

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
FINTINA	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
LISTE DES ILLUSTRATIONS	viii
INTRODUCTION.....	1
I. MATERIELS ET METHODES :	3
I.1. Matériels :	3
I.2. Méthodologie :	8
I.3. Limites de travail :	13
II. RESULTATS :	15
II.1. Résultats préliminaires :	15
II.2. Effet des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers sur les composantes de rendement par rapport aux doses d'apports :	18
II.3. Comparaison de la productivité des 2 types de repiquage sous l'effet des sous-produits de distillation de feuilles de girofliers :	25
II.4. Calculs de rentabilité :	29
III. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS :	31
III.1. Sur les résultats préliminaires :	31
III.2. Sur les effets des sous-produits issus de la distillation des feuilles de girofliers sur les composantes de rendement en fonction des doses d'apports :	33
III.3. Sur la comparaison de la productivité des 2 types de repiquage sous l'effet des sous-produits de feuilles de girofliers :	34
III.4. Sur les calculs de rentabilité :	36
III.5. Recommandations :	36

CONCLUSION	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	41
ANNEXES :	I

LISTE DES ABREVIATIONS

ANOVA : Analyse de la variance

Ar : Ariary

CTHT : Centre de Technique Horticole de Toamasina

g : gramme

h : heure

Ha : Hectare

HJ : homme jour

Kg : kilogramme

pH : potentiel Hydrogène

SDFG : Sous-produits de distillation des feuilles de girofliers

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Caractéristiques des sols.....	15
Tableau 2 : Caractéristiques des sous-produits	16
Tableau 3 : Analyse de la variance du nombre de talles en fonction des traitements et système de repiquage	17
Tableau 4 : Somme des coûts de travaux pour un hectare	29
Tableau 5 : Coûts des intrants	29
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des coûts de production et de revenu monétaire	30

Liste des figures :

Figure 1 : Carte de localisation des sites d'expérimentation paysanne.....	3
Figure 2 : Courbe ombrothermique (2012-2016) pour la région de Fénérive Est.....	4
Figure 3 : Typologie des effluents de distillation à Mahavanona	7
Figure 4 : disposition des modalités dans la parcelle d'expérimentation.....	10
Figure 5 : Variation en hauteur des plants en fonction des traitements et du système de repiquage	16
Figure 6 : Variation du nombre de talles en fonction des traitements et du système de repiquage	17
Figure 7 : Distribution du nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du traitement (repiquage 15jours)	18
Figure 8 : Distribution du nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du traitement (repiquage 30jours)	18
Figure 9 : Distribution du nombre de grains par panicule en fonction du traitement (repiquage 15jours).....	19
Figure 10 : Distribution du nombre de grains par panicule en fonction du traitement (repiquage 30jours).....	19
Figure 11 : Distribution du pourcentage de grains pleins par panicule en fonction du traitement (repiquage 15jours)	20
Figure 12 : Distribution du pourcentage de grains pleins par panicule en fonction du traitement (repiquage 30jours)	21
Figure 13 : Distribution du pourcentage de talles fertiles en fonction du traitement (repiquage 15jours).....	22
Figure 14 : Distribution du pourcentage de talles fertiles en fonction du traitement (repiquage 30jours).....	22
Figure 15 : Distribution du poids de 1000 grains en fonction du traitement (repiquage 15jours)	23
Figure 16 : Distribution du poids de 1000 grains en fonction du traitement (repiquage 30jours)	23

Figure 17 : Distribution du rendement en paddy en fonction du traitement (repiquage 15jours)	24
Figure 18 : Distribution du rendement en paddy en fonction du traitement (repiquage 30jours)	25
Figure 19 : Comparaison du nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du système de repiquage	25
Figure 20 : Comparaison du nombre de grains par panicule en fonction du système de repiquage	26
Figure 21 : Comparaison du pourcentage de grains pleins par panicule en fonction du système de repiquage	26
Figure 22 : Comparaison du pourcentage de talles fertiles en fonction du système de repiquage	27
Figure 23 : Distribution du poids de 1000 grains en fonction du système de repiquage	27
Figure 24 : Distribution du rendement en paddy en fonction du système de repiquage	28

Liste des photos :

Photo 1 : Couteau pour la récolte	XII
Photo 2 : Semence vary sombitra	XII
Photo 3 : Entré d'eau d'irrigation	XII
Photo 4 : Site 2 de l'expérimentation	XII
Photo 5 : Barakai hydrofuge	XII
Photo 6: Rats des champs	XII
Photo 7 : Séchage	XIII
Photo 8 : Récolte	XIII
Photo 9 : verse causé par le cyclone ENAWO	XIII
Photo 10 : Pluviomètre	XIII
Photo 11 : Pesage des 1000grains	XIII
Photo 12 : Humidimètre	XIII
Photo 13 : Alambic traditionnel	XIV

Liste des annexes :

Annexe 1 : Tableau sur les caractéristiques de la variété « vary sombitra »	I
Annexe 2 : Plan du site expérimental	I
Annexe 3 : Simulation du rendement sans attaque des rats	II
Annexe 4 : Principes d'analyse du sol et normes d'interprétation des analyses chimiques du sol	III
Annexe 5 : Besoin édaphique et nutritionnel du riz au cours de son cycle	V
Annexe 6 : itinéraire technique plus détaillé	VII
Annexe 7 : Photos	XII
Annexe 8 : ANOVA des variables	XIV

INTRODUCTION

L'un des défis les plus importants auxquels l'humanité doit faire face aujourd'hui est de conserver la fertilité du sol tout en augmentant la production alimentaire. Alors que l'accroissement démographique continue sa lancée, les pressions sur les ressources naturelles, dont le sol et sa fertilité, s'accroissent, ce qui rend difficile le maintien de la sécurité alimentaire. Il est constaté que plusieurs pays subissent une baisse considérable des productions agricoles à cause des phénomènes naturels ; qui provoque ainsi une situation d'insuffisance alimentaire. L'état de fertilité des sols conditionne impérativement les rendements des cultures. Le mode et le type de fertilisation du sol ont des impacts sur la production actuelle ainsi que sur la potentialité future de ces sols. L'augmentation ou le maintien de la production agricole s'avère alors nécessaire voire obligatoire.

Les principales solutions pouvant être proposées s'orienteront surtout vers l'augmentation des surfaces cultivées, en mettant en culture des espaces nouveaux tels que les collines ou «tanety» et/ou l'amélioration des systèmes agricoles, associée en général à des apports d'engrais. Cependant, l'utilisation excessive des engrais minéraux, conduit à une diminution de l'efficacité d'utilisation des nutriments, comme le phosphore et l'azote, et à des effets néfastes sur l'atmosphère (AULAKH et ADHYA, 2005) et la qualité des eaux de surface et souterraines (AULAKH *et al.*, 2009) induisant des maladies et accentuant le changement climatique. L'apport en fertilisation organique sera alors la meilleure solution.

A Madagascar, la population n'échappe pas à cette croissance démographique avec un taux annuel de croissance de 2,8% et a atteint 20,6 millions en 2011 (INSTAT, 2012 in HENINTSOA, 2013). L'analyse du secteur agricole montre que le pays n'arrive pas à atteindre un niveau de sécurité alimentaire satisfaisant et durable. (MIN AGRI, 2015) En tout cas, très peu de paysans malagasy ont recours à des engrais chimiques de synthèse et font appel à du fumier de ferme ou à des sous-produits de déchets en guise de fertilisant pour augmenter la production. Cependant, les paysans de la partie Est de Madagascar, surtout dans la région d'Analanjirifo, utilisent rarement des fertilisants (PRD, 2015), alors que la production d'huile essentielle de feuilles de girofliers annuelle estimée à 1.500 tonnes d'huile y génère 75.000 tonnes de feuilles de girofliers épuisés dans cette partie de Madagascar. Ces volumes très importants ne sont quasiment pas utilisés et sont laissés à proximité des zones de distillation. (GIVAUDAN, 2016)

D'après la Revue de Madagascar en 1941, les sous-produits de distillation des feuilles de girofliers cuites peuvent servir de compost favorisant la croissance du taro, des bananiers et de la canne à sucre. Une augmentation de la robustesse et du rendement du riz ont été aussi remarqués près de ces sous-produits dans la partie Nord Est de Madagascar (Mananara Nord et Maroantsetra) (MICHAUD, 2016). Outre, Selon Benz en 2011 : le riz est la première céréale

cultivée à Madagascar, pays à dominance agricole : il occupe en 2009, 48,8% des terres cultivées, soit 1,77 millions d'hectares. Et Le rendement moyen national n'est passé que de 1,7T/ha en 1960 à 2,4T/ha en 2004 (MINTEN *et al.*, 2006), et a stagné depuis. C'est aussi la principale activité agricole de la région d'Analanjirifo. Environ 79% des parcelles sont utilisées pour la riziculture irriguée, soit près de 33920Ha. (PRD, 2015) Ce qui a amené au choix de cette culture.

La recherche d'un résultat plus concluant sur l'utilisation de ces sous-produits de distillation des feuilles de girofliers, comme fertilisant sur riziculture irriguée dans cette partie de Madagascar nous a menés à la question de cette étude : « **L'utilisation des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers comme fertilisant permettra-t-elle d'améliorer le rendement du riz ?** ».

Une dans le district Fénérive Est, région Analanjirifo pour déterminer les effets de l'utilisation des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers en tant que fertilisant sur riziculture irriguée.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Déterminer les doses optimales d'apports de ces sous-produits.
- Améliorer la technique de repiquage traditionnel encore dominant en diminuant à 15 jours l'âge du jeune plant à repiquer.
- Vérifier la rentabilité de l'utilisation des sous-produits de distillation des feuilles en riziculture.

Afin de répondre à la problématique posée, trois (3) hypothèses sont émises :

- Le rendement en paddy augmente suivant la dose d'apport de ces sous-produits.
- Sous l'effet des sous-produits de distillation de feuilles de giroflier, le repiquage de 15 jours est plus productif par rapport au repiquage traditionnel habituel aux villageois.
- L'utilisation des sous-produits de distillation des feuilles de giroflier augmente la rentabilité de la riziculture.

Le présent manuscrit, parlant des travaux réalisés, comprend trois (3) parties principales : la première est consacrée aux matériels et méthodes adoptés, la seconde montre les résultats et la dernière partie porte sur les discussions et les recommandations.

I. MATERIELS ET METHODES :

I.1. Matériels :

I.1.1. Présentation de la zone d'étude :

I.1.1.1. Situation géographique :

L'expérimentation au champ a été ainsi réalisée dans la région Analanjirofo, district Fénérive Est, commune d'Ambodimanga II et dans le fokontany Mahavanona. Il est situé à 10km au Nord-Ouest de la ville de Fénérive Est, qui est comprise entre Est 49° 38,21' et Sud 17° 34,5'. Ce choix a été orienté par l'accord entre le CTHT et le Givaudan. Les critères à considérer sont :

- L'existence de 2 alambics traditionnels pour les sous-produits de distillation des feuilles de giroflier.
- L'accessibilité de la route.
- L'esprit innovant des habitants, qui participent tous les ans à des projets faits par le CTHT.
- La zone a été le cadre des études antérieures avec le CTHT. Cette situation permet de faciliter le choix des paysans pilotes et l'acquisition des informations

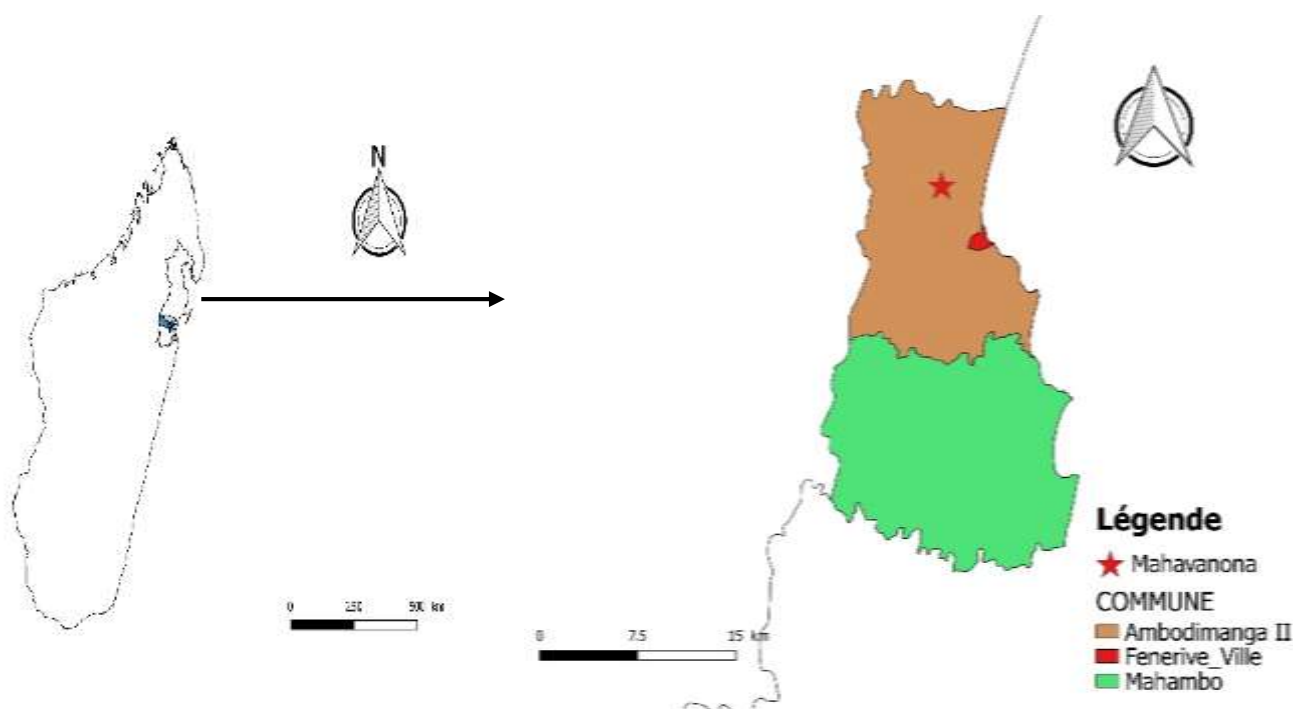


Figure 1 : Carte de localisation des sites d'expérimentation paysanne

I.1.1.2. Climat :

La zone d'Analanjirifo a une température annuelle de 24°C environ (figure 2). La moyenne des maxima du mois le plus chaud tourne autour de 27°C et les plus fortes chaleurs sont enregistrées en décembre et février. (PRD, 2015) D'après la courbe de Gaussen établie sur 5ans (2012-2016), du mois de Décembre jusqu'en Avril, la Région reçoit de très fortes précipitations avec une moyenne mensuelle pouvant aller de 150 à 360mm. Par contre, d'avril en Novembre, la région connaît un climat relativement frais avec des précipitations moins importantes, allant de 90 à 160 mm. La moyenne annuelle de la pluviométrie enregistrée sur cinq années est de 2049 mm.

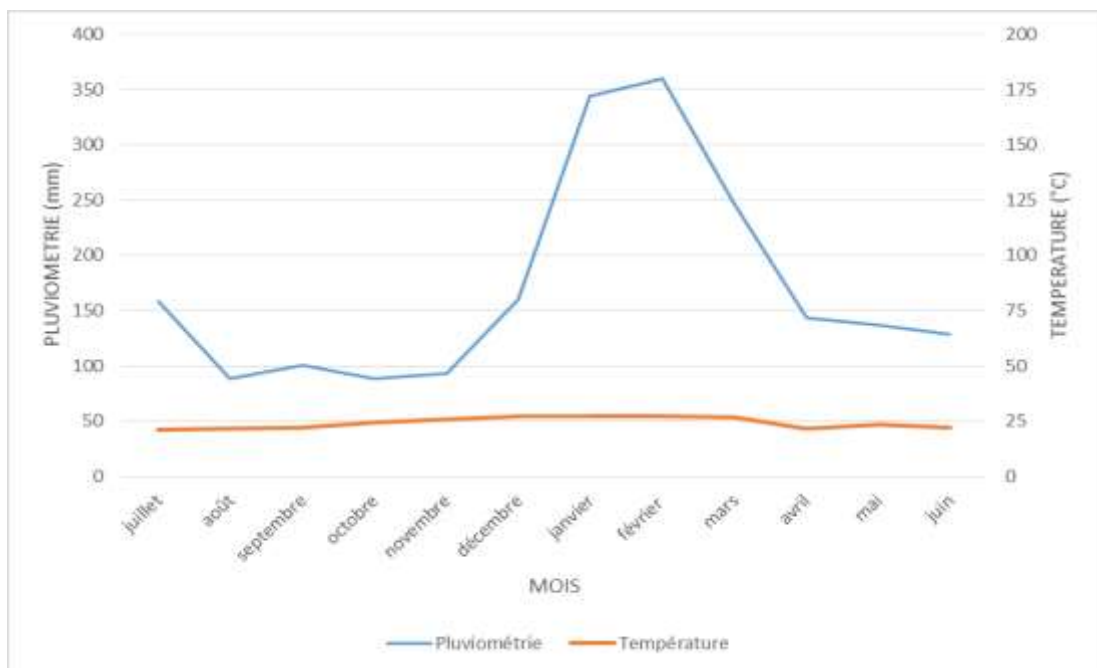


Figure 2 : Courbe ombrothermique (2012-2016) pour la région de Fénérive Est
(Source : CTHT, 2017)

I.1.1.3. Types du sol et végétations de la région d'Analanjirifo :

- Sol

Selon le PRD de la région d'Analjirifo en 2015, les trois types composant le sol de la Région sont :

- Sols hydromorphes des bas-fonds.
- Sols ferralitiques des pentes de collines et de hauts massifs.
- Sols d'apport fluvial.

Dénommés *hōraka*, les sols hydromorphes des bas-fonds sont en permanence saturés d'eau et dégagent une odeur de soufre. De couleur noirâtre, ils présentent des dépôts ferrugineux de couleur rouille à la surface. Ainsi les matières organiques y sont, de ce fait, mal décomposées.

Ce type de sol ne convient à la riziculture que s'ils sont bien drainés, c'est-à-dire avec une bonne maîtrise de l'eau.

Les sols ferralitiques apparaissent sur les hauts massifs de l'intérieur. Ils y sont fortement rajeunis, humifères, peu profonds et sensibles à l'érosion au moment de la mise en culture. Leurs propriétés physiques sont bonnes mais leur richesse chimique est faible. Les pentes restent des facteurs limitatifs de leur exploitation rationnelle. Mais c'est le *tavy* ou culture sur brûlis qui accélère la dégradation.

Les sols d'apport fluvial sont plus riches sur alluvions argileuses ou sableuses, surtout dans les vallées. Les sols alluviaux évolués se rencontrent tout au long de la côte. Appelés *Ratagna*, ces sols se trouvent surtout en bordure des cours d'eau. Ils sont favorables aux cultures pérennes pour autant qu'ils ne soient pas inondables, ou peuvent être aménagés en rizière.

- Végétation existante

ANALANJIROFO dispose encore d'une importante couverture forestière par rapport aux autres Régions de Madagascar. Elle est très riche en espèce floristiques et faunistiques endémique à Madagascar et la majorité de ces couvertures sont presque des plantes médicinales à 85 % en outre que les bois précieux comme les Bois de Rose, les Bois d'Ebène et les divers palissandres ainsi que les divers animaux. (PRD, 2015) Cependant, ces bois précieux sont rares sur la zone étudiée. Seulement les arbres pérennes comme les girofliers, les arbres fruitiers, les acacias, les eucalyptus sont dominants.

I.1.2.Cadrage institutionnel :

L'expérimentation a été conduite avec la société de Givaudan avec la participation sur le plan technique de la CTHT (Centre de Technique Horticole de Toamasina), et de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, mention Agriculture Tropicale et Développement Durable.

La société Givaudan est Leader mondial de l'industrie des Arômes et des Parfums. L'huile essentielle des feuilles de girofliers est considérée comme matière première brute dont sont issus plusieurs dérivés destinés à la fois aux Arômes et aux Parfums en tant qu'ingrédients Historiquement, elle produisait ces dérivés d'huile essentielle de feuilles de giroflier en Europe, via les exportations d'huiles produites à Madagascar. Mais ils ont décidé de se rapprocher de la production et des distillateurs en créant une structure de collecte à Madagascar en lien direct avec ces derniers afin de rassurer les paysans (distillateurs) par une présence régulière tout en sécurisant les quantités nécessaires. De plus, la société a décidé d'investir à Madagascar dans une unité de transformation des dérivés d'huile essentielle de feuilles de giroflier afin de se rapprocher avec les pays producteurs tout en créant une plus-value via cette transformation sur le sol malgache. Concernant le marché de l'Huile Essentielle de Feuille de Girofle à Madagascar, Givaudan est un des plus gros utilisateurs.

Un programme de reboisement initié depuis 2011 auprès des distillateurs, contribue aussi à tendre vers une autonomie de consommation du bois nécessaire à la distillation des Feuilles de Giroflier.

La société Natema, se trouvant à Tamatave, est née en 2014, qui a pour objectif de produire des dérivés d'huile essentielle de feuilles de giroflier qui serviront d'ingrédients pour la fabrication des Arômes et des Parfums.

I.1.3. Les sous-produits de distillation des feuilles de girofliers (SDFG) :

La culture du girofle avait fait la renommée de cette partie orientale de Madagascar. Le climat d'ANALANJIROFO est idéal pour cela, d'où la production est assez élevée dans cette partie de Madagascar. Soit 664T sur une superficie de 4430Ha en 2015. (PRD, 2015) Ce qui engendre l'abondance des SDFG. En effet, ces derniers proviennent des alambics artisanaux des paysans. La société GIVAUDAN achète les produits tirés de ces feuilles ; qui est l'huile essentielle et les transforme dans leur usine récemment créé à Tamatave.

I.1.3.1. Les types des sous-produits de distillation :

La différenciation des strates se base sur leur aspect visuel, le toucher, leur humidité apparente et la présence d'écoulement ou d'eau stagnante. La visite de 24 alambics dans la région d'Analanjirifo a permis de mettre en évidence l'existence de 4 états des effluents de distillation qui sont les feuilles sèches, les feuilles humides, les feuillets et le substrat issu des effluents de distillation. (MICHAUD, 2016)

Feuilles sèches et feuilles humides : absence de dégradation et individualisable facilement.

Feuillets : en profondeur, issu de la compaction des feuilles, individualisation impossible ; présence de champignon et fermentation en cours (T° élevée)

Substrat issu des effluents de distillation : en zone aérée, substrat fin et grumeleux, marron foncé à noire ; présence de débris végétaux et de faune : mille pattes, vers de terre, racine...

Les 4 états des effluents de distillation ont été observés sur le tas d'un des alambics.

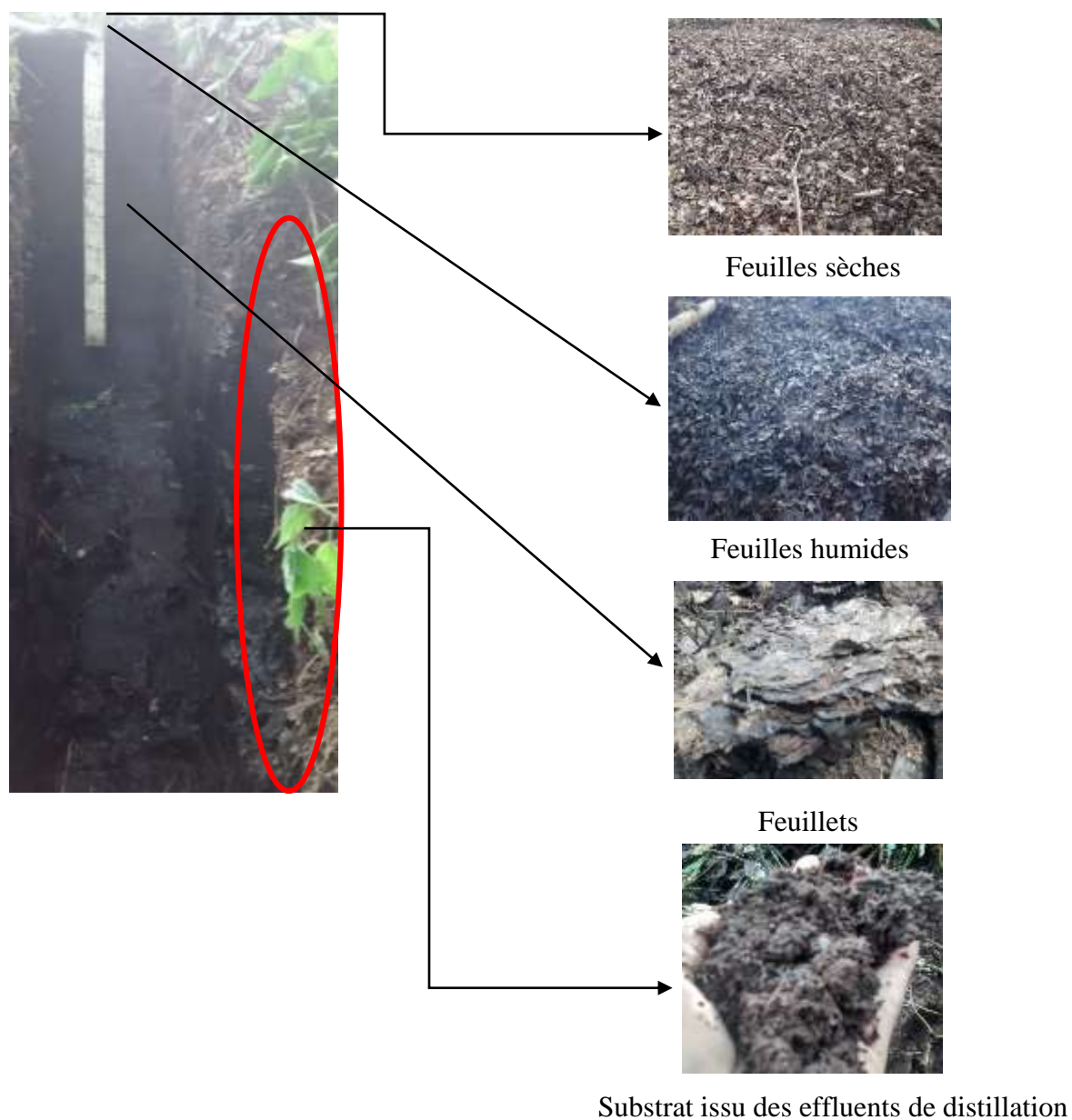


Figure 3 : Typologie des effluents de distillation à Mahavanona
(Source : Auteur)

D'après la figure 3, les SDFG dans le village sont âgés de 30ans maximum. Dans ce cas, les feuilles sèches et les feuilles humides se superposent en haut qui sont utilisés récemment et n'ont pas encore commencé à se dégrader. Par contre, les feuillets sont en cours de fermentation anaérobies parce qu'elles sont très compactés et il n'y a pas de présence d'activité biologique ainsi que des activités racinaires. Enfin, les substrats issus des effluents de distillation qui sont fins et grumeleux et ont de couleur plutôt brun foncé, se trouve sur les bas périphéries du tas. Dans ce dernier, il y a beaucoup d'activité comme les vers de terre, les salamandres ainsi que des racines de viha (*Typhonodorum madagascariensis*) et des bananiers. D'où la zone est plutôt aérée par ces derniers et est favorable aux conditions de la fermentation aérobie ou compostage. Concernant, la quantité des différents types des sous-produits, les feuillets ont la plus grande quantité suivie des substrats issus des effluents de distillation puis les feuillets humides et à la fin les feuillets secs.

I.1.3.2. Possibilité de valorisation

Les sous-produits de distillation des feuilles de giroflier (SDFG) ne sont quasiment pas utilisés pendant toute l'année et ils sont facile à se procurer par les paysans ; c'est-à-dire que ces derniers n'ont pas besoin de les acheter parce qu'ils sont disponibles sur place.

Selon le rapport de Michaud en 2016, les feuilles épuisées sont déchargées de l'alambic (env. 75000 T/an) et forment des tas au pied de ces derniers. Alors que ces SDFG ne sont pas utilisés, il est à remarquer qu'ils présentent des potentiels de valorisation ; à savoir le :

- Paillage.
- Combustible.
- Fertilisant.

Les substrats ont été analysés au LRI Antananarivo pour confirmer le potentiel d'utilisation comme fertilisant, à l'occurrence la mesure du pH, le teneur en carbone organique et en azote total. Les résultats communiqués présentent un rapport C/N élevé, De grandes variations sont présentes dans les valeurs de pH des échantillons (3,94 à 10,08). Pour un prélèvement, aucun lien entre la valeur de son pH et son environnement d'origine n'a pu être établi. (Michaud, 2016)

I.1.4. Variété de riz :

La variété « vary sombitra » est une variété locale ayant un cycle de 4 à 5mois. Elle a été utilisée pour l'expérimentation à cause de son cycle court qui s'accorde à la durée du stage. Un aperçu sur leurs caractéristiques est présenté dans le tableau de l'Annexe 1.

I.2. Méthodologie :

I.2.1. Analyse du sol et des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers :

Les analyses des sols et des SDFG s'effectuent avant la mise en place de l'expérimentation et comportent les éléments suivants :

- Azote (N) total
- Phosphore (P) assimilable
- Potassium (K)
- Bases échangeables
- La teneur en carbone organique : C.O
- Le pH (Eau)

Deux horizons seront considérés à chaque prélèvement du sol : 0-10 cm et 10-20 cm. Le nombre d'échantillons prélevés au niveau des terrains des paysans variera selon l'homogénéité des parcelles.

Les échantillons prélevés pour les SDFG sont ceux qui ont un rôle de fertilisant (substrat issu des effluents de distillation). Cette analyse a pour but d'ajuster les doses à enfouir dans les parcelles. Ces sous-produits pour la fertilisation se trouvent en général sur la partie où il y a des activités comme des vers, des plantes, des racines.

I.2.2. Dispositif expérimental :

I.2.2.1. Procédure de l'expérimentation :

Pour le dispositif expérimental, il y a 4 traitements : T₀, T₁, T₂ et T₃. Chaque programme est disposé dans une parcelle élémentaire de 2m*2m soit 4m². A l'intérieur de chaque bloc, la fertilité est homogène (même historique). L'attribution des parcelles aux différentes modalités se fait par randomisation. Puis, une espace d'au moins 0,5m de large a été aménagée entre les parcelles. Chaque ligne est délimitée par une diguette d'environ 0,5m afin de minimiser les mélanges entre les traitements. L'expérimentation se porte principalement sur la mise en place dans un dispositif en bloc de Fischer à 3 répétitions. Chaque modalité est donc répétée 3 fois. Il y a ainsi 6 blocs avec 24 parcelles pour l'ensemble du programme. La source d'eau provient d'une rivière qui se situe à côté du terrain (cf. annexe 2). Les branchements du réseau primaire approvisionnent l'eau dans les différentes parties des parcelles. Pour ne pas mélanger l'eau issue de chaque parcelle et d'éviter les risques de transfert de la fertilisation et de corrompre les résultats, les parcelles ayant la même quantité de SDFG sont ouvertes ou fermées simultanément et ainsi de suite.

I.2.2.2. Modalités :

Il y aura 2 dispositifs bien distincts durant l'expérimentation, à savoir :

Dispositif 1 : Application de différentes doses avec 15j de repiquage

Dispositif 2 : Application de différentes doses avec 30j de repiquage

I.2.2.3. Programme :

Le programme se composera de 3 traitements suivant l'ordre croissant de la masse des SDFG et un témoin qui n'en contient pas.

- Quantité des SDFG à enfouir :

La dose et le type d'apport (fumier brut ou compost) dépendent des cultures à fertiliser et des objectifs recherchés : apports de matières organiques stables dans le sol, stimulation de la vie microbienne du sol, apports d'éléments fertilisants. (CHARBONNIER, 2012) Cependant, La dose devra être calée pour ne pas apporter plus de 170 kg d'azote par hectare, limite fixée par le règlement (CE) n° 889/2009. Ceci représente un apport maximal de : 25T/Ha de compost, avec un apport optimum de 20T/Ha.

Pour environ 8g d'azote/kg de matière sèche, il faut apporter environ 20T/Ha. Ainsi pour environ 24g d'azote/kg de matière sèche dans les SDFG, (LRI, 2017), il faut en apporter environ 6T/Ha. Donc pour les parcelles, il faut apporter :

T1 : 2kg/parcelle (5T/Ha) pour voir s'il y a un effet significatif en faible quantité.

T2 : 2,5kg/parcelle (6,25T/Ha) pour l'apport standard

T3 : 3kg/parcelle (7,5T/Ha) pour voir l'effet sur la dose croissante.

Ainsi, il faut environ 60kg des substrats issu de la dégradation des effluents de distillation.

I.2.2.4. Schéma global représentatif en bloc de Fischer à 3 répétitions :

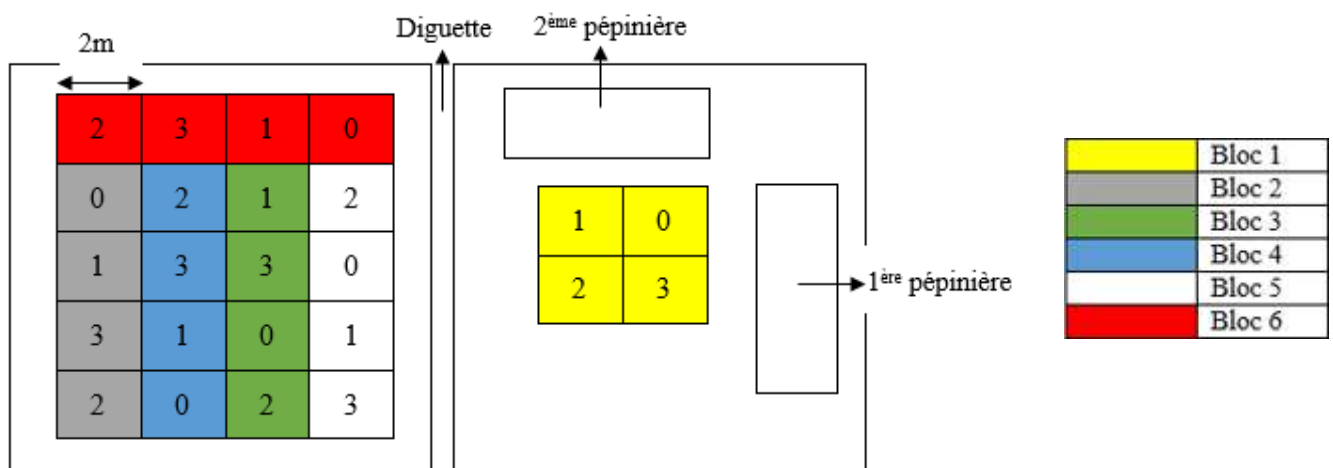


Figure 4 : disposition des modalités dans la parcelle d'expérimentation

T0 : Témoin ; T1 : 2kg/parcelle ; T2 : 2,5kg/parcelle ; T3 : 3kg/parcelle

Bloc 1 = bloc 2 = bloc 3 = repiquage 15jours / Bloc 4 = bloc 5 = bloc 6 = repiquage 30jours.

Chaque parcelle élémentaire est séparée par une canalisation de 50cm et les diguettes sur les parcelles élémentaires sont au plus 25cm.

I.2.2.5. Itinéraires techniques :

I.2.2.5.1. Pépinières :

La pépinière est située dans la rizière. Elle est piétinée manuellement pour éliminer les grosses mottes de terre sur la rizière. Elle doit éviter une submersion d'eau, d'où il est impératif de faire un petit canal autour de celui-ci. Avant le semis, il y est nécessaire de faire le planage.

Cependant, le taux de levé du premier semis est très faible à cause de la qualité des semences achetées dans un magasin de semences à Vohibao, 20km au Nord de la ville de Fénérive Est ; D'où l'achat d'une semence de variété locale dans le village pour le second semis.

I.2.2.5.2. Préparation du sol :

La préparation du sol a été réalisée avec les techniques courantes des paysans et l'utilisation de la pioche, qui remplace le travail de l'angady, facilitant le morcellement des parcelles. La pratique culturale adoptée se déroule par le labour, le piétinement du sol et le planage pour permettre de faciliter et assurer la reprise des jeunes plants durant le repiquage. L'enfouissement des sous-produits de distillation des feuilles a été faite après le labour.

I.2.2.5.3. Repiquage :

Les jeunes plants sont repiqués à deux (2) reprises, âgés de 15 et de 30 jours. Le nombre de brins repiqués est de 1 brin par poquet pour les parcelles fertilisées et de 3-4 brins par poquets pour les témoins distancés chacun de 25×25cm (RAKOTONJANAHARINIAINA, 2009).

I.2.2.5.4. Entretien :

Les entretiens sont surtout constitués par le sarclage manuel qui est effectué à 2 reprises, 15 jours et 30 jours après le repiquage ; et la gestion de l'eau qui constitue à maintenir le niveau de l'eau. Cette dernière était un peu compliquée à cause de la rizière ayant une légère pente de l'intérieur vers l'extérieur.

I.2.3. Variables mesurées :

I.2.3.1. Variables agronomiques

Les variables prises en compte sont celles qui sont susceptibles d'influencer le rendement :

- La hauteur des plants et le nombre de talles
- Le nombre de ramifications de panicule par talle, le nombre de grains par panicule, le pourcentage de talles fertiles, le pourcentage de grains pleins et le poids de 1000 grains : ces variables constituent les composantes de rendement.
- Le rendement en paddy.
- La hauteur des plants et le nombre de talles :

La mesure de la hauteur des plants se fait toutes les semaines et à l'aide d'un ruban gradué, à partir du collet jusqu'à l'extrémité de la feuille la plus extrême. Ce procédé reflète l'analyse visuelle de l'aspect de la végétation.

L'observation de l'évolution du tallage et le comptage périodique du nombre de talles offrent une première appréciation des effets des différents traitements sur le plant de riz. Le comptage s'effectue sur les mêmes échantillons, tous les 7 jours, débutant 2 semaines après le repiquage jusqu'à la fin de tallage. (LACHARME, 2001)

Cependant, 3 observations ont été considérées durant ces mesures : (i) mi- période de la phase végétative (stade 1), (ii) fin de la phase végétative (stade 2), (iii) épiaison de tous les plants sur la parcelle élémentaire (stade 3). Les mêmes échantillons ont été gardés durant toute l'étude. (GOMEZ, 1972 in RAMINOARISON, 2015)

- Les composantes de rendement :

Pour la mesure des composantes de rendements, il faut :

- Sélectionner 3 plants de riz au hasard sur les 9 échantillons durant le comptage du nombre de talles. Puis, 3 autres plants hors des 9 échantillons précédemment afin de minimiser les erreurs qui peuvent être dues aux manipulations faites sur les échantillons gardés depuis le début. Ces 6 échantillons sont marqués par un ruban pour les différencier.
- Sur les 6 échantillons, observer et compter le nombre des talles qui sont attaqués par les rats ou sont non fertiles. Puis, il faut soustraire ces derniers par le nombre total des talles et calculer la moyenne en pourcentage des talles fertiles.
- Prendre au hasard 12 panicules sur les 6 échantillons, puis compter le nombre des grains pleins et vides pour avoir la moyenne en pourcentage des grains pleins par panicule.
- Prendre 1000 grains sur les grains pleins puis peser.

- Mesure du rendement sur le dispositif :

La formule ci-dessous a été utilisée afin de valoriser le rendement en grain sur chaque parcelle élémentaire de 4m². (MOREAU, 1987 in RAKOTONJANAHARINIAINA, 2009)

$$R = 2,38 \times P$$

R : rendement (T/Ha)

P : production sur 4m² (kg)

2,38 : constante de rendement de 1Ha + 86% de récolte + erreur au seuil de 5%

L'humidité du paddy est supposée à 14% après séchage. (Wopereis et al, 2008)

Nombre de pieds de plant/m² (écartement : 25cm × 25cm) = 16

P =	Nombre de pieds de plant/m ²	× 4 ×	Nombre de panicule /pieds	×	Nombre de grain par panicule	×	Poids de 1000grains
							1000

I.2.3.2. Calculs économiques :

- Coût des travaux

Ce paramètre est évalué en calculant le temps et le coût des travaux par hectare mis par un producteur pour chaque opération, depuis la mise en place des parcelles jusqu'à la récolte. Les durées de travail sont obtenues après une enquête avec le propriétaire du terrain, qui a au plus 600m² de rizière.

- Revenu monétaire

Le calcul du revenu monétaire s'obtient en ôtant de la valeur de la production de chaque modalité, les coûts totaux engendrés par chaque modalité.

$$\text{Revenu monétaire} = \text{Coût de la production} - \text{Coûts totaux}$$

Le coût des mains d'œuvre, le coût des semences et le prix du riz ont été obtenus à la suite d'un entretien avec les paysans expérimentateurs.

I.2.4. Analyse des données

Le logiciel XLSTAT 2008 a été utilisé pour l'analyse statistique des données. La valeur de p comparée au seuil de signification ($\alpha = 0,05$) vérifie si le traitement présente ou non un effet significatif sur la variable étudiée. Lorsque les traitements ont un effet significatif dans son ensemble, on fait un test paramétrique (test de *Levene*) des données suivant les traitements ($S_x T_x$) et le système de repiquage (S_x) pour faire sortir les moyennes et les écarts types de la moyenne sur chaque variable. Puis les données ont été analysées dans l'analyse de la variance (ANOVA) avec une variable explicative et qualitative, qui n'est autre que les traitements et le système de repiquage. Cela a pour but de comparer les moyennes de chaque modalité s'il y a une différence significative entre eux. Le test de comparaison effectué est le test de *Tukey*. Les box plots sont introduits dans la fonction de la *statistique descriptive*. Le dispositif (facteur bloc) entre comme facteur supplémentaire dans le traitement des données dans le but de diminuer l'erreur expérimentale sans pour autant considérer les résultats issus de ce facteur.

I.3. Limites de travail :

Le passage du cyclone ENAWO (7 au 10 mars 2017) qui a apporté beaucoup de pluie torrentielle et un vent violent a provoqué des répercussions sur le déroulement de l'expérimentation. Les travaux ont eu des retards d'une semaine à cause des inondations par la pluie. La période de fécondation de certains plants correspondait au venu du cyclone d'où le taux élevé des grains vides pour quelques traitements. De plus, les plants atteignant le stade d'épiaison ont subis des verses, les routes menant vers le village sont devenus inaccessibles.

Durant l'expérience, les jeunes plants, soit 15 jours après le premier repiquage, sont exposés aux actions destructives des ravageurs. Ces ravageurs vivent dans le sol en permanent. Ils se manifestent beaucoup dans la partie de la rizière où il n'y a pas d'eau. Leur trajet est plutôt aléatoire, cependant il se stagne auprès des jeunes plants de moins d'un mois après le repiquage,

c'est-à-dire durant la phase végétative de la plante. Les ravageurs attaquent surtout les bouts inférieurs de la tige. Cette dernière se jaunit et se flétrit jusqu'à ce qu'elle tombe. Ces observations confirment qu'il s'agit des termites. (WOPEREIS et al., 2008)

Avant la récolte, les attaques de rats des champs ont été aussi un vrai problème pour l'expérimentation. Malgré l'emploi des raticides (Barakai), cela n'a pas empêché aux rats d'attaquer et de manger les grains, en coupant les tiges. Cet obstacle a provoqué une grande perte sur le rendement (voir annexe 3).

II. RESULTATS :

II.1. Résultats préliminaires :

II.1.1. Résultats d'analyse au laboratoire :

II.1.1.1. Analyse du sol :

Tableau 1 : Caractéristiques des sols

	Site 1		Site 2	
	10cm	20cm	10cm	20cm
pH eau	4,64	4,58	4,68	4,6
Azote total (g.kg ⁻¹)	20,21	17,79	15,77	12,72
Phosphore assimilable (mg.kg ⁻¹)	3,11	1,24	2,99	1,23
Potassium échangeable (cmol.kg ⁻¹)	0,53	0,31	0,43	0,12
Carbone Organique (g.kg ⁻¹)	415,02	427,03	324,22	306,36
Calcium échangeable (cmol.kg ⁻¹)	8,04	6,66	5,79	4,22
Magnésium échangeable (cmol.kg ⁻¹)	5,13	5,13	5,07	3,43

Source : LRI, 2016

Malgré les deux (2) terrains analysés, la teneur en azote total varie beaucoup ; soit de 12,72 à 20,21 g.kg⁻¹ de matière sèche. Cependant, la teneur en carbone organique est assez élevée à chaque terrain, 415,02 à 324,22 g.kg⁻¹ de matière sèche, et à chaque profondeur, soit entre 415,02 à 427,03 g.kg⁻¹ de matière sèche sur le site1 ; 324,22 à 306,36 g.kg⁻¹ de matière sèche sur le site2. L'analyse a également montré une faible teneur en en phosphore assimilable qui est inférieure à 5 mg.kg⁻¹ de matière sèche, et une teneur plus ou moins faible en potassium échangeable qui varie de 0,12 à 0,53 cmol+.kg⁻¹ de matière sèche. Les bases échangeables (Ca, Mg) sont en quantité moyenne et varie peu d'un site à un autre. Des interprétations plus détaillées sont décrites dans l'annexe 4.

La teneur en élément sur les rizières dans le village est plus élevée sur la partie supérieure du sol (10cm de profondeur) par rapport à la partie inférieure (20cm de profondeur). Le site 1 où il y a le bloc 1 est caractérisé par des éléments avec un taux plus élevé par rapport à ceux du site 2. Cependant, au niveau du pH, les rizières ont des pH eau relativement semblables, c'est-à-dire très fortement acides.

II.1.1.2. Analyse des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers :

Le tableau 2 ci-dessous affirme que les SDFG ont un taux d'azote plutôt élevé qui est de 25,77g.kg⁻¹ de matière sèche. Ils apportent beaucoup de carbone organique sur la culture, soit 681,2 g.kg⁻¹ de matière sèche. La teneur en calcium total est aussi élevée pour un engrais organique qui est de 19,45 g.kg⁻¹ de matière sèche. Cependant, l'analyse a montré une faible teneur en phosphore total et en potassium, successivement 3,2 et 0,93 g.kg⁻¹ de matière sèche. Les autres éléments (Mg, Mn) ont une proportion moyenne.

Tableau 2 : Caractéristiques des sous-produits

	Substrat issu des effluents de distillation
pH eau	4,38
Azote total (g.kg ⁻¹)	25,77
Phosphore total (g.kg ⁻¹)	3,2
Potassium total (g.kg ⁻¹)	0,93
Carbone Organique (g.kg ⁻¹)	681,2
Calcium total (g.kg ⁻¹)	19,45
Magnésium total (g.kg ⁻¹)	3,53
Manganèse total (g.kg ⁻¹)	4,55

Source : LRI, 2017

II.1.2. Evolution en croissance de la hauteur des plants et le nombre de talles :

Les mensurations définies dans le protocole ont permis de tracer les courbes d'évolution de la hauteur et du nombre de talles des plants.

II.1.2.1. Hauteur des plants :

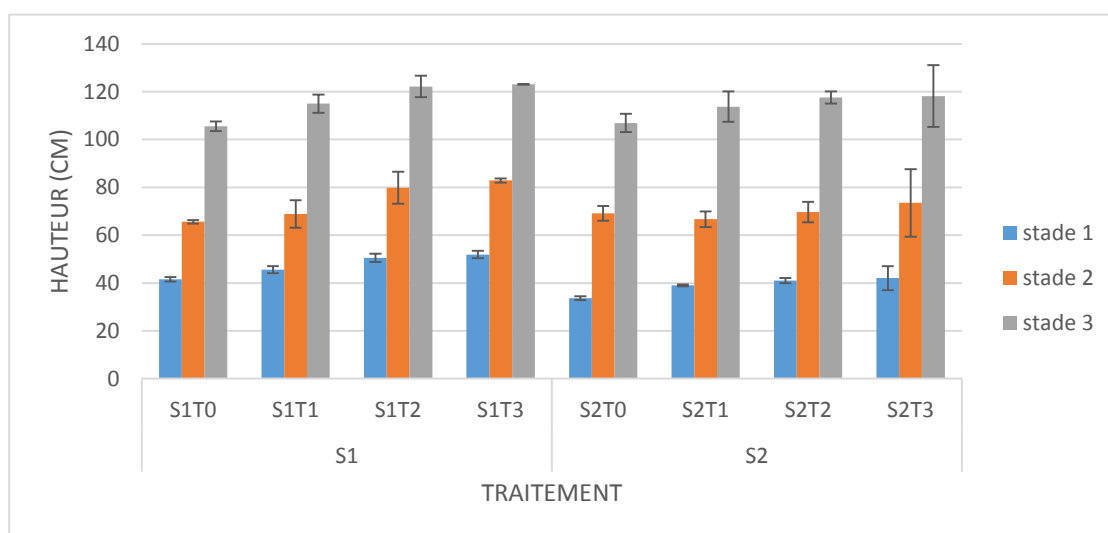


Figure 5 : Variation en hauteur des plants en fonction des traitements et du système de repiquage

L'évolution de la croissance en hauteur des plants de riz sur tous les traitements au cours des trois mensurations est représentée dans la figure 5.

Les résultats obtenus montrent que la hauteur des plants croît exponentiellement du stade 1 (stade mi période de la phase végétative) jusqu'au stade 3 (épiaison de tous les plants) où ils atteignent la hauteur maximale. Concernant les traitements, plus les doses des sous-produits des feuilles du giroflier montent, plus la hauteur monte, même si au stade mi période de la phase végétative, tous les points se confondent et cette différence de hauteur reste non significatif entre T1 et T2. Quant aux systèmes de repiquage, à chaque mesure la hauteur des plants repiqués en 15jours est élevée par rapport à ceux repiqués en 30jours. Cependant, sur le traitement T0, la hauteur au stade 3 sont plutôt la même pour les 2 systèmes de repiquage.

II.1.2.2. Nombre de talles :

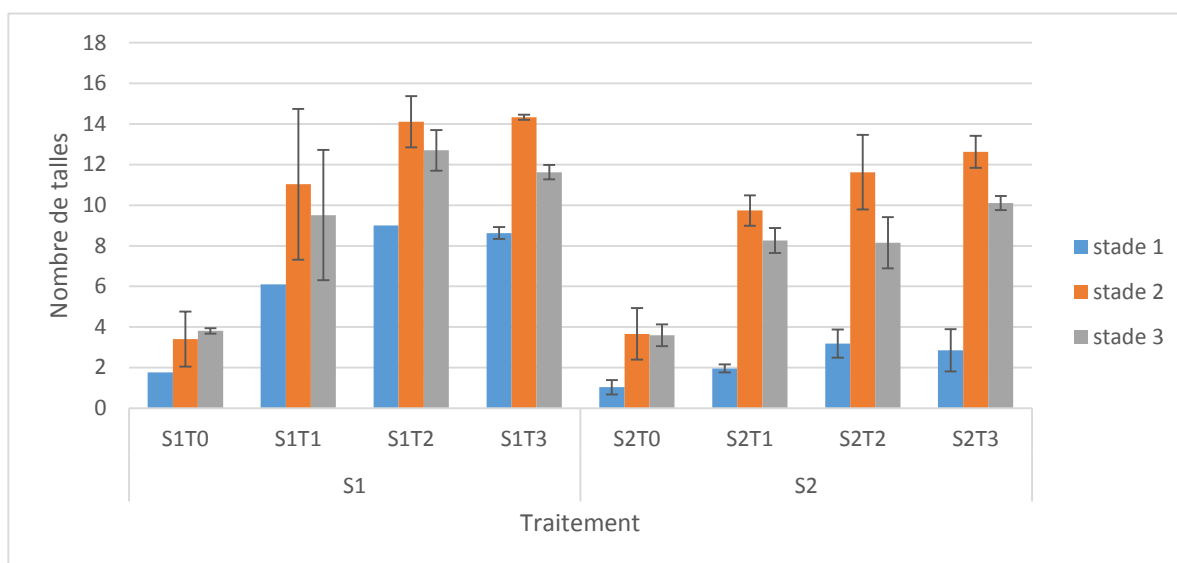


Figure 6 : Variation du nombre de talles en fonction des traitements et du système de repiquage

Sur la figure 6, le graphe montre que le nombre de talle est supérieur pour le repiquage 15jours par rapport au repiquage 30jours. Le nombre talle dans le traitement T1 et T2 sont significativement différents entre S1 et S2 au stade de l'épiaison (stade 3) ; Or, aux traitements T0 et T3, les différences ne sont pas significatives. Outre, le nombre de talle augmente en allant de T0 à T3 sur chaque système de repiquage. L'émission de talle atteint son maximum au stade de la fin de la phase végétative, puis diminue avec l'avancement du cycle, sauf pour le traitement T0 du système de repiquage 15jours, mais non significatif.

Tableau 3 : Analyse de la variance du nombre de talles en fonction des traitements et système de repiquage

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Nombre de talles	3,81±0,61bc	9,51±0,23abc	12,7±5,56a	11,62±1,74a
	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Nombre de talles	3,59±0,61c	8,26±0,93abc	8,15±1,07abc	10,11±2,19ab

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

D'après le tableau 3, la valeur du nombre de talles par pieds a une différence significative pour les traitements fertilisés et les traitements non fertilisés. En effet, S1T0 appartient au groupe bc tandis que S1T1, S1T2, S1T3 appartiennent respectivement au groupe abc, a et a. De même pour le système de repiquage à 30jours où S2T0 appartient au groupe c et S2T1 au groupe abc, S2T2 au groupe abc, S2T3 au groupe ab.

II.2. Effet des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers sur les composantes de rendement par rapport aux doses d'apports :

II.2.1. Nombre de ramifications de panicule par talle

- Système de repiquage 15jours (système 1)

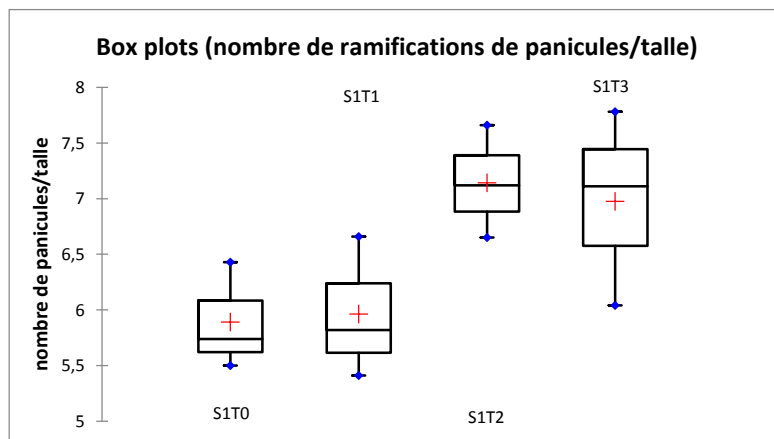


Figure 7 : Distribution du nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du traitement (repiquage 15jours)

Le nombre de ramifications de panicule par talle varie entre les traitements. Les box plot montrent que la moyenne de cette variable croît du traitement T0 jusqu'au traitement T2 et descend un peu en T3. Pour les traitements T0 et T1, ils possèdent une distribution plus allongée vers les grandes valeurs, c'est-à-dire que la médiane est inférieure à la moyenne ; contrairement au traitement T3. Le traitement T2 a une distribution plus ou moins symétrique.

Le nombre de ramifications de panicule par talle entre traitements n'est pas significativement différent, malgré la croissance des valeurs de la moyenne de chaque traitement de T0 vers T2.

- Système de repiquage 30jours (système 2)

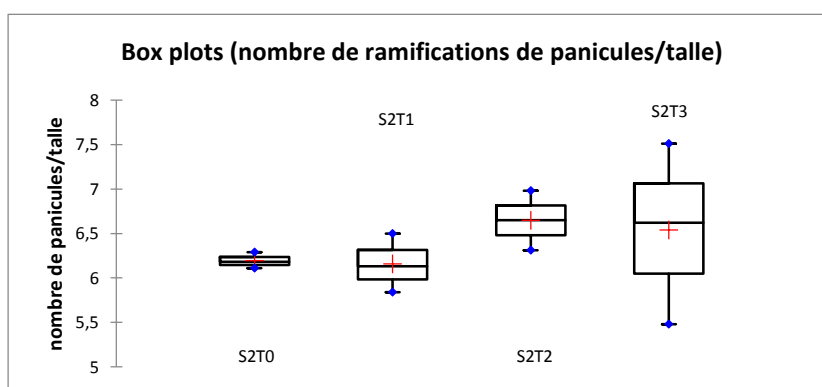


Figure 8 : Distribution du nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du traitement (repiquage 30jours)

Dans le second système de repiquage, les box plot ont une tendance à augmenter du traitement T0 à T3. Les écarts interquartiles sont plus ou moins faibles pour les traitements T0, T1 et T2. Le traitement T0 a une distribution symétrique. Malgré cela, T1 et T2 ont aussi une distribution

proche de la symétrie parce que la moyenne se confond presque à la médiane. Tandis que le traitement T3 a une distribution allongé vers la petite valeur (médiane supérieure à la moyenne).

Les résultats de l'analyse de la variance permettent d'évoquer qu'ils n'y pas de différence significative du nombre de panicule par talle sur le système de repiquage traditionnel, malgré une diversité entre T0, T1 et T2, T3.

II.2.2. Nombre de grains par panicule

- Système de repiquage 15jours (système 1) :

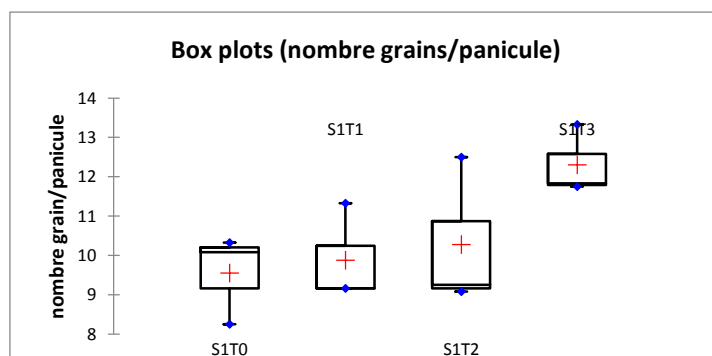


Figure 9 : Distribution du nombre de grains par panicule en fonction du traitement (repiquage 15jours)

Le nombre de grains par panicule varie en croissant d'après la figure 9. Les box plot laissent voir que la moyenne de cette variable croît du traitement T0 (9,5) à T3 (12,3). La distribution de chaque traitement est très excessive ; les médianes sont très loin des moyennes respectives. Pour les traitements T1, T2, T3, la distribution est très dissymétrique en s'allongeant vers la grande valeur. Cependant, celle de T0 s'allonge vers la petite valeur.

Ainsi, l'analyse de la variance a montré que le nombre de grains par panicule n'a pas une différence significative en fonction des 4 traitements. Malgré une tendance à croître du T0 à T3, le nombre de grains par panicule se trouve dans le même groupe dans le système de repiquage à 15jours.

- Système de repiquage 30jours (système 2) :

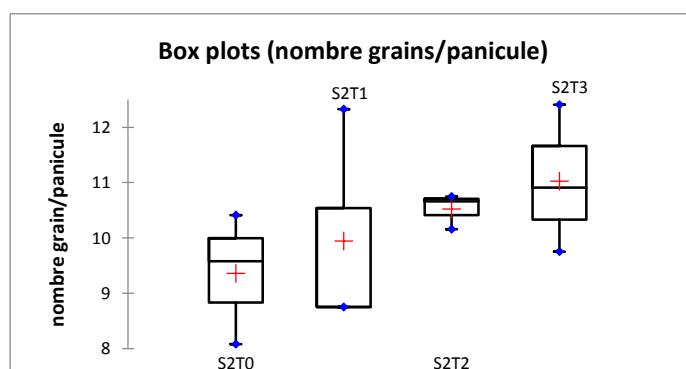


Figure 10 : Distribution du nombre de grains par panicule en fonction du traitement (repiquage 30jours)

Les box plot de la figure 10 montrent que le nombre de grains par panicule varie en croissant du traitement T0 à T3. Le traitement qui a le plus petit nombre de grain par panicule est T0, soit une moyenne de 9,3. Par rapport à la distribution, les traitements T0 et T2 sont plus allongés vers les petites valeurs (médiane supérieure à la moyenne). Outre, les traitements T1 et T3 a une distribution qui s'allonge vers les grandes valeurs.

Le nombre de grains par panicule n'a pas une différence significative en fonction du traitement dans un système de repiquage de 30jours. Cependant, le nombre de grains par panicule du traitement T0 est statistiquement supérieur à celui de T3.

II.2.3. Pourcentage de grains pleins par panicule

- Système de repiquage 15jours (système 1) :

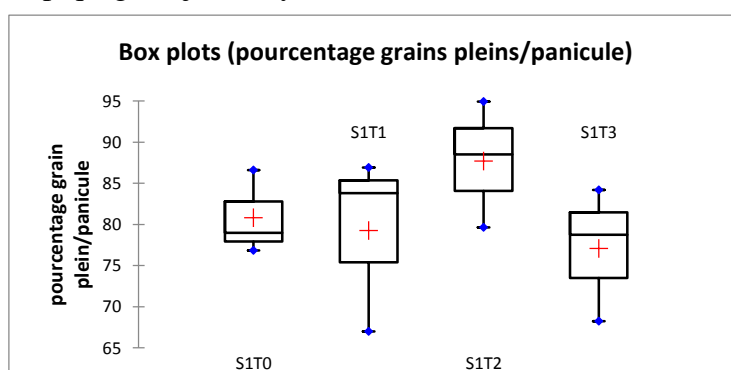


Figure 11 : Distribution du pourcentage de grains pleins par panicule en fonction du traitement (repiquage 15jours)

D'après la figure ci-dessus, le pourcentage de grains pleins par panicule varie fortement d'un traitement à un autre. Les écarts interquartiles sont plutôt égaux pour les traitements T0, T2 et T3. Il est constaté que le pourcentage de grains pleins dans T1 est très dispersé. Quant à la distribution, les traitements T1, T2 et T3 sont dissymétriques en s'allongeant surtout vers les plus petites valeurs, alors que T0 est allongé vers les grandes valeurs.

L'ANOVA du pourcentage de grains pleins par panicule confirme que les doses d'apport n'agissent pas significativement en ce qui est du pourcentage de grains pleins par panicules.

- Système de repiquage 30jours (système 2) :

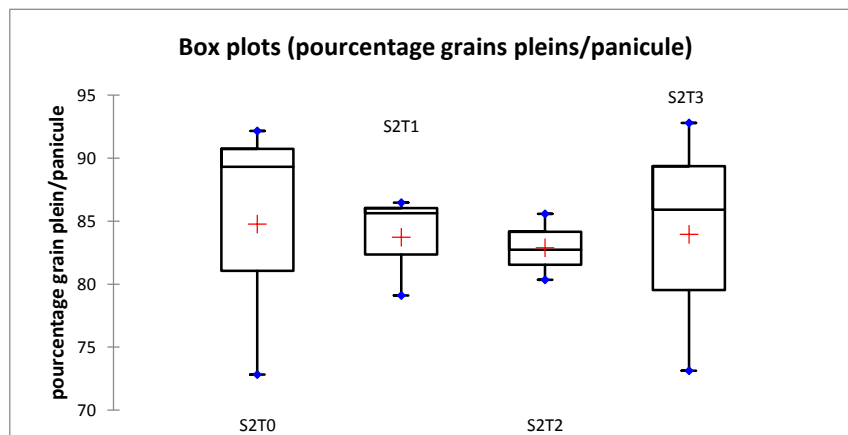


Figure 12 : Distribution du pourcentage de grains pleins par panicule en fonction du traitement (repiquage 30jours)

Le pourcentage de grains pleins sur un système de repiquage de 30jours varie peu en fonction des traitements. En effet, les box plot laissent voir que les moyennes dans chaque traitement ont une tendance à se stagner. Les écarts interquartiles sont faibles pour les traitements T1 et T2, contrairement à T0 et T3. La distribution du traitement T2 est symétrique. Les autres traitements ont une distribution qui s'allonge vers les plus petites valeurs, c'est-à-dire que la moyenne est au-dessous de la médiane.

Le pourcentage de grains pleins par panicule n'agit pas significativement entre les traitements. Les moyennes varient seulement de 82,88% à 84,77%. Les doses d'apport en fertilisant n'ont pas ainsi un effet significatif sur le pourcentage de grains pleins par panicule.

II.2.4. Pourcentage de talles fertiles

- Système de repiquage 15jours (système 1) :

Selon la figure 13, le pourcentage de talles fertiles varie faiblement en fonction des doses d'apport sur un système de repiquage de 15jours. La moyenne de cette variable descend du traitement T0 à T2 puis monte en T3. Les écarts interquartiles sont plutôt minime sur T0 et T1, à l'inverse du traitement T2 et T3. La distribution de tous les traitements est dissymétrique, cependant celle du T1, T2 et T3 s'allonge vers les plus petites valeurs. Et celle du traitement sans apport en fertilisant a une dissymétrie s'allongeant vers les plus grandes valeurs.

Les résultats de l'analyse de la variance du pourcentage de talles fertiles en fonction du traitement laissent voir que le pourcentage de talles fertiles n'a pas une différence significative suivant les doses d'apport en fertilisation. Et statistiquement, T0 a la plus grande moyenne parmi les traitements.

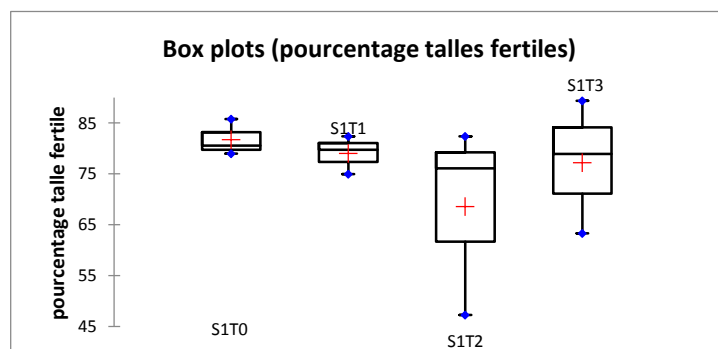


Figure 13 : Distribution du pourcentage de talles fertiles en fonction du traitement (repiquage 15jours)

- Système de repiquage 30jours (système 2) :

Les box plot de la figure 14 montrent que le pourcentage de talles fertiles à un système de repiquage de 30jours varie faiblement suivant les traitements. Le traitement T0 a donné le plus grand pourcentage de talles fertiles (83,84%) et T2 le plus petit avec 79,9%. Les écarts interquartiles sont élevés sur les traitements T0, T1 et T3. La distribution de tous les traitements est dissymétrique et s'allongeant tout vers les plus petites valeurs. Les plus marqués à cela sont T0 et T2.

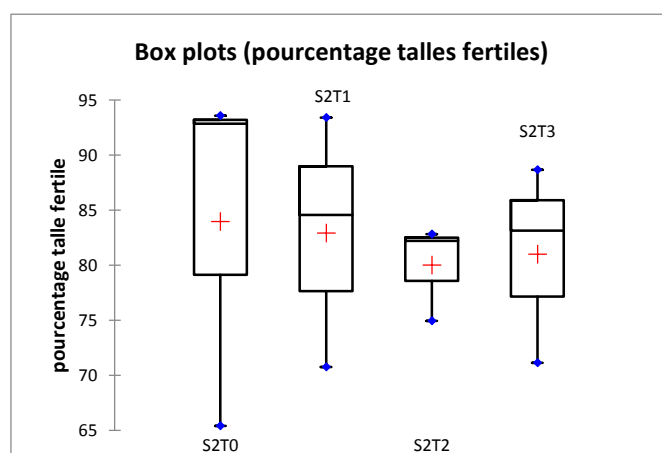


Figure 14 : Distribution du pourcentage de talles fertiles en fonction du traitement (repiquage 30jours)

L'analyse de la variance du pourcentage de talles fertiles montre qu'il n'y a pas une différence significative suivant les doses d'apport avec un système de repiquage de 30jours. Toutes les valeurs se trouvent dans le même groupe.

II.2.5. Poids des 1000grains :

- Système de repiquage 15jours (système 1) :

La figure 15 annonce une grande variation du poids de 1000grains entre les traitements. La médiane oscille entre 23,49% (T0) à 28,61% (T2). Quant à la distribution, elles sont dissymétriques. 3 traitements (T0, T1, T3) possèdent des médianes inférieures à la moyenne, le traitement T2 a une distribution qui s'allonge vers les plus petites valeurs.

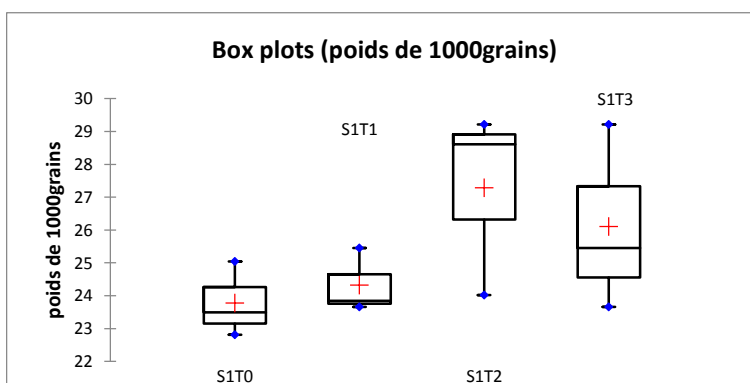


Figure 15 : Distribution du poids de 1000 grains en fonction du traitement (repiquage 15jours)

L'analyse de la variance du poids de 1000grains montre que, les poids varient statistiquement d'un traitement à un autre et restent peu significatifs. La moyenne varie de 23,78g pour T0 à 27,28g pour T2.

- Système de repiquage 30jours (système 2) :

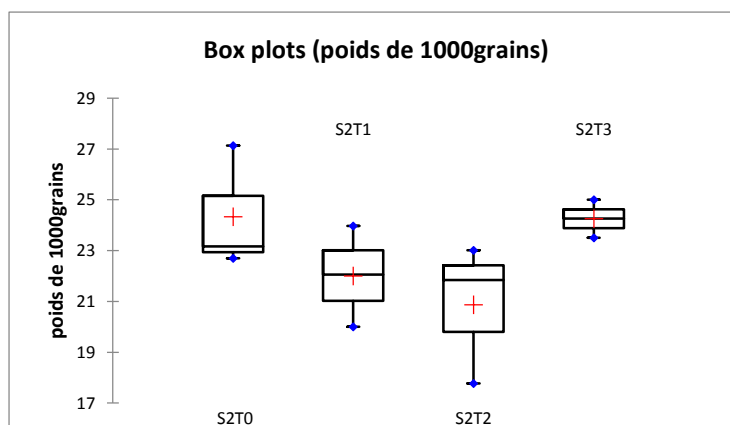


Figure 16 : Distribution du poids de 1000 grains en fonction du traitement (repiquage 30jours)

La figure 16 montre une grande variation de poids de 1000grains sur un système de repiquage de 30jours suivant les traitements. Les écarts interquartiles des traitements T0, T1 et T2 sont plus grands par rapport à ceux du T3. La distribution de T3 et T1 sont symétriques. Alors que celle du traitement T0 est dissymétrique s'allongeant vers les plus grandes valeurs, à l'inverse de T2.

Le poids de 1000grains varie statistiquement d'un traitement à un autre dans un système de repiquage de 30jours. Le traitement T2 a une différence peu significative par rapport aux autres. En tout cas, la moyenne varie de 20,87g (T2) à 24,33g (T0).

II.2.6. Rendement en paddy (T/Ha)

- Système de repiquage 15jours (système 1) :

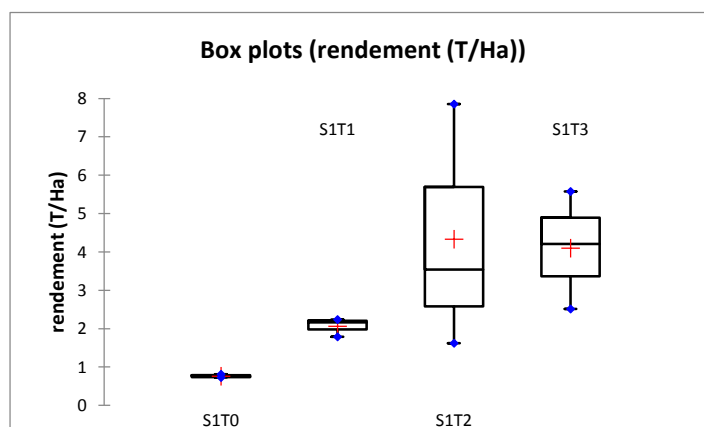


Figure 17 : Distribution du rendement en paddy en fonction du traitement (repiquage 15jours)

La figure 17 informe que le rendement varie en croissant entre les traitements. Les box plots du rendement dans le traitement T3 se trouvent bien au-dessus de T0 et T1. Les médianes oscillent de 0,76T/Ha (T0) jusqu'à 4,209T/Ha (T3). Le plus faible rendement dans le système de repiquage en 15jours est alors dans le traitement où il n'y a pas d'apport. En détaillant la forme du box plot, les écarts interquartiles sont très petits pour le traitement T0 et T1. La distribution de T1, T2 et T3 sont dissymétriques. Celle de T2 s'allonge vers les valeurs les plus grandes alors que celles de T1 et T2 vers les valeurs les plus petites. Cependant, la distribution de T0 est symétrique.

Les résultats de l'ANOVA permettent d'évoquer que l'analyse statistique révèle une différence significative entre le traitement T0 et T2, T3. Le traitement T0 appartient au groupe « b », alors que T3 et T2 au groupe « a ». Le rendement sur le traitement T1 est peu différent par rapport aux autres, il appartient au groupe « ab ». Pour un système de repiquage en 15jours, l'action des sous-produits de feuilles de girofliers se distingue bien de celle qui n'a pas été fertilisée.

- Système de repiquage 30jours (système 2) :

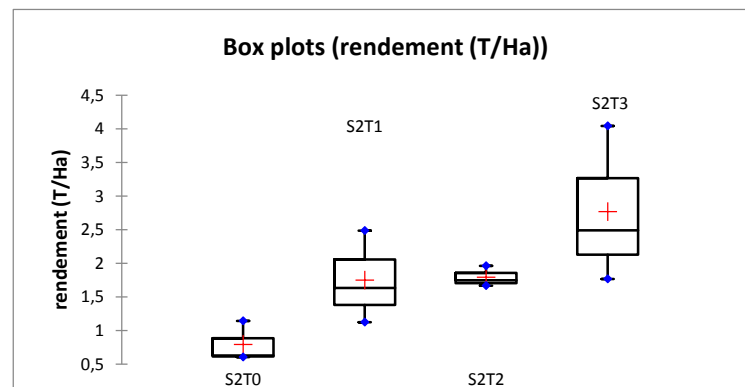


Figure 18 : Distribution du rendement en paddy en fonction du traitement (repiquage 30jours)

La distribution reportée sur la figure 18 explique que le rendement en paddy sur un système de repiquage en 30jours varie en croissant suivant les traitements. Les médianes sont comprises entre 0,626T/Ha (T0) et 2,48T/Ha (T3). Concernant les box plots, les écarts interquartiles sont étroites dans les traitements T0 et T2 et larges dans T1 et T3. Toutes les distributions sont dissymétriques, et s'allongent vers les valeurs les plus grandes où les médianes sont inférieures à la moyenne.

Les résultats de l'ANOVA du rendement en paddy sur un système de repiquage en 30jours montrent une différence significative entre le traitement T0 et T3, appartenant respectivement au groupe « b » et « a ». Le rendement dans T1 et T2 ont une différence peu significative par rapport à ceux de T0 et T3. Il est alors à remarquer que l'effet des sous-produits de feuilles de giroflier se distingue bien aux parcelles n'en ayant pas reçues.

II.3. Comparaison de la productivité des 2 types de repiquage sous l'effet des sous-produits de distillation de feuilles de girofliers :

II.3.1. Nombre de ramifications de panicule par talle

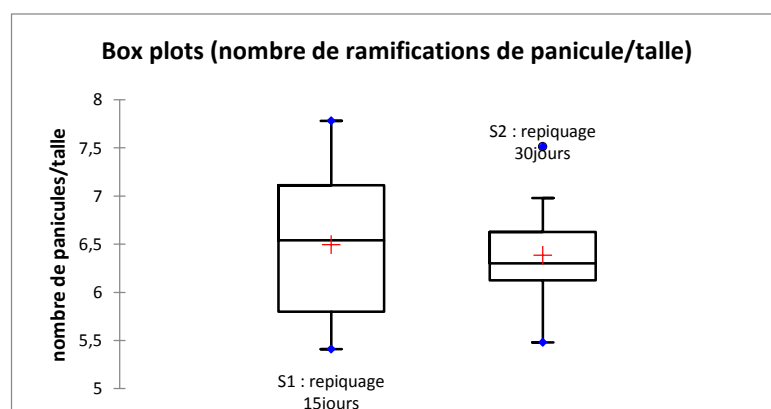


Figure 19 : Comparaison du nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du système de repiquage

La figure 19 illustre le nombre de ramifications de panicule par talle suivant le système de repiquage. Les écarts interquartiles du système 1 sont plus élargis par rapport au système 2. La médiane sur S1 (6,54) est plus élevée que celle sur S2 (6,3). La distribution des deux systèmes est dissymétrique, mais celle de S1 s'allonge vers les plus grandes valeurs, à l'inverse de S2.

Le nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du système de repiquage n'a pas de différence significative entre eux. Même si le nombre est élevé statistiquement dans S1.

II.3.2. Nombre de grains par panicule

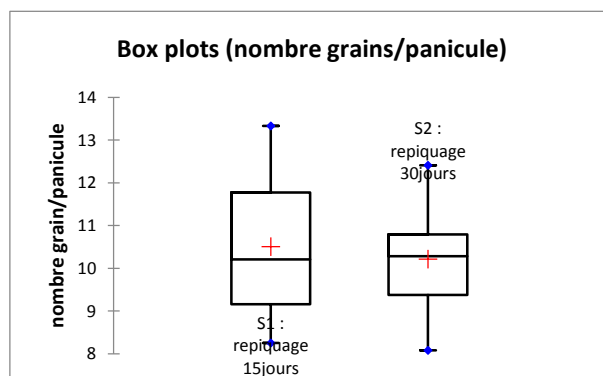


Figure 20 : Comparaison du nombre de grains par panicule en fonction du système de repiquage

Le graphique ci-dessus indique une différence de nombre de grains par panicule en fonction du système de repiquage. La moyenne dans le système S1 (10,5) est élevée par rapport à celle de S2 (10,21). Les écarts interquartiles de S1 sont plus élevés que ceux de S2. Quant à la distribution des 2 systèmes, elles sont dissymétriques, mais celle du S1 s'allonge vers les valeurs les plus grandes. L'analyse de la variance du nombre de grains par panicule a montré que, la différence n'est pas significative. Ils appartiennent au même groupe « a ».

II.3.3. Pourcentage de grain plein par panicule :

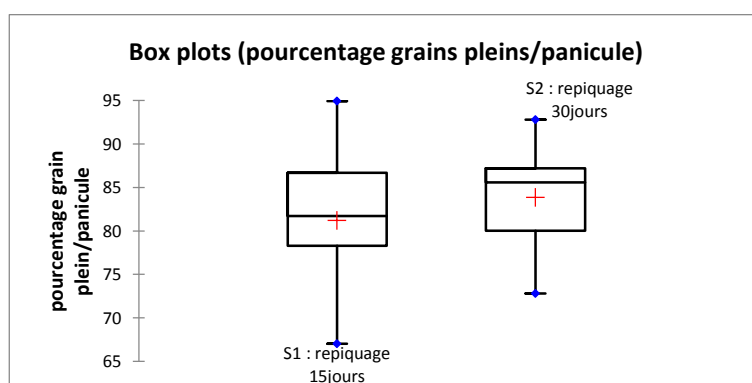
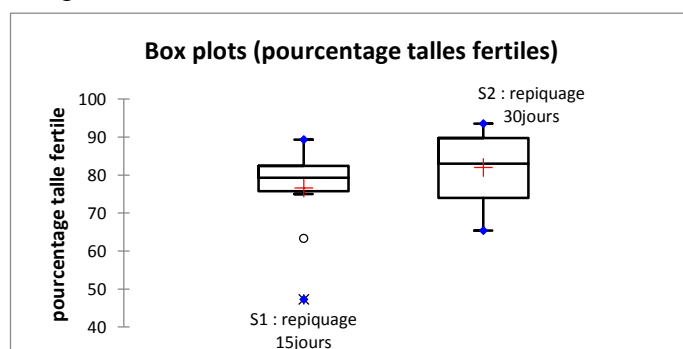


Figure 21 : Comparaison du pourcentage de grains pleins par panicule en fonction du système de repiquage

La figure 21 affiche une différence sur le pourcentage de grains pleins entre les systèmes de repiquage. La médiane dans S2 (85,59) est élevée par rapport à celle de S1 (81,72). Pourtant les écarts interquartiles sont plus ou moins identiques. La distribution est dissymétrique pour les deux systèmes et s'allonge vers les valeurs les plus petites.

Il n'y a pas de différence significative sur le pourcentage de grains pleins entre les deux systèmes, malgré une moyenne différente (S1 : 81,2/S2 : 83,83). Ils appartiennent au même groupe.

II.3.4. Pourcentage de talle fertile



En ce qui concerne le pourcentage de talles fertiles (figure 22), le graphique indique une

Figure 22 : Comparaison du pourcentage de talles fertiles en fonction du système de repiquage

différence sur la médiane de chaque variable. La médiane de S1 (79,33) est moins élevée par rapport à celle de S2 (82,88). Le minimum dans S1 est très écarté de la population. Ainsi, la distribution est dissymétrique et s'allonge vers les valeurs les plus petites. La distribution de S2 est aussi le cas.

L'analyse de la variance sur le pourcentage de talles fertiles entre deux systèmes de repiquage informe que la différence entre ces valeurs n'est pas significative ; et ces dernières sont dans le même groupe.

II.3.5. Poids des 1000grains

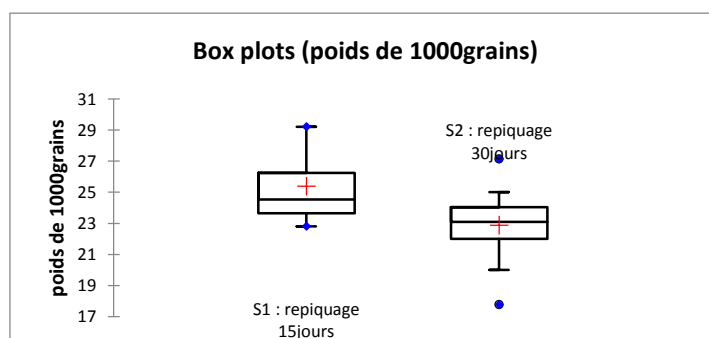


Figure 23 : Distribution du poids de 1000 grains en fonction du système de repiquage

Le poids des 1000grains suivant le système de repiquage est différent d'après la figure 23. Les écarts interquartiles des box plots sont plutôt identiques. La médiane dans S1 (24,53) est élevée par rapport à celle de S2 (23,09). La distribution est dissymétrique dans les deux systèmes. Mais celle de S1 s'allonge vers les plus grandes valeurs et celle de S2 vers les plus petites valeurs. En tout cas, l'analyse de la variance du poids de 1000grains suivant les deux systèmes affirme que, la différence n'est pas significative. Les valeurs appartiennent au même groupe « a ».

II.3.6. Rendement en paddy (T/Ha) :

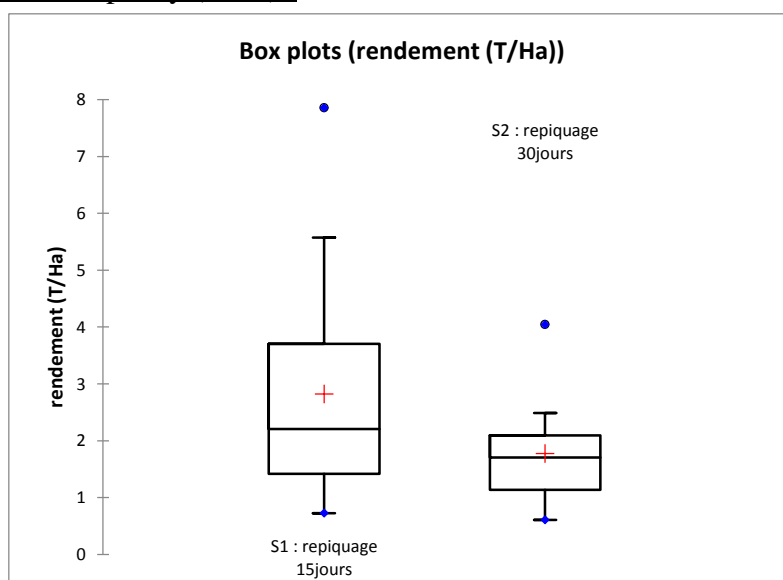


Figure 24 : Distribution du rendement en paddy en fonction du système de repiquage

Le rendement en paddy est élevé dans le système S1 par rapport à celui de S2 d'après le graphique (figure 24). La valeur maximum dans S1 (7,85T/Ha) est très écartée, c'est pour cela que sa distribution s'allonge vers les valeurs les plus grandes. Par rapport à S2, sa distribution est plus ou moins symétrique. Concernant les box plots, les écarts interquartiles sont grands sur le système 1 et plus petits en S2.

L'ANOVA du rendement en paddy en fonction du système de repiquage montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs. Cependant, statistiquement, la valeur de la moyenne de S1 (2,82T/Ha) est assez élevée par rapport à la moyenne de S2 (1,77T/Ha).

II.4. Calculs de rentabilité :

II.4.1. Coûts de la main d'œuvre :

Le tableau ci-dessous informe les coûts des différentes opérations nécessaire pour la riziculture.

Tableau 4 : Somme des coûts de travaux pour un hectare

ACTIVITES	Unité	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
PREPARATION DU SOL									
Labour	HJ	15	15	15	15	15	15	15	15
Pulvérisation	HJ	5	5	5	5	5	5	5	5
Affinage	HJ	2	2	2	2	2	2	2	2
Transport et enfouissement des sous-produits									
	HJ	0	5	7	10	0	5	7	10
Planage	HJ	2	2	2	2	2	2	2	2
SEMIS									
Préparation pépinière	HJ	3	3	3	3	3	3	3	3
Préparation semence	HJ	1	1	1	1	1	1	1	1
Semis	HJ	2	2	2	2	2	2	2	2
Re-semis	HJ	2	2	2	2	2	2	2	2
REPIQUAGE de 15jours	HJ	15	15	15	15	15	15	15	15
REPIQUAGE de 30jours	HJ	15	15	15	15	15	15	15	15
SARCLAGE 1	HJ	20	20	20	20	20	20	20	20
SARCLAGE 2	HJ	20	20	20	20	20	20	20	20
RECOLTE	HJ	10	10	10	10	10	10	10	10
Total MO		112	117	119	122	112	117	119	122
Prix MO par jour	kAr	5	5	5	5	5	5	5	5
Somme des charges en travaux	kAr	560	585	595	610	560	585	595	610

Les principaux travaux pour un système de riziculture irriguée sont constitués par la préparation du sol (labour, pulvérisation ou piétinement et le planage), le repiquage et le sarclage. Au lieu de l'angady, l'utilisation d'une pioche durant le labour est devenue une pratique locale. La pulvérisation est assurée par des bœufs. Les autres activités sont assurées par des travaux manuels. Généralement, les villageois ne font qu'un sarclage durant un cycle de riz, mais durant l'expérimentation il était nécessaire de faire un deuxième sarclage. La récolte est faite par un petit couteau appelé « *antsim-bilona* », et ils coupent simplement la partie de panicule et laisse la tige sur le terrain pour pouvoir les enfouir durant le cycle suivant.

II.4.2. Coûts des intrants :

Les coûts des intrants sont présentés dans le tableau 23.

Tableau 5 : Coûts des intrants

		S1T0	S1T1	S1T2	S1T3	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Quantité semence	Kg	30	30	30	30	30	30	30	30
Prix semence par kg	kAr	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
TOTAL	kAr	45	45	45	45	45	45	45	45

Dans la région Analanjirofo, la semence de riz s'achète à 1500Ar/kg. La dépense en intrant ne constitue que les semences. Les villageois n'achètent pas des produits phytosanitaires et n'utilisent pas d'engrais au marché, que ce soit biologique ou chimique.

II.4.3. Revenu monétaire :

En s'informant sur les charges engendrées sur chaque modalité (tableau 24), la valeur varie entre 605kAr à 655kAr. Les traitements S1T0 et S2T0 qui est la pratique traditionnelle, constituent la plus faible charge et S1T3 et S2T3 la plus élevée. Concernant le revenu monétaire, il y a une grande différence entre les modalités. Le plus faible revenu est attribué au traitement S1T0 avec 79kAr, tandis que le plus haut est de 3266kAr (S1T2). Entre les deux traitements non fertilisés, la différence est moindre (27kAr). Par rapport au système de repiquage, il est à remarquer que le système S1 avec fertilisation a un revenu monétaire élevé à celui du système S2. Cependant, pour les traitements non fertilisés, le revenu monétaire est élevé pour S2T0 (106kAr) par rapport à celui de S1T0 (79kAr). En se focalisant sur les doses d'apport, il est constaté que le revenu augmente au fur et à mesure que les doses d'apport en fertilisant augmentent, malgré que S1T2 soit supérieur à S1T3.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des coûts de production et de revenu monétaire

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Somme des charges en travaux (kAr)	560	585	595	610	560	585	595	610
Somme des intrants (kAr)	45	45	45	45	45	45	45	45
TOTAL DES CHARGE (kAr)	605	630	640	655	605	630	640	655
Rendement (T/ha)	0,76	2,07	4,34	4,1	0,79	1,75	1,79	2,77
Prix paddy par kg (Ar)	900	900	900	900	900	900	900	900
PRODUIT BRUT (kAr)	684	1863	3906	3690	711	1575	1611	2493
REVENU MONETAIRE (kAr)	79	1233	3266	3035	106	945	971	1838

III. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS :

III.1. Sur les résultats préliminaires :

III.1.1. La complémentarité du sol et les apports du SDFG:

La présence de l'azote dans le sol varie beaucoup du site 1, où il y a le bloc 1, au site 2, contenant les autres blocs. Le site 1 contient 20,210g/kg et le site 2, 15,77g/kg de matière sèche. Les réserves d'azote dans le sol sont alors élevées. Le carbone organique prend aussi une place importante dans le sol parce que la teneur est supérieure à 324,22g/kg de matière sèche. Comme la récolte consiste à récupérer juste la partie où il y a les panicules et les grains, les parties inférieures de chaque plant de riz sont laissées sur place. Et ces dernières seront enfouies pour la culture suivante. En plus, 10ans auparavant, la rizière contenait une ancienne forêt de viha où les racines sont très difficilement dégradables. C'est pour cela qu'il y a une énorme quantité significative d'azote total et de carbone organique dans le sol.

Avec l'apport des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers, les réserves de l'azote total et du carbone organique augmentent encore dans le sol. En effet, le taux d'azote total du SDFG est très élevé, il est de 25,77g/kg de matière sèche. Par rapport au taux de carbone organique, il est de 681,2g/kg de matière sèche. Ce dernier est aussi élevé. De plus, le taux de calcium total de ces sous-produits est très abondant avec un taux de 19,45g/kg de matière sèche. En fait, le taux de calcium très élevé dans le SDFG est très bénéfique pour la culture. En effet, il existe un échange de cation entre la solution du sol et le complexe absorbant. Ce dernier est un ensemble de colloïdes, dotés de charges négatives susceptibles de retenir les cations sous la forme dite échangeable. Ces cations peuvent être remplacées par d'autres cations, dans certaines conditions précises (DUCHAUFOR ; 1995). Parmi ces cations échangeables figurent le Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ et NH_4^+ . En général, si le sol est mieux pourvu en Ca échangeable, la fixation ou l'adsorption des autres cations comme le K^+ , et le NH_4^+ par le complexe absorbant est favorisée alors que l'ion Ca^{2+} passe dans la solution du sol (DEMOLON ; 1966). L'ion NH_4^+ provient de l'ammonification des azotes organiques qui est d'autant plus favorisée dans le milieu anaérobique. En sus, la température élevée accélère ce processus d'ammonification.

Il est aussi à remarquer que par rapport aux autres engrais, les SDFG sont plutôt intéressants. Pour le compost de fumier de bovin la teneur en azote total varie de 5 à 9g/kg de matière sèche ; et le taux de carbone organique est compris entre 150 à 200g/kg de matière sèche (Charbonnier, 2012). L'engrais GUANOMAD a un taux d'azote total de 25 à 50g/kg de matière sèche et une teneur en carbone d'environ 150 à 250g/kg de matière sèche (GUANOMAD, 2015). Selon RAKONJANAHARINAINA, en 2009, qui a réalisé une expérimentation du tourteau de jatropha curcas pour la fertilisation rizicole, la teneur en azote total de ce composant est de 53,3g/kg de matière sèche et seulement un taux de calcium de 3,5g/kg de matière sèche.

III.1.2. Hauteur des plants et nombre de talles :

L'étude des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers est très récent, et jusqu'à maintenant, il n'y a pas encore d'étude scientifique concernant cela, d'où il est nécessaire de comparer les résultats avec des autres études de fertilisation d'autres composés sur riziculture irriguée. D'après les résultats, il a été constaté que la hauteur des plants croît exponentiellement du stade mi période de la phase végétative jusqu'à l'épiaison des plants pour chaque traitement. La hauteur de plants du riz atteint son maximum jusqu'au stade de l'épiaison (LACHARME, 2001). Selon RAMINOARISON (2015), qui a étudiée les réponses des variétés de riz irrigué *nerica* L36 et *makalioka* 34 aux différentes formes d'engrais azotés, la hauteur des plants ont aussi augmentée au fur et à mesure jusqu'au stade de l'épiaison. Cependant, la hauteur des plants sur la variété riz *sombitra* est environ 100 à 120cm au stade de l'épiaison, alors que celle du *nerica* L36 n'atteint que 80 à 90cm et le *makalioka* 34 mesure entre 120 et 140cm.

L'apport des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers (SDFG) ont augmenté significativement la hauteur des plants. En effet, la hauteur des plants sur le traitement T0 est toujours inférieure par rapport à celle qui a eu des apports en SDFG quel que soit le stade de développement du riz. Statistiquement, la hauteur des plants augmente à chaque fois que la dose d'apport augmente de T1, T2 à T3, mais reste peu significatif. Ce qui signifie que dans la partie où il y a l'apport en SDFG, le taux d'azote assimilable est supérieur à celui du traitement T0. L'absence d'azote dans le sol empêche la croissance des plantes. Si l'azote est présent en quantité insuffisante dans les végétaux, ceux-ci restent petits. Cela ne permettrait pas aux racines de se développer (BASCHET, 2009). Sur des études de fertilisation sur riziculture irriguée, la hauteur des plants ont tous une différence significative entre les traitements fertilisés et non fertilisés comme ceux de RAKOTONJANAHARINIAINA (2009), RAMINOARISON (2015), DIALLO et al. (2010) et Tran Van et al. (1994).

Le nombre de talle a aussi une grande différence significative entre le traitement T0 et les autres traitements fertilisés. En manquant de l'azote assimilable dans le sol, la racine des plants ne se développe pas normalement et il y a des conséquences sur le développement du riz (BASCHET, 2009). De plus, le système de repiquage sur le traitement T0 reste traditionnel, contrairement aux traitements avec apports qui appliquent le repiquage en ligne, d'où il est plus facile de retirer les adventices entre les plants. D'après l'étude de DIALLO (2010), sur l'effet de la fumure organique sur la croissance et le rendement du riz *NERICA*, le nombre de talles par pieds est plus élevé avec la fumure. Selon RAKOTONJANAHARINIAINA (2009), qui a étudié le *jatropha curcas* comme fertilisation sur riziculture irriguée, il a eu aussi des résultats avec une différence significative de nombre de talle entre le traitement témoin et les autres traitements où il y a le composé fertilisant.

En fonction de la phase de végétation du riz, le nombre de talle atteint son maximum au stade de la fin de la phase végétative, et diminue au moment de la mesure en phase d'épiaison. La

cause de cette diminution est due aux attaques des rats qui ont posés plus de problème. Dès que les grains se forment, les rats des champs coupent la talle pour qu'ils puissent atteindre les grains. Ce qui différencie à l'étude de RAMINOARISON (2015), où le nombre de talle diminue au fur et à mesure que le cycle avance, car l'émission atteint son maximum dès la première mensuration.

III.2. Sur les effets des sous-produits issus de la distillation des feuilles de girofliers sur les composantes de rendement en fonction des doses d'apports :

Les traitements avec les SDFG ont des effets sur le nombre de grain par panicule et le rendement en paddy, qui sont élevés comparativement aux parcelles non fertilisées. Ces résultats informent de l'importance de l'utilisation des engrais organiques en riziculture surtout de l'engrais azoté, car le SDFG contient beaucoup d'azote, qui est considéré comme le principal facteur limitant de la production rizicole en condition irriguée (BANDAOGO, 2010).

En effet, le nombre de panicule par talle est élevé sur les traitements ayant des apports, en système de repiquage à 15 jours. Cependant, pour le système de repiquage à 30 jours, la moyenne du nombre de talle sous traitement T0 (6,19 talles) est statistiquement élevée par rapport à celle sous traitement T1 qui est de 6,16 talles. En tout cas, ces valeurs n'ont pas une différence significative. Cela est expliqué par l'attaque des rats qui a faussé les résultats. En effet, ils coupent les talles déjà en phase d'épiaison, et mangent les grains de riz. Ces résultats ne sont pas alors conformes à celui de RAKOTONJANAHARINAINA (2009), où le nombre de panicule semble être positivement influencé par le traitement et il a constaté qu'il y a une différence significative entre les différentes doses sur le nombre de panicules par talle.

La période de récolte n'était pas faite au même jour, à cause du manque d'eau dans quelques parties de la rizière. Elle a été faite en 3 périodes différentes. Les plants sur les parcelles où il y avait assez d'eau ont été récoltés avant. Et durant la 2^{ème} récolte, il y avait la pluie, d'où les grains récoltés étaient plus humides que les autres même après séchage durant 2 jours. Durant le pesage de 1000 grains, les grains plutôt humides sont pesés par une balance de précision à gramme près, c'est-à-dire que les résultats ne contenaient pas de virgule. D'où il y avait quelques données imprécises en calculant le poids de 1000 grains à 14% d'humidité, qui est à un taux convenable pour l'usinage ou le stockage du paddy (WOPEREIS et al., 2008). C'est pour cela que le poids de 1000 grains présente une petite différence significative entre les traitements T2 et les autres traitements. Parce qu'en général les types de fertilisation n'agissent pas de manière significative sur le poids de mille grains (RAMINOARISON, 2015). Cependant, dans l'étude de MOURET et al. (2009), sur la production de références pour optimiser la fertilisation organique en riziculture biologique camarguaise en France, il est affirmé que les traitements avec apports d'engrais à l'initialisation paniculaire induisent un poids de 1000 grains plus élevé, quel que soit le nombre de grains par panicule. Ces phénomènes avaient

déjà été constatés en riziculture conventionnelle à partir d'engrais minéraux (BARBIER et MOURET, 1994 ; FABRE et al., 2005 in MOURET et al., 2009).

En rapport avec le rendement en paddy, il ressort des résultats de l'étude que sur le système de repiquage en 15jours, le rendement augmente de 1,31T/ha du traitement T0 vers le traitement T1, qui est le traitement qui a subi la quantité la plus moindre de l'apport en SDFG. Cette valeur prend son double dans les traitements T2 et T3. Malgré cela, les résultats dans le système de repiquage de 30jours, il y a aussi une différence significative, soit 1,98T/Ha, entre les rendements du traitement T0 et le rendement du T3. Cette augmentation est due considérablement au nombre de talle par pieds, car le pourcentage de talle fertiles dans chaque traitement est supérieur à 65% et les autres composantes de rendement n'ont pas une différence significative. Selon l'étude de RAMINOARISON (2015) et de RAKOTONJANAHARINIAINA (2009), le rendement en grain est corrélé positivement aux doses d'apport pour la fertilisation, respectivement, à l'engrais azotés et au tourteau du jatropha curcas. Une autre étude montre aussi qu'au niveau du rendement, les interactions ont été hautement significatives, ce qui révèle une dépendance des effets de dose de matière organique. Cela a été dit par DIALLO et al. (2010) qui étudiait l'effet de la fumure organique sur la croissance et le rendement du riz NERICA.

D'après les comparaisons faites ci-dessus, les résultats sur l'effet des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers sont conformes à ceux-lui des autres études sur la fertilisation en riziculture concernant les doses d'apports. D'où la première hypothèse est partiellement vérifiée : « Les composantes de rendement du riz et le rendement en paddy augmentent suivant la dose d'apport de ces sous-produits de distillation de feuilles de girofliers ».

III.3. Sur la comparaison de la productivité des 2 types de repiquage sous l'effet des sous-produits de feuilles de girofliers :

D'après les résultats, les composantes de rendement n'ont pas une différence significative en fonction des types de repiquage. En effet, il est constaté que la hauteur des plants n'a pas une différence significative entre le système 1 (repiquage 15jours) et le système 2 (repiquage 30jours), malgré que les valeurs de la moyenne soient plus élevées pour le système 1 à chaque traitement. Cependant, le nombre talle dans le traitement T1 et T2 sont significativement différents entre S1 et S2 au stade de l'épiaison. Or, aux traitements T0 et T3, les différences ne sont pas significatives. Cela est expliqué par l'attaque des rats sur les plants de ces 2 derniers traitements que ce soit pour le système 1 ou 2. Comme l'étude de Dembélé et al. (2000), sur l'impact de la date de repiquage du riz sur les performances agricoles des petits périmètres irrigués au Burkina Faso, il a été remarqué que la faiblesse des intensités culturales, qui est un indicateur de performance permettant d'évaluer le taux d'occupation de la superficie aménagée au cours de l'année (superficie cultivée sur superficie aménagée), peut également s'expliquer

par le démarrage tardif et le trop grand étalement de la période de repiquage, notamment en saison humide. D'où, la densité des éléments végétatifs de la plante est moins élevée pour le repiquage tardif. De plus, les brins précoces donnent les meilleurs rendements par le fait qu'un plant de riz transplanté à ce jour ne subit que trop peu de traumatisme de transplantation même si les racines séminales se sont développées dans les parties souterraines. Par contre les brins plus âgés, lors de l'arrachage, environ à un tiers de son système racinaire, restent dans le sol, avec presque toutes les parties délicates : racicelles, et poils absorbants (RAKOTONJANAHARINIAINA, 2009). En d'autres termes, la racine permet un meilleur développement végétatif des plants, si elle est plus vaste.

Les autres composantes de rendement n'ont pas une différence significative en fonction des systèmes de la date de repiquage ; et, statistiquement, les valeurs sont plutôt les mêmes. Par rapport, au nombre de panicules par talle, le nombre de grains par panicule, le pourcentage des talles fertiles et le pourcentage des grains pleins par panicule, la cause a été les attaques des rats des champs durant la phase de maturation du riz ; et le passage du cyclone durant la phase de fécondation de quelques plants pour ce dernier composantes. Par contre, il y a une différence de la moyenne du rendement du système 1 (2,82T/Ha) et du système 2 (1,77T/Ha), mais restent non significatives. Cependant, selon RAKOTONJANAHARINIAINA (2009), Les plants de 8-10 jours par rapport aux plants de 25-30 jours donnent le meilleur rendement avec successivement 5T/ha et 4T/ha. Pour le traitement T0 du système A (repiquage 8-10jours) et du système B (repiquage 25-30jours), les différences de rendement confirment la diminution de rendement due à la perte des talles du premier rang. Les études théoriques évaluent cette perte à environ près de tiers du rendement optimal. De plus, d'après l'étude de Youssouf DEMBELE et al. (1996), sur le rapport sectoriel agronomique, le repiquage de plants de riz trop âgés dû au repli tardif des paysans sur les rizières, après le semis en pépinière, est un déterminant important des faibles niveaux et de la variabilité des rendements observés sur certains périmètres. Le projet Sens (1994) qui a suivi une trentaine de périmètres, a aussi montré que les parcelles repiquées avec des plants de moins de 4semaines d'âges présentaient des rendement en paddy de 28% supérieurs à celles dont les plants étaient âgés de plus de 4semaines (4,6T/Ha contre 3,6T/Ha).

Contrairement à des études plus ou moins similaires concernant la comparaison en fonction des dates de repiquages, le rendement entre le système 1 (repiquage 15jours) et le système 2 (repiquage 30jours) n'ont pas une différence significative même si la valeur est élevée statistiquement pour le rendement du système 1. Donc, la deuxième hypothèse (sous l'effet des sous-produits de distillation de feuilles de giroflier, le repiquage de 15jours est plus productif par rapport au repiquage traditionnel habituel aux villageois) est donc rejetée.

III.4. Sur les calculs de rentabilité :

Pour le coût des mains d'œuvre, seule le transport et l'enfouissement des sous-produits de distillation sont différents. En effet, ces activités nécessitent plus de travail pour les paysans parce que les deux alambics est plutôt loin par rapport à la rizière. Et d'après une enquête menée, le transport se fait manuellement par des *gony*. Et plus la quantité des SDFG est élevée, plus les coûts de travaux seront élevés.

Avec les résultats obtenus, au niveau de la rentabilité, les traitements T2 et T3 ont montré la performance la plus élevée avec les valeurs respectives de 3266kAr et de 3035kAr, et la plus faible est sous le traitement T0 (79kAr), sous le système de repiquage en 15jours. Par rapport au système de repiquage 30jours, la valeur du revenu monétaire la plus élevée reste sous le traitement T3, avec 1838kAr, et la plus moindre est encore sous le traitement T0 avec une valeur de 106kAr. Le traitement T3 du système 2 ne dépasse pas le traitement T3 du système 1, avec une différence de 867kAr. Le plus haut revenu monétaire est alors détecté sur l'utilisation des SDFG sous traitement T2 et avec un système de repiquage en 15jours. Le rendement de T2 est plus élevé à celui de T3 sur le système 1, à cause des attaques des rats sur les traitements T3, parce que celui-ci est le premier à atteindre la phase de maturation. Et avec l'utilisation des raticides (Barakai) après les observations des dégâts, l'effet des rats s'est limité. Par rapport à ces résultats, YABI et al. (2012), parlant de la rentabilité économique des systèmes rizicoles de la commune de Malanville Nord-Est du Bénin, a trouvé que la riziculture irriguée avec fertilisation, maîtrise totale de l'eau et utilisation des pesticides est plus rentable que la riziculture avec fertilisation, sans pesticides. D'où cela montre que plus on emploie des intrants, plus le rendement augmente et la rentabilité sera élevée. Selon ZAFINDRABENJA (2012), qui a étudié sur l'expérimentation agronomique sur la fertilisation de la culture d'oignon avec le Guanobarren, il est économiquement plus rentable d'utiliser du Guanobarren. En comparaison à ce dernier, l'utilisation des SDFG sur riziculture est aussi plus rentable qu'une riziculture sans apport.

L'hypothèse trois (3) est donc vérifiée : « l'utilisation des sous-produits de distillation des feuilles de giroflier augmente la rentabilité de la riziculture ».

III.5. Recommandations :

III.5.1. Déroulement du stage :

Tous les suivis et les travaux ont été confiés par un seul stagiaire, depuis le début jusqu'à la fin du stage. L'expérimentation a été menée dans le milieu paysan. Malgré les visites de l'encadreur sur terrain, le déroulement de l'étude était plutôt difficile par la suite et des problèmes imprévus, que ce soient naturels ou en rapport avec l'encadrement du paysans, ont survenus. Ainsi, certaines expérimentations n'ont pas pu respecter les conditions requises dans les expérimentations agricoles. Pour assurer des conditions plus précises, il est nécessaire que le stagiaire soit accompagné en permanent par une autre personne sur terrain (techniciens).

Durant l'arrivée du stagiaire dans le village, il était très difficile de trouver un terrain non aménagé parce que la date du début de stage se coïncidait à la saison de culture du riz. Il faut ainsi sélectionner la rizière pour l'expérimentation avant même que le stagiaire arrive sur place, pour mieux faciliter le programme.

III.5.2. Sur les résultats préliminaires :

Dans l'analyse du sol et des SDFG, il a été constaté que les teneurs en carbone organique sont très élevées, supérieures à 40% dans tous les cas. Puis, le pH eau est très acide pour le sol et les SDFG, environ 4,5. D'où, cela peut nuire à la culture même ils ont besoin de ces éléments parce que cela est en grande quantité dans le sol. Il est nécessaire donc de mélanger les SDFG avec d'autres types d'engrais pour limiter ces valeurs. Par exemple, il faut mélanger les SDFG avec un amendement du sol (chaux) pour essayer d'augmenter le pH dans le sol ; pour essayer de diminuer le taux carbone organique, il faut les mélanger avec des engrais chimiques.

III.5.3. Sur les effets des SDFG en fonction des doses :

Il a été affirmé que des composantes de rendement comme le nombre de panicule par talle n'ont pas eu une différence significative suivant les doses d'apport en SDFG, à cause des attaques des rats de champs. Il est donc nécessaire de faire l'expérimentation durant la culture de riz des paysans. C'est-à-dire qu'il faut coïncider la phase d'épiaison avec la culture du riz aux alentours si le cycle des 2 variétés ne sont pas le même. En effet, durant l'expérimentation, il n'y avait pas d'autres cultures de riz aux environs. D'où, tous les rats venant de la forêt, se sont attaqués à la culture. Pour diminuer les dégâts, il est fondamental de changer la date de stage au moment du calendrier cultural.

Il est aussi nécessaire de bien aménager le terrain de l'expérimentation, ce qui signifie bien planer le sol après le labour. Cela a engendré une mauvaise maîtrise de l'eau qui, à un moment donné, était plutôt rare sur les sites. Ainsi, chaque parcelle élémentaire n'a pas la même quantité d'eau durant la culture. D'où la date de la récolte n'était pas le même jour. Les plants sur les parcelles où il y avait assez d'eau ont été récoltés avant. De plus, il faut que la récolte se fasse à un jour sans pluie.

III.5.4. Sur la comparaison des 2 systèmes de repiquage :

Pour le système de repiquage, on a vu que la valeur de la moyenne du rendement est, statistiquement, élevé pour le repiquage à 15jours, mais reste non significative par rapport à celle du repiquage à 30jours. En tout cas, il est recommandé de pratiquer le repiquage à 15jours, car durant l'expérimentation, on a constaté que le nombre de talle est plus nombreux. Cependant, les attaques des termites ont détruit quelques jeunes plants de 15jours. Ainsi, le repiquage doit se faire de 3 à 4brins par touffe pour qu'ils soient plus robustes.

III.5.5. Sur la rentabilité

D'après le résultat, plus l'apport en SDFG augmente, plus le coût de son transport et de son enfouissement sur la culture augmente. Les habitants dans le village ont tendance à être oisif c'est-à-dire ne pas travailler bon ni beaucoup ; et presque la moitié des villageois ont leurs rizières loin des 2 alambics. De plus, les sous-produits pour la fertilisation sont plutôt durs à procurer parce qu'ils se trouvent en bas du tas des feuilles. Il faut donc extraire tous les substrats destinés à la fertilisation vers le village, qui est un point de repère convenable pour tout le monde, afin qu'ils soient plus facile à procurer et à être partagés voire à vendre dans d'autres villages voisines. Cela fera aussi une source de travail pour les hommes du village.

CONCLUSION

La riziculture irriguée prend une place particulière dans la région d'Analanjirifo. Cette filière y est en général destinée que pour l'autoconsommation alors que la zone possède un climat humide toute l'année et des sols qui sont adaptés à la culture. L'application des engrais sur riziculture est un début dans le village où s'est passée l'expérimentation. La présente étude avait pour objectif de déterminer les effets de l'utilisation des sous-produits de distillation des feuilles de girofliers en tant que fertilisant sur riziculture irriguée.

Des résultats conclusifs ont pu ressortir dans notre étude, même s'il y avait des difficultés rencontrés. Ils ont ainsi montré que :

Par rapport à la production du riz, il y a eu une augmentation. En apportant des sous-produits de distillation des feuilles de giroflier comme fertilisant sur riziculture irriguée, on peut constater que les composantes de rendement sont corrélées positivement aux doses d'apport de ces SDFG. La hauteur des plants et le nombre des talles augmentent à chaque fois que la dose d'apport monte : 5T/Ha-6,5T/Ha-7,5T/Ha. Malgré cela, le pourcentage de talles fertiles et des grains pleins ; le poids de 1000grains, n'ont pas suivi cette règle. Cependant, Les variables - nombre de panicule par talle et nombre de grain par panicule - sont supérieures sur les traitements fertilisés, malgré que la différence dans les deux dernières variables ne soit pas significative. Le rendement en paddy a affiché aussi une grande différence entre le traitement T0 et les autres traitements. De plus, du traitement T1 vers T3, le rendement augmente en général. L'hypothèse 1 qui affirme que les composantes de rendement du riz et le rendement en paddy augmentent suivant la dose d'apport de ces sous-produits de distillation de feuilles de girofliers est donc partiellement confirmée ; même si quelques valeurs n'ont pas une différence significative.

En comparant les deux systèmes de repiquage, qui sont S1 : repiquage 15jours et S2 : repiquage 30jours, presque toutes les composantes de rendement n'ont pas de différence significative. Au niveau du nombre de talle, durant le stade de l'épiaison de tous les plants, il est constaté que ce nombre de talle a une différence significative pour les traitements T1 et T2 du système S1 et S2 ; mais pas sur les traitements T0 et T3. Les autres variables comme la hauteur, le pourcentage des grains pleins et de talles fertiles n'ont pas une différence significative entre le système 1 et le système 2. Par rapport au rendement, il affirme que statistiquement, la valeur de la moyenne du système de repiquage de 15jours est supérieure à celle du système de repiquage 30jours. Cependant, cette différence n'est pas significative. L'hypothèse 2 qui indique que sous l'effet des sous-produits de distillation de feuilles de giroflier, le repiquage de 15jours est plus productif par rapport au repiquage traditionnel habituel aux villageois est ainsi rejetée.

Le revenu monétaire le plus bénéfique est attribué aux traitements T2 du système de repiquage S1, suivi du traitement T3 de même système de repiquage ; et le plus bas est obtenu par le

traitement T0 du système S1. L'hypothèse 3 qui relate que l'utilisation des sous-produits de distillation des feuilles de giroflier augmente la rentabilité de la riziculture est vérifiée.

Alors, on ne peut pas garantir que le système de repiquage en 15 jours serait meilleur à celui en 30 jours par cette étude. Cependant, un apport en SDFG sur riziculture irriguée est fondamental pour augmenter la production dans le village. Les performances de ces sous-produits de distillation des feuilles de girofliers en matière de fertilisant du sol ont été démontrées tout au long de cet ouvrage. Ces SDFG jouent un rôle d'enrichissement de sol avec la quantité d'azote total et de carbone organique qui sont énormes dans ce produit.

Cette étude est alors particulièrement intéressante dans le cadre de la production des cultures vivrières. Aucune étude concernant les sous-produits de distillation des feuilles de girofliers n'a été faite auparavant. Il serait donc envisageable de faire l'étude sur une plus vaste surface, à l'échelle d'une rizière d'un paysans, afin de mieux connaître concrètement les effets de ces SDFG sur le plan socio-économique ; et/ou d'appliquer ce type d'engrais aux autres plantes qui ont une faible productivité dans cette partie Est de Madagascar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- AULAKH, ADHYA, 2005. « Impact of agricultural activities on emission of greenhouse gases – Indian perspective ». In International Conference on Soil, Water and Environmental Quality – Issues and Strategies. 319-335 pp.
- AULAKH, KHURANA, SINGH, 2009. « Water pollution related to agricultural, industrial and urban activities, and its effects on food chain: Case studies from Punjab ». Journal of New Seeds, 112-137pp.
- BANDAOGO Alimata Arzouma, 2010. « Effet de différentes sources d'azote sur la réponse de quatre variétés de riz à l'azote à la Vallée du Kou au Burkina Faso ». Mémoire de DEA. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 46p.
- BARBIER J.M., MOURET J.C., 1994. « Crop management and nitrogen fertilisers on irrigated rice ». The ricefields of southern France, INRA Editions, Paris, 309-323pp.
- BASCHET Jean-François, 2009. « Gestion de l'azote ». Centre d'études et de prospective ; service de la statistique et de la prospective, MAAP. 9p.
- BOUVET Alexandre, 2009. « Télédétection radar appliquée au suivi des rizières ». Délivré par l'Université Toulouse III – Paul Sabatier ; Unité de recherche : CESBIO, 188p.
- BRENIERE J., 1983. « Principaux ennemis du riz en Afrique de l'Ouest et leur contrôle ». ADRAO, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- CHARBONNIER Christian, 2012. « Fumier de bovin et Compost ». Maison des Agriculteurs, 4p.
- DANTHU, PENOT, RANOARISON, RAKOTONDRAVELO, MICHEL-DOUNIAS, NORMAND, et RAZAFIMAMONJISON, 2013. *Le giroflier à Madagascar : une « success story »... à l'avenir incertain* (pp. 1–35).
- DAVID-BENZ Hélène, 2011. « A Madagascar : les prix du riz flambent, sans rapport avec le marché international ». CIRAD, UMR Moisa, Observatoire du Riz, 4p.
- DEMANGEL Alice, 2011. « Faisabilité de la mise en place d'une Indication Géographique sur le Clou de girofle à Madagascar ». Mémoire de fin d'étude, Ecole Supérieure d'Agro-Développement International, ISTOM ; QualiREG-CTHT, 104p.
- DEMBELE Y., OUATTARA S. ET ZIDA Z, 2000. « Impact de la date du repiquage du riz sur les performances agricoles des petits périmètres irrigués au Burkina Faso ». bulletin de la recherche Agronomique, numéro 28, 12p.
- DEMBELE Youssouf, TINERA, OUATTARA Sibiry, ZIDA Zacharie, SORY Lalle, 1996. « Rapport sectoriel agronomique ». Projet Management de l'irrigation-Burkina Faso, IIMI, Tome 1, Appendice I, 100-102pp.
- DEMOLON, 1966. « Principe d'agronomie ». Tome 1, Dynamique du sol, DUNOD Paris, 529p.

- DIALLO Diawadou, TAMINI Zoumbiessé, BARRY Boubacar et FAYA Adrien Ouendéno, 2010. « Effet de la fumure organique sur la croissance et le rendement du riz NERICA 3 (WAB 450 IBP 28HB) à Faranah ». Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(6): 2017-2025, 9p.
- DUCHAUFOUR, 1995. « Pédologie : Sol, végétation, environnement ». 4ème édition, 307p.
- ECOCERT, 2008. « Le REGLEMENT (CE) N°889/2008 De la COMMISSION du 5 septembre 2008 ». Modifié en Mai 2011, 114p.
- FABRE, SIBAND, DINGKUHN, 2005. « Characterizing stress effects on rice grain development and filling using grain weight and size distribution. » Field Crops Research 92, 11-16pp.
- FAO, 2004. « Perspectives à moyen terme pour les produits agricoles, Projections vers l'an 2010 ». Rome, 193pp.
- FAO, 2008. « Catalogue ouest africain des espèces et variétés végétales ». Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ; Rome, 43-74pp.
- FAO, 2011. « Evaluation rapide des récoltes et de la situation alimentaire campagne agricole 2010/2011 Madagascar ». Antananarivo, programme alimentaire mondial ; 7-15pp.
- HENINTSOA Manitraririna, 2013. « Disponibilité et dynamique du carbone, de l'azote et du phosphore sous association culturale Riz-Haricot soumise à différents types de fertilisation phosphatée apportée à dose croissante. Cas de l'expérimentation agronomique de Lazaina sur sol ferrallitique de *tanety* ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur Agronome Spécialisé en Foresterie – Développement – Environnement, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, 59 p.
- LACHARME Marc, 2001. « Le plant de riz : données morphologiques et cycle de la plante ». Fascicule 2, Ministère du Développement Rural et de l'Environnement ; Direction de la Recherche Formation Vulgarisation, 22p.
- MARTY P., 1992. Le giroflier. *Agridoc International*. In CTHT, 2008.
- MICHAUD Fanny, 2016. « La valorisation des effluents issus de la distillation des feuilles de girofliers ». Rapport de stage, Givaudan. 18p.
- Ministère de l'Agriculture, mai 2015. « Stratégie nationale de mécanisation de la filière riz à Madagascar ». Conseil de gouvernement, 39p.
- MOREAU Didier, 1987. « Analyse de l'élaboration du rendement du riz ». Les outils de diagnostics, 125p.
- MOURET, HAMMOND, BAYOT, FABRE, THOMAS, 2009. « Production de références pour optimiser la fertilisation organique en riziculture biologique camarguaise (France) ». innovations agronomiques, 4, 9-13pp.

- PENOT, E., DANTHU, P., & MAHAFAKA, K, 2013. *Zanzibar et la production giroflière*.
- PRD : Plan Régional de Développement, 2015. « Région Analanjirofo ». Madagascar Fort, 91p.
- RAJAONARISON Andrianjaka Hanitriniala, 2004. « L'agriculture biologique à Madagascar depuis 1960 », Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Masters of Science in Agriculture and Rural development , 61p.
- RAKOTOARISOA Njato Michaël, 2011. « Suivi des effets du supergranule d'urée (SGU) sur la riziculture irriguée en comparaison avec l'urée perlée apportée par fractionnement, Cas de la Commune Rurale de Mahitsy ». Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur Agronome Spécialisé en Agriculture, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, 49 pages
- RAKOTONJANAHARINIAINA Ando, 2009. « Contribution à la valorisation de tourteau de jatropha curcas pour la fertilisation rizicole ». Mémoire de Fin d'étude en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur Agronome au grade de Master 2, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, 52p.
- RAMINOARISON Manoa Arifetra, 2015. « Réponses des variétés de riz irrigué nerica 136 et makalioka 34 aux différentes formes d'engrais azotés - Cas du Lac Alaotra ». Mémoire de Fin d'étude en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur Agronome au grade de Master 2, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, 80p.
- Revue de Madagascar, 1941. « Une nouvelle culture : le champignon du giroflier ». Vol.43, No 29, pp. 176-178
- SCHNEIDER Emeline, 2007. « Analyse de la filière riz ». Programme de Promotion des Revenus Ruraux (PPRR), Ministère de l'agriculture de l'élevage et de la pêche ; 9p.
- SCHNEIDER, 2007. « Filière girofle : région Analanjirofo ». Programme de Promotion des Revenus Ruraux ; 9p.
- SPID, 2011. « Guide pratique pour la gestion intégrée de la production du riz irrigué ». Projet : GCP/RAF/453/SPA, Amélioration de la production de riz en Afrique de l'Ouest en réponse à la flambée des prix des denrées alimentaires, Composante Mali. 10p.
- TRAN VAN, MAVINGUI, BERGE, BALANDREAU, HEULIN, 1994. « Promotion de croissance du riz inoculé par une bactérie fixatrice d'azote, Burkholderia vietnamiensis, isolée d'un sol sulfaté acide du Vietnam ». Agronomie, EDP Sciences, 1994, 14 (10), 697-707 pp.
- WOPEREIS Marco, DEFOER Toon, IDINOBA Philip, DIACK Salif, DUGUE Marie-Jo, 2008. « Manuel technique ». Référence 21 : les insectes de la culture de riz. ADRAO, Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne. 92-103pp.

- WOPEREIS Marco, DEFOER Toon, IDINOBA Philip, DIACK Salif, DUGUE Marie-Jo, 2008. «Manuel technique ». Référence 26 : La récolte et post-récolte. ADRAO, Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne, 121-124pp.
- YABI, PARAÏSO, YEGBEMEY ET CHANOU, 2012. «Rentabilité Economique des Systèmes Rizicoles de la Commune de Malanville au Nord-Est du Bénin ». Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales, 12p.
- YOSHIDA S., 1981. « Fun dimentias of rise crop science ». IRRI (The Intenational Rice Research Institut) ; 270p.
- ZAFINDRABENJA Arthur Anatole, 2012. « expérimentation agronomique sur la fertilisation de la culture d'oignon *Allium cepa* avec le Guanobarren ». Mémoire de Fin d'étude en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Ingénieur Agronome au grade de Master 2, Université d'Antananaro, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, 56p.

ANNEXES :

Annexe 1 : Tableau sur les caractéristiques de la variété « vary sombitra »

Il est à remarquer que cette variété n'est pas encore enregistrée dans les collections du FOFIFA.

Caractères morphologiques	
Hauteur des plants	Intermédiaire : 100 à 120cm
Longueur de la panicule	Environ 12cm
Type de panicule	Compacte
Angle de la feuille paniculaire	Inclinaison de la feuille par rapport à la tige principale : érigé
Caractères agronomiques	
Verse	Moyennement sensible (10-25%)
Egrenage	Pourcentage de grains tombant de la panicule en les empoignant à maturité : difficile : 1-5%
Cycle (à maturité)	4 mois
Tallage	Moyen : 10-20 talles
Poids 1000grains	Environ 24g
Rendement moyen	2,3T/Ha
Couleur et forme paddy	Jaune foncé + queue
Couleur apex	Pourpre

Annexe 2 : Plan du site expérimental

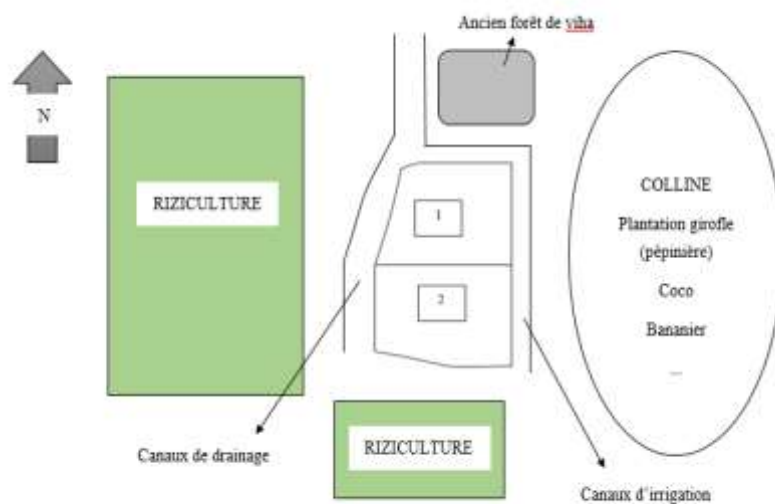


Figure: Plan du site expérimental

Source : Auteur

Annexe 3 : Simulation du rendement sans attaque des rats

- Nombre de talles :

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Nombre de talles	5,89±0,63d	13,61±1,99bc	17,61±2,56ab	21,83±1,09a
	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Nombre de talles	4,72±1,17d	9,89±3,75cd	14,67±1,74bc	13,83±2,29bc

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

D'après le tableau ci-dessus, la valeur du nombre de talles par pieds a une différence significative pour les traitements fertilisés et les traitements non fertilisés. En effet, S1T0 appartient au groupe d contrairement à la réalité appartenant à bc tandis que S1T1, S1T2, S1T3 appartiennent respectivement au groupe bc, ab et a. De même pour le système de repiquage à 30jours où S2T0 appartient au groupe d et S2T1 au groupe cd, S2T2 au groupe bc, S2T3 au groupe bc.

- Rendement en paddy (T/Ha) :

	S1	S2
Rendement	4,5±2,74a	2,62±1,34b

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

En regardant les résultats du rendement, il est constaté ici que la différence des valeurs a une différence significative entre le système de repiquage à 15jours et à 30jours. L'une appartient au groupe a avec 4,75T/Ha en moyenne et l'autre au groupe b avec 2,62T/Ha.

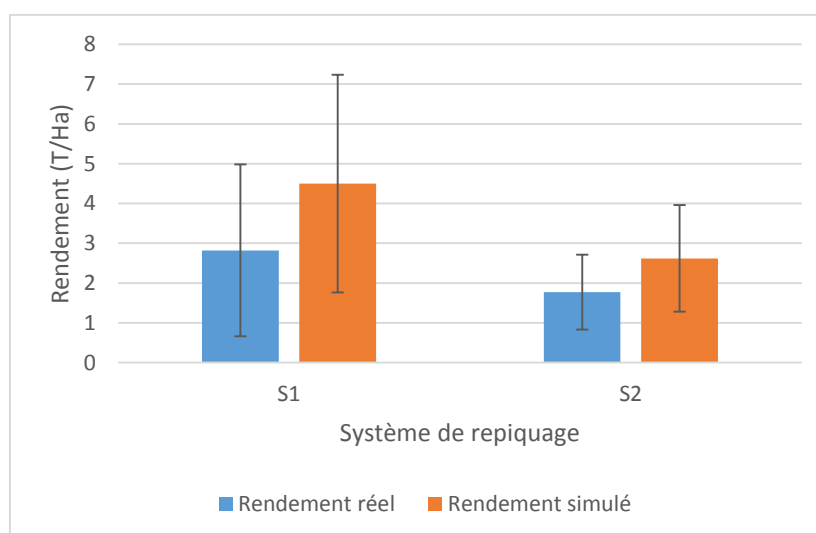


Figure : comparaison du rendement réel et simulé

Annexe 4 : Principes d'analyse du sol et normes d'interprétation des analyses chimiques du sol

N total. L'azote a été déterminé utilisant la méthode de Kjeldhal dans laquelle la théorie des titrages acido-basique est utilisée. Le principe consiste à détruire en premier lieu les matières organiques par chauffage à l'acide sulfurique concentré, dans le but de transformer l'azote présent en ion ammonium qui sera fixé par l'acide. Ensuite, l'azote est extrait par addition d'un excès d'alcali (hydroxyde de sodium) à l'aide d'un appareil de distillation afin de libérer l'ammoniac (NH_3). L'ammoniac ainsi libéré est fixé à l'état borate puis titré avec de l'acide sulfurique.

Bases échangeables et CEC. Les bases échangeables déterminées dans l'analyse du sol concernent : le Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} et Na^{+} . Le principe repose sur le fait que le sol mis en contact avec une solution molaire et neutre d'acétate d'ammonium permet d'extraire les cations basiques échangeables. Ces cations basiques extraits sont ensuite déterminés à l'aide du spectromètre d'absorption atomique. Après l'extraction des bases échangeables, le sol est saturé de NH_4^{+} . On enlève les sels d'ammonium libre, puis on procède à l'extraction de NH_4^{+} ainsi adsorbé par une solution molaire de NaCl . L'ammoniaque sera ensuite déplacée en milieu alcalin, puis entraîné par la vapeur d'eau. Le dosage volumétrique est effectué sur le distillat.

P assimilable. L'évaluation de la teneur en phosphore assimilable a été réalisée avec la méthode de Bray II. Les phosphates donnent un complexe phosphomolybdique en présence de molybdate d'ammonium, en milieu acide. Après une réduction par une solution de chlorure stanneux, ce complexe développe une coloration bleue susceptible d'un dosage colorimétrique à l'aide d'un spectromètre.

Teneur en carbone organique CO (méthode Walkley Black). Elle permet de déterminer la quantité de matière organique présente dans le sol. La matière organique amplifie grandement la capacité d'échange cationique du sol et retient les nutriments assimilables par les plantes. Le principe consiste à oxyder les carbones organiques par un excès d'une solution de bichromate de potassium, en milieu acide. L'excès sera ensuite déterminé à l'aide d'une solution de sulfate ferreux.

pH (Eau). La différence de potentiel créée entre une électrode de verre et une électrode de référence plongées dans une solution à analyser est une fonction linéaire du pH de celle-ci.

	Sol très pauvre	Sol pauvre	Sols moyens	Sols riches	Sol très riches	Source
N (%)	<0,75	0,75 à 1,25	1,25 à 1,75	1,75 à 2,25	>2,25	Angladette
K (%)	<0,10	0,10 à 0,20	0,20 à 0,30	0,30 à 0,45	>0,45	Riquier
P assimilable (ppm)	0 à 2,5	2,5 à 5	5 à 10	10 à 25	>25	
Ca (méq/100g)	<1	1 à 2,3	2,3 à 3,5	3,5 à 7	>7	
Mg (méq/100g)	<0,4	0,4 à 1	1 à 1,5	1,5 à 3	>3	
	Pauvre		Moyen	Très riche		
Na (‰)				2,7 à 4		
CO (%)	0,5 à 1		1 à 3	>5		
	Faible		Normale	Elevée		
C/N	<10		10 à 20	>20		
Bases échangeables totales (cmol/kg)	2 à 5		5 à 10	>15		
CEC (méq/kg)	<100		100 à 200	>200		
MO (%)	<4		4 à 8	>8		Dulcire

pH (électrode de verre) :

- <4,5 : extrêmement acide
- 4,5-5 : très fortement acide
- 5,1-5,5 : fortement acide
- 5,6-6 : moyennement acide
- 6,1-6,5 : faiblement acide
- 6,6-7,3 : neutre
- 7,4-7,6 : légèrement alcalin
- 7,8-8,4 : modérément alcalin
- 8,5-9 : fortement alcalin
- >9,1 : très fortement alcalin

Annexe 5 : Besoin édaphique et nutritionnel du riz au cours de son cycle :

La nutrition permet la croissance et le développement des organes végétatifs et reproductifs. La nutrition est constituée de 2 phases : la nutrition à partir des réserves des graines et celle à partir des éléments nutritifs puisés dans le milieu environnant.

1- Nutrition à partir des réserves des graines

L'embryon et après le jeune plant se développent à partir des réserves des graines pendant les 5 jours. En effet, l'assise protéique et les cotylédons utilisent les réserves au profit de l'embryon et engendrent les diastases (amylase, maltase, saccharase, catalase). Ces derniers agissent sur ces réserves de grains par la jeune plantule. L'oxygène intervient sur l'activité de la catalase qui a un rôle dans le développement de la plumule, radicale et dans la formation de la chlorophylle.

2- Facteurs écologiques (T°, lumière, hygrométrie, eau, les sols)

- **Température :**

La température de l'air varie suivant les stades de développement du riz, cela jusqu'à un certain seuil qui est environ 40°C. Le riz a besoin de climat de chaleur et d'eau et est donc cultivé majoritairement dans les régions tropicales et subtropicales (Alexandre BOUVET, 2009). Le froid gêne considérablement le tallage et la floraison et peut aussi diminuer voire arrêter la croissance.

Tableau : Besoin en chaleur pendant cycle végétatif du riz

Etape du développement	Température de l'air en °C		
	Minimum	Optimum	Maximum
Germination	14-16	30-35	42
Tallage	16-18	28-30	40
Floraison	22	27-29	40
Maturation	19	25	40

Source : MEMENTO de l'agronome

- **Lumière :**

Le riz est une plante de lumière. Le défaut de lumière peut entraîner un développement végétatif excessif et une diminution de rendement en grains. On rencontre des variétés sensibles et des variétés indifférentes au photopériodisme.

Tableau : Variation de rendement en fonction de la luminosité

	Rendement (T/Ha)		
Luminosité	Stade végétatif	Stade de reproduction	Stade de maturation
100%	7,11	7,11	7,11
75%	6,94	5,71	6,53
25%	6,36	4,45	5,16

Source : YOSHIDA, 1983

Les besoins en lumière varient donc selon les variétés. Les plantes à jours longs nécessitent plus de 12h d'éclairement (Alicombo...) ; le riz à jours courts se développe en un temps d'éclairement inférieur à 12h comme le tsipala.

- **Hygrométrie :**

Une certaine sécheresse atmosphère est favorable au riz irrigué. La floraison, phase la plus sensible, nécessite une humidité de 70-80% du milieu et de 80% est favorable au développement des maladies

- **Eau :**

Le besoin en eau du riz est très élevé. En culture irriguée, sur sol submergé jusqu'à la maturation, le riz a besoin pour la totalité d'environ 12000 à 20.000 m³/ha/an.

Tableau : besoin en eau d'irrigation (m³/Ha) selon la longueur du cycle

Cycle (jour)	Besoin en eau d'irrigation (m ³ /Ha)
100	8640
150	12960
180	15560

Source : Angladette, 1966

Un excès d'eau ou une précipitation prolongée pendant la floraison devient un grand fléau de la riziculture. Le riz risque de verser et il peut également favoriser l'attaque des maladies.

- **Sol :**

A part les facteurs climatiques, les facteurs édaphiques et agronomiques font aussi partie de l'environnement qui influence la croissance et le développement du riz.

Le riz est assez plastique en ce qui concerne le sol. Le sol idéal est celui ayant une texture argilo limoneuse. Le riz préfère les sols à texture fine. En effet pour la culture en submersion, le sol idéal est, par exemple, 50% d'argile, 30% de limon, 10% de sable fin, 5% de sable grossier et 5% d'humus.

Pour le pH du sol, le riz se développe mieux quand le pH est entre 5,5 à 7,3, c'est-à-dire un pH plutôt neutre. Néanmoins, il peut être cultivé sur des sols ayant un pH compris entre 4,5 et 8,2. Le riz peut aussi tolérer la salinité du sol si elle est inférieure à 1%.

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

Annexe 6 : itinéraire technique plus détaillé

a. La planification

Le protocole d'essai a été élaboré avec l'aide de l'encadreur Mr. HERINDRANOVONA Augustin, et de Mr. MARINOT Eric (Givaudan). Avec leur correction et leur expérimentation, cela a été fait pour que le programme soit introduit dans les 6mois prévus pour le stage.

Le calendrier cultural a subi quelque modification des activités à faire sur le terrain, et des légers décalages à cause des imprévus non volontaire.

b. Préparation du sol

Le labour et la pulvérisation devraient être réalisés en début de la saison de pluie qui est généralement en fin de mois d'octobre et début novembre. La préparation du sol a été réalisée avec les techniques courantes des paysans et l'utilisation de la pioche, qui remplace le travail de l'angady, facilitant le morcellement des parcelles.



Figure : Pioche

La pratique culturale adoptée se déroule comme suit :



Figure : labour

- Le labour : qui consiste à un retournement complet en amenant les mauvaises herbes en surface est à environ 15cm de profondeur.
- L'affinage concerne les 5cm du sol (21 octobre).
- On procède à l'épandage et à l'enfouissement du traitement préconisé qui sont les SDFG (24 octobre).
- L'eau est par la suite introduite, et les parcelles sont laissées quelques jours. Une fois le sol submergé, les mottes se ramollissent peu à peu. Ces dernières débutent jusqu'à l'obtention d'une boue liquide favorable au repiquage (26 octobre).
- L'eau est retirée, et les dernières mottes non ramollies sont tout d'abord réduites par l'angady (19 novembre : dispositif 1 et 3 décembre : dispositif 2).
- Le planage est assuré par la main et des matériels en bois (20 novembre : dispositif 1 et 4 décembre : dispositif 2)

c. Semis

Cette partie comprend : la prégermination, les travaux sur la pépinière et le semis proprement dit. Le premier semis, ayant un taux de levé très bas, a été réalisé le 23 octobre et le second semis le 5 novembre.

i. Préparation de la pépinière

Quand le choix est possible, il est nécessaire de choisir un sol sain, comme la fertilité de la rizière, et situé proche des rizières à repiquer afin de faciliter le transport des plants qui devrait être fait dans un temps de courte durée.



Figure : planage de la pépinière

La pépinière est piétinée manuellement pour éliminer les grosses mottes de terre sur la rizière. Elle doit éviter une submersion d'eau, d'où il est impératif de faire un petit canal autour de cela. Et avant le semis, il y est nécessaire de faire le planage pour avoir un taux de levé élevé.

ii. Préparation de semence

L'embryon et la plantule de riz vivent des réserves du paddy durant 8-20j environ. Il faut réveiller le germe et donc faire pregermé le riz avant de le semer sur pépinière.

Les grains de riz achetés seront mis dans une cuvette plein d'eau pendant 24h. Les gains vides montent à la surface de l'eau et on peut les enlever facilement. Ce procédé va déclencher le gonflement des graines par une forte absorption d'eau et ultérieurement, une activité respiratoire intense créée par un milieu chaud. Après 24h, les grains émettent des germes blancs et sont prêtes à être semées.



Figure : préparation des semences

iii. Entretien

Il est utile de savoir qu'il faut que la pépinière soit toujours humide en permanence et ne soit pas submergée par l'eau.



Figure : semis

d. Mise en place des SDFG :

Chaque traitement a été appliqué sur parcelle élémentaire mesurant 4m².

Pour chaque parcelle choisie, les SDFG ayant les caractéristiques d'un fertilisant sont transportés dans un sac, mélangés et sont enfouis avant la mise en boue de parcelle.

Sur les parcelles, les doses préconisées sont :

Aucune forme d'apport sur les parcelles témoins.

2kg de SDFG sur T1

2,5kg de SDFG sur T2

3kg de SDFG sur T3



Figure : un sac de SDFG



Figure : pesage des SDFG à enfouir

e. Repiquage

Les plants de riz ont été prélevés avec les mottes de terres adhérant aux racines. La transplantation était faite sur terrain humide et non submergé. Le nombre de brins repiqués est de 1 brin par poquet pour les parcelles fertilisées et de 3-4 brins par poquets pour les témoins.

Pour les parcelles élémentaires fertilisées, les plants sont repiqués en ligne avec 2 règles graduées et les parcelles témoins sont repiquées traditionnellement. Le riz a été repiqué le 20 novembre pour le dispositif n°1 et le 4 décembre pour le dispositif n°2. Si les plants ne sont pas replantés dans la demi-heure qui suit leur prélèvement de la pépinière, ces racines s'assèchent. Donc, il est fondamental de repiquer immédiatement les plants arrachés de la pépinière.

L'écartement utilisé est de 25cm*25cm. Cela fournit à la plante une espace bien élargie afin de mieux s'épanouir, voire de développer une deuxième racine avec laquelle elle exploitera un même grand volume de terre nécessaire.

Concernant le repiquage proprement dite, elle consiste à arracher soigneusement les plants. Ces derniers munis de leurs racines sont légèrement enfoncés dans la boue avec le pouce.



Figure : repiquage en ligne



Figure : repiquage traditionnel

f. Entretien

i. Sarclage

Le sarclage est effectué manuellement lorsque les adventices commencent à se montrer.

La bonne méthode de sarclage vise à réduire les germes de la plante adventice avant qu'elles n'apparaissent. Le premier passage de la sarcleuse est très impératif. Tout retard rendra encore plus difficile le contrôle des herbes.

ii. Gestion d'eau

La gestion de l'eau est un peu minutieuse. Pendant les 3 premiers mois après le repiquage, le terrain est maintenu humide.

On donne au riz une couche d'eau d'environ 10cm de hauteur couvrant la surface du sol. La mobilisation des éléments étant assurée par l'eau. La rizière est ensuite asséchée complètement 15-20 jours avant la moisson. En asséchant la rizière 7-15 jours avant la récolte, on homogénéise la maturation des graines, c'est-à-dire faire migrer les réserves de la plante vers la graine.

Annexe 7 : Photos



Photo 3 : Entrée d'eau d'irrigation



Photo 2 : Semence vary sombitra



Photo 1 : Couteau pour la récolte



Photo 4 : Site 2 de l'expérimentation



Photo 6: Rats des champs



Photo 5 : Barakai hydrofuge



Photo 8 : Récolte



Photo 7 : Séchage



Photo 10 : Pluviomètre



Photo 9 : verse causé par le cyclone ENAWO



Photo 12 : Humidimètre



Photo 11 : Pesage des 1000grains



Photo 13 : Alambic traditionnel

Annexe 8 : ANOVA des variables

Tableau : Analyse de la variance du nombre de ramifications de panicule par talle par traitement (repiquage 15jours)

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Nombre de ramifications de panicule par talle	5,89±0,48a	5,96±0,64a	7,14±0,51a	6,98±0,88a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du nombre de ramifications de panicule par talle par traitement (repiquage 30jours)

	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Nombre de ramifications de panicule par talle	6,19±0,09a	6,16±0,33a	6,65±0,34a	6,54±1,02a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du nombre de grains par panicule par traitement (repiquage 15jours)

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Nombre de grains par panicule	9,55±1,14a	9,88±1,25a	10,28±1,93a	12,3±0,89a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du nombre de grains par panicule par traitement (repiquage 30jours)

	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Nombre de grains par panicule	9,36±1,18a	9,94±2,07a	10,52±0,32a	11,02±1,33a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du pourcentage de grains pleins par panicule par traitement (repiquage 15jours)

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Pourcentage de grains pleins par panicule	80,81±5,14a	79,25±10,71a	87,69±7,68a	77,07±8,12a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du pourcentage de grains pleins par panicule par traitement (repiquage 30jours)

	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Pourcentage de grains pleins par panicule	84,77±10,44a	83,73±4,04a	82,88±2,61a	83,95±9,98a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du pourcentage de talles fertiles par traitement (repiquage 15jours)

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Pourcentage de talles fertiles	81,76±3,57a	79,01±3,75a	68,56±18,73a	77,19±13,11a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du pourcentage de talles fertiles par traitement (repiquage 30jours)

	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Pourcentage de talles fertiles	83,94±16,05a	82,9±11,41a	79,99±4,37a	80,99±8,96a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du poids de 1000 grains par traitement (repiquage 15jours)

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Poids de 1000 grains	23,78±1,14ab	24,32±0,98ab	27,28±2,84a	26,11±2,83ab

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du poids de 1000 grains par traitement (repiquage 30jours)

	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Poids de 1000 grains	24,33±2,43ab	22,01±1,99ab	20,87±2,75b	24,26±0,75ab

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du rendement en paddy par traitement (repiquage 15jours)

	S1T0	S1T1	S1T2	S1T3
Rendement en paddy	0,76±0,05b	2,07±0,24ab	4,34±3,19a	4,1±1,53a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du rendement en paddy par traitement (repiquage 30jours)

	S2T0	S2T1	S2T2	S2T3
Rendement en paddy	0,79±0,3b	1,75±0,69ab	1,79±0,15ab	2,77±1,16a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du nombre de ramifications de panicule par talle en fonction du système de repiquage

	S1	S2
Nombre de ramifications de panicule par talle	6,49±0,81a	6,38±0,53a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du nombre de grains par panicule en fonction du système de repiquage

	S1	S2
Nombre de grains par panicule	10,5±1,61a	10,21±1,34a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du pourcentage de grains pleins par panicule en fonction du système de repiquage

	S1	S2
Pourcentage de grains pleins par panicule	81,2±8,1a	83,83±6,53a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du pourcentage de talles fertiles en fonction du système de repiquage

	S1	S2
Pourcentage de talles fertiles	76,63±11,25a	81,96±9,55a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du poids de 1000grains en fonction du système de repiquage

	S1	S2
Poids de 1000grains	25,37±2,84a	23,87±2,38a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau : Analyse de la variance du rendement en paddy en fonction du système de repiquage

	S1	S2
Rendement en paddy	2,82±2,16a	1,77±0,94a

Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%