la différence est plus forte en début du cycle. Ces observations peuvent être mise en relation avec les nombres d'impacts racinaires plus importants mesurés sur le labour par rapport au SCV et indiquent un plus fort taux d'exploration racinaire en labour en relation avec une meilleure alimentation minérale.

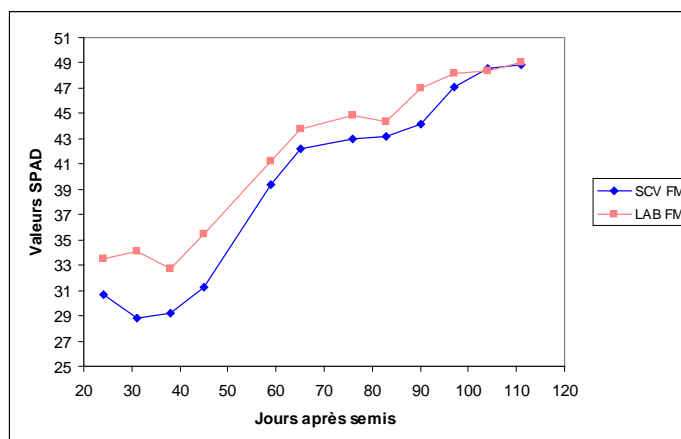


Figure 11 : Evolution des valeurs SPAD par mode de gestion pour la campagne de mesure 2006-2007

#### IV.3.2.2 Biomasse aérienne

On peut admettre qu'un bon enracinement correspond à une croissance satisfaisante de la plante. mais l'état de l'enracinement ne détermine pas rigoureusement celui des parties aériennes.

En relation avec un nombre d'impacts racinaires et des valeurs SPAD supérieures, on observe (figure 12) en labour une production de biomasse aérienne supérieure par rapport au SCV.



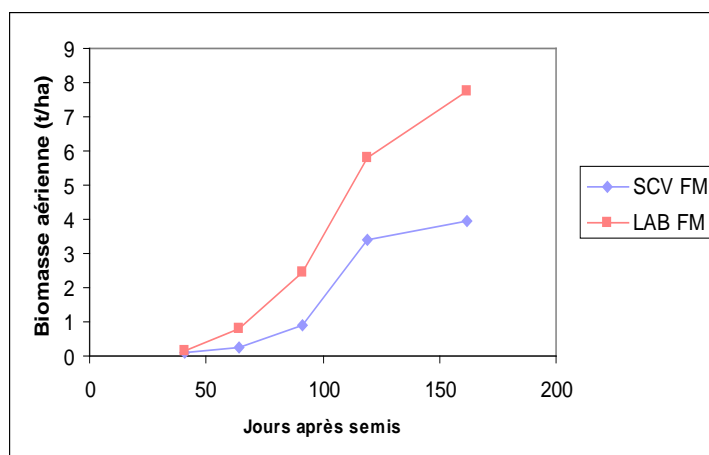


Figure 12 : Evolution de la biomasse aérienne (t/ha) par mode de gestion du sol pour la campagne de mesure 2006-2007

### IV.3.2.3 Rendement

En 2005-06, on avait vu par la caractérisation racinaire, que dans les horizons de surface c'était en labour R4 que l'on observait le plus de racines, puis en R4 SCV et en R3 SCV. Et qu'en profondeur, on avait moins de racines mais que la répartition était plus homogène dans les parcelles SCV. La figure 13 présente les rendements obtenus par systèmes et fertilisations, on observe que les meilleurs rendements sont obtenus avec R4 Labour, puis en R4 SCV et le plus mauvais en R3 SCV. Il semble que l'enracinement des horizons de surface soit de grande importance, il est plus élevé en labour par rapport aux autres systèmes, et c'est là que le nombre d'impacts racinaires est le plus important. Toutefois la mesure n'a été réalisée pour cette campagne qu'à fin floraison et ne permet pas de savoir ce qui c'est passé avant (en rapport avec le cas de cette campagne où un déficit hydrique a réduit le nombre de racines observables).

En 2006-07, les observations ont été pour cela réalisées à plusieurs stades, mais les problèmes rencontrés en phase d'installation des systèmes, ont induits un retard de végétation sur le système SCV qui n'a pu être rattrapé. Les rendements sont présentés sur la figure 14, le meilleur rendement est observé en labour. Ce qui met en évidence l'importance de la phase d'installation de la culture. En effet en labour, le sol étant plus meuble, il favorise le développement racinaire, et permet une meilleure alimentation de la plante. Sur d'autres expérimentations, nous avons observé, qu'après un meilleur démarrage en labour, l'effet s'inversait entre labour et SCV en cours de cycle, et on observait alors une meilleure croissance en SCV par rapport au labour. L'hypothèse proposée, était une meilleure

colonisation racinaire en profondeur en SCV par rapport au labour (le labour étant limité par la semelle de labour), qui permettait à la plante d'accéder à un volume plus important en ressources (eau et nutriments). Mais cette hypothèse n'aura pu être validée cette année.

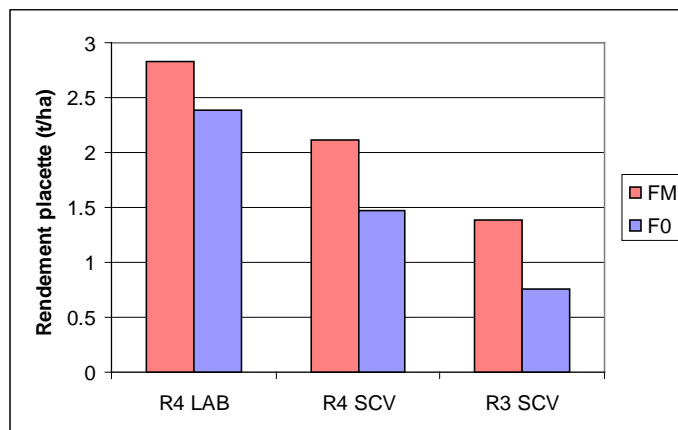


Figure 13 : Rendement (t/ha) obtenus par systèmes et fertilisation pour la campagne de mesure 2005-2006

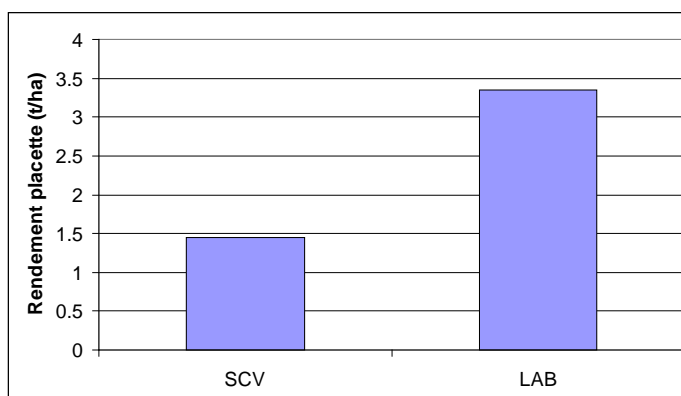


Figure 14 : Rendement (t/ha) obtenus par modes de gestion du sol pour la campagne de mesure 2006-2007

## CONCLUSION PARTIELLE

Concernant l'analyse de la caractéristique du sol et des relations parties aériennes souterraines, les mesures effectuées aux champs tels que la mesure de la  $D_a$  et tension hydrique du sol, couplées sur le comptage du nombre d'impact racinaire débouchent sur la mise en évidence de première liaison entre la densité racinaire, la structure du sol et l'alimentation hydrique.

On trouve que la semelle du labour apparaît à peu près à 25 cm de la profondeur.

La capacité de rétention en eau entre les 2 systèmes est presque identique. Il en est de même sur la porosité, sauf dans la couche profonde, on constate que les sols gérés en SCV sont plus poreux que les sols gérés en labour.

En comparant le rendement en labour et SCV, il y a une corrélation positive entre un bon développement racinaire et un bon rendement.

#### **IV.3.4 limites de l'étude**

Bien que les parcelles aient bénéficié d'un maximum de protection, des dégâts ne peuvent pas être totalement évités. L'attaque des insectes *Heteronychus* et vers blanc ont détruit les parcelles jusqu' à 50% de la surface sur un bloc.

En outre l'observation de racine est une opération destructive et qui demande beaucoup de temps. Alors on ne peut pas faire beaucoup de répétitions, ainsi l'erreur expérimentale n'a pas été bien maîtrisée et le degré de précision est bas.

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif de cette étude reposait sur la validation d'un modèle permettant d'estimer la densité en longueur racinaire sur le riz et de mettre en œuvre une méthode de caractérisation du système racinaire. Nous avons cherché à partir de ce modèle, l'effet de modes de gestion du sol : LAB et SCV sur l'enracinement.

L'étude se porte alors sur deux types d'observation : à partir de prélèvement du système sol racine et sur le profil racinaire.

Malgré la précaution, nous avons rencontré quelques difficultés d'ordre technique (absence logiciel), nous ne pouvons pas valider le modèle de caractérisation du système racinaire. On a pu néanmoins mettre en évidence quelques paramètres tels que les indices de directions préférentielles de racine, le front racinaire et aussi le nombre d'impacts racinaire en fonction de la profondeur du sol.

Ainsi, on a observé que les racines se concentrent beaucoup dans le premier horizon du sol (0 – 25 cm). Suite à la présence de la semelle du labour à peu près entre 25 à 30 cm de profondeur. On observe aussi que c'est dans cet horizon qu'on trouve la densité apparente faible.

Ces divers résultats permettent alors de conclure la mise en évidence de l'influence de l'état du sol sur l'enracinement.

D'après résultats obtenus avec le prélèvement du cube, on a pu déduire que les racines ont une distribution anisotrope  $P \neq 1$ . La tendance était variable selon les faces d'observation, les profondeurs et l'âge de la plante. L'intérêt, si l'on connaît le degré d'anisotropie et la direction préférentielle des racines ; il est possible d'estimer la longueur des racines dans le cube à partir de mesure sur une seule face, grâce à un modèle fondé sur les probabilités géométriques.

On a pu déterminer aussi que l'enracinement du riz pluvial est toujours nettement plus important en densité sous travail du sol que sur SCV. Par contre, il n'y a pas de différence significative par le front racinaire.

Pour répondre à l'hypothèse initiale, nous avons déduit que la meilleure gestion du sol est le labour au lieu de SCV.

Nous avons dans ce cas observé sur les parcelles du SCV de facteurs qui interfèrent les conditions de réalisation du SCV :

- ❖ la présence de mauvaises herbes sur les parcelles suite à l'absence d'herbicide sélectif de graminée
- ❖ l'attaque d'insecte terricole genre Hétéronichus.

En effet, l'expérimentation devra être reconduite si l'on veut pouvoir caractériser correctement. L'expérimentation devra être reconduite si l'on veut pouvoir caractériser en dynamique l'enracinement en SCV.

Plusieurs applications de la méthode pourraient être envisagées :

Comparaison de traitements, comme c'est le cas dans cette étude : de type de sol, de modes de gestion du sol, de fertilisations, de régime hydrique,...

Mettre en relation l'enracinement et la nutrition de la culture : par des mesures des éléments du sol (N, P) et des comptages d'impacts racinaires

Caractériser des différences variétales d'enracinement

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- A. ANGLADETTE, (1966), Le riz, 930 p.
- 2- A. RADANIELSON, (2006), Méthode d'évaluation de la densité de longueur racinaire à partir d'observation de point d'impact sur un profil racinaire, 20 p.
- 3- A. ANGLADETTE, (1967), Le riz, Maisonneuve et Larose, 126 p.
- 4- C. GUYOU, (2003), Analyse de la filière riz pluvial dans la région des Hauts plateaux de Madagascar, CIRAD-CA/PCPSRID, 40 p.
- 5- C. MATHIEU, (1998), Analyse physique des sols, Tec/boc 275 p.
- 6- CFR, (1995), Riz du débouché à la culture, 51 p.
- 7- CIRAD, (1998), Semis direct du riz pluvial de haute technologie, 39 p.
- 8- D. MOREAU, (1987), L'analyse de l'élaboration du rendement du riz, 125 p
- 9- E. LE BOUDER, (1993), Riziculture paysanne d'eau douce, 87 p + annexes.
- 10- E. RANDRIANATSIMBAZAFY, (1980), Travail du sol et profil cultural, cas du maïs et du pinus, 92 p. + annexe.
- 11- ENCYCLOPEDIE INTERNATIONALE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES, n° 9, 1973, page 283 et page 571.
- 12- G. CALLOT, H. CHAMAYOU, C. MAERTENS, L. SALSAC, (1982), Mieux comprendre les interactions sol-racine : incidence sur la nutrition minérale, INRA, 325 pages.
- 13- H. DUPRIEZ/ P DE LEENER, (1983), Agriculture tropicale en milieu paysan africain, 280 p.
- 14- H. RANDRIANASOLO, (1972), Technique pour des expérimentations au champ sur le riz, IRRI, 56 p.
- 15- I. DOUNIAS, (2001), Système de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales, CIRAD/CA-CNEARC.
- 16- J. P DOBELMANN, (1976), Riziculture pratiquée, riz pluvial, 123 p + annexe.
- 17- J.L. CHOPART, (2004), Les systèmes racinaires des cultures tropicales : rôle, méthode d'étude in situ, développement, fonctionnement, CIRAD-CA, 43 p.
- 18- L. SEGUY, S. BOUZINAC, A. PACHERO, Un test simple pour évaluer la cinétique de la profondeur de l'enracinement du riz pluvial, à l'usage des agronomes et des sélectionneurs, CIRAT, 11 p.
- 19- M. BONNEFOY, D. PILLOT, (1990), Manuel d'agronomie tropicale, Gret, 489 p.
- 20- M. JACQUOT, B. COURTOIS, (1983), Le riz pluvial, Maisonneuve, 133 p.

- 21- MAEP, (2006), Recensement de l'agriculture, campagne agricole 2004-05.
- 22- MAEP/UPDR, (2003), Monographie de Vakinankaratra, 107 p. +annexes
- 23- MINISTERE DE LA COOPERATION FRANCAISE, (1991), Mémento de l'agronome, 1635 p.
- 24- P. DUCHAUFOR, (2001), Introduction à la science du sol, 76 p.
- 25- P. HUBERT, Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale, Tome 1, BDPA, page 255.
- 26- P. MARTIN-PREVEL, J.GAGNARD, P. GAUTIER, (1984), L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales, 810 p.
- 27- R. HELLER, Cours de physiologie végétale, première partie, CDU, 154 p.
- 28- R. RABEZANDRINA (2002), Cours d agriculture générale, 119p.
- 29- S. H. RABEZANAHARY, (2004), Etude des bilans hydriques des cultures pluviales en labour et en semis direct sur couverture végétale, ESSA, 80p. + annexes.
- 30- S. HENIN, R. GRAS, G. MONNIER, (1969), Le profil cultural, Masson, 332 p.
- 31- S.BENITO, VERGARA, (1984), Manuel pratique de riziculture, IRRI, 275 p.
- 32- V. BOUSQUET, (1999), Validation et mise en œuvre d'une méthode de caractérisation du système racinaire : cas de 4 variétés du riz pluvial, ENSAIA, 33 p. + annexe.
- 33- Z.ANDRIAMANANTENA, (2006), Biomasse racinaire des plantes sous différents systèmes de culture, labour et semis direct sous la couverture végétale dans le Vakinankaratra, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en agronomie, ESSA, 53 p.

## RESUME

La dynamique de système racinaire d'une variété de riz pluvial (FOFIFA 161), a fait l'objet de notre étude. Ces dynamiques racinaires ont été examinées sur des sols à états contrastés, suite à des pratiques culturales différentes : labour et semis direct et pendant trois stades de développement différents.

Cependant, l'étude de paramètres d'enracinements pose toujours des difficultés de réalisation. Ainsi, nous avons essayé d'utiliser le modèle de caractérisation de système racinaire proposé par CHOPART et SIBAND. Il s'agit d'une cartographie des impacts racinaires visualisés sur un profil de sol à l'aide d'une grille et un prélèvement d'échantillons de sol contenant des racines dans des cubes.

Les résultats montrent que les racines colonisent bien les horizons présentant une densité apparente faible.

L'application du modèle, malgré des difficultés techniques, nous a permis de caractériser les comportements distincts des racines vis-à-vis des modes de gestion de sol. Il semble que les racines exploitent bien le sol labouré que sur SCV. Mais il faut noter que le système SCV rencontrait quelques problèmes lors de l'expérimentation.

En conclusion, l'importance du système racinaire de la plante dépend de la caractéristique du sol et du modèle de la culture.

**Mots-clés** : racine, système racinaire, riz, riz pluvial, modèle de caractérisation de système racinaire, labour, SCV.