



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



Faculté des Sciences

**Département de Biologie et Ecologie Végétales
Mention : Biologie**

Parcours : PHYSIOLOGIE ET BIOTECHNOLOGIE VEGETALES (PHYTECH)

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du Diplôme de MASTER II

« Effets des interactions entre la qualité des
résidus de culture et les groupes fonctionnels de
vers de terre sur la croissance du riz »

Par

RAINIHANJARIMANANA Ihaga Ahitantsoa

Soutenu le 09/12/15

Devant le jury composé de :

Président : Professeur Isabelle RATSIMIALA RAMONTA

Rapporteurs : Docteur Juvet Henrinet Herinainasoa RAZANAMEHARIZAKA

Docteur Bodovololona RABARY

Examineurs : Docteur Rodolphe RASOLOARIVONY

Docteur Eric BLANCHART





Faculté des Sciences

**Département de Biologie et Ecologie Végétales
Mention : Biologie**

Parcours : PHYSIOLOGIE ET BIOTECHNOLOGIE VEGETALES (PHYTECH)

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du Diplôme de MASTER II

« Effets des interactions entre la qualité des
résidus de culture et les groupes fonctionnels de
vers de terre sur la croissance du riz »

Par

RAINIHANJARIMANANA Ihaga Ahitantsoa

Soutenu le 09/12/15

Devant le jury composé de :

Président : Professeur Isabelle RATSIMIALA RAMONTA

Rapporteurs : Docteur Juvet Henrinet Herinainasoa RAZANAMEHARIZAKA

Docteur Bodovololona RABARY

Examineurs : Docteur Rodolphe RASOLOARIVONY

Docteur Eric BLANCHART



REMERCIEMENTS

Arrivés au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers tous ceux qui ont collaboré à sa réalisation.

Mes vifs remerciements sont adressés plus particulièrement :

- Au Professeur **Isabelle RATSIMIALA RAMONTA**, responsable de la formation du parcours PHYTECH du Département Biologie et Ecologie Végétales d'Antananarivo, de nous faire l'honneur de présider le jury de ce présent mémoire malgré les nombreuses et précieuses occupations qui lui sont conférées ;
- Au Docteur **Juvet Henrinet Herinainaso RAZANAMEHARIZAKA**, mon encadreur pédagogique, enseignant chercheur de la faculté des sciences et Directeur de la Direction de la Recherche de l'Innovation (DRI), pour tout le temps consacré à la correction et les très bons conseils pour la rédaction de ce mémoire. Veuillez recevoir toute ma considération et mon profond respect ;
- Au Docteur Bodovololona RABARY, chercheur au sein du FOFIFA (FOibe Fikarohana ampihariana amin'ny Fampanandrosoana ny eny Ambanivohitra, Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural) qui m'a encadré tout au long de ce travail, pour vos conseils, rectifications et les encadrements judicieux ainsi que votre disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire malgré vos occupations. Veuillez trouver l'expression de ma sincère reconnaissance ;
- Au Docteur **Rodolphe RASOLOARIVONY**, enseignant chercheur de la faculté des sciences, pour votre disponibilité et de bien vouloir faire partie des examinateurs. Veuillez accepter mon profond respect et l'expression de ma sincère reconnaissance.
- Au Docteur **Eric BLANCHART**, maître de stage et examinateur, Directeur de recherche à l'UMR ECO&SOLS de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) qui a su m'ouvrir et me transférer les connaissances sur d'autres niveaux d'étude, ainsi que votre disponibilité malgré vos lourdes responsabilités. Veuillez recevoir toute ma considération et mon profond respect.

Mes vifs et respectueux remerciements s'adressent également au :

- Professeur **Lilia RABEHARISOA**, Directrice du Laboratoire des RadioIsotopes (LRI), pour nous avoir permis de finaliser notre stage au sein du laboratoire ;
- Docteur **Laetitia BERNARD**, chercheur à l'IRD, pour ces aides précieuses lors des manipulations et de nous avoir informés sur certaines connaissances.

- Docteur **Malaladiana RAZAFINDRAKOTO**, post-Doctorante à l'IRD, pour la manipulation et l'identification des vers de terre ;
- Toute l'équipe de recherche, les techniciens du FOFIFA Antsirabe et du Laboratoire des RadioIsotopes ainsi que de l'IRD pour leurs aides précieuses ;
- Tous les stagiaires et les thésards du FOFIFA et du LRI particulièrement **Onja, Ntsoa, Harimenja, Mbeloson, Laurencia** et **Damase** pour vos aides et les moments inoubliables passés ensemble pendant le stage.
- Enfin, je tiens à remercier toute ma famille, mes parents, mon grand frère et sa femme, ma sœur et son mari qui m'ont toujours encouragé et soutenu physiquement, financièrement même dans les moments difficiles.

Je ne saurais aussi assez remercier, les responsables du projet **CAMES** d'avoir donné les ressources financières nécessaires et de l'équipe du FOFIFA d'Antsirabe pour leur accueil lors de mon stage.

TABLE DES MATIERES

<i>LISTE DES FIGURES</i>	v
<i>LISTE DES PHOTOS</i>	v
<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	v
<i>LISTE DES ABREVIATIONS</i>	vi
<i>GLOSSAIRE</i>	vii
<i>LISTE DES ANNEXES</i>	viii
INTRODUCTION	1
1. MATERIELS ET METHODES	4
1.1 Site d'étude	4
1.1.1 Localisation	4
1.1.2 Climat	4
1.2 Sol	5
1.2.1 Prélèvements	5
1.2.2 Séchage	5
1.3 Dispositif expérimental	6
1.3.1 Mésocosme	6
1.3.2 Matériels animaux	6
1.3.3 Matériels végétaux	7
1.3.4 Traitements et dispositifs	11
1.3.5 Entretien et mesures	14
1.3.6 Analyses statistiques	16
2. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	17
2.1 Persistances des vers de terre sur chaque système	17
2.2 Poids en matière sèche des litières restantes à la fin de l'expérience	19
2.3 Production de la variété du riz	22
2.3.1 Biomasses aériennes du riz	22
2.3.2 Biomasses racinaires du riz	23
2.3.3 Biomasses en graines	25
2.4 Teneur en phosphore des plantes :	29
2.4.1 Phosphore totale des pailles	29
2.4.2 Phosphore total des grains	30
2.5 Rendement du riz	32

3. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	34
3.1 Hétérogénéité des dispositifs en mésocosmes	34
3.2 Qualités des résidus sur les activités des vers de terre.....	35
3.3 Interaction sur la production de biomasse (racinaire, aérienne et grains) et le rendement en riz	36
3.4 Interaction sur la mobilisation du phosphore par la plante.....	38
3.5 Recommandations.....	38
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43

ANNEXES

ABSTRACT

RESUME

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'ANDRANOMANELATRA	4
Figure 2: Dispositifs des mésocosmes	13
Figure 3 : Pourcentages de la survie des vers de terre à la fin de l'expérimentation selon le type de résidu et son gestion.	17
Figure 4 : Taux de mortalité des vers de terre selon la gestion et les types de résidus comparé au traitement sans résidu.....	19
Figure 5: Quantité des résidus selon tous les traitements.....	22
Figure 6 : Production moyenne de biomasses aérienne et racinaire selon les types de résidu.....	25
Figure 7: Production moyenne des grains selon les types de résidu.	27
Figure 8 : Production moyenne de grains par panicule selon le type de résidu.....	29
Figure 9 : Teneur en phosphore totale des pailles selon le résidu d' <i>Eleusine corocana</i>	30
Figure 10 : Teneur en phosphore totale des grains selon le traitement sans vers de terre.	32
Figure 11 : Rendement du riz (FOFIFA 161) selon le résidu d'Eleusine.	33

LISTE DES PHOTOS

Photos 1 : Zone de prélèvement du sol	5
Photos 2 : Séchage de sol à l'air libre.....	5
Photos 3 : Dispositifs avec et sans velcros	6
Photos 4 : Cuves de prélèvement des vers de terre	6
Photos 5 : Vers de terre.....	7
Photos 6: <i>Crotalaria grahamiana</i>	8
Photos 7 : <i>Desmodium uncinatum</i>	8
Photos 8 : <i>Stylosanthes guianensis</i>	9
Photos 9 : <i>Eleusine coracana</i>	9
Photos 10 : <i>Zea mays</i>	10
Photos 11 : Gestion des résidus.....	11

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Quantité de résidus de culture restant à la fin de l'expérimentation, présentée en poids de Matière Sèche (g.MS).....	20
Tableau 2 : Mesures effectués sur les biomasses aériennes des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte.	23
Tableau 3 : Mesures effectués sur les biomasses racinaires des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte.	24
Tableau 4 : Nombre total des grains des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte. ..	26
Tableau 5 : Nombre de grains par panicule des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte.....	28
Tableau 7 : Teneur en phosphore total des grains en mg.kg ⁻¹	31
Tableau 8 : Production t/ha du riz (FOFIFA 161).....	33

LISTE DES ABREVIATIONS

- ❖ ANOVA : Analyse de la variance
- ❖ CAMES : Impacts of Conservation Agriculture on Macrofauna diversity and related Ecosystem Services for improved farmers cropping systems and livelihoods in Highlands of Madagascar.
- ❖ C : Carbone.
- ❖ CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- ❖ DRI : Direction de la Recherche et de l'Innovation
- ❖ FOFIFA : FOibe Fikarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra, Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural
- ❖ g.MS : Gramme de Matière Sèche
- ❖ IRD : Institut de Recherche pour le Développement
- ❖ LRI : Laboratoire des RadioIsotopes
- ❖ MO : Matière Organique
- ❖ N : Azote
- ❖ P : Phosphore
- ❖ SCV : Systèmes de Culture sur couverture Végétale
- ❖ UMR Eco&Sols : Unité Mixte de Recherche en Ecologie fonctionnelle et Biogéochimie des sols et des Agroécosystèmes
- ❖ VDT : Vers de terre

GLOSSAIRE

Agroécosystème : une association dynamique comprenant les cultures, la flore, la faune, l'atmosphère, les sols et l'eau en interaction avec les usages qu'en font les hommes.

Battance : caractère d'un sol tendant à se désagréger et à former une croûte en surface sous l'action de la pluie.

Bioturbation : phénomène de transfert d'éléments nutritifs ou chimiques par des êtres vivants au sein d'un compartiment d'un écosystème ou entre différents compartiments. Peut aussi décrire le mélange actif des couches de sol ou d'eau par les espèces vivantes, principalement animales.

Drilosphère : la partie de sol influencée par les activités des vers de terre, qui est passée par son tube digestif, constituant son habitat et les structures qu'il fabrique (déjections et galeries).

Mésocosme : dispositif expérimental en pots, de taille moyenne confiné et contrôlé ou semi-contrôlé où un expérimentateur peut faire varier tout ou une partie des paramètres du milieu.

Mulch : couche de matériau protecteur posée sur le sol, principalement dans le but de modifier les effets du climat local. Appelé aussi « paillis », désigne une couche de biomasse végétale, peu épaisse, disposée à la surface du sol.

LISTE DES ANNEXES

- Annexes 1 : ANOVA des traitements sans vers de terre sur le poids des résidus au seuil de 5%.
- Annexes 2 : ANOVA des traitements avec *Dichogaster saliens* sur le poids des résidus au seuil de 5%.
- Annexes 3 : ANOVA des traitements avec *Pontoscolex corethrurus* sur le poids des résidus au seuil de 5%.
- Annexes 4 : Résultats du test t de Student sur le poids des litières au seuil de 5% avec les types de vers de terre.
- Annexes 6 : ANOVA des traitements avec le résidu de *Desmodium uncatum* sur le poids des litières au seuil de 5%.
- Annexes 7 : ANOVA des traitements avec le résidu d'Eleusine coracana sur le poids des litières au seuil de 5%.
- Annexes 8: ANOVA des traitements avec le résidu de *Zea mays* sur le poids des litières au seuil de 5%.
- Annexes 9 : ANOVA des traitements avec le résidu de *Stylosanthes guianensis* sur le poids des litières au seuil de 5%.
- Annexes 10 : Test de normalité du poids des biomasses aériennes pour *Stylosanthes guianensis* Enfoui avec *Dichogaster saliens* et *Pontoscolex corethrurus*
- Annexes 11 : Résultats du test t de Student sur le poids des biomasses aériennes au seuil de 5% avec les types de vers de terre.
- Annexes 15 : Résultats du test t de Student sur le poids des biomasses racinaires au seuil de 5% avec les types de vers de terre.
- Annexes 16 : ANOVA des traitements avec *Dichogaster saliens* pour le nombre de grains totaux au seuil de 5%.
- Annexes 17 : Test de normalité avec le nombre de grains totaux pour sans vers de terre *Stylosanthes guianensis* en surface avec et sans résidus avec *Pontoscolex corethrurus* au seuil de 5%.
- Annexes 18 : ANOVA du nombre de grains totaux sur les types de résidus au seuil de 10%.
- Annexes 21 : ANOVA de la teneur en phosphore des pailles avec les traitements sans vers de terre au seuil de 10%.
- Annexes 22 : Test de normalité sur la concentration en phosphore des pailles pour *Pontoscolex corethrurus* avec *Desmodium uncatum* en enfoui et *Eleusine coracana* en surface au seuil de 5%.
- Annexes 23 : ANOVA des traitements sans vers de terre sur la concentration en phosphore des pailles au seuil de 10%.
- Annexes 26 : Test t de student sur la teneur en phosphore des grains au seuil de 5% avec les types de vers de terre.
- Annexes 27 : Test de normalité pour les traitements avec *Stylosanthes guianensis* (Enfoui sans vers de terre et en surface avec *Dichogaster saliens*) au seuil de 5%.
- Annexes 29 : ANOVA des traitements avec *Eleusine coracana* sur le rendement du riz au seuil de 5%.

INTRODUCTION

L'agriculture est à la base de la survie de la plupart des êtres vivants. Mais ce qui est primordial c'est de savoir gérer son champ pour obtenir une meilleure production. Car la cohabitation entre les différents organismes qui composent l'écosystème joue grandement sur la survie des cultures. D'où il peut se produire une chaîne trophique bénéfique pour les êtres qui sont hébergés par l'écosystème donnée. Des études concernant les pratiques agricoles peuvent bien être cruciales pour le développement et la pérennité de l'humanité. A ce propos, il est encore difficile de reconnaître avec exactitude les bienfaits effectués par la macrofaune sur les terres agricoles. Etant donné, d'une part la grande diversité d'organismes peuplant le sol et d'autre part la diversification des facteurs qui interviennent dans le fonctionnement du sol. Ainsi, ils peuvent influencer les interactions qui existent entre la macrofaune et les autres paramètres édaphiques tels que : le pH, l'hydrométrie, la structure, la texture, la teneur en éléments nutritifs (macro et micro nutriments), et la présence de microorganismes (bactéries et champignons). La majeure partie des sols des Hautes Terres de Madagascar sont généralement des sols ferrallitiques rouges, acides, désaturés, à teneur en aluminium échangeable élevée et à capacité d'échange faible (Rabary, 2011).

A propos des vers de terre (VDT), ils peuvent jouer plusieurs rôles dans les agroécosystèmes et le sol qui constitue un complexe adsorbant des éléments minéralisés par leur activité. Les VDT sont des animaux fouisseurs connus par leur mode de nutrition phagotrophique c'est-à-dire qu'ils ingèrent la nourriture par l'intermédiaire d'une bouche, la faisant circuler vers son pharynx qui peut broyer la matière organique à différents états de sa décomposition avec de la terre. Par conséquent, ils peuvent influencer la formation d'un sol riche en éléments minéraux. Aussi, les VDT sont surtout appréciés dans les agroécosystèmes car ils assurent l'aération et le micro-drainage du sol. De plus, la diversité de ses activités correspondant à une écologie particulière faisant partie d'acteurs majeurs dans la structuration et l'entretien des propriétés physiques du sol (bioturbation). Leur capacité à retenir et épurer l'eau fait aussi partie intégrante de ce mécanisme (Blanchart *et al.*, 1999). Les vers de terre ont une influence variée sur la productivité en biomasses (aériennes et souterraines) de certains types ou communautés de plantes. A titre d'exemple, en prairie de zone tempérée, la présence des vers de terre favorise nettement la production en biomasses totales des Fabaceae (légumineuses) avec un gain supplémentaire de 35 % (Eisenhauer *et al.*, 2009). De ce fait, la déjection des micro-agrégats dans le sol par les VDT restitue des composantes minéralisées sous forme de mucus, d'urine et de fèces qui peuvent être bénéfiques à l'agriculture. A l'issue

de ces diverses activités, le sol pourrait restituer plus d'éléments nutritifs pour les organismes environnants. Le riz est un organisme autotrophe, recevant les éléments nutritifs par des phénomènes d'assimilation de gaz carbonique de l'atmosphère et l'absorption de la solution minérale du sol ambiant. Et ces éléments peuvent assurer l'optimisation de la croissance et le bon développement des plantes. Dans cet essai, ne s'éloignant pas de la culture en rotation, nous allons mettre certaines plantes servant de couverture pour sol. Car elle pourrait être un bon moyen pour lutter contre les aléas climatiques et les problèmes affectant le sol (régression et dégradation). Cette technique peut aussi être le promoteur de l'accroissement de la macrofaune ainsi que des microorganismes. Une mauvaise pratique agricole et une gestion non contrôlée des ressources en éléments nutritifs seraient néfastes pour la productivité des plantes. Disant que le renouvellement ou la circulation des éléments nutritifs comme le carbone (C), hydrogène (H), oxygène (O), azote(N) utiles aux bons développements des plantes ne seront pas satisfaits. Selon des recherches effectuées sur l'espèce *Dichogaster saliens*, une réponse positive à une addition de matière organique fraîche de *Mucuna pruriens* comme résidus (Esperanza *et al.*, 2006) a été remarqué. Ce qui veut dire que les vers de terre grandissent mieux en présence de ces résidus. Quant à l'espèce *Pontoscolex corethrurus*, des effets significatifs ont été constatés sur la porosité du sol, mais une diminution de sa densité apparente a été pourtant observée. Ces effets ont été vue à Lazaina, de plus une augmentation de la disponibilité du phosphore dans le sol a été mise en évidence avec l'introduction des vers de terre (Ratsiatosika, 2014). Des études similaires à notre essai ont été déjà menées par Coq *et al.*, (2007) sur l'effet de *P. corethrurus* en utilisant deux types de résidus dont les résultats sur la formation des macroagrégats avec le résidu de riz sont significativement élevés par rapport à ceux du soja et aux traitements sans résidu.

L'objectif de notre étude est surtout de voir l'interaction entre la qualité des résidus et les groupes fonctionnels de vers de terre sur la croissance du riz. Pour cela nous avons effectués des tests sur les effets de la composition biochimique des résidus, et de sa gestion avec l'introduction des vers de terre. Telle que *Dichogaster saliens*, normalement c'est un ver épi-endogé et *Pontoscolex corethrurus* un ver de type endogé. L'association entre *Amyntas minimus* de type épigé avec *Dichogaster saliens* + *Pontoscolex corethrurus* est effectuée pour tester l'effet combiné des trois espèces avec un seul type de résidus dont les résultats ne sont pas présentés dans le mémoire. La variété de riz pluvial (FOFIFA 161) a été utilisée pour l'expérimentation en mésocosme (milieu contrôlé) sur le site expérimental d'ANDRANOMANELATRA avec des unités de recherche en partenariat dont le FOFIFA, le

CIRAD, et l'IRD. Le riz pluvial représente 13% des surfaces agricoles mondiales, il n'a pas besoin d'aménagement important et s'intègre bien dans un contexte de limitation des ressources en eau (Khodja *et al.*, 2002). Ces divers caractères spécifiques nous incitent à faire des études d'investigation sur le domaine, pour subvenir au besoin tout en essayant de respecter les cycles naturels de la vie. **Mais la question est que l'effet combiné vers de terre/paillage aurait-il des impacts positifs sur le riz en riziculture pluviale?** Pour apporter des éléments de réponse au sujet proposé, les hypothèses à tester se rapporteront surtout sur la croissance et le développement du riz. Puis, sur la fertilité des plants de riz disant que les activités entreprises par les VDT sur les résidus pourraient favoriser la disponibilité des éléments nutritifs. Pour cela, les biomasses et les composantes du rendement seront un facteur déterminant. Et en dernier, nous allons voir la capacité de la variété utilisée à s'adapter dans l'un des milieux proposés comme une nouvelle option de culture. De ce fait, nous allons faire les analyses chimiques du phosphore assimilé par la plante.

Le manuscrit est articulé en trois parties bien distinctes :

- **Partie 1** : « Matériels-méthodes » qui présente les démarches méthodologiques adoptées pour répondre à la question de recherche ;
- **Partie 2**: « Résultats et interprétations » ;
- **Partie 3**: « Discussion et recommandations, puis conclusion »

1. MATERIELS ET METHODES

1.1 Site d'étude

1.1.1 Localisation

L'essai s'effectue dans le site expérimental d'ANDRANOMANELATRA, près de la matrice SCRID. Se trouvant dans le district d'Antsirabe II, vers 12Km du nord de la ville, à 1628m d'altitude et ayant pour coordonnées géographiques : longitude 47°06'Est et de latitude 19°47'Sud (Figure 1).

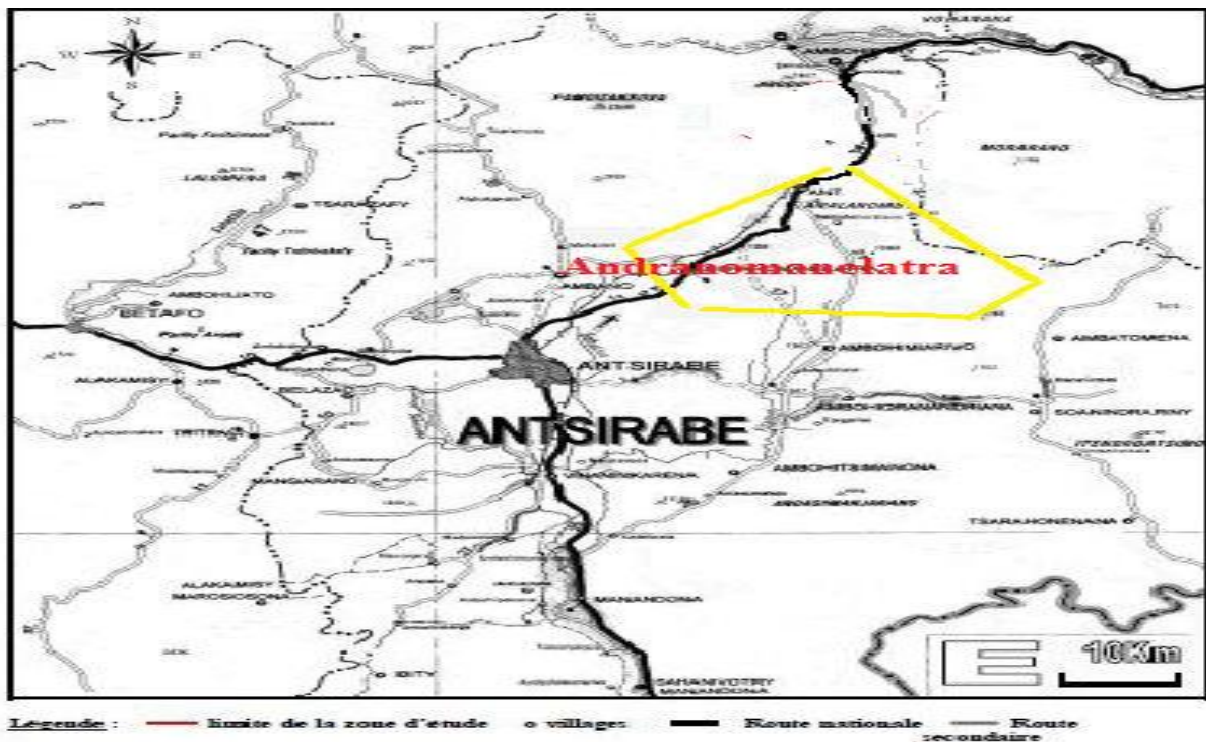


Figure 1 : Localisation du site d'ANDRANOMANELATRA

Source : Ramahandry *et al.*, en 2007

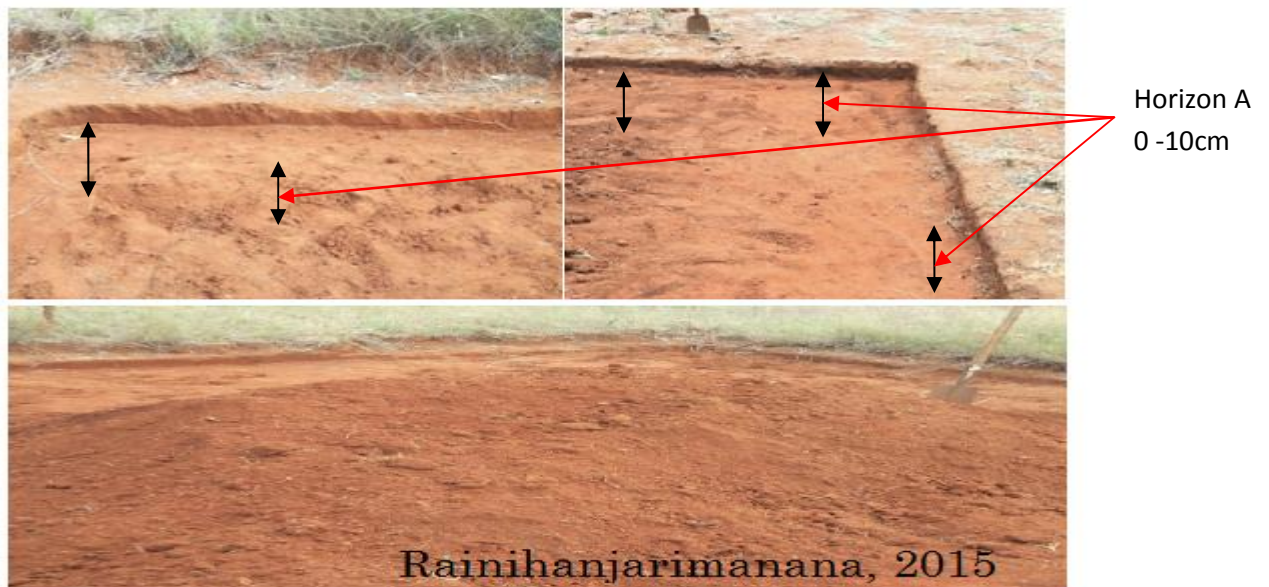
1.1.2 Climat

Le climat de la région est du type tropical d'altitude avec une alternance de saison froide et sèche du mois d'avril en octobre. La saison chaude et humide se tient du mois d'octobre en avril. La saison chaude présente une température moyenne comprise entre 17 et 20°C; la saison sèche et froide de mai à septembre période assez froide ainsi la température moyenne est de 11 à 15°C. La pluviosité moyenne annuelle est de 1300mm avec une température moyenne annuelle de 16°C.

1.2 Sol

1.2.1 Prélèvements

L'échantillon du sol a été prélevé sur l'horizon A d'un sol pauvre en matière organique de type ferrallitique d'origine fluvio-lacustre sous influence volcanique (Rabary, 2011), à une profondeur de 0 à 10cm de la surface avec une couleur caractéristique rouge à orange qui est typique des plaines de la région du Vakinankaratra (Photos 5).



Photos 1 : Zone de prélèvement du sol

1.2.2 Séchage

Après avoir bien mélangé le sol il fallait le sécher pour éviter certaine contamination de parasite (Photos 2). Mais aussi, il fallait bien homogénéiser la composition du matériel sol de départ. Car il est l'un des paramètres qui ne doit pas être significativement différents au début de l'expérimentation.



Photos 2 : Séchage de sol à l'air libre

1.3 Dispositif expérimental

1.3.1 Mésocosme

Des seaux qui peuvent contenir un volume de 15L d'eau avec une surface de 615 cm² ont été utilisés (Photos 3). Afin de les standardiser, nous avons troué le fond pour que l'eau puisse bien circuler, puis collé du velcro sur la partie supérieure et remis de la toile sur le fond pour que les vers ne puissent pas s'évader.



Photos 3 : Dispositifs avec et sans velcros

1.3.2 Matériels animal

1.3.2.1 Localisation et collecte des vers de terre

Les vers de terre ont été collectés dans les terrains tout près du site de recherche dans des abris des sous-bois d'arbres fruitiers tels que le kaki, l'avocat et le poirier qui peuvent bien être l'une des conditions favorables au développement des VDT. Les deux espèces ont été prélevées dans le même habitat mais chaque espèce a été prélevée à différents niveaux du sol. Ainsi pour bien distinguer les vers de terre soulever avec l'angady une motte de terre puis répartir les espèces dans des cuves différentes tout en humidifiant avec de l'eau pour les maintenir vivants (Photos 4).



Photos 4 : Cuves de prélèvement des vers de terre

1.3.2.2 Reconnaissance des différentes espèces

Les différentes espèces des vers de terre se distinguent par leur écologie, leur comportement, et leur morphologie. Selon Bouché (1972); il y a trois catégories écologiques de vers qui sont les anéciques, les endogés et les épigés. Sur l'expérimentation en mésocosme deux espèces ont été utilisées telles que *Dichogaster saliens* (Photos 5a) qui est normalement un type de ver épi-endogé de petite taille, vit et se nourrit de la litière morte mais peut creuser des galeries superficielles à la surface du sol. Puis *Pontoscolex corethrurus* (Photos 5b), de type endogé et de taille moyenne, créant un réseau de galeries sub-horizontales et se nourrissant de la matière organique contenue dans le sol.



Dichogaster saliens



Pontoscolex corethrurus

Photos 5 : Vers de terre

1.3.3 Matériels végétal

1.3.3.1 Types de résidus

Ne s'éloignant pas des techniques en Système de culture sous-Couverture Végétale SCV l'essai se rapporte aussi aux débris issus de la décomposition de matière organique. La teneur et la composition en élément de chaque résidu ne sont pas le même d'où les activités des vers de terre pourraient être spécifique selon le système de culture.

1.3.3.2 Famille des Fabaceae

Pour les trois premiers types de résidus ils appartiennent à la famille des Fabaceae communément appelé Légumineuses.

➤ *Crotalaria grahamiana*

Systématique :

Règne : PLANTAE

Division : MAGNOLIOPHYTA

Classe : DICOTYLEDONES

Ordre : FBALES

Famille : FABACEAE

Genre : *Crotalaria*

Espèce : *grahamiana*

Nom vernaculaire : Crotalaire



Photos 6: *Crotalaria grahamiana*

Intérêts agronomiques :

Le *Crotalaria grahamiana* est souvent toxique et est utilisé comme plante de couverture, surtout dans le but de contrôler les bioagresseurs des cultures comme les nématodes et les vers blancs. Il est utilisé en culture intercalaire pour diminuer la population de certains phytoparasites.

➤ *Desmodium uncinatum*

Systématique :

Règne : PLANTAE

Division : MAGNOLIOPHYTA

Classe : DICOTYLEDONES

Ordre : FBALES

Famille : FABACEAE

Genre : *Desmodium*

Espèce : *uncinatum*

Nom vernaculaires : *Desmodium*, fandraikidamba



Photos 7 : *Desmodium uncinatum*

Intérêts agronomiques :

Le *Desmodium* est connu pour ses rôles vis-à-vis des nématodes et de son effet allélopathique contre les mauvaises herbes comme le *Striga* (Khana *et al*, 2006)

➤ *Stylosanthes guianensis*

Systématique :

Règne : PLANTAE

Division : MAGNOLIOPHYTA

Classe : DICOTYLEDONES

Ordre : FABALES

Famille : FABACEAE

Genre : *Stylosanthes*

Espèce : *guianensis*

Nom vernaculaires : *Stylosanthes*, Stylo



Photos 8 : *stylosanthes guianensis*

Intérêts agronomiques :

Il est caractérisé par ses propriétés de contrôler les plantes nuisant à la culture par sa forte fixation d'azote et par sa capacité d'extraire le phosphore de milieux qui en sont pauvres Rafaliharimanana (2015). Il possède, sous certaines conditions, un caractère répulsif envers des nématodes ainsi qu'un champignon (*Colletotrichum gloeosporioides*) responsable de l'antracnose (Quaranta, 2009).

1.3.3.3 Famille des Graminées

Pour le Maïs et l'*Eleusine* ils appartiennent à la famille des Graminées ou Poaceae, plantes cosmopolites qui présentent des intérêts économiques majeurs.

➤ *Eleusine coracana*

Systématique :

Règne : PLANTAE

Division : MAGNOLIOPHYTA

Classe : LILIOPSIDAE

Ordre : CYPERALES

Famille : POACEAE

Genre : *Eleusine*

Espèce : *coracana*



Photos 9 : *Eleusine coracana*

Nom vernaculaires : Eleusine, petit mil, finger millet

Intérêts agronomiques :

A Madagascar, l'*Eleusine* se développe bien sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne ou élevée. Grâce à ses systèmes racinaires, l'éleusine est caractérisé par sa forte capacité à fixer le carbone et l'azote et assure une meilleure restructuration du sol. Cette plante peut présenter des facultés antibactériennes (Banerjee., *et al* 2012) et inhiber l' α -amylase des insectes. Associée au *Crotalaria* ou au *Cajanus*, l'éleusine semble réduire la pyriculariose sur la culture de riz lui succédant (Husson *et al*, 2012).

➤ *Zea mays*

Systématique :

Règne : PLANTAE

Division : MAGNOLIOPHYTA

Classe : LILIOPSIDAE

Ordre : CYPERALES

Famille : POACEAE

Genre : *Zea*

Espèce : *mays*

Nom vernaculaires : Maïs, katsaka

Intérêts agronomiques :

Le Maïs présente une bonne production en biomasse utilisée comme fourrage pour animaux. Graines riches en amidon, le maïs est souvent cultivé en association avec les Fabaceae.

1.3.3.4 Mode de gestion du mulch

Se référant à l'agriculture de conservation avec deux types de gestion du résidu (Photos 10) : soit (i) semis direct avec enfouissement de la matière organique ou par (ii) semis direct sous couverture végétale et les traitements témoin sans résidus Ø.

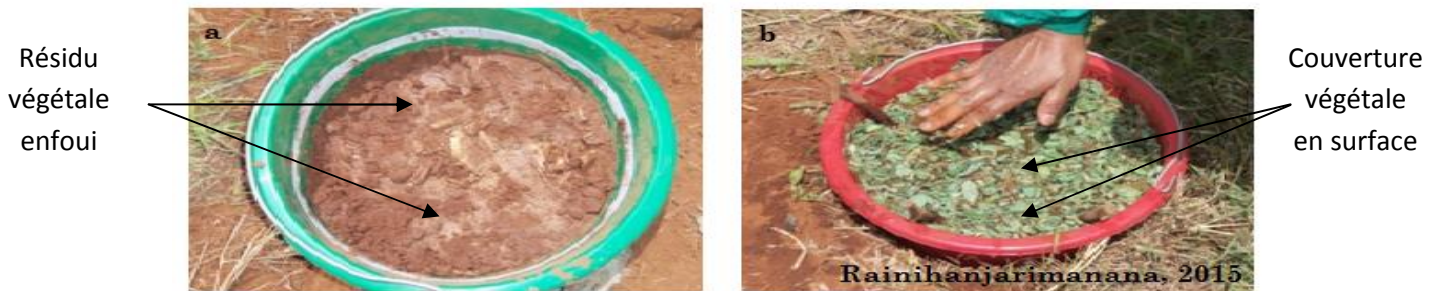
Mode opératoire

D'abord, nous avons séché à l'étuve, puis découpé en des petits fragments les résidus pour bien homogénéiser le paillage. Lors de la mise en culture (semis) nous avons enfoui les résidus entre 0 et 5 cm de profondeur (photos 12 a). Puis pour le deuxième système, le procédé est la même, mais pour la localisation elle diffère car les résidus sont laissés à la surface du sol sans



Photos 10: *Zea mays*

enfouissement (photos 12b). La quantité de matière organique apportée est de 30g pour tous les dispositifs avec résidus.



Photos 11 : Gestion des résidus

1.3.3.5 Semis du riz

La variété de riz pluvial (FOFIFA 161) a été utilisée avec un cycle semis-maturité de 155 jours. Cette variété a été choisie par ses caractéristiques particulières à savoir sa tolérance à la pyriculariose, au froid, ainsi qu'une bonne adaptation à la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar (Moyenne Antsirabe/1600 m). Elle est incluse dans le catalogue FOFIFA 4355/CIRAD-CA GERVEX 9172, en 2003. Connaissant ces spécificités les suivis cultureux seront effectués tout au long des différents stades de développement de la variété ceci du semis à la récolte.

1.3.4 Traitements et dispositifs

1.3.4.1 Facteurs étudiés

L'essai se compose de 35 traitements répartis au hasard avec 4 répétitions, les dispositifs se composent de :

Facteurs étudiés	Types de résidus	Vers de terre	Gestion	Répétitions
Nombres de variables	6	4	3	4

- Cinq types de résidus et un traitement témoin : (C) *Crotalaria grahamiana*, (D) *Desmodium uncinatum*, (S) *Stylosanthes guianensis*, (M) *Zea mays*, (E) *Eleusine coracana* et (Ø) **Témoin**
- Trois niveaux de gestion des résidus : en surface (S), enfoui (E) et sans résidus (Ø).
- Quatre niveaux de vers de terre avec des nombres différents : *Dichogaster Saliens* (Di), *Pontoscolex corethrurus* (Po), *Amyntas minimus* (Mel) et sans vers de terre (Ø).

1.3.4.2 Dispositifs

Au total le nombre des seaux sur les dispositifs sont obtenus par :

→ 4 répétitions*33 traitements

→ (CEDi + CEPo + CSDi+ CSPo + CE Ø + CS Ø + DEDi + DEPo + DSDi + DSPo + DE Ø + DS Ø + EEDi + EEPo + ESDi + ESPo + EE Ø + ES Ø + MEDi + MEPo + MSDi + MSPo + ME Ø + MS Ø + SEDi + SEPo + SSDi + SSPo + SE Ø + SS Ø + ØØØ+ ØØDi+ ØØPo) = 132 seaux.

Les répétitions sont composées de blocs, donc il y a quatre blocs qui forment 5 lignes et 7 colonnes de seaux avec un écartement de 1m entre les seaux (Figure 2).

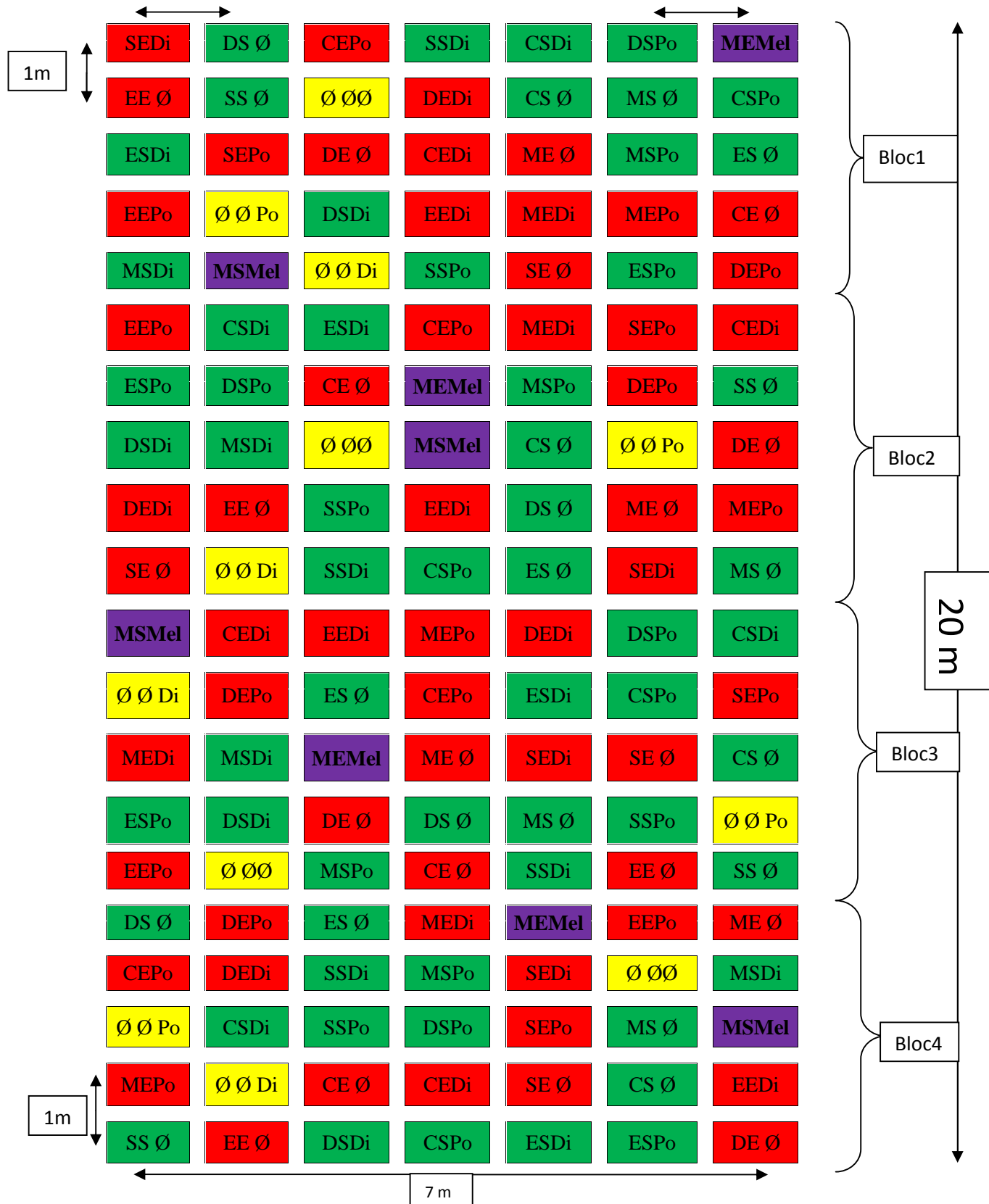


Figure 2 : Dispositifs des mésocosmes

1.3.5 Entretien et mesures

1.3.5.1 Entretien et suivi cultural

Pour mener à terme l'expérimentation, il faut prendre soin des dispositifs pour qu'ils fonctionnent bien. Le suivi cultural se fait hebdomadairement en faisant des descentes sur terrain (2 fois par semaine). Tout d'abord l'infiltration de l'eau est observée lors des périodes de pluie c'est-à-dire voir si l'eau est bien drainée ou s'il y a une stagnation entraînant l'inondation des dispositifs. En outre, dans des mauvaises conditions (périodes sans pluie) les dispositifs peuvent présenter des symptômes de battance. Pour cela nous avons déversé de l'eau en tenant compte de la surface à irriguer. Puis à un certain moment les seaux peuvent être infectés par des insectes ravageurs et des plantes envahissantes (adventices : plantes autres que le riz). Les adventices et les insectes sont éliminés manuellement. Lors du désherbage, les mauvaises herbes sont restituées dans les seaux pour qu'il ne puisse pas y avoir de gaspillage du flux de nutriments. Les insectes ravageurs du riz se nourrissent principalement des feuilles, mais aussi pouvant vivre en parasitisme sur les feuilles. Ainsi ils peuvent limiter les activités photosynthétiques de la plante d'où l'intérêt de les éliminer et pour ceux qui vivent dans le sol c'est à la fin de l'expérimentation qu'ils vont être identifiés. Et en dernier, l'observation des maladies affectant le riz est effectuée, dans le but d'évaluer les interactions.

1.3.5.2 Mesures et prélèvements

➤ Mesures de la hauteur et comptages des talles

Afin de bien axer la recherche, les mesures ont été effectuées selon les différentes phases de la croissance du riz. Ainsi, nous pourrions faire l'évaluation de la variabilité. Pendant son cycle, le riz suit 10 stades de croissance résumés en 3 phases qui sont : phase végétative, phase reproductive et phase de maturité.

➤ Prélèvements et évaluations des échantillons

Biomasse :

Pour spécifier les activités entreprises sur les différents dispositifs nous avons procédé à la collecte des biomasses (aérienne et racinaire). Il faut sectionner au ras du sol le plant de riz, puis sécher à l'étuve environ 72h avec une température de 60° C, et en dernier peser pour obtenir l'équivalent de la production en gramme de matière sèche (g.MS). La biomasse aérienne est composée des pailles et la biomasse racinaire des racines. Pour les résidus ils sont collectés au sol puis passés dans l'étuve pendant 48h avec une température de 60°C. Tout

comme les biomasses de la plante les résidus sont aussi pesés. A la fin de l'expérimentation, les échantillons de sol dans les dispositifs pourraient bien être très différents. D'où le poids de la litière de départ et celui à la fin de la récolte seront un facteur déterminant des activités entreprises sur les dispositifs.

Composantes du rendement :

Sur la surface en mésocosme, il y a deux plants par seaux, le comptage des talles se fait sur les deux pieds tout comme le nombre de panicules. Les graines sont séparées de la partie végétative puis elles vont être comptées et pesées. Car le rendement est donné par la production en grains ramenée à la surface cultivée, noté en tonnes par hectares $t.ha^{-1}$ ou

$g.m^{-2}$ selon la formule :

$$RDT \text{ g/m}^2 = Nb \text{ pl/m}^2 * Nb \text{ de Gn/Pa} * Pg \text{ Pl} * Pd'1Gn(g)$$

Nb pl/m² : nombre de plantes par m²

Nb de Gn/Pa : nombre de graines/panicules

Pg Pl : pourcentage de graines pleines

Pd'1 Gn : poids d'une graine (en gramme)

Vers de terre :

Nous avons comptés et identifiés les vers de terre à la fin de la récolte au Laboratoire des RadioIsotopes (LRI). Ainsi nous pouvons spécifier l'aptitude des espèces sur les systèmes mis en place. Mais selon les systèmes, les VDT sont soumis à des situations différentes d'où la nécessité du comptage et de l'identification.

Analyses chimiques des plantes :

Tout comme le comptage et l'identification des vers de terre les analyses chimiques s'effectuent au Laboratoire LRI (Laboratoire des RadioIsotopes). Le but des analyses est surtout d'évaluer la teneur en Phosphore totale des plantes sur chaque traitement. Pour cela, les pailles et les graines sont échantillonnées. Tous les échantillons de plantes à analyser ont été préalablement broyés (en poudre) et séchés dans l'étuve à 60°C. L'extraction du phosphore total des végétaux se fait après calcination au four, repris par de l'acide chlorhydrique concentré et pur. Après, le dosage colorimétrique par la méthode au bleu à 882

nm avec le mélange de deux réactifs acide ascorbique et phospho-molybdo-métavanadate est utilisé. La quantité de P assimilé par les plantes de chaque traitement, après la récolte est obtenue avec les mesures sur le P total des graines et le P total des pailles.

1.3.6 Analyses statistiques

Toutes observations ont été enregistrées sous Microsoft Excel et traitées par des analyses statistiques pour bien décrire les données. Des interprétations qualitatives et quantitatives seront tirées à partir des variabilités. Le test de Normalité sera effectué sur les données pour voir s'il y a des différences entre les répétitions et le test t de Student pour voir les tendances entre les traitements. Pour l'analyse de la variance (ANOVA) nous allons utiliser le logiciel XL STAT pour vérifier si les échantillons sont différents ou de même valeur.

2. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Les résultats présentés dans ce chapitre concernent le nombre de vers de terre, le poids des résidus, la production en biomasse et la concentration en phosphore contenu dans la variété du riz (FOFIFA 161) en fonction des gestions du mulch. Pour cela les résultats sont organisés en cinq grandes parties.

2.1 Persistances des vers de terre sur chaque système.

Les figures 3 et 4 représentent la persistance des vers de terre en fonction des traitements.

Après l'identification des vers de terre à la fin de l'expérimentation, les résultats obtenus sur les comptages du nombre sont représentés en pourcentage de survie (figure 3). Pour *Pontoscolex corethrurus* (figure 3a), les valeurs les plus élevées sont observées sur les traitements de *Zea mays* tant enfoui (MSPo : 45,83 %) qu'en surface (MEPo : 66,67 %). Les valeurs les plus faibles sont observées avec le traitement sans résidu et le traitement avec le *Desmodium uncatum* en surface (ØØPo et DSPo : 4,17 % chacun). Pour le vers de terre *Dichogaster saliens* (figure 3b), la valeur la plus élevée est obtenue avec *Eleusine coracana* enfoui (EEDi : 51,25 %) contre seulement 3,75 % avec *Crotalaria grahamiana* en surface qui est la valeur la plus faible.

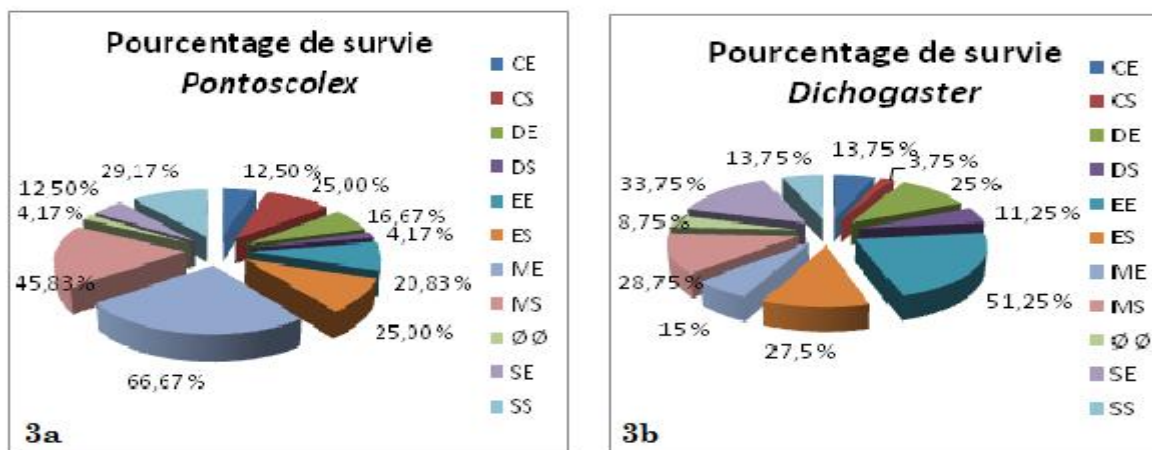


Figure 3 : Pourcentages de la survie des vers de terre à la fin de l'expérimentation selon le type de résidu et son gestion.

Crotalaria Enfoui (CE), *Crotalaria en Surface (CS)*, *Desmodium Enfoui (DE)*, *Desmodium en Surface (DS)*, *Eleusine Enfoui (EE)*, *Eleusine en Surface (ES)*, *Maïs Enfoui (ME)*, *Maïs en Surface (MS)*, *Témoin (ØØ)*, *Stylosanthes Enfoui (SE)*, et *Stylosanthes en Surface (SS)*.

La figure 4 représente les taux de mortalité des deux vers de terre (*P. corethrurus* et *D. saliens*) comparé avec les traitements témoin sans résidus.

Résultats et Interprétations

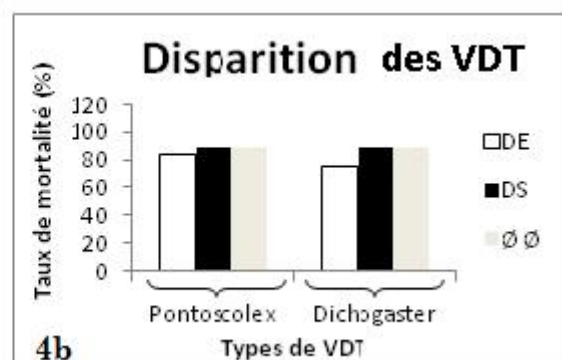
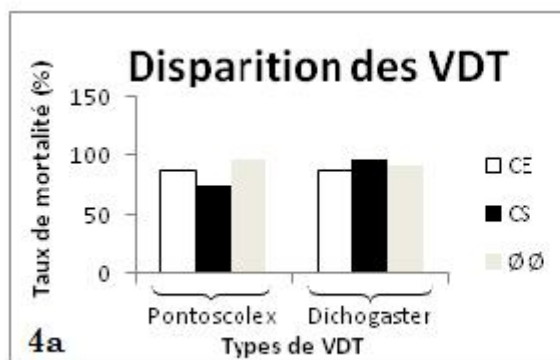
La figure 4a présente les effets de résidu de *C. grahamiana* sur la viabilité des deux vers de terre. L'analyse des résultats montre un taux de mortalité plus élevé pour *P. corethrurus* avec le traitement témoin ($\emptyset\emptyset$ Po : 95,83 %), par contre pour *D. saliens* ce taux élevé est obtenu sur le traitement avec résidu en surface (CSDi : 96,25 %). Les deux espèces de vers de terre étudiées indiquent des taux de mortalité plus faibles avec des résidus enfouis (*P. corethrurus* : 87,5 % et *D. saliens* : 86,25 %) par rapport au témoin (*P. corethrurus* : 95,83 % et 91,25 % pour *D. saliens*). Avec des résidus en surface *P. corethrurus* donne la valeur la plus faible (75 %).

Sur la figure 4b on a les effets de résidu de *D. uncatum*. L'analyse des résultats montrent que les valeurs de disparition moins fortes sont obtenues sur les traitements enfouis (*D. saliens* : 75 % et *P. corethrurus* : 83,33 %) par rapport au témoin. En revanche, pour des résidus en surface *P. corethrurus* (DEPo : 95,83 %) présente la même valeur que le traitement témoin.

Les effets de résidu d'*E. coracana* sont donnés sur la figure 4c. L'analyse des résultats donne un taux de mortalité faible pour *P. corethrurus* avec résidu en surface (ESPo : 75,00 %) alors que *D. saliens* sur résidu enfoui (EEDi : 48,75 %) comparé au traitement témoin.

Pour *Z. mays*, la figure 4d représente les effets du résidu sur la viabilité des deux vers de terre. L'analyse des résultats montre que la valeur de disparition faible pour *P. corethrurus* est obtenue avec résidu enfoui (MEPo : 33,33 %) ; alors que pour *D. saliens*, la valeur faible se rencontre sur résidu en surface (MSDi : 71,25 %) comparé au traitement témoin.

La viabilité des deux vers de terre sont données sur la figure 4e avec résidu de *S. guianensis*. L'analyse des résultats donne la valeur moins forte pour *P. corethrurus* avec résidu en surface (SSPo : 70,83 %) ; alors que pour *D. saliens*, la valeur moins forte est retrouvée avec résidus enfoui (SEDi : 66,25 %) comparé au traitement témoin.



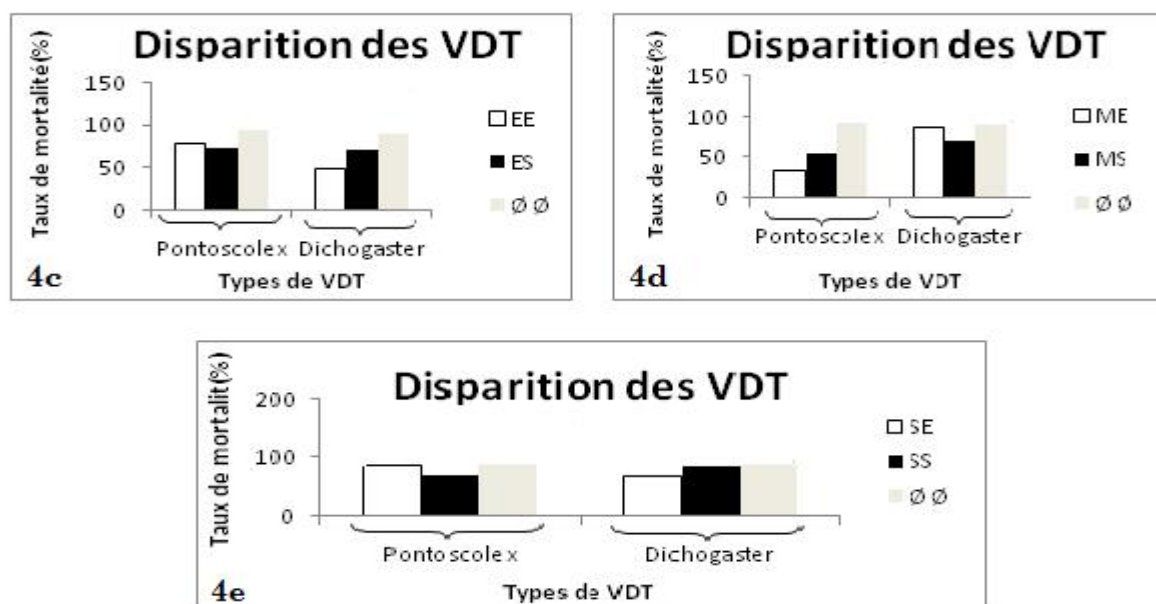


Figure 4 : Taux de mortalité des vers de terre selon la gestion et les types de résidus comparé au traitement sans résidu.

Crotalaria Enfoui (CE), *Crotalaria en Surface (CS)*, *Desmodium Enfoui (DE)*, *Desmodium en Surface (DS)*, *Eleusine Enfoui (EE)*, *Eleusine en Surface (ES)*, *Maïs Enfoui (ME)*, *Maïs en Surface (MS)*, *Témoin (ØØ)*, *Stylosanthes Enfoui (SE)*, et *Stylosanthes en Surface (SS)*.

2.2 Poids en matière sèche des litières restantes à la fin de l'expérience.

Selon le poids de la litière collecté à la fin de la récolte, c'est avec les traitements *E. coracana* en Surface que les valeurs élevées sont obtenus. Sans vers de terre, le poids de résidu obtenu en surface avec *E. coracana* (ESØ : 13,92±1,63 g.MS) est significativement supérieure aux résidus enfoui; que ce soit : *C. grahamiana* (CEØ : 0,36±0,40 g.MS) ; *D. uncatum* (DE Ø : 0,18±0,22 g.MS) ; *E. coracana* (EEØ : 0,06±0,13 g.MS) ; *Z. mays* (MEØ : 0,94±0,75 g.MS) ; *S. guianensis* (SE Ø : 1,65±2,08 g.MS) (tableau 1) au seuil de 5% (Annexes 1).

En présence de *D. saliens*, les poids des résidus en surface avec *E. coracana* (ESDi : 13,33±2,02 g.MS ; *Z. mays* (MSDi : 12,44±3,14 g.MS) ; *S. guianensis* (SSDi: 11,47±1,75 g.MS) sont statistiquement identiques et représentent les poids de litières les plus élevés (Annexes 2). Avec ANOVA, les valeurs élevés de résidus présentent des différences significative avec *C. grahamiana* en surface (CSDi : 2,87±0,45 g.MS), *D. uncatum* en surface (DSDi : 6,35±1,27 g.MS) mais aussi comparé au traitement avec résidu enfouis *C. grahamiana* (CEDi : 0,43±0,54 g.MS); *D. uncatum* (DEDi: 0,76±1,42 g.MS); *E. coracana* (EEDi : 0,52±0,67 g.MS); *Z. mays* (MEDi : 0,76±1,30 g.MS); *S. guianensis* (SEDi : 1,93±1,13 g.MS).

Résultats et Interprétations

En présence de *P. corethrurus*, le poids des résidus collecté est plus important en surface qu'enfoui. La valeur la plus élevée est donnée par *E. coracana* en surface (ESPo : 14,45±1,18 g.MS). Les valeurs faibles sont données par *S. guianensis* en surface (SSPo : 11,86±0,88 g.MS), *D. uncatum* en surface (DSPo : 5,55±1,28 g.MS), *C. grahamiana* en surface (CSPo : 2,89±1,26 g.MS). Les traitements avec résidu enfouis sont les plus faibles par rapport à *E. coracana* en surface au seuil de 5% (Annexes 3).

D'après le test de Tuckey HSD des différences significatives sont observées sur le poids des résidus au seuil de 5% (tableau 1). Avec le Test t de Student, il y a des différences significatives sur la quantité des résidus pour tous les traitements (Annexes 4, p-value < 0.0001).

Tableau 1: Quantité de résidus de culture restant à la fin de l'expérimentation, présenté en poids de Matière Sèche (g.MS).

Litières (g.MS)				
Résidus	Localisation	Vers de terre		
		Sans	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	0,36±0,40 ^d	0,43±0,54 ^c	0,81±0,36 ^{de}
	Surface	3,68±0,37 ^{cd}	2,87±0,45 ^{bc}	2,89±1,26 ^{cd}
<i>Desmodium</i>	Enfoui	0,18±0,22 ^d	0,76±1,42 ^c	0,50±0,89 ^{de}
	Surface	7,66±1,02 ^{bc}	6,35±1,27 ^b	5,55±1,28 ^c
<i>Eleusine</i>	Enfoui	0,06±0,13 ^d	0,52±0,67 ^c	0,46±0,31 ^{de}
	Surface	13,92±1,63 ^a	13,33±2,02 ^a	14,45±1,18 ^a
<i>Maïs</i>	Enfoui	0,94±0,75 ^d	0,76±1,30 ^c	1,07±1,18 ^{de}
	Surface	11,87±4,22 ^{ab}	12,44±3,14 ^a	14,21±1,66 ^{ab}
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	1,65±2,08 ^d	1,93±1,13 ^c	0,45±0,52 ^{de}
	Surface	8,18±4,13 ^{bc}	11,47±1,75 ^a	11,86±0,88 ^b

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

La figure 5 illustre les activités des résidus selon les traitements : Enfoui et sans VDT, Enfoui et *D. saliens*, Enfoui et *P. corethrurus*, Surface et Sans VDT, Surface et *D. saliens*, Surface et *P. corethrurus*.

La figure 5a représente les effets du traitement sur le résidu *C. grahamiana*. Avec des résidus en surface les valeurs sont significativement différentes des traitements avec résidus enfouis

au seuil de 5% (Annexes 5). Le traitement avec résidu en surface sans vers de terre (CSØ : $3,68 \pm 0,37$ g.MS) occasionne plus de litières. Alors que sur les traitement enfouis, sans vers de terre (CEØ : $0,36 \pm 0,40$ g.MS) et *D. saliens* (CEDi : $0,43 \pm 0,54$ g.MS) donnent les valeurs moins fortes. Avec des résidus enfouis, *P. corethrurus* donne la valeur la plus élevée (CEPo : $0,81 \pm 0,36$ g.MS). Sur des traitements en surface, le poids de résidu élevé est donné en l'absence de vers de terre (CSØ) par rapport a *D. saliens* (CSDi : $2,87 \pm 0,45$ g.MS) et *P. corethrurus* (CSPo : $2,89 \pm 1,26$ g.MS).

Les effets des traitements sur le résidu *D. unicum* sont présentés sur la figure 5b. Avec des résidus en surface, la valeur donnée sur le traitement sans vers de terre (DSØ : $7,66 \pm 1,02$ g.MS) est plus élevée, comparé avec des résidus enfouis sans vers de terre (DEØ : $0,18 \pm 0,22$ g.MS), *P. corethrurus* (DEPo : $0,50 \pm 0,89$ g.MS) et *D. saliens* (DEDi : $0,76 \pm 1,42$ g.MS). Pour les analyses statistiques, il se révèle qu'ils sont significativement différents au seuil de 5% (Annexes 6). Les traitements en surface avec *D. saliens* (DSDi : $6,35 \pm 1,27$ g.MS) et *P. corethrurus* (DSPo : $5,55 \pm 1,28$ g.MS) donnent les valeurs moyenne. Pour les traitement enfouis, avec *D. saliens* la quantité de résidu est plus élevé comparer aux traitements sans vers de terre et avec *P. corethrurus*.

La figure 5c représente les effets des traitements sur le résidu d'*E. coracana*. Avec des résidus en surface les valeurs des traitements ; sans vers de terre (ESØ : $13,92 \pm 1,63$ g.MS), *D. saliens* (ESDi : $13,33 \pm 2,02$ g.MS) et *P. corethrurus* (ESPo : $14,45 \pm 1,18$ g.MS) sont significativement différents des traitements enfouis au seuil de 5% (Annexes 7). Pour les traitements en surface, il y a moins de résidu avec *D. saliens* par rapport aux traitements sans vers de terre et avec *P. corethrurus*. Pour les traitements enfouis, sans vers de terre (EEØ : $0,06 \pm 0,13$ g.MS) représente la valeur faible comparée aux traitements avec *D. saliens* (EEDi : $0,52 \pm 0,67$ g.MS) et *P. corethrurus* (EEPo : $14,45 \pm 1,18$ g.MS).

La figure 5d représente les effets des traitements avec résidu de *Z. mayis*. Avec des résidus en surface les valeurs sont significativement différentes des traitements enfouis au seuil de 5% (Annexes 8). Pour les traitements en surface ; en présence de *P. corethrurus* (MSPo : $14,21 \pm 1,66$ g.MS) il y a plus de résidus par rapport aux traitements sans vers de terre (MSØ : $11,87 \pm 4,22$ g.MS) et *D. saliens* (MSDi : $12,44 \pm 3,14$ g.MS). Pour les traitements enfouis, il y a plus de résidu avec *P. corethrurus* (MEPo : $1,07 \pm 1,18$ g.MS) alors qu'avec *D. saliens*

(MEDi : $0,76 \pm 1,30$ g.MS) et sans vers de terre (MEØ : $0,94 \pm 0,75$ g.MS) les valeurs sont faible.

La figure 5e représente les effets des traitements avec résidu de *S. guianensis*. Avec des résidus en surface les valeurs sont significativement différents des traitements enfouis au seuil de 5% (Annexes 9). Pour les traitements en surface, sans vers de terre (SSØ : $8,18 \pm 4,13$ g.MS) donne moins de résidu sur les traitements avec *D. saliens* (SSDi : $11,47 \pm 1,75$ g.MS) et *P. corethrurus* (SSPo : $11,86 \pm 0,88$). Pour les traitements enfouis, sans vers de terre (SEØ : $1,65 \pm 2,08$ g.MS) et *D. saliens* (SEDi : $1,93 \pm 1,13$ g.MS) la quantité de résidu est plus importante comparé au traitement avec *P. corethrurus* (SEPo : $0,45 \pm 0,52$ g.MS).

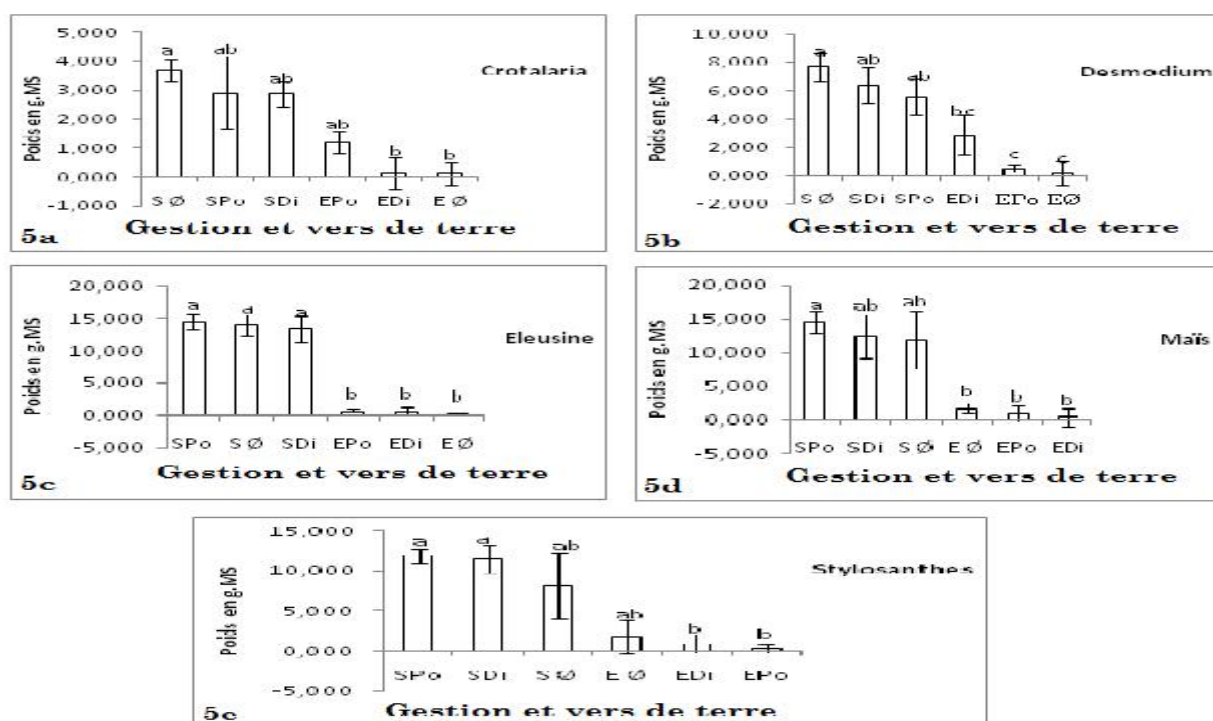


Figure 5: Quantité des résidus selon tous les traitements.

Résidu Enfoui sans vers de terre (**EØ**), résidu Enfoui avec *Dichogaster* (**EDi**), résidu Enfoui avec *Pontoscolex* (**EPo**), résidu en Surface sans vers de terre (**SØ**), résidu en Surface avec *Dichogaster* (**SDi**), et résidu en Surface avec *Pontoscolex* (**SPo**).

Les traits verticaux sur les histogrammes représentent les barres d'erreur, les mêmes lettres indiquent l'absence de différence significative au seuil de 5% d'après le Test de Tuckey HSD.

2.3 Production de la variété du riz

2.3.1 Biomasses aériennes du riz

D'après le tableau 2, les valeurs de la biomasse aérienne les plus élevées sont obtenues sur les dispositifs avec *D. uncatum* en surface que ce soit sans vers de terre (DSØ : $14,72 \pm 3,21$

g.MS) ou bien avec *D. saliens* (DSDi : 13,67±4,70 g.MS) et *P. corethrurus* (DSPo : 15,27±5,54 g.MS). En absence de vers de terre, les valeurs faibles sont observées sur les traitements avec *Z. mays* enfoui (MEØ : 6,79±1,44 g.MS) et *S. guianensis* enfoui (SEØ : 6,98±3,41 g.MS). Pour *D. saliens* le traitement sans résidus donne la valeur la plus faible (ØØDi : 4,91±3,24 g.MS) par rapport au traitement avec résidus ; avec *P. corethrurus* cette faible productivité est observée sur *E. coracana* enfoui (EEPo : 6,91±0,67 g.MS).

Toutefois, l'ANOVA montre que les différences ne sont pas significatives pour tous les traitements au seuil de 5% (tableau 2). Selon le facteur bloc, le Test de Shapiro-Wilk donne des différences significatives sur les dispositifs *Stylosanthes* enfoui avec *D. saliens* (SEDi) p-value = 0,028 et *P. corethrurus* (SEPo) p-value = 0,03 au seuil de 5% (Annexes 10). Avec des résidus de *Stylosanthes* enfoui, pour *D. saliens* la valeur de la biomasse aérienne est faible sur le bloc 3 (SEDi : 8 g.MS) et pour *P. corethrurus* le bloc 2 est très élevé (SEPo : 17,54 g.MS). Selon le facteur vers de terre, le Test t de Student est significativement différent avec tous les traitements (p-value < 0.0001, Annexes 11) au seuil de significativité (alpha=0,05).

Tableau 2 : Mesures effectués sur les biomasses aériennes des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte.

Biomasse aérienne (g.MS)				
Résidus	Localisation	Vers de terre		
		Sans	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	13,18±3,20 ^a	12,74±3,81 ^a	13,66±3,97 ^a
	Surface	12,98±4,01 ^a	10,28±4,83 ^a	14,61±2,118 ^a
<i>Desmodium</i>	Enfoui	13,00±2,57 ^a	13,25±1,41 ^a	14,85±3,75 ^a
	Surface	14,72±3,21 ^a	13,67±4,70 ^a	15,27±5,54 ^a
<i>Eleusine</i>	Enfoui	7,65±4,05 ^a	8,71±1,13 ^a	6,91±0,67 ^a
	Surface	9,92±3,08 ^a	12,00±2,70 ^a	13,83±4,03 ^a
<i>Mais</i>	Enfoui	6,79±1,44 ^a	7,28±2,88 ^a	7,82±3,94 ^a
	Surface	10,92±3,27 ^a	11,07±3,77 ^a	12,04±5,05 ^a
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	6,98±3,41 ^a	9,10±0,74 ^a	11,56±4,03 ^a
	Surface	12,78±4,66 ^a	8,78±1,49 ^a	11,83±4,15 ^a
Sans	Sans	8,13±1,16 ^a	4,91±3,24 ^a	8,97±1,03 ^a

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

2.3.2 Biomasses racinaires du riz.

La production de biomasse racinaire sur les dispositifs avec *D. uncatum* en surface présentent les valeurs les plus élevées ; sans vers de terre (DSØ), *D. saliens* (DSDi) et *P.*

Résultats et Interprétations

corethrurus (DSPo), comparées aux autres traitements. Sans vers de terre il n'y a pas de différence significative entre les traitements, pourtant avec *D. unicum* en surface (DSØ : 8,45±0,97 g.MS) la valeur est plus importante que les autres traitements. Avec *D. saliens*, le traitement sans résidus (ØØDi : 2,30±1,45 g.MS) est significativement différent du traitement *D. unicum* en surface (DSDi : 7,63±2,13 g.MS) (Annexes 12). Pour *P. corethrurus* la variation de la production en biomasse racinaire est significativement différente entre le traitement *D. unicum* en surface (DSPo : 8,54±1,63 g.MS) et *E. coracana* enfoui (EEO : 4,02±0,38 g.MS) (Annexes 13). L'ANOVA ne montre pas de différence significative entre les traitements sans vers de terre au seuil de 5% (tableau 3).

Pour le facteur bloc, des différences significatives sont observées sur les traitements sans vers de terre avec *D. unicum* en surface (DSØ) p-value = 0,023 et *Z. mays* enfoui (MEØ) p-value = 0,008 au seuil de 5% (Annexes 14). Les valeurs de la biomasse sur le traitement *D. unicum* en surface sans vers de terre bloc 3 (DSØ : 9,89 g.MS) et *Z. mays* enfoui sans vers de terre bloc 4 (MEØ : 4,13 g.MS) sont plus élevées. Pour les facteurs vers de terre, avec le Test t de Student des différences significatives sont observées entre les traitements, p-value < 0.0001 inférieure au seuil de significativité (alpha=0,05) (Annexes 15).

Tableau 3 : Mesures effectuées sur les biomasses racinaires des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte.

Biomasse racinaire (g.MS)				
Résidus	Localisation	Vers de terre		
		Sans	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	8,16±3,26 ^a	6,67±2,24 ^{ab}	6,56±1,80 ^{ab}
	Surface	7,27±2,73 ^a	6,41±2,11 ^{ab}	5,07±3,35 ^{ab}
<i>Desmodium</i>	Enfoui	7,72±1,96 ^a	6,38±1,46 ^{ab}	7,51±0,82 ^{ab}
	Surface	8,45±0,97 ^a	7,63±2,13 ^a	8,54±1,63 ^a
<i>Eleusine</i>	Enfoui	5,26±2,68 ^a	4,59±0,64 ^{ab}	4,02±0,38 ^b
	Surface	4,97±0,95 ^a	4,84±0,75 ^{ab}	6,90±1,88 ^{ab}
Maïs	Enfoui	3,37±0,51 ^a	3,09±2,41 ^{ab}	4,46±2,18 ^{ab}
	Surface	7,10±3,99 ^a	5,07±1,78 ^{ab}	5,74±3,29 ^{ab}
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	3,74±1,64 ^a	4,61±0,61 ^{ab}	6,97±2,70 ^{ab}
	Surface	6,00±1,40 ^a	4,90±1,51 ^{ab}	6,31±1,98 ^{ab}
Sans	Sans	5,15±0,67 ^a	2,30±1,45 ^b	5,70±1,42 ^{ab}

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

La figure 6 illustre la production moyenne de biomasse (aérienne et racinaire) pour tous les traitements en fonction du type de résidu : (i) *Crotalaria grahamiana*, (ii) *Desmodium uncatum*, (iii) *Eleusine coracana*, (iv) *Zea mays*, et (v) *Stylosanthes guianensis*.

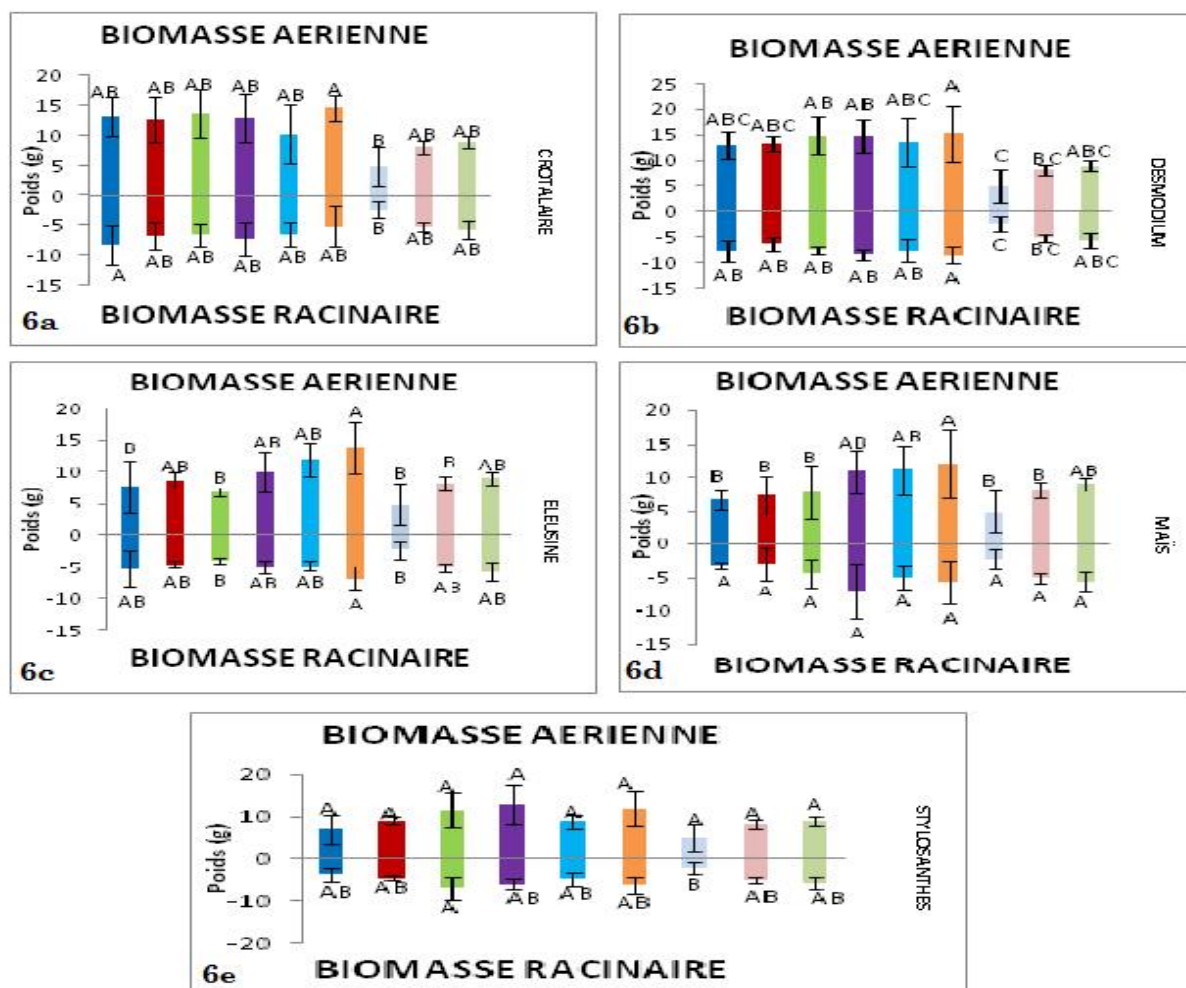


Figure 6 : Production moyenne de biomasses aérienne et racinaire selon les types de résidu.

■ résidu Enfoui sans vers de terre (EØ), ■ résidu Enfoui avec *Dichogaster* (EDi), ■ résidu Enfoui avec *Pontoscolex* (EPo), ■ résidu en Surface sans vers de terre (SØ), ■ résidu en Surface avec *Dichogaster* (SDi), ■ résidu en Surface avec *Pontoscolex* (SPo), ■ sans résidus avec *Dichogaster* (ØØDi), ■ sans résidus sans vers de terre (ØØØ), et ■ sans résidu avec *Pontoscolex* (ØØPo).

Les barres d'erreur sont représentées par les traits verticaux sur les histogrammes, les mêmes lettres indiquent l'absence de différence significative au seuil de 10%.

2.3.3 Biomasses en graines

2.3.3.1 Grains totaux

Pour l'ensemble des traitements, les valeurs plus fortes sont observées sur les traitements *D. uncatum* en surface ; sans vers de terre (DSØ : 355,25±122,18 grains), *D. saliens* (DSDi : 397,5±109,33 grains) et *P. corethrurus* (DSPo : 381±199,52 grains). Les valeurs les plus

Résultats et Interprétations

faibles sont notées pour *D. saliens* avec *Z. mays* enfoui (MEDi : 193,5±58,56 grains) et le traitement témoin *D. saliens* sans résidus (ØØDi : 162,33±14,15 grains).

Par ailleurs, avec ANOVA au seuil de significativité 5% seul le traitement avec *D. saliens* présente des différences significatives (tableau 4) (Annexes 16). Selon le facteur bloc, le Test de Shapiro-Wilk montre que certains traitements peuvent être significativement différents entre eux; tels que *S. guianensis* en surface sans vers de terre (SSØ) p-value = 0,018, et le traitement témoin sans résidus avec *P. corethrurus* (ØØPo) p-value = 0,008 au seuil de significativité alpha = 0.05 (Annexes 17). Pour le traitement avec résidu de *S. guianensis* en surface sans vers de terre (SSØ : 512 grains) et traitement témoin sans résidus avec *P. corethrurus* (ØØPo : 353 grains) du bloc 2 donnent des nombres élevées de grains.

Tableau 4 : Nombre total des grains des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte.

Nombres grains totaux				
Résidus	Localisation	Sans	Vers de terre	
			<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	313,5±93,70 ^a	374,75±83,44 ^{ab}	348±123,96 ^a
	Surface	325,25±135,98 ^a	206,75±123,89 ^{ab}	344±90,84 ^a
<i>Desmodium</i>	Enfoui	241,5±177,47 ^a	369,25±41,98 ^{ab}	312±194,44 ^a
	Surface	355,25±122,18 ^a	397,5±109,33 ^a	381±199,52 ^a
<i>Eleusine</i>	Enfoui	187,5±106,70 ^a	226,75±80,21 ^{ab}	222±26,27 ^a
	Surface	260,75±93,01 ^a	300,25±71,65 ^{ab}	356±50,55 ^a
<i>Maïs</i>	Enfoui	198,5±46,60 ^a	193,5±58,56 ^b	196,5±93,05 ^a
	Surface	297±89,54 ^a	298,75±126,53 ^{ab}	366±28,69 ^a
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	161,25±69,31 ^a	236,75±18,73 ^{ab}	267,25±119,02 ^a
	Surface	326,75±124,08 ^a	223±71,35 ^{ab}	289,25±118,93 ^a
Sans	Sans	218,75±29,99 ^a	162,33±14,15 ^b	237,5±77,17 ^a

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

En ce qui concerne les résultats de l'analyse de la variance sur l'effet des résidus, les traitements avec *E. coracana* et *Z. mays* ont donnés des différences significatives; pour les autres il n'y en a pas. La figure 7 illustre ces différences (7a : *Eleusine coracana* et 7b : *Zea mays*) au seuil de 10% (Annexes 18). La production totale de grains est significativement faible avec *E. coracana* enfoui sans vers de terre (EEØ : 187,5±106,70 grains) et le traitement

témoin sans résidus avec *D. saliens* ($\emptyset\emptyset\text{Di}$: $162,33\pm 14,15$ grains) comparé à *E. coracana* en surface avec *P. corethrus* (ESPo : $356\pm 50,55$ grains). Pour *Z. mays* cette différence est obtenue avec le traitement en surface avec *P. corethrus* (MSPo : $366\pm 28,69$ grains) comparé au traitement témoin sans résidus avec *D. saliens* ($\emptyset\emptyset\text{Di}$: $162,33\pm 14,15$ grains).

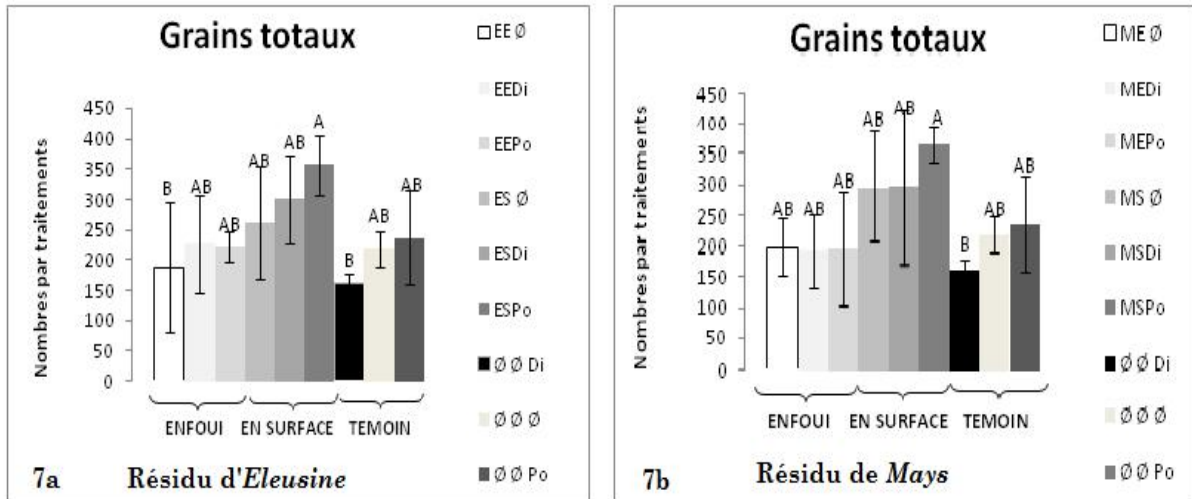


Figure 7: Production moyenne des grains selon les types de résidu.

Résidu Enfoui sans vers de terre (**E \emptyset**), résidu Enfoui avec *Dichogaster* (**EDi**), résidu Enfoui avec *Pontoscolex* (**EPo**), résidu en Surface sans vers de terre (**S \emptyset**), résidu en Surface avec *Dichogaster* (**SDi**), résidu en Surface avec *Pontoscolex* (**SPo**), sans résidu avec *Dichogaster* (**$\emptyset\emptyset\text{Di}$**), sans résidu sans vers de terre (**$\emptyset\emptyset\emptyset$**) et sans résidu avec *Pontoscolex* (**$\emptyset\emptyset\text{Po}$**)

Les barres d'erreur sont représentées par les traits verticaux sur les histogrammes, les mêmes lettres indiquent l'absence de différence significative au seuil de 10% d'après le Test de Tuckey HSD.

2.3.3.2 Grains par panicule.

Les valeurs plus fortes sont obtenues sur les traitements, sans vers de terre avec *E. coracana* en surface (ES \emptyset : $49,15\pm 7,61$ grains/panicule) ; *D. saliens* avec *E. coracana* enfoui (EEDi : $46,77\pm 9,40$ grains/panicule); *P. corethrus* avec *D. uncatum* en surface (DSPo : $52,15\pm 10,17$ grains/panicules). Les valeurs faibles sont données par les traitements ; sans vers de terre avec *D. uncatum* enfoui (DE \emptyset : $32,36\pm 18,03$ grains/panicule), *D. saliens* avec *C. grahamiana* en surface (CSDi : $35,08\pm 16,79$ grains/panicule); et *P. corethrus* sans résidu ($\emptyset\emptyset\text{Po}$: $37,52\pm 5,08$ grains/panicule).

L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative sur tous les traitements que ce soit sans vers de terre ou avec les deux espèces au seuil de 5% (tableau 5). Avec le facteur bloc, des différences significatives sont remarqués sur : *D. saliens* avec *D. uncatum* enfoui (DEDi) p-value = 0,044 ; sans vers de terre avec *Z. mays* enfoui (ME \emptyset) p-value = 0,013; sans

Résultats et Interprétations

résidu sans vers de terre (ØØØ) p-value = 0,048 au seuil de 5% (Annexes 19). Pour *D. uncatum* enfoui avec *D. saliens* le nombre de grains par panicule du bloc 1 est élevé (DEDi : 52 grains/panicule) alors que *Z. mays* enfoui sans vers de terre bloc 1 (MEØ : 30 grains/panicule) et traitement témoin sans vers de terre sans résidu bloc 4 (ØØØ : 32 grains/panicules) les valeurs sont faibles.

Tableau 5 : Nombre de grains par panicule des plants de riz de tous les traitements en fin de récolte.

Nombres grains/panicule		Vers de terre		
Résidus	Localisation	Sans	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	42,75±3,16 ^a	46,72±6,29 ^a	43,23±1,85 ^a
	Surface	42,47±4,60 ^a	35,08±16,79 ^a	42,54±6,01 ^a
<i>Desmodium</i>	Enfoui	32,36±18,03 ^a	45,09±4,55 ^a	41,20±9,18 ^a
	Surface	40,86±13,07 ^a	45,29±4,95 ^a	52,15±10,17 ^a
<i>Eleusine</i>	Enfoui	36,72±2,45 ^a	37,24±7,67 ^a	42,40±4,94 ^a
	Surface	49,15±7,61 ^a	46,77±9,40 ^a	47,67±2,07 ^a
Maïs	Enfoui	39,73±6,51 ^a	37,12±8,21 ^a	40,67±2,20 ^a
	Surface	40,69±3,42 ^a	42,96±7,83 ^a	42,76±4,56 ^a
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	34,90±3,71 ^a	46,76±12,88 ^a	40,34±5,01 ^a
	Surface	47,10±6,35 ^a	42,41±12,30 ^a	40,26±10,94 ^a
Sans	Sans	35,14±2,32 ^a	35,83±7,02 ^a	37,52±5,08 ^a

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

La figure 8 représente la production de grains par panicule selon le traitement avec *E. coracana*. Avec les autres types de résidus aucune différence significative n'est observé comparé aux traitements témoin sans résidu sans vers de terre (ØØØ : 35,14±2,32 grains/panicule) ; avec *D. saliens* (ØØDi : 35,83±7,02 grains/panicule), avec *P. corethrurus* (ØØPo : 37,52±5,08 grains/panicule). Alors qu'avec *E. coracana* l'ANOVA a montré qu'il y a une différence de production sur le traitement avec résidu en surface sans vers de terre (ESØ : 49,15±7,61 grains/panicule) et sans résidu sans vers de terre au seuil de 10% (Annexes 20).

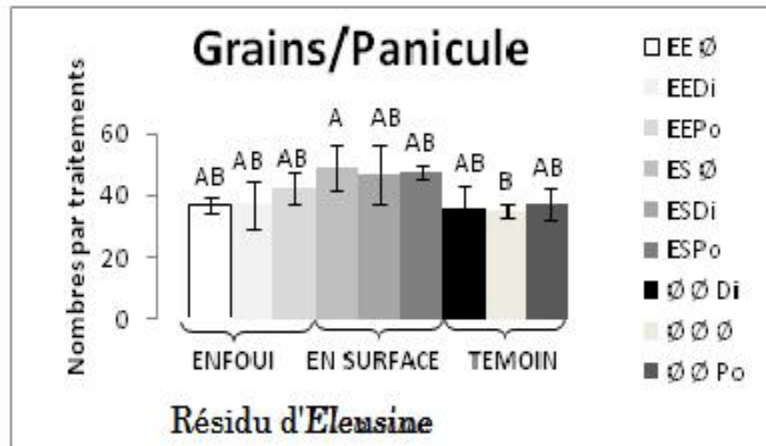


Figure 8 : Production moyenne de grains par panicule selon le type de résidu.

Résidu Enfoui sans vers de terre (**EEØ**), résidu Enfoui avec *Dichogaster* (**EEDi**), résidu Enfoui avec *Pontoscolex* (**EEPo**), résidu en Surface sans vers de terre (**ESØ**), résidu en Surface avec *Dichogaster* (**ESDi**), résidu en Surface avec *Pontoscolex* (**ESPo**), sans résidu avec *Dichogaster* (**ØØDi**), sans résidu sans vers de terre (**ØØØ**) et sans résidu avec *Pontoscolex* (**ØØPo**)

Les barres d'erreur sont représentées par les traits verticaux sur les histogrammes, les mêmes lettres indiquent l'absence de différence significative au seuil de 10% d'après le Test de Tuckey HSD.

2.4 Teneur en phosphore des plantes :

2.4.1 Phosphore totale des pailles.

Le traitement *D. saliens* avec *C. grahamiana* en surface (CSDi : $256,03 \pm 142,71$ mg. Kg⁻¹) la valeur est plus élevée ; alors que la valeur la moins élevée est obtenue avec *S. guianensis* enfoui ($132,74 \pm 70,37$ mg. Kg⁻¹). Pour *P. corethrurus* avec *Z. mays* en surface (MSPo : $314,98 \pm 284,89$ mg. Kg⁻¹) la valeur est très importante par rapport au traitement *Stylosanthes* en surface (SSPo : $109,38 \pm 15,61$ mg. Kg⁻¹).

Les résultats de l'analyse de la variance montrent des différences significatives entre les traitements sans vers de terre, avec *E. coracana* enfoui (EEØ: $262,62 \pm 86,26$ mg. Kg⁻¹) contre *Z. mays* en surface (MSØ: $112,56 \pm 21,44$ mg. Kg⁻¹) au seuil de 10% (tableau 6) (Annexes 21). Avec *D. saliens* et *P. corethrurus* la mesure de la teneur en phosphore des pailles ne donne pas de différence au seuil de 10%. Pour le facteur bloc, des différences significatives sont remarqués sur le traitement en présence de *P. corethrurus* avec *D. uncatum* enfoui (DEPo) p-value = 0,047 et *E. coracana* en surface (ESPo) p-value = 0,018 au seuil de 5% (Annexe 22). *D. uncatum* bloc 3 (DEPo : $376,72$ mg.kg⁻¹) et *E. coracana* bloc 2 (ESPo : $281,95$ mg.kg⁻¹) donnent tous les deux des valeurs élevées.

Tableau 6 : Teneur en phosphore total des pailles en mg.kg⁻¹.

Phosphore pailles mg/kg				
		Vers de terre		
Résidus	Localisation	Sans	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	236,49±84,09 ^{AB}	212,03±48,81 ^A	178,74±63,86 ^A
	Surface	202,01±97,86 ^{AB}	256,03±142,71 ^A	246,26±142,34 ^A
<i>Desmodium</i>	Enfoui	181,63±38,23 ^{AB}	171,97±32,93 ^A	242,92±90,61 ^A
	Surface	171,07±38,54 ^{AB}	199,49±60,48 ^A	227,31±110,13 ^A
<i>Eleusine</i>	Enfoui	262,62±86,26 ^A	152,09±19,36 ^A	181,27±55,37 ^A
	Surface	199,74±48,90 ^{AB}	245,88±46,96 ^A	169,73±75,56 ^A
Maïs	Enfoui	167,09±43,70 ^{AB}	170,62±15,49 ^A	168,55±47,29 ^A
	Surface	112,56±21,44 ^B	166,05±41,89 ^A	314,98±284,89 ^A
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	185,16±104,50 ^{AB}	132,74±70,37 ^A	156,13±65,20 ^A
	Surface	148,51±27,89 ^{AB}	167,08±65,94 ^A	109,38±15,61 ^A
Sans	Sans	135,99±29,39 ^{AB}	189,99±54,49 ^A	186,77±58,27 ^A

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,1).

La figure 9 illustre les mesures de la teneur en phosphore avec litière d'*Eleusine coracana* comparé aux traitements témoin sans résidu.

D'après l'ANOVA, le traitement *E. coracana* enfoui sans vers de terre est significativement différent du traitement sans résidu sans vers de terre au seuil de 10% (Annexes 23). Les autres traitements donnent la valeur moyenne avec le résidu *E. coracana*.

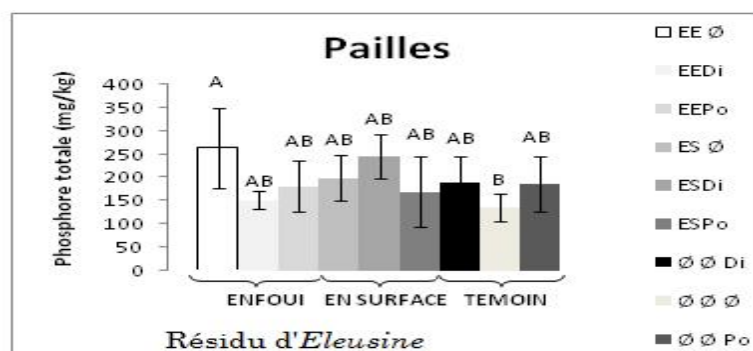


Figure 9 : Teneur en phosphore totale des pailles selon le résidu d'*Eleusine coracana*.

Résidu Enfoui sans vers de terre (**EO**), résidu Enfoui avec *Dichogaster* (**EDi**), résidu Enfoui avec *Pontoscolex* (**EPo**), résidu en Surface sans vers de terre (**SO**), résidu en Surface avec *Dichogaster* (**SDi**), résidu en Surface avec *Pontoscolex* (**SPo**), sans résidu avec *Dichogaster* (**ØØDi**), sans résidu sans vers de terre (**ØØØ**) et sans résidu avec *Pontoscolex* (**ØØPo**)

Les barres d'erreur sont représentées par les traits verticaux sur les histogrammes, les mêmes lettres indiquent l'absence de différence significative au seuil de 10% d'après le Test de Tuckey HSD.

Résultats et Interprétations

mg.Kg⁻¹) les valeurs obtenues sont moins importantes. Le traitement *S. guianensis* en surface avec *D. saliens* présente la valeur la plus élevée (SSDi : 2235,59±101,38 mg. Kg⁻¹) alors que le traitement témoin sans résidu avec *D. saliens* donne la valeur la plus faible (ØØDi : 1547,98±114,57 mg.kg⁻¹). En revanche, avec *P. corethrurus* le traitement *S. guianensis* en surface représente la valeur la plus faible (SSPo : 1683,05±301,84 mg.kg⁻¹) alors que *D. uncatum* enfoui donne la teneur la plus élevée (DEPo : 2359,85±437,57 mg.kg⁻¹).

Selon l'ANOVA des différences significatives sont obtenus pour les traitements sans vers de terre (figure 10) (Annexes 24), alors que sur les traitements avec vers de terre la teneur en phosphore total des grains n'est pas différente au seuil de 5% (tableau 7). Selon le facteur bloc, il y a une différence significative sur le traitement *E. coracana* en surface avec *P. corethrurus* (ESPo) p-value = 0,010 au seuil de 5% (Annexes 25). Le bloc 2 (ESPo : 2459,91 mg.kg⁻¹) donne la valeur plus forte que les trois autres blocs, pour la teneur en phosphore total des grains. Selon le test t de Student, la différence entre les moyennes est significativement différente, p-value =< 0,0001 (Annexes 26).

Tableau 7 : Teneur en phosphore total des grains en mg.kg⁻¹.

Phosphore grains mg/kg				
Résidus	Localisation	Sans	Vers de terre	
			<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	2205,72±455,50 ^a	2080,48±446,66 ^a	1691,33±426,39 ^a
	Surface	1739,84±373,10 ^{ab}	2228,06±529,96 ^a	2070,74±705,48 ^a
<i>Desmodium</i>	Enfoui	1928,87±346,02 ^{ab}	1855,89±386,41 ^a	2359,85±437,57 ^a
	Surface	2088,54±343,24 ^{ab}	2185,89±528,14 ^a	2124,53±376,53 ^a
<i>Eleusine</i>	Enfoui	2007,13±216,30 ^{ab}	1704,02±156,52 ^a	1833,63±473,15 ^a
	Surface	1800,52±243,51 ^{ab}	1892,19±354,66 ^a	1767,78±462,56 ^a
<i>Maïs</i>	Enfoui	1397,04±77,65 ^b	1664,04±364,98 ^a	1859,15±964,17 ^a
	Surface	1364,08±136,30 ^b	1761,42±401,97 ^a	1947,61±146,76 ^a
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	1946,71±508,96 ^{ab}	1798,83±81,16 ^a	2051,72±368,92 ^a
	Surface	2069,25±346,07 ^{ab}	2235,59±101,38 ^a	1683,05±301,84 ^a
Sans	Sans	1595,54±247,40 ^{ab}	1547,98±114,57 ^a	1724,33±302,16 ^a

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,05).

La figure 10 représente les résultats de la teneur en phosphore total des grains en l'absence de vers de terre selon le type et la localisation des résidus.

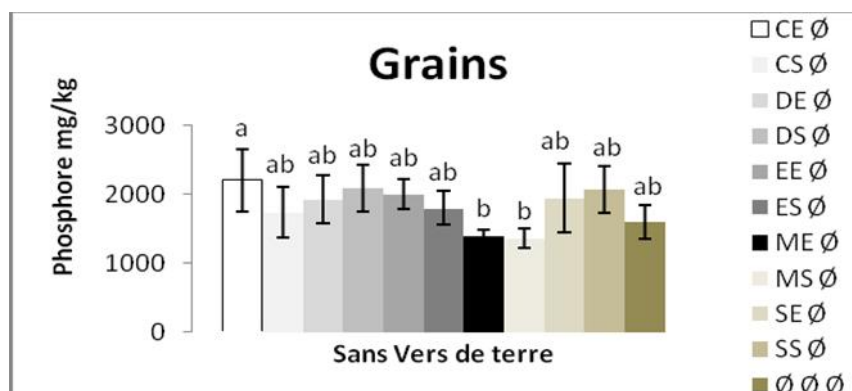


Figure 10 : Teneur en phosphore totale des grains selon le traitement sans vers de terre.

Crotalaire Enfoui (CE), *Crotalaire en Surface (CS)*, *Desmodium Enfoui (DE)*, *Desmodium en Surface (DS)*, *Eleusine Enfoui (EE)*, *Eleusine en Surface (ES)*, *Mais Enfoui (ME)*, *Mais en Surface (MS)*, *Stylosanthes Enfoui (SE)*, *Stylosanthes en Surface (SS)* et sans résidu (ØØØ).

Les barres d'erreur sont représentées par les traits verticaux sur les histogrammes, les mêmes lettres indiquent l'absence de différence significative au seuil de 5% d'après le Test de Tuckey HSD.

2.5 Rendement du riz

Les meilleurs rendements sont donnés par les traitements : sans vers de terre avec *Eleusine coracana* en surface (ESØ : $7,23 \pm 0,86 \text{ t.ha}^{-1}$), *D. saliens* avec *E. coracana* en surface (ESDi : $6,03 \pm 1,04 \text{ t.ha}^{-1}$) ; *P. corethrurus* avec *E. coracana* enfoui (EEPo : $5,90 \pm 0,33 \text{ t.ha}^{-1}$) et avec *Z. mays* enfoui (MEPo : $5,91 \pm 0,46 \text{ t.ha}^{-1}$). Les dispositifs moins productifs sont surtout observés en absence de vers de terre avec *D. uncatum* enfoui (DEØ : $3,27 \pm 2,03 \text{ t.ha}^{-1}$) et *D. saliens* avec *C. grahamiana* en surface (CSDi : $4,35 \pm 1,98 \text{ t.ha}^{-1}$).

Pourtant l'ANOVA ne montre pas de différence selon les traitements sans vers de terre, *D. saliens* et *P. corethrurus* au seuil de 10% (tableau 8). Le facteur bloc donne des différences significatives sur les traitements *S. guianensis* enfoui sans vers de terre (SEØ) p-value = 0,032 ; et *S. guianensis* en surface avec *D. saliens* (SSDi) p-value = 0,010 au seuil de 5% (Annexes 27). Sur le bloc 3 la valeur de *S. guianensis* enfoui sans vers de terre est faible (SSØ : $1,68 \text{ t.ha}^{-1}$) alors que *S. guianensis* en surface avec *D. saliens* donne la valeur la plus élevée (SSDi : $7,39 \text{ t.ha}^{-1}$). Avec le test t de Student la différence entre les moyennes de tous les traitements est significativement différente (p-value < 0,0001) (Annexes 28).

Tableau 8 : Production t/ha du riz (FOFIFA 161).

Rendement t/ha		Vers de terre		
Résidus	Localisation	Sans	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
<i>Crotalaria</i>	Enfoui	5,37±0,29 ^A	5,22±0,36 ^A	5,02±0,92 ^A
	Surface	4,96±0,28 ^A	4,35±1,98 ^A	4,42±0,31 ^A
<i>Desmodium</i>	Enfoui	3,27±2,03 ^A	5,23±0,54 ^A	4,29±2,73 ^A
	Surface	4,60±1,03 ^A	4,90±1,02 ^A	5,65±1,45 ^A
<i>Eleusine</i>	Enfoui	5,18±0,30 ^A	4,94±0,89 ^A	5,90±0,33 ^A
	Surface	7,23±0,86 ^A	6,03±1,04 ^A	5,62±0,52 ^A
<i>Maïs</i>	Enfoui	5,61±0,94 ^A	5,85±1,28 ^A	5,91±0,46 ^A
	Surface	5,12±0,36 ^A	5,26±0,89 ^A	4,88±0,80 ^A
<i>Stylosanthes</i>	Enfoui	4,72±2,04 ^A	5,96±0,73 ^A	5,63±0,60 ^A
	Surface	6,10±0,93 ^A	5,68±1,14 ^A	5,03±0,84 ^A
Sans	Sans	4,83±0,62 ^A	5,48±1,33 ^A	4,70±0,72 ^A

Les valeurs suivies des lettres identiques pour chaque colonne ne sont pas significativement différentes (P = 0,1).

La figure 11 représente le rendement de riz en tonne/hectare pour le traitement avec *Eleusine coracana* comparé aux traitements témoin sans résidu.

Selon le test de Tuckey HSD, il y a une différence significative entre les traitements avec *E. coracana* en surface sans vers de terre (ESØ : 7,23±0,86 t.ha⁻¹) contre *E. coracana* enfoui sans vers de terre (EEØ : 5,18±0,30 t.ha⁻¹) et *D. saliens* (EEDi : 4,94±0,89 t.ha⁻¹), ainsi que des traitements témoin sans résidu sans vers de terre (ØØØ : 4,83±0,62 t.ha⁻¹) et *P. corethrurus* (ØØPo : 4,70±0,72 t.ha⁻¹) au seuil de 5% (Annexes 29).

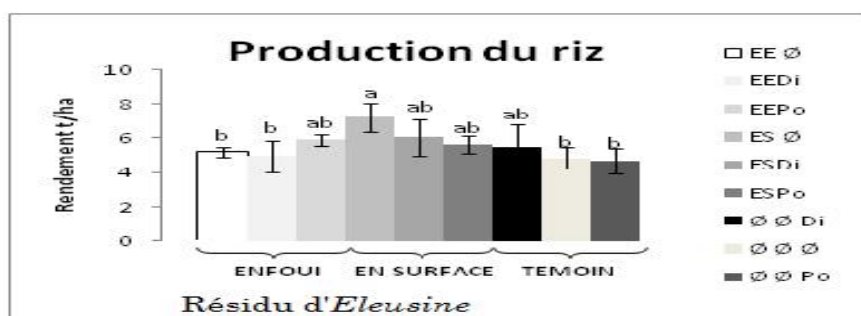


Figure 11 : Rendement du riz (FOFIFA 161) selon le résidu d'Eleusine.

Résidu Enfoui sans vers de terre (EEØ), résidu Enfoui avec *Dichogaster* (EEDi), résidu Enfoui avec *Pontoscolex* (EEPo), résidu en Surface sans vers de terre (ESØ), résidu en Surface avec *Dichogaster* (ESDi), résidu en Surface avec *Pontoscolex* (ESPo), sans résidu avec *Dichogaster* (ØØDi), sans résidu sans vers de terre (ØØØ) et sans résidu avec *Pontoscolex* (ØØPo)

Les barres d'erreur sont représentées par les traits verticaux sur les histogrammes, les mêmes lettres indiquent l'absence de différence significative au seuil de 5% d'après le Test de Tuckey HSD.

3. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

3.1 Hétérogénéité des dispositifs en mésocosmes

Sur notre expérimentation, nous avons utilisé quatre répétitions pour chaque traitement. Les valeurs obtenues ne seront donc pas les mêmes, ainsi nous avons un effet bloc pour les facteurs étudiés. Cela pourrait être due à la disposition, aux attaques des bioagresseurs, aux mauvaises herbes et aux plantes environnantes. A l'échelle des blocs, sur l'ensemble des dispositifs nous avons pu distinguer que le bloc 2 donne des valeurs plus élevés sur la production de biomasse (aérienne, souterraine, et grain) :

- Selon les traitements avec les types de résidus ce sont sur *C. grahamiana* enfoui sans vers de terre (CEØ : 17,44 g.MS), en surface sans vers de terre (CSØ : 17,96 g.MS), et en surface avec *D. saliens* (CSDi : 16,3 g.MS) ; *Z. mays* enfoui avec *D. saliens* (MEDi : 11,43 g.MS), enfoui avec *P. corethrurus* (MEPo : 11,56 g.MS), en surface avec *D. saliens* (MSDi : 16,05 g.MS), et en surface avec *P. corethrurus* (MSPo : 15,95 g.MS) ; et *S. guianensis* enfoui avec *P. corethrurus* (SEPo : 17,54 g.MS), en surface sans vers de terre (SSØ : 19,42 g.MS), en surface avec *D. saliens* (SSDi : 10,82 g.MS), et en surface avec *P. corethrurus* (SSPo : 17,52 g.MS) qu'il y a des valeurs élevés de biomasses aérienne. Pour la biomasse racinaire *C. grahamiana* enfoui sans vers de terre (CEØ : 12,84 g.MS), en surface sans vers de terre (CSØ : 10,69 g.MS) et en surface avec *D. saliens* (CSDi : 8,63 g.MS) ; et *S. guianensis* enfoui avec *P. corethrurus* (SEPo : 10,65 g.MS), en surface sans vers de terre (SSØ : 7,62 g.MS), en surface avec *D. saliens* (SSDi : 7,04 g.MS) et en surface avec *P. corethrurus* (SSPo : 9,11 g.MS). Le nombre de grains totaux donne les valeurs plus fortes sur le résidu de *Z. mays* enfoui avec *D. saliens* (MEDi : 276 grains), enfoui avec *P. corethrurus* (MEPo : 303 grains) et en surface avec *D. saliens* (MSDi : 463 grains).
- Selon les traitements avec vers de terre en présence de *P. corethrurus* ; les biomasses aériennes *D. uncatum* enfoui (DEPo : 20,53 g.MS), *E. coracana* en surface (ESPo : 18,75 g.MS), *Z. mays* enfoui (MEPo : 11,56 g.MS) et en surface (MSPo : 15,95 g.MS) ; sans résidus (ØØPo : 10,43 g.MS) ; *S. guianensis* enfoui (SEPo : 17,54 g.MS) et en surface (SSPo : 17,52 g.MS) que les valeurs sont élevés. Alors que les biomasses racinaires *D. uncatum* enfoui (DEPo : 8,69 g.MS), *E. coracana* en surface (ESPo : 8,6 g.MS), *Z. mays* enfoui (MEPo : 7,08 g.MS) et en surface (MSPo : 9,31 g.MS) ; *S. guianensis* enfoui (SEPo : 10,65 g.MS) et en surface (SSPo : 9,11 g.MS) donne les

valeurs élevés. Pour le nombre de grain totaux *D. uncatum* enfoui (DEPo : 529 grains), *E. coracana* en surface (ESPo : 405 grains) ; *Z. mays* enfoui (MEPo : 303 grains) et en surface (MSPo : 385 grains) ; sans résidus (ØØPo : 353 grains) ; *S. guianensis* enfoui (SEPo : 433 grains) et en surface (SSPo : 444 grains) qu'il y a des valeurs élevés sur le bloc 2. Par contre avec *D. saliens* les valeurs élevées sont observés sur la biomasse aérienne avec *C. grahamiana* enfoui (CEDi : 14,91 g.MS) et en surface (CSDi : 16,3 g.MS) ; *D. uncatum* enfoui (DEDi : 14,96 g.MS) ; *E. coracana* enfoui (EEDi : 10,15 g.MS) et en surface (ESDi : 15,72 g.MS) ; *Z. mays* enfoui (MEDi : 11,43 g.MS) et en surface (MSDi : 16,05 g.MS) ; *S. guianensis* en surface (SSDi : 10,82 g.MS). Les traitements sans vers de terre ne donne pas de différence significative.

3.2 Qualités des résidus sur les activités des vers de terre.

Il est a remarqué, qu'au début de l'expérience nous avons utilisés un sol pauvre en éléments nutritifs et mis la même quantité de résidus (parties aériennes). Mais la localisation, les vers de terre et le type des résidus sont différents. Selon le poids de litière collecté à la fin de la récolte, nous avons des différences significatives entre les traitements. Avec la détermination des vers de terre, nous avons pu voir que le *Zea mays* enfoui (5cm) est favorable aux activités de *Pontoscolex corethrurus* ; pour *Dichogaster saliens* c'est plutôt l'*Eleusine coracana* enfoui. Les resultats obtenus sur taux de la mortalité de vers de terre montrent qu'avec des résidus, les vers de terre persistent plus que sur des traitements sans résidus sauf avec *Crotalaria grahamiana* en surface pour *D. saliens*. D'ailleurs, la composition et l'abondance de la macrofaune sont des indicateurs de biodiversité et de l'intensité des activités biologiques (Velasquez *et al.*, 2007). Ainsi tout changement dans les propriétés et les options de gestion du sol affecte les communautés d'invertébrés (Barros *et al.*, 2003 ; Lavelle *et al.*, 2006) et peut provoquer des changements dans son fonctionnement (Rossi *et* Blanchart, 2005). Pour notre cas, la présence de l'un des deux espèces de vers de terre pourraient stimuler ou bien ralentir la décomposition de la MO ainsi que les activités des microorganismes qui vivent dans le sol. Les valeurs observées sur *Desmodium uncatum* en surface montrent que Sans vers de terre, le poids de la litière est plus fort (DSØ : 7,66±1,02 g.MS) qu'avec *P. corethrurus* (DSPo : 5,55±1,28 g.MS), *D. saliens* donne la valeur moyenne (DSDi : 6,35±1,27 g.MS). Hors, pour *C. grahamiana* il y a une similarité du poids des résidus collectés, sans différence significative entre les traitements en surface. Par contre, sans vers de terre (*E. coracana*, *Z. mays* et *S. guianensis*) présentent des valeurs de litière plus élevées qu'en

présence de ver de terre. Paustian *et al.*, (1997) ont énoncé que la qualité des plantes par rapport à la décomposition est définie comme leur facilité relative de minéralisation par les organismes décomposeurs, qui en tirent leur source d'énergie. De plus, la décomposition de la matière organique (MO), la minéralisation, l'immobilisation d'éléments nutritifs (Berg *and* Laskowski, 1997 ; Fioretto *et al.*, 2001 ; Gupta *and* Watson, 2004), et la séquestration du carbone (Kong *et al.*, 2005) se déroulent dans le sol.

Le poids des résidus collectés à la fin de l'expérimentation montre qu'*E. coracana*, *Z. mays* et *S. guianensis* se dégradent lentement en surface par rapport aux résidus de *C. grahamiana* et *D. uncatum*. Pourtant, avec des résidus enfouis les valeurs ont les même tendances. Les différences sont probablement dues à la localisation des résidus. Car l'utilisation du système avec labour favorise la destruction des agrégats, entraînant l'accroissement du taux de décomposition de la litière et des pertes plus élevées en matière organique du sol, due à une minéralisation accrue (Six *et al.*, 1999). Donc pour des résidus en surface la minéralisation est plus lente. La composition biochimique des plantes de restitutions peuvent aussi être l'un des facteurs clés de cette décomposition de la matière organique. Les différents indices de qualité tels que les ratios C/N, lignine/N (Vigil *and* Kissel, 1991 ; Cortez, 1996), Polyphénols/N (Palm *and* Sanchez, 1990) et (polyphénols + lignine)/N (Constantinides *and* Fownes, 1994) peuvent ainsi expliquer la variabilité de la décomposition des résidus. Les travaux de Rabary, (2011) ont donné trois catégories de qualité de plantes de restitutions : (i) riches en N et en fractions solubles avec un C/N faible < 20 favorisant la minéralisation rapide des résidus pour *Desmodium* et Kikuyu (ii) riches en hémicellulose et pauvres en lignine, isolés de la lignine la matière organique se décomposent plus vite tels que *Maïs* et le riz (iii) riches en lignine et en hydrates de carbones lignifiés, la matière organique est difficile à dégrader comme le haricot et soja. Selon Sackett *et al.*, (2010) une plus grande biomasse de faune du sol (bactérivores, fongivores et prédateurs) a des effets significativement positifs sur la productivité des plantes.

3.3 Interaction sur la production de biomasse (racinaire, aérienne et grains) et le rendement en riz

En tenant compte de la nutrition végétale, il est connu que pendant la phase végétative c'est l'azote (N) qui prédomine et pour la phase reproductive le Carbone (C). Cependant pour produire de l'azote minéral à partir d'intrants organiques, il faut que ces intrants se minéralisent (Rabary, 2011). Les résultats sur *D. uncatum* sont en accord avec les études sur C/N effectué par Rabary, (2011). En effet, avec *D. uncatum* en surface que ce soit sans vers de terre ou avec *D. saliens* ou *P. corethrurus*, les biomasses du riz (aériennes et racinaires)

Discussions et Recommandations

sont plus élevés par rapport aux traitements sans vers de terre avec (*Z. mays* enfoui et *S. guianensis* enfoui), avec *D. saliens* (sans résidu et *Z. mays* enfoui), avec *P. corethrurus* (*E. coracana* enfoui et *Z. mays* enfoui). De ce fait nous pouvons dire qu'avec les valeurs faibles de la biomasse, il y a moins d'éléments nutritifs disponibles pour les plantes. Les biomasses aériennes ne sont pas significativement différents au seuil de 5%, mais pour les biomasses racinaires des différences sont observés sur *D. saliens* et *P. corethrurus*. L'effet des vers de terre est donc appréciable sur la production de biomasse racinaire. Des travaux ont montré les effets des activités racinaires, sur la stimulation des microorganismes du sol influençant la disponibilité des nutriments pour les plantes (Jones and Murphy, 2007 ; Wichern *et al.*, 2008). Cela confirme que sur les traitements avec vers de terre, il y a stimulation ou ralentissement des activités des décomposeurs de la MO. Selon Paterson (2003), la rhizodéposition est bénéfique pour l'acquisition d'azote par les plantes, par le cycle des nutriments. Mais encore à cause de la disponibilité des composés solubles, la rhizosphère produit des hot-spots d'activités microbiennes plus intenses que les zones environnantes (Kuzyakov, 2010).

La fertilité des grains peut être qualifiée comme un signe de la bonne productivité pour les plantes. Comme précédemment, les résultats sur les traitements *D. uncatum* en surface donnent plus de grains. Ce qui veut dire qu'avec une meilleure production de biomasse (aérienne et racinaire), il y a une meilleure production de biomasse en grains. Or, la photosynthèse régit la fixation du carbone (C), d'emblée nous pouvons supposer que les plantes sur les dispositifs avec *D. uncatum* en surface recoitent plus de C. Puisque la minéralisation de l'N s'accompagne d'une minéralisation du C qui est perdu sous forme de CO₂ et ne participe pas au stock de C du sol (Rabary, 2011). Par conséquent, lors de la dégradation des résidus le CO₂ sera libéré sur le milieu donné puis grâce à la photosynthèse la plante va en fixer une partie. Les résultats statistiques montrent une absence de significativité sur les traitements sans vers de terre et avec *P. corethrurus* au seuil de 5%. Pourtant, avec *D. saliens* sans résidu (ØØDi) et *Z. mays* enfoui (MEDi), le nombre total de grains est moins importante comparé a *D. uncatum* en surface (DSDi). Le nombre de grains par panicule est donné par le rapport du Nombres Totaux de Grains /Nombre des Panicules sur chaque dispositif, ne donnant pas de différence significative sur les facteurs vers de terre ; mais avec le type de résidu *Eleusine coracana* en surface sans vers de terre (ESØ : 49,15±7,61 grains/panicule), est significativement supérieure au traitement sans vers de terre sans résidu (ØØØ : 35,14±2,32 grains/panicule). Le rendement sur *E. coracana* en surface sans vers de terre (ESØ : 7,23±0,86 t.ha⁻¹) et *D. saliens* (ESDi : 6,03±1,04 t.ha⁻¹) donne les valeurs

élevées, pour *P. corethrurus* *E. coracana* enfoui (EEPo : $5,90 \pm 0,33$ t.ha⁻¹) et *Z. mays* enfoui (MEPo : $5,91 \pm 0,46$ t.ha⁻¹). Pour *E. coracana* en surface sans vers de terre (ESØ) ; il y a des différences significatives contre les traitements *E. coracana* enfoui sans vers de terre (EEØ) et *D. saliens* (EEDi), et aussi sur les traitements témoin sans résidu sans vers de terre (ØØØ) et *D. saliens* (ØØDi). Ces résultats sont sûrement dûs au remplissage des grains faisant intervenir le poids des grains et nous ramènent à la minéralisation de la matière organique. En Surface *Eleusine* se dégrade moins vite d'où il va donner au sol un conditions de régulateur tels qu'une hygrométrie optimal, un pH favorable au micro et macrofaune, ainsi qu'une faible lixiviation des éléments minéraux.

3.4 Interaction sur la mobilisation du phosphore par la plante

La mobilisation du phosphore et son acquisition par les plantes présentent des différences significatives sur les traitements sans vers de terre au seuil de 10%. De nombreuses études ont montré que le P disponible est plus élevé (1,8 à 5,4 fois de plus) sur les traitements associés avec du NPK que sur les traitements purement organiques (Rabeharisoa, 2004 ; Henintsoa, 2011 ; Ralaizafisolariovony, 2012). Par ailleurs, il est à remarquer qu'au début de l'expérimentation nous avons utilisé une faible quantité de NPK (10 granules ou 30mg de NPK sur une surface de 0,0615 m² équivalent de 4,88 kg de NPK par hectare). Dans notre cas, le NPK est utilisé comme « starter » (stimulateur) de croissance pour la plantule au début de sa croissance. Les analyses chimiques s'effectuent sur la teneur en phosphore total assimilé par la plante (Pailles et Grains) à la fin de l'expérimentation, l'analyse du sol n'est pas incluse dans cette étude. Des différences significatives sont surtout observables sur les traitements sans vers de terre *E. coracana* enfoui (EEØ : $262,62 \pm 86,26$ mg. Kg⁻¹) contre *Z. mays* en surface (MSØ : $112,56 \pm 21,44$ mg. Kg⁻¹) et sans résidu (ØØØ : $135,99 \pm 29,39$ mg. Kg⁻¹) pour les pailles ; pour les grains sur les traitements sans vers de terre *C. grahamiana* enfoui (CEØ : $2205,72 \pm 455,50$ mg. Kg⁻¹) contre *Z. mays* enfoui (MEØ : $1397,04 \pm 77,65$ mg. Kg⁻¹) et *Z. mays* en surface (MSØ : $1364,08 \pm 136,30$ mg. Kg⁻¹). En présence de vers de terre, il n'y a pas de différence au seuil de 10%. Ratsiatosika., (2014) sur l'étude effectuée avec *P. corethrurus* a fait état d'une augmentation de 39% de la quantité de phosphore disponible dans le sol après l'apport des vers de terre.

3.5 Recommandations

Le but de cet essai est surtout de voir les interactions entre les résidus de culture et les vers de terre sur la production et le rendement du riz. Dans cette étude nous avons pu mettre en évidence les activités des résidus de culture en fonction de sa gestion. En surface, la

Discussions et Recommandations

minéralisation des résidus est plus lente pouvant avoir diverses interactions (microorganismes, macrofaune, sol, adventices, et insectes). Du fait que l'utilisation de la technique SCV rende la culture en place plus productive que la technique en labour, elle serait plus intéressante dans les pratiques agricoles. Par ailleurs, il est nécessaire de revoir le nombre de vers de terre inoculés pour avoir une meilleure décomposition des résidus et adapter ce nombre au type de résidus ; en effet nous avons pu voir qu'ils se comportent différemment sur les différents types de résidus. L'absence de significativité sur les mesures du phosphore avec introduction des vers de terre, nous permet de dire qu'ils peuvent rendre le phosphore plus assimilable pour les plants de riz notamment lorsque les résidus sont placés à la surface du sol, ce qui est le cas en système SCV. Mais les réalités du terrain comparées aux milieux contrôlés pourraient masquer les interactions ; d'autres essais seraient un moyen d'en savoir plus.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre expérimentation a permis de mettre en évidence les activités des résidus ainsi que de la persistance des vers de terre selon sa gestion. Car avec des valeurs élevées nous pouvons énoncer qu'il y a des résultats positifs sur la survie des vers de terre. En effet, sur le pourcentage de survie des vers de terre, nous avons un meilleur résultat pour *Pontoscolex corethrurus* avec des résidus de *Zea mays* que ce soit enfoui ou en surface. Alors que pour *Dichogaster saliens* c'est sur l'*Eleusine coracana* enfoui qu'il y a une meilleure adaptation des vers de terre. Les valeurs faibles du pourcentage de survie indiquent qu'il y a un décroissement du nombre des vers de terre inoculés au début de l'expérimentation. Pour cela nous allons dire que les résultats sur les traitements sans résidu ou avec résidu de *Desmodium uncatum* en surface ne sont pas propices à la survie de *Pontoscolex corethrurus*. Pour *Dichogaster saliens*, *Crotalaria grahamiana* en surface n'est pas favorable à sa survie. La comparaison des traitements avec résidus et sans résidu sur la disparition des vers de terre montre s'il y a des interactions avantageuses ou néfastes. D'où, nous allons dire que *Crotalaria grahamiana* en surface ne favorise pas *Dichogaster saliens* ; car sur le traitement le taux de mortalité est élevé par rapport au traitement témoin sans résidu. Et pour *Pontoscolex corethrurus*, il présente les mêmes valeurs (95,83%) sur le traitement *Desmodium uncatum* en surface et sans résidu, donc *Desmodium uncatum* en surface ne convient pas à son bon développement. L'essai en mésocosme admet l'existence de différence significative sur la litière collectée à la fin de la récolte. Nous avons surtout collecté plus de résidu sur des traitements en surface que sur des traitements enfouis. L'enfouissement peut donc accélère la minéralisation de la matière organique et peut la rendre plus décomposables. Avec la production de biomasse aérienne il n'y a pas de différence significative pour les facteurs vers de terre. Les différences sont observées sur les types de résidu comparés au témoin sans résidu, les valeurs élevées sont surtout donnés par des traitements avec résidu en surface. Pour les biomasses racinaires les différences sur les traitements avec vers de terre et les types de résidu démontre qu'il agit différemment sur les systèmes utilisés. Mais ces résultats prouvent aussi que les parties aériennes et racinaires ont des comportements différents. Les grains étalent des différences significatives sur le traitement avec *Dichogaster saliens* et donne la valeur la plus élevée avec *Desmodium uncatum* en surface ($397,5 \pm 109,33$ grains). Hors, sans vers de terre et avec *Pontoscolex corethrurus* il n'y a pas de différence. Les types de résidu donnent des différences significatives avec *Eleusine coracana* et *Zea mays*, donnant des valeurs élevées sur les traitements en surface avec *Pontoscolex corethrurus*, ayant respectivement les valeurs

Conclusions et Perspectives

(356±50,55 grains ; 366±28,69 grains). Ces résultats nous dévoilent qu'avec des traitements en surface nous pouvons avoir une meilleure production de grains. Pour le nombre de grains par panicule les facteurs vers de terre ne donnent pas de différence significative. Mais sur le type de résidu, le traitement sans vers de terre avec *Eleusine coracana* en surface donne la valeur la plus élevée (49,15±7,61 grains/panicule) comparé au traitement témoin sans résidus sans vers de terre (35,14±2,32 grains/panicule). Pourtant, *Desmodium uncatum* en surface avec *Pontoscolex corethrurus* présente le nombre le plus élevé (52,15±10,17 grains/panicule) pour tous les traitements. Avec le rendement il n'y a pas de différence significative pour le facteur vers de terre, alors que le résidu d'*Eleusine coracana* donne des différences significatives comparées au témoin sans résidu. Les dispositifs moins productifs sont donnés par *Eleusine coracana* enfoui sans vers de terre (5,18±0,30 t/ha), *Eleusine coracana* enfoui avec *Dichogaster saliens* (4,94±0,89 t/ha), sans résidu sans vers de terre (4,83±0,62 t/ha) et sans résidu avec *Pontoscolex corethrurus* (4,70±0,72 t/ha) comparé à *Eleusine coracana* en surface sans vers de terre (7,23±0,86 t/ha). Ces résultats exposent l'importance des composantes du rendement car ils peuvent être influencés par plusieurs paramètres. Les mesures de la teneur en phosphore total des pailles et des grains sur les traitements sans vers de terre affichent des différences significatives. Alors qu'en présence de vers de terre le phosphore total des plantes a les mêmes tendances. Sur l'ensemble l'hypothèse de la recherche est partiellement vérifiée car « la combinaison vers de terre/paillage a des effets positifs sur la croissance et la biodisponibilité du phosphore pour les plants de riz ». Malgré les différences entre les blocs et les dégâts causés par certaines contaminations, nous avons pu voir que *Pontoscolex corethrurus* et *Dichogaster saliens* réagissent différemment sur les litières. Ceci laisse à penser que la présence de vers de terre peut rendre la matière organique plus dégradable par les microorganismes du sol.

Des études sur l'identification de ces organismes microscopiques seraient un moyen de voir les interactions s'y afférant, car ils peuvent influencer le dynamisme du milieu donné. Les techniques agricoles tel que le semis direct sur couvertures végétales sans labour, sont surtout des démarches de conservation de la matière organique. L'optimisation du potentiel fourni par les interactions au sein d'un écosystème est encore à améliorer. La décomposition des matières organiques peut être influencée par divers agents (eau, microorganismes, composition biochimique, chaleur, macrofaune, insectes...) et peut influencer plus ou moins le fonctionnement du système sol-plante. Dans les pratiques en SCV l'utilisation de résidus de culture en tant qu'intrant permet de fournir plus d'éléments nutritifs aux organismes présents

Conclusions et Perspectives

pour leur bon développement mais elle peut aussi avoir des effets contraires. Ainsi il faudrait donc mettre en place un équilibre entre l'apport et la qualité des intrants. D'où, pour avoir une meilleure interprétation des résultats il faudrait refaire des essais aux champs. Tout d'abord, le nombre des vers de terre, le poids des résidus, la variété de riz et le sol sont les paramètres qui pourraient être testés pour compléter les premiers résultats acquis. Puis des études sur la croissance bactérienne devraient être mises en œuvre pour l'identification des espèces présentes dans le sol au début et à la fin de l'essai. Enfin, des analyses complémentaires sur les plants de riz (aérien et racinaire) pourraient être entreprises (notamment concentration en N), mais aussi l'analyse du sol ainsi que des plantes de couverture de départ (analyses biochimiques) devrait être effectuées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Banerjee, S., Sanjay, K. R., Chethan, S. and Malleshi, N. G., 2012. Finger millet (*Eleusine coracana*) polyphénols: Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *African Journal of Food Science*, 6 (13). 362-374.
- Barros, E., Neves, A., Blanchart, E., Fernandes, E. C. M., Wandelli, E. and Lavelle, P., 2003. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia* 47 (3): 273-280.
- Berg, B. and Laskowski, R., 1997. Changes in nutrient concentrations and nutrient release in decomposing needle litter in monocultural systems of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris*- a comparison and synthesis. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 113-121.
- Constantinides, M. and Fownex, J. H., 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: Relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry* 26(1): 49-55.
- Coq, S., Barthès, B.G., Robert, O., Rabary, B., and Blanchart, E., 2007. Earthworm activity affects soil aggregation and organic matter dynamics according to the quality and localization of crop residues- *An experimental study* (Madagascar). 2119-2128
- Cortez, J., Demard, J. M. B., P. and Monrozier Jocteur, L., 1996. Decomposition of mediterranean leaf litters: a microcosm experiment investigating relationships between decomposition rates and litter quality. *Soil biology and Biochemistry* 28(4/5): 443-452.
- Edwards, C.A and Bohlen, P.J., 1996. *The Biology and Ecology of Earthworms* (3rd Ed.). Chapman & Hall. 426 p
- Fioretto, A., Papa, S., Sorrentino, G. and Fuggi, A., 2011. Decomposition of *Cistus incanus* leaf litter in a Mediterranean maquis ecosystem: mass loss, microbial enzyme activities and nutrient changes. *Soil Biology and Biochemistry* 33 (3): 311-321.
- Gupta, V and Watson, S., 2004. Ecological impacts of GM cotton on soil biodiversity. *In final report for a project funded by Australian Government Department of the Environment and Heritage*: CSIRO Land and Water.
- Henintsoa, M., 2011. Disponibilité du phosphore et productivité agricole sous système de culture à rotation biennale voandzou-riz pluvial et système de culture pluviale continue de

- riz. Cs d'un sol ferrallitique de « tanety » sis à Laniera. Mémoire de fin d'études en vue d'obtenir le Diplôme d'Ingénieur Agronome de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques Spécialisation Agriculture. Université d'Antananarivo. 87p
- Huerta, E and De La Cruz-Mondragon, M., 2006. Response of Earthworm (*Dichogaster saliens*) to Different Feeding Substrates. *Compost Science & Utilization*, vol. 14, No. 3, 211-214
 - Husson, O., Razanamparany, C., Moussa, N., Michellon, R., Naudin, K., Razafintsalama, H., Rakotondramanana. et Seguy, L., 2008. Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses pérennes *Stylosanthes guianensis*. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar*. Volume III. Chapitre 3. 12p
 - Husson, O., Charpentier, H., Michellon, R., Razafintsalama, H., Moussa, N., Enjalric, F., Naudin, K., Rakotondramanana et Seguy., L., 2012. *Eleusine coracana*. Fiches techniques plantes de couverture: Légumineuses pérennes. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar*. volume III. Chapitre 3. 6p
 - Jones, D. L. and Murphy, D. V. (2007). Microbial response time to sugar and amino acid additions to soil. *Soil Biology and Biochemistry* 39 (8): 2178-2182.
 - Khana, Z.R., Pickett, J. A., Wadhams, L. J. Hassanalia, A. and Midega, C. A.O., 2006. Combined control of *Striga hermonthica* and stem borers by *maize-Desmodium* spp. Intercrops. *Crop Protection*. 25: 989-995.
 - Kong, A. Y. Y., Six, J., Bryant, D. C., Denison, R. F. and van Kessel, C., 2005. The Relationship between Carbon Input, Aggregation, and Soil Organic Carbon Stabilization in Sustainable Cropping Systems. *Soil Science Society American Journal* 69: 1078-1085.
 - Khodja, P. A., et Tissot, C., Favre, B., 2002. Le riz, céréale indispensable. Programme plantes annuelles du CIRAD-CA. 14-15.
 - Kuzyakov, Y., 2010. Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* 42 (9): 1363-1371.
 - Lacharme, M., 2001. Le plant de Riz (Données morphologiques et cycle de la plante). 22 p
 - Lavelle, P., and Spain, A.V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. 654 p

Références bibliographiques

- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouim, M., Bureau, F., Margerier, P., Mora, P. and Rossi, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42 (Supplement 1): S3-S15.
- Lawton, J. H., Naeem, S., Woodfin, R. M., Brown, V. K., Gange, A., Godfray, H. J. C., Heads, P. A., Lawler, S., Magda, D., Thomas, C. D., Thompson, L. J. and Young, S., 1993. The Ecotron - a Controlled Environmental Facility for the Investigation of Population and Ecosystem Processes. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 341, 181-194
- Le Bayon, R-C., Gobat, J-M., Kohler-Milleret, R., Amossé, J., and Tuberg, P., 2015. Effects of endogeic earthworms on the soil organic matter dynamics and the soil structure in urban and alluvial soil materials. 50-57
- Mollison, B., 1990. *Permaculture: a practical guide for a sustainable future*, Island Press, 579 p
- Palm, C. A. and Sanchez, P. A., 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica* 22: 330-338.
- Pashansi, B., Lavelle, P., Alegre, J., and Charpentier, F., 1995. Effect of the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low-input tropical agroecosystem. 801-810
- Paterson, E., 2003. Importance of rhizodeposition in the coupling of plant microbial productivity. *European Journal of Soil Science* 54(4): 741-750.
- Paustian, K., Agren, G. I. and Bosatta, E., 1997. Modeling litter quality effects on decomposition and soil organic matter dynamics. *In Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*, 313-336 (Eds G. Cadisch and K. E. Giller). Wallingford: CAB International.
- Pfiffner, L., 2013. Vers de terre Architectes des sols fertiles, fiche technique vers de terre, numéro de commande 1679, Edition Suisse © FIBL.6p
- Quaranta, B., 2009. Effet des plantes de service sur les bio-agresseurs des cultures. Etude bibliographique sur les plates utilisées dans les systèmes de culture sur couverture végétale SCV à Madagascar. Unité de recherche SCRID ; Département PERSYST. 90p

Références bibliographiques

- Rabary, B., 2011. Impact du semis direct sous couverture végétale sur la macrofaune et la microflore des sols ferrallitiques d'Andranomanelatra, Antsirabe, Hautes Terres malgaches. Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences de la Vie ; Spécialité : Biologie Végétale. 199p
- Rabeharisoa L., 2004. Gestion de la fertilité et de la fertilisation phosphatée des sols ferrallitiques des Hautes Terres de Madagascar. Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences naturelles. 199p
- Ralaizafisolariovony N., 2012. Effets de la fertilisation organique sur la biodisponibilité de phosphore : cas des sols ferrallitiques des Hautes Terres de Madagascar (Lazaina). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur agronome. 74p
- Rafaliharimanana, A.F., 2015. Effets des composés polyphénoliques contenus dans les plantes de service sur le ver blanc (*Heteroconus paradoxus*) et le ver de terre (*Pontoscolex corethrurus*) : cas de système de culture sous couverture végétale). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme d'étude approfondie DEA. (SCV). 72 p
- Randrianandrasana, L.N., 2012. Effet de la nutrition azotée sur la pyriculariose du riz pluvial dans la région de Vakinankaratra. 56 p
- Randrianandrasana, R.P., 2012. Effet du *Stylosanthes* sur la production du riz pluvial et sur la disponibilité de l'azote et du phosphore. 50 p
- Ratsiatosika, H. O., 2014. Effets de l'introduction de vers de terre sur la croissance et le rendement du riz et du maïs associé à la Dolique sur les Hautes Terres de Madagascar. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur agronome. 45 p
- Rossi, J-P., and Blanchart, E., 2005. Seasonal and land-use induced variations of soil macrofauna composition in the Western Ghats (South India). *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1093-1104.
- Sackett, T. E., Classen, A. T. and Sanders, N. J., 2010. Linking soil food web structure to above- and belowground ecosystem processes: a meta-analysis. *Oikos*: 1-9.
- Six, J., Elliott, E. T. and Paustian, K., 1999. Aggregate and Soil Organic Matter Dynamics under conventional and No-Tillage Systems. *Soil Science Society of America Journal* 63 (5): 1350-1358.

Références bibliographiques

- Tapia-Coral, S. C., Luizão, F.J., Barros, E., Pashanasi, B., and Del Castillo, D., 2006. Effect of *Pontoscolex corethrurus* Muller, 1857 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Inoculation on Litter Weight Loss and Soil Nitrogen in mesocosms in the Peruvian Amazon. 410-418
- Velasquez, E., Lavelle, P. and Andrade, M. (2007). GISQ, A multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology and Biochemistry* 39 (12): 3066-3080.
- Vigot, M., 2013. Guide pratique auxiliaires de cultures (Les vers de terre). 10 p
- Willem, J.v.G., Lubbers, I.M., Vos, H.M.J., Brown, G.G., De Deyn, G.B, and Groenigern, K.J.v., 2014. Earthworms increase plant production: meta-analysis. *SCIENTIFIC REPORTS*. 7 p

ANNEXES

Annexes 1 : ANOVA des traitements sans vers de terre sur le poids des résidus au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	1055,091	105,509	26,468	< 0,0001
Erreur	33	131,549	3,986		
Total corrigé	43	1186,640			

Annexes 2 : ANOVA des traitements avec *Dichogaster saliens* sur le poids des résidus au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	1086,865	108,687	46,246	< 0,0001
Erreur	31	72,856	2,350		
Total corrigé	41	1159,721			

Annexes 3 : ANOVA des traitements avec *Pontoscolex corethrurus* sur le poids des résidus au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	1284,182	128,418	131,083	< 0,0001
Erreur	31	30,370	0,980		
Total corrigé	41	1314,552			

Annexes 4 : Résultats du test t de Student sur le poids des litières au seuil de 5% avec les types de vers de terre.

Test t de Student	Sans vers de terre	Dichogaster	Pontoscolex
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]4,157; 7,968 [	]4,294; 8,036 [	]3,991; 8,044 [
Différence	6,063	6,165	6,017
t (Valeur observée)	6,489	6,712	6,034
t (Valeur critique)	-2,040	-2,037	-2,032
DDL	31	32	34
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Alpha	0,05	0,05	0,05

Test t de Student	<i>Crotalaria</i>	<i>Desmodium</i>	<i>Eleusine</i>	<i>Maïs</i>	<i>Stylosanthes</i>
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]1.211; 2,466 [	] 3,179; 6,156[	]6,250; 12,745 [	]5,382;11,296 [	]4,204;8,721 [
Différence	1,839	4,667	9,497	8,339	6,463
t (Valeur observée)	6,060	6,615	6,170	5,903	5,951
t (Valeur critique)	-2,069	-2,110	-2,110	-2,093	-2,080
DDL	23	17	17	19	21
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Annexes 5 : ANOVA des traitements avec le résidu de *Crotalaria grahamiana* sur le poids des litières au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	19,536	3,907	6,082	0,010
Erreur	9	5,782	0,642		
Total corrigé	14	25,318			

Annexes 6 : ANOVA des traitements avec le résidu de *Desmodium uncatum* sur le poids des litières au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	82,264	16,453	11,497	0,001
Erreur	9	12,879	1,431		
Total corrigé	14	95,143			

Annexes 7 : ANOVA des traitements avec le résidu d'*Eleusine coracana* sur le poids des litières au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	431,350	86,270	31,788	< 0,0001
Erreur	9	24,425	2,714		
Total corrigé	14	455,775			

Annexes 8: ANOVA des traitements avec le résidu de *Zea mays* sur le poids des litières au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	364,602	72,920	7,192	0,006
Erreur	9	91,247	10,139		
Total corrigé	14	455,849			

Annexes 9 : ANOVA des traitements avec le résidu de *Stylosanthes guianensis* sur le poids des litières au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	252,430	50,486	7,253	0,006
Erreur	9	62,650	6,961		
Total corrigé	14	315,079			

Annexes 10 : Test de normalité du poids des biomasses aériennes pour *Stylosanthes guianensis* Enfoui avec *Dichogaster saliens* et *Pontoscolex corethrurus*

Test de Shapiro-Wilk	SEDi	SEPo
W	0,736	0,751
p-value	0,028	0,039
alpha	0,05	0,05

Annexes 11 : Résultats du test t de Student sur le poids des biomasses aériennes au seuil de 5% avec les types de vers de terre.

Test t de Student	Témoin	Dichogaster	Pontoscolex
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	] 9,430; 11849[	] 9,140; 11,435[	]10,535; 13,218 [
Différence	10,640	10,287	11,877
t (Valeur observée)	17,739	18,087	17,871
t (Valeur critique)	-2,017	-2,018	-2,018
DDL	43	42	42
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05

Test t de Student	<i>Crotalaria</i>	<i>Desmodium</i>	<i>Eleusine</i>	<i>Mais</i>	<i>Stylosanthes</i>
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]7,831; 10,17[	]10,329; 13,396[	] 7,831; 10,175[	]7,556; 9,982 [	] 8,015; 10,434[
Différence	10,948	11,863	9,003	8,769	9,224
t (Valeur observée)	15,404	15,703	15,596	14,692	15,485
t (Valeur critique)	-2,032	-2,030	-2,030	-2,032	-2,030
DDL	34	35	35	34	35
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Annexes 12 : ANOVA des traitements avec *Dichogaster saliens* sur la biomasse racinaire au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	64,141	6,414	2,691	0,017
Erreur	31	73,888	2,383		
Total corrigé	41	138,029			

Annexes 13 : ANOVA des traitements avec *Pontosclex corethrurus* sur la biomasse racinaire au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	67,108	6,711	2,126	0,053
Erreur	31	97,871	3,157		
Total corrigé	41	164,979			

Annexes 14 : Test de normalité du poids des biomasses racinaires pour le traitement sans vers de terre (*Desmodium uncatum* en surface et *Zea mays* enfoui) au seuil de 5%.

Test de Shapiro-Wilk	DS ϕ	ME ϕ
W	0,727	0,686
p-value	0,023	0,008
alpha	0,05	0,05

Annexes 15 : Résultats du test t de Student sur le poids des biomasses racinaires au seuil de 5% avec les types de vers de terre.

Test t de Student	Témoin	Dichogaster	Pontoscolex
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]5,332; 6,882[	]4,644; 5,863[	]5,468; 6,852[
Différence	6,107	5,254	6,160
t (Valeur observée)	15,897	17,403	17,965
t (Valeur critique)	-2,017	-2,018	-2,017
DDL	43	42	43
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05

Test t de Student	<i>Crotalaria</i>	<i>Desmodium</i>	<i>Eleusine</i>	<i>Maïs</i>	<i>Stylosanthes</i>
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]5,054; 6,788[	]5,818; 7,374[	]4,280; 5,434[	]3,991; 5,603[	]4,414; 5,736[
Différence	5,921	6,596	4,857	4,797	5,075
t (Valeur observée)	13,862	17,211	17,081	12,097	15,587
t (Valeur critique)	-2,030	-2,030	-2,030	-2,032	-2,030
DDL	35	35	35	34	35
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Annexes 16 : ANOVA des traitements avec *Dichogaster saliens* pour le nombre de grains totaux au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	249407,525	24940,753	3,664	0,002
Erreur	32	217831,917	6807,247		
Total corrigé	42	467239,442			

Annexes 17 : Test de normalité avec le nombre de grains totaux pour sans vers de terre *Stylosanthes guianensis* en surface avec et sans résidus avec *Pontoscolex corethrurus* au seuil de 5%.

Test de Shapiro-Wilk	SSØ	ØØPo
W	0,716	0,687
p-value	0,018	0,008
alpha	0,05	0,05

Annexes 18 : ANOVA du nombre de grains totaux sur les types de résidus au seuil de 10%.*Eleusine coracana*

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	8	102570,905	12821,363	2,656	0,028
Erreur	26	125511,667	4827,372		
Total corrigé	34	228082,571			

Zea mays

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	8	117459,863	14682,483	2,670	0,029
Erreur	25	137470,167	5498,807		
Total corrigé	33	254930,029			

Annexes 19 : Test de normalité sur le nombre de grains par panicule au seuil de 5%.

Test de Shapiro-Wilk	DEDi	MEØ	ØØØ
W	0,756	0,704	0,760
p-value	0,044	0,013	0,048
alpha	0,05	0,05	0,05

Annexes 20 : ANOVA du nombre de grains par panicule avec le résidu d'*Eleusine coracana* au seuil de 10%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	8	980,047	122,506	3,495	0,007
Erreur	26	911,358	35,052		
Total corrigé	34	1891,405			

Annexes 21 : ANOVA de la teneur en phosphore des pailles avec les traitements sans vers de terre au seuil de 10%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	74387,947	7438,795	1,845	0,091
Erreur	33	133071,921	4032,482		
Total corrigé	43	207459,868			

Annexes 22 : Test de normalité sur la concentration en phosphore des pailles pour *Pontoscolex corethrurus* avec *Desmodium uncatum* en enfoui et *Eleusine coracana* en surface au seuil de 5%.

Test de Shapiro-Wilk	DEPo	ESPo
W	0,759	0,729
p-value	0,047	0,024
alpha	0,05	0,05

Annexes 23 : ANOVA des traitements sans vers de terre sur la concentration en phosphore des pailles au seuil de 10%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	74387,947	7438,795	1,845	0,091
Erreur	33	133071,921	4032,482		
Total corrigé	43	207459,868			

Annexes 24 : ANOVA des traitements sans vers de terre sur la concentration en phosphore des grains au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	3154047,799	315404,780	3,004	0,008
Erreur	33	3464780,578	104993,351		
Total corrigé	43	6618828,378			

Annexes 25 : Test de normalité sur la concentration en phosphore des grains pour *Eleusine coracana* en surface avec *Pontoscolex corethrurus* au seuil de 5%.

Test de Shapiro-Wilk

W	0,694
p-value	0,010
alpha	0,05

Annexes 26 : Test t de student sur la teneur en phosphore des grains au seuil de 5% avec les types de vers de terre.

Test t de Student	Témoïn	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]1711,922; 1950,483 [	]1793,651; 2032,838[	]1765,582; 2064,73[
Différence	1831,202	1913,245	1915,156
t (Valeur observée)	30,960	32,285	25,858
t (Valeur critique)	-2,017	-2,018	-2,020
DDL	43	42	41
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05

Test t de Student	<i>Crotalaria</i>	<i>Desmodium</i>	<i>Eleusine</i>	<i>Maïs</i>	<i>Stylosanthes</i>
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]1723,21; 2036,6[	]1803,74; 2087,55 [	]1665,01; 1874,67 [	]1504,26; 1786,88 [	]1740,35; 1977,6 [
Différence	1879,921	1945,647	1769,842	1645,563	1858,970
t (Valeur observée)	24,406	27,865	34,311	23,693	31,847
t (Valeur critique)	-2,035	-2,032	-2,032	-2,035	-2,032
DDL	33	34	34	33	34
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Annexes 27 : Test de normalité pour les traitements avec *Stylosanthes guianensis* (Enfoui sans vers de terre et en surface avec *Dichogaster saliens*) au seuil de 5%.

Test de Shapiro-Wilk	SEØ	SSDi
W	0,741	0,693
p-value	0,032	0,010
alpha	0,05	0,05

Annexes 28 : Test t de Student sur le rendement du riz au seuil de 5% avec les types de vers de terre.

Test t de Student	Témoïn	<i>Dichogaster</i>	<i>Pontoscolex</i>
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]4,803; 6,303[	]5,019; 5,682[	]4,859; 5,563[
Différence	5,553	5,351	5,211
t (Valeur observée)	14,936	32,602	29,923
t (Valeur critique)	-2,017	-2,018	-2,020
DDL	43	42	41
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05

Test t de Student	<i>Crotalaria</i>	<i>Desmodium</i>	<i>Eleusine</i>	<i>Maïs</i>	<i>Stylosanthes</i>
Intervalle de Confiance à 95 % autour de la moyenne	]4,617; 5,237[	]4,253; 6,181[	]5,197; 5,896[	]4,998; 5,603[	]4,974; 5,714[
Différence	4,927	5,217	5,546	5,301	5,344
t (Valeur observée)	32,346	10,998	32,243	35,686	29,349
t (Valeur critique)	-2,035	-2,032	-2,032	-2,035	-2,032
DDL	33	34	34	33	34
p-value (bilatérale)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Annexes 29 : ANOVA des traitements avec *Eleusine coracana* sur le rendement du riz au seuil de 5%.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	8	19,668	2,458	4,112	0,003
Erreur	26	15,543	0,598		
Total corrigé	34	35,211			

University of Antananarivo

Faculty of the Sciences

Department Biology and Ecology Plant 2015

Memory of Master II

Mention Biology

Course: PHYTECH

Title: EFFECTS OF THE INTERACTIONS BETWEEN THE QUALITY OF THE CULTURE RESIDUES AND THE FUNCTIONAL GROUPS OF EARTHWORMS ON THE GROWTH OF RICE

Author: RAINIHANJARIMANANA Ihaga Ahitantsoa

Supervisor: Docteur Juvet Henrinet Herinainasoa RAZANAMEHARIZAKA

Docteur Bodovololona RABARY

ABSTRACT

The rainfed rice in Madagascar presents several advantages for farmers. Sometimes, rice is cultivated using Direct Seeding Mulch-Based Systems (DMC) with *Crotalaria*, *Desmodium*, *Eleusine*, *Maize* and *Stylosanthes* as rotation crops. Some studies suggest that the introduction of earthworms such as *Dichogaster saliens* and *Pontoscolex corethrurus* in association with organic residues buried or not, would be a means to have a better decomposition of organic matter and release of nutrients to rice. The aim of our study in mesocosms, in the field, is especially aimed to confirm the hypothesis of a positive effect on rice growth, yield and phosphorus availability for rice.

Results showed that the highest rice biomass is recovered in treatment with residues in surface and *P. corethrurus*. The aerial biomass ($15, 27 \pm 5, 54$ g MS) in the treatment with *Desmodium* and *P. corethrurus* gives the highest value in the same way for the root biomass ($8, 54 \pm 1, 63$ g MS). The root biomass is meaningfully weak with *P. corethrurus* and *Eleusine* buried ($4, 02 \pm 0, 38$ g.MS) compared to *Desmodium* in surface with *P. corethrurus*. The highest yield is given by *Eleusine* in surface in absence of earthworms ($7, 23 \pm 0, 86$ t/ha) compared to *Eleusine* buried without earthworms ($5, 18 \pm 0, 30$ t.ha⁻¹) and *Eleusine* buried with *D. saliens* ($4, 94 \pm 0, 89$ t.ha⁻¹) as well as of the control treatments without residues, without earthworms ($4, 83 \pm 0, 62$ t.ha⁻¹) and with *P. corethrurus* ($4, 70 \pm 0, 72$ t.ha⁻¹). The highest values of phosphorus concentrations in straws are observed for the treatment with *P. corethrurus* associated to the Maize in surface ($314, 98 \pm 284, 89$ mg. kg⁻¹); and P concentrations in the grains, for the treatment with *P. corethrurus* and *Desmodium* buried ($2359, 85 \pm 437, 57$ mg/kg). There are not any meaningful differences within the treatments with earthworms concerning the total P of the plants. Our results suggest that the use of the DMC in association with earthworm inoculation could really be a means to increase rice production.

Key words: *Dichogaster saliens*, *Pontoscolex corethrurus*, rainfed rice, rotation crops, Direct Seeding Mulch-Based Systems (DMC).

Université d'Antananarivo

Faculté des Sciences

Département Biologie et Ecologie Végétales 2015

Mémoire de Master II

Mention Biologie

Parcours : PHYTECH

Titre : EFFETS DES INTERACTIONS ENTRE LA QUALITE DES RESIDUS DE CULTURE ET LES GROUPES FONCTIONNELS DE VERS DE TERRE SUR LA CROISSANCE DU RIZ

Auteur : RAINIHANJARIMANANA Ihaga Ahitantsoa

Encadreurs : Docteur Juvet Henrinet Herinainasoa RAZANAMEHARIZAKA

Docteur Bodovololona RABARY

RESUME

Le riz pluvial à Madagascar présente plusieurs avantages pour les agriculteurs. Parfois, le riz est cultivé utilisant le système de culture sous couverture végétale SCV avec le *Crotalaire*, le *Desmodium*, l'*Eleusine*, le *Maïs* et le *Stylosanthes* comme rotation culturale. Des études suggèrent que l'introduction de vers de terre tels que *Dichogaster saliens* et *Pontoscolex corethrurus* en association avec des résidus organiques enfouis ou non ; serait un moyen d'avoir un meilleur recyclage de la matière organique et de transférer les nutriments au riz. Le but de notre essai en mésocosmes au champ, est surtout destiné à confirmer l'hypothèse d'un effet positif sur la croissance, le rendement et la biodisponibilité du phosphore pour le plant de riz.

Les résultats ont montré que la biomasse aérienne du riz sur *Desmodium* avec *P. corethrurus* donne la valeur la plus élevée ($15,27 \pm 5,54$ g.MS), de même pour la biomasse racinaire ($8,54 \pm 1,63$ g.MS). La biomasse racinaire est significativement faible avec *P. corethrurus* et *Eleusine* enfoui ($4,02 \pm 0,38$ g.MS) contre *Desmodium* en surface et *P. corethrurus*. Le rendement du riz le plus élevé est représenté par *Eleusine* en surface en absence de vers de terre ($7,23 \pm 0,86$ t/ha) contre *Eleusine* enfoui sans vers de terre ($5,18 \pm 0,30$ t.ha⁻¹) et *Eleusine* enfoui avec *D. saliens* ($4,94 \pm 0,89$ t.ha⁻¹) ainsi que des traitements témoin sans résidu, sans vers de terre ($4,83 \pm 0,62$ t.ha⁻¹) et avec *P. corethrurus* ($4,70 \pm 0,72$ t.ha⁻¹). Les valeurs les plus élevées des teneurs en phosphore total des pailles sont observées pour le traitement avec *P. corethrurus* associés au maïs en surface ($314,98 \pm 284,89$ mg/kg) ; et celle des grains, pour le traitement avec *P. corethrurus* et *Desmodium* enfoui ($2359,85 \pm 437,57$ mg/kg). Il n'y a pas de différences significatives au sein des traitements avec vers de terre concernant le P total des plants. D'où l'utilisation de la SCV avec association des vers de terre pourrait bien être le moyen d'accroître la production du riz.

Mots clés : *Dichogaster saliens*, *Pontoscolex corethrurus*, riz pluvial, rotation culturale, système de culture sous couverture végétale (SCV)