



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
FACULTE DES SCIENCES



**DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES**  
**MENTION : ENTOMOLOGIE-CULTURES, ELEVAGE, SANTE (ECES)**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER II EN GESTION  
DURABLE DES INSECTES UTILES ET NUISIBLES (GDINS)

**ANALYSE DES COMPORTEMENTS ET DES DEGATS D'*Enaria melanictera*  
(Coleoptera, Melolonthidea) SUR LES VARIETES DE RIZ PLUVIAL (*Oryza sativa*), ET  
SELON LE MODE CULTURAL, A IVORY DANS LA REGION DU MOYEN OUEST DE  
VAKINANKARATRA, MADAGASCAR.**

Présenté par RANDRIAMANANTENA Herizo, le 24 octobre 2019

Devant les membres du jury composé de :

- Président du jury : Dr RAVELOMANANA Andrianjaka, Maitre de Conférences,  
Université d'Antananarivo
- Rapporteur : Pr RAFARASOA Lala Sahondra, Professeur, Université  
d'Antananarivo
- Co-rapporteur : Dr RANDRIAMANANTSOA Richard, Maitre de Recherches,  
FOFIFA Antsirabe
- Examineur : Dr RAKOTONIRINA Jean Claude, Maitre de Conférences, Université  
d'Antananarivo





**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
FACULTE DES SCIENCES**



**DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

**MENTION : ENTOMOLOGIE-CULTURES, ELEVAGE, SANTE (ECES)**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER II EN GESTION  
DURABLE DES INSECTES UTILES ET NUISIBLES (GDINS)**

**ANALYSE DES COMPORTEMENTS ET DES DEGATS D'*Enaria melanictera*  
(Coleoptera, Melolonthidea) SUR LES VARIETES DE RIZ PLUVIAL (*Oryza sativa*),  
ET SELON LE MODE CULTURAL, A IVORY DANS LA REGION DU MOYEN  
OUEST DE VAKINANKARATRA, MADAGASCAR.**

Présenté par RANDRIAMANANTENA Herizo, le 24 octobre 2019

Devant les membres du jury composé de :

- Président du jury : Dr RAVELOMANANA Andrianjaka, Maitre de Conférences,  
Université d'Antananarivo
- Rapporteur : Pr RAFARASOA Lala Sahondra, Professeur, Université  
d'Antananarivo
- Co-rapporteur : Dr RANDRIAMANANTSOA Richard, Maitre de Recherches,  
FOFIFA Antsirabe
- Examineur : Dr RAKOTONIRINA Jean Claude, Maitre de Conférences, Université  
d'Antananarivo





## REMERCIEMENTS

Avant tout, gloire à Dieu pour sa grâce qu'il m'a accordée et qui m'a permis de concrétiser le présent travail. Il m'est agréable d'exprimer ici ma sincère gratitude à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

J'adresse particulièrement mes vifs remerciements au:

- Docteur RAVELOMANANA Andrianjaka, Entomologiste, Maître de conférences, Enseignant-Chercheur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Mention ECES, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de cette présentation.
- Professeure RAFARASOA Lala Sahondra, Entomologiste, Professeure d'ESR, Coordinatrice du dispositif en Partenariat SPAD ou « Systèmes de Production d'Altitude et Durabilité » à Madagascar, Enseignant-Chercheur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Mention ECES, le Rapporteur académique de ce travail, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de m'encadrer durant ce travail et de me diriger avec bienveillance.
- Docteur RANDRIAMANANTSOA Richard, Entomologiste, Maître de recherche au FOFIFA Antsirabe, qui a agi en Co-rapporteur de ce travail et a manifesté un vif intérêt à l'égard de ce mémoire et assuré avec clémence l'encadrement technique.
- Docteur RAKOTONIRINA Jean Claude, Entomologiste, Responsable du parcours GDINS, Enseignant-Chercheur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Mention ECES, pour avoir accepté en tant qu'examineur. Vos critiques et vos observations seront reçues avec le plus grand intérêt.

Je tiens également à remercier :

- Docteur RAZAFINDRANAIVO Victor, Responsable de Mention Entomologie-Cultures, Elevage, Santé (ECES) de l'Université d'Antananarivo, et tous les enseignants de m'avoir accepté d'être parmi vos étudiants.
- Docteur HDR RAMANANTSOANIRINA Alain, Chef du centre FOFIFA Antsirabe, de m'avoir accueilli au sein de votre centre de recherche.
- Monsieur RAFAMATANANTSOA Emile et Monsieur RAKOTOSOLOFO Herlin, sans oublier tout le personnel administratif et technique pour toutes les collaborations et les échanges qui ont été partagés durant le stage.
- Tous les collègues, ma famille et mes amis pour tout le soutien moral et les encouragements durant mes études.

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	i
TABLE DES MATIERES .....	ii
LISTE DES FIGURES .....	v
LISTE DES PHOTOS .....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
GLOSSAIRE .....	vii
LISTE DES ABREVIATIONS .....	viii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
I. REVUE DE LA LITTERATURE.....	4
1.1. RIZ ( <i>Oriza sativa</i> ) .....	4
1.1.1. Classification .....	4
1.1.2. Morphologie générale .....	4
1.1.2.1. Racines .....	4
1.1.2.2. Tige .....	4
1.1.2.3. Feuille .....	5
1.1.2.4. Inflorescence et les épillets .....	5
1.1.2.5. Fruits et les grains .....	5
1.1.3. Cycle de développement .....	6
1.1.3.1. Phase végétative .....	6
1.1.3.2. Phase de reproduction .....	7
1.1.3.3. Phase de maturation .....	7
1.2. VERS BLANCS .....	8
1.2.1. Classification .....	8
1.2.2. Morphologie .....	8
1.2.3. Bio-écologie .....	9
1.2.3.1. Cycle de développement .....	9
1.2.3.2. Ecologie.....	10
1.2.3.3. Comportements alimentaires.....	10
1.2.4. Moyens de lutte contre les vers blancs .....	12
1.2.4.1. Lutte agronomique .....	12

1.2.4.2. Lutte biologique .....	12
1.2.4.3. Lutte chimique.....	12
II. MATERIELS ET METHODES .....	13
2.1. SITE D'ETUDE .....	13
2.1.1. Données météorologiques.....	14
2.1.2. Parcelles d'étude .....	14
2.2. METHODE D'OBSERVATION SUR TERRAIN .....	16
2.2.1. Méthode de comptage d'attaque .....	16
2.2.1.1. Périmètre de comptage .....	17
2.2.1.2. Méthode de notation des attaques des larves d' <i>Enaria</i> <i>melanictera</i> sur le poquet de riz pluvial .....	17
2.2.2. Méthode d'échantillonnage.....	18
2.2.3. Collecte des larves d' <i>Enaria melanictera</i> .....	19
2.3. EXPERIMENTATIONS .....	19
2.3.1. Expérimentation sous-serre .....	19
2.3.1.1. Matériel animal : <i>Enaria melanictera</i> (Klug 1933) .....	19
2.3.1.2. Matériels végétaux : Nerica 4, Nerica 10, B22 .....	21
2.3.1.3. Méthode d'observation des mésocosmes .....	22
2.3.2. Au laboratoire .....	23
2.3.2.1. Identification et élevage des vers blancs collectés.....	23
2.3.2.2. Expérimentation sur la survie des larves d' <i>E.melanictera</i> ...	24
2.4. ANALYSE STATISTIQUE .....	25
III. RESULTATS .....	27
3.1. RESULTATS DES OBSERVATIONS SUR TERRAIN .....	27
3.1.1. Vers blancs collectés et leur densité respective.....	27
3.1.2. Comptage des attaques d' <i>Enaria melanictera</i> selon le mode cultural de riz pluvial .....	28
3.1.3. Analyse statistique des dégâts entre le stade début et fin tallage de riz pluvial .....	31
3.1.4. Pourcentage des dégâts par variété de riz pluvial durant le stade début et fin tallage .....	32

3.1.5. Analyse statistiques des dégâts entre les parcelles CT SCV et CT FU .....	34
3.1.6. Analyse statistique des dégâts entre les parcelles EV FU et CT FM.....	35
3.2. RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS .....	36
3.2.1. Résultat d'expérimentation sous-serre .....	36
3.2.1.1. Adulte d' <i>Enaria melanictera</i> collectée .....	36
3.2.1.2. Attaques dans les mésocosmes .....	36
3.2.1.3. Relation entre les variétés de riz et les dégâts.....	37
3.2.2. Résultat au laboratoire .....	38
3.2.2.1. Espèces des vers blancs collectés et élevées.....	38
3.2.2.2. Cycle d' <i>Enaria melanictera</i> .....	38
3.2.2.3. Evaluation de la survie des larves d' <i>E.melanictera</i> .....	39
IV. DISCUSSION .....	40
4.1. Densité des larves des vers blancs collectés .....	40
4.2. Vers blancs responsables des dégâts sur les parcelles .....	40
4.3. Relations entre modes culturaux et dégâts.....	41
4.4. Diminution des dégâts en stade fin tallage du riz pluvial .....	42
4.5. Relations entre les variétés du riz et les dégâts d' <i>E. melanictera</i> .....	43
4.6. Différenciation des dégâts entre les parcelles élémentaires .....	43
V. PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....	45
CONCLUSION GENERALE .....	46
BIBLIOGRAPHIE .....	47
ANNEXE	
RESUME	

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Morphologie générale d'un plant de riz.....	5
Figure 2. Cycle de développement du riz.....	6
Figure 3a. Cycle de développement : <i>Hoplochelus marginalis</i> et <i>Heteronychus sp.</i> .....	9
Figure 3b. Cycle de développement de <i>Melolontha melolontha</i> .....	10
Figure 4. Données pluviométriques de la zone d'étude .....	14
Figure 5. Données sur la température de la zone d'étude .....	14
Figure 6. Périmètre de comptage.....	17
Figure 7. Disposition des mésocosmes dans la serre.....	22
Figure 8. Méthode de mensuration des larves de ver blanc .....	25
Figure 9. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 49 variétés codées du CT FU ....	29
Figure 10. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 49 variétés codées du CT SCV	29
Figure 11. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 2 variétés connues du CT FU .....	29
Figure 12. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 2 variétés connues du CT SCV .....	29
Figure 13. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 7 variétés codées du EV FU .....	30
Figure 14. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 7 variétés codées du EV FM .....	30
Figure 15. Cartographie des attaques. ....	31
Figure 16. Pourcentage des poquets attaqués dans les parcelles CT SCV .....	33
Figure 17. Pourcentage des poquets attaqués dans les parcelles CT FU.....	33
Figure 18. Pourcentage des poquets attaqués dans la parcelle EV FM.....	33
Figure 19. Pourcentage des poquets attaqués dans la parcelle EV FM.....	33
Figure 20. Localisation des variétés qui ont un pourcentage moyen des dégâts inférieurs à 1% dans le CT SCV et CT FU.....	34
Figure 21. Cycle partiel du développement d' <i>Enaria melanictera</i> .....	39

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Morphologie générale des différents stades de développement des vers blancs .....	9
Photo 2. Localisation du site d'expérimentation .....	13
Photo 3. Localisation des parcelles d'étude .....	13
Photo 4. Haies vives sur les parcelles.....	16
Photo 5. Plants de riz pluvial attaqués par des larves rhizophages .....	17
Photo 6. Larve L3, nymphe, adulte d' <i>Enaria melanictera</i> .....	20
Photo 7. Raster d' <i>Enaria melanictera</i> .....	21
Photo 8. Disposition des huit plants de riz .....	23
Photo 9. Disposition des deux poquets de riz .....	23
Photo 10. Elevage des larves L3 d' <i>Enaria melanictera</i> .....	24

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Dates du traitement des parcelles respectives avec le GENERAL 5G.....	15
Tableau 2. Caractéristiques des parcelles CT et EV .....	15
Tableau 3. Méthode de notation d'attaque .....	18
Tableau 4. Nombre d'échantillonnage effectué sur chaque parcelle.....	18
Tableau 5. Variétés de riz pluvial utilisé dans les mésocosmes.....	22
Tableau 6. Stade et le nombre (entre parenthèse) des vers blancs collectés .....	27
Tableau 7. Densité des larves des vers blancs.....	28
Tableau 8. Nombre de poquets dans le périmètre de comptage.....	28
Tableau 9. Analyse du nombre total des poquets attaqués entre le stade début et fin tallage sur les cinq parcelles .....	32
Tableau 10. Comparaison des dégâts entre les parcelles CT SCV et CT FU.....	35
Tableau 11. Comparaison des dégâts entre les parcelles EV FU et EV FM .....	35
Tableau 12. Nombre d'adulte d' <i>Enaria melanictera</i> collectée à la fin de la manipulation. ...	36
Tableau 13. Nombre total des poquets attaqués en fonction du nombre de larve d' <i>E.</i> <i>melanictera</i> infestée. ....	36
Tableau 14. Evolution du nombre des poquets attaqués en fonction du nombre des larves d' <i>E. melanictera</i> infestées. ....	37
Tableau 15. Nombre des poquets attaqués en fonction des variétés de riz pluvial .....	37
Tableau 16. Résultat du test de Kruskal Wallis .....	38
Tableau 17. Identification des œufs collectés .....	38
Tableau 18. Nombre des larves d' <i>Enaria melanictera</i> vivantes dans la cuvette en fonction du	

## GLOSSAIRE

- Allélochimiques : relatifs à des substances secrétées par les plantes et les animaux.
- Assolement : procédé de culture par succession et alternance sur un même terrain pour conserver la fertilité du sol.
- Barbule : formé par des fines et longues soies.
- Bioagresseurs : des organismes vivants qui attaquent les plantes cultivées et sont susceptibles de causer des pertes économiques. Ils s'opposent donc aux d'auxiliaires des cultures qui contribuent à limiter l'action des bioagresseurs.
- Caryopse : un fruit sec simple indéhiscent dont la graine, appelée « amande », est intimement soudée au péricarpe par son tégument. Les fruits de toutes les plantes de la famille des graminées ou poacées sont des caryopses. Ce fruit est appelé « grain » dans le langage courant. On parle de grains de blé, de maïs, etc.
- Coléorhize : gaine qui entoure la radicule des graminées.
- Holométabole : se dit des insectes qui ont des métamorphoses complètes. Dans ce cas la larve ne ressemble pas aux adultes et passe par un stade immobile : la nymphe.
- Hypocotylé : La partie de la tigelle située entre sa base (le collet) et les premiers cotylédons de la plante. La tige est verticale.
- Mésocosme : un dispositif expérimental dans lequel les conditions naturelles de vie d'espèces sont reproduites
- Monolithe : c'est un bloc de terre de dimension définie (coté, profondeur) prélevé dans le sol suivant les différents horizons (0-10; 10-20 et 20-30 cm) afin de déterminer la faune présente.
- Palidia : un groupe de poils arrangés sur une ou plusieurs lignes en avant de la lèvre inférieure de la fente anale.
- Phéromone : molécule chimique produite par un organisme, qui induit un comportement spécifique chez un autre membre de la même espèce.

- Raster : un complexe de poils et d'épines avec ou sans structure bien définie se trouvant sur la face ventrale du dernier segment abdominal en avant de l'anus.
- Teges : région, sur le raster, formée de poils courbés ou droits en continu, dense ou clairsemée.

## LISTE DES ABREVIATIONS

- % : Pourcentage
- °C : Degré Celsius
- BOR : Bordure
- CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- Cm : Centimètre
- CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
- CT : Collection Testée
- EV : Essai Variétal
- FM : Fumier et Minéraux
- FOFIFA : Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra ou Centre National de Recherches Appliquées au Développement Rural (CNRADERU)
- FU : Fumier unique
- g : Gramme
- Hab. : Habitat
- Ind. : Individu
- IRD : Institut de Recherche pour le Développement
- j : Jour
- Kg : Kilogramme
- km : Kilomètre
- L1 : Larve de premier stade
- L2 : Larve de deuxième stade
- L3 : Larve de troisième stade

m	: Mètre
m <sup>2</sup>	: Mètre carré
Max	: Maximum
Min	: Minimum
mm	: Millimètre
N10	: Nerica 10
N4	: Nerica 4
Nerica	: New Rice Africa
NPK	: Azote (N) Phosphore (P) Potassium (K)
P	: Parcelle
<i>p</i>	: Significative
SCV	: Système de Cultures sur couverture Végétale
<i>sp.</i>	: Espèce
<i>Spp.</i>	: Toutes les espèces
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
T	: Tonne
TSBF	: Tropical Soil Biology and Fertility

## INTRODUCTION GENERALE

Dans le règne animal, les insectes figurent parmi les plus nombreux : 3 animaux sur 4 sont des insectes (<http://www.insectes.org/opie/nombre-insectes-monde.html>). De plus, ils font partie des espèces les plus envahissantes. Leurs habitats se répartissent dans tous les milieux terrestres : du glacier au sable brûlant du désert, dans des profondeurs des cavernes, dans le sol et dans l'eau. Les insectes ont su s'adapter pratiquement dans leur milieu respectif et remplissent divers rôles en tant que prédateurs, ravageurs, parasites, fouisseurs, décomposeurs ou simplement proies pour les plus grands animaux. Par ailleurs, un grand nombre d'espèces végétales doivent leur existence et leur reproduction à des insectes.

Apparemment, à la faveur du développement des transports et des changements climatiques, les insectes invasifs s'installent hors de leur milieu naturel. Les dégâts qu'ils causent se chiffrent plus de 69 milliards d'euros par an selon l'étude du CNRS et de l'Institut de recherche pour le développement (IRD). Ces dégâts sont enregistrés principalement dans l'agriculture, où ils entraînent des pertes non négligeables.

De ce fait, l'agriculture est confrontée à des événements incertains, en grande partie imprévisibles, irréguliers qui caractérisent de nombreux risques tels que :

- les risques climatiques : sécheresse, inondation, gel ;
- les éléments liés à la prise de décisions, bonnes ou mauvaises, de l'agriculteur : le choix des cultures, des variétés, des rotations, des assolements, de la date de semis, des techniques culturales à mettre en œuvre;
- les contraintes liées à la nature de la parcelle de culture : la caractéristique du sol, arable ou non, une parcelle trop petite ou en forte pente, milieu à haute sensibilité aux maladies, zone à risque d'invasion des bioagresseurs des cultures (Eldin, 1989).

Selon Paul COCHEREAU, le risque agricole peut être défini comme tout un ensemble de facteurs contraires à une production stable et économiquement satisfaisante. L'insecte ravageur des cultures est un de ces facteurs ; il peut, dans certains cas, devenir prépondérant.

Etant donné la diversification des insectes et leurs habitats, le sol, un constituant essentiel des écosystèmes continentaux, fait partie des maillons qui unissent le monde des insectes et le monde des agriculteurs. Pour les plantes, le sol est à la fois un support et un réservoir. Elles y puisent certains éléments indispensables à leur alimentation : eau, les éléments minéraux et y trouvent l'air nécessaire à la respiration racinaire (Gauthier, 1991). Par ailleurs,

le sol représente pour certaines familles d'insectes un abri et un milieu de vie. Il ne s'agit pas uniquement de quelques familles spécifiques car nombreuses espèces parcourent un milieu à un autre à la faveur de l'éclosion, de la métamorphose, en fonction du jour ou de la nuit. Et elles passent de temps à autre ou au moins une partie de leurs cycles de vie dans/sur le sol (Deprince, 2003).

Les coléoptères scarabéidés, communément appelés vers blancs, sont disséminés dans le sol durant le stade larvaire et nymphal. Certains adultes y passent pour des raisons particulières : pondre, se cacher des ennemis, éviter le rayonnement solaire. Certaines de ces espèces font partie des ravageurs de culture et ont des impacts considérables sur le plan économique. D'autres jouent un rôle d'auxiliaire de culture, et participent à l'aération et la fertilisation du sol, ce sont les « ingénieurs du sol ». A Madagascar, les vers blancs constituent un problème majeur des cultures pluviales et sont difficiles à gérer du fait de leur complexité (Rafaraso, 2009). Nombreuses familles sont responsables de ces attaques mais les Dynastidae et les Melolonthidea sont les plus redoutables (Randriamanantsoa, 2010*b*). La lutte chimique, c'est-à-dire l'utilisation des insecticides, reste le moyen de lutte le plus employé. La lutte biologique et les pratiques agricoles restent des moyens alternatifs.

Madagascar est le deuxième pays le plus grand consommateur de riz après Myanmar (en Asie). Pourtant, elle se trouve actuellement à la 19ème position mondiale en termes de production, avec ses 1,2 million d'hectares de plantation de riz et 3,4 millions de tonnes de paddy en 2016(<http://www.dggfpe.mg/index.php/2017/06/23/production-de-riz-madagascar-19eme-rang/>). Cette production n'arrive pas à combler la demande de la population locale estimée à 22.434.363 habitants en 2014 (<https://www.instat.mg/madagascar-en-chiffre/>). Cette instabilité sur la productivité rizicole est liée à des nombreux facteurs et parmi lesquels les fléaux causés par les bioagresseurs. En moyenne, les dégâts occasionnés par les larves et les adultes des vers blancs durant une campagne entraînent une diminution de 20 à 25% de la production (Joyeux, 2014).

Des nombreuses recherches ont été effectuées afin de contrôler les bioagresseurs, y compris les vers blancs. Certaines montrent des résultats prometteurs comme les études sur la gestion du système de culture sur couverture végétale ou SCV, l'utilisation des champignons entomopathogènes (Joyeux, 2014 ; Randriamanantsoa, 2011 ; Rafaraso, 2009). Par contre, l'insuffisance de connaissances sur les bioagresseurs (nombre, caractéristique, comportement) et les caractères des molécules allélochimiques des plantes cultivées restent des facteurs limitants pour la progression des recherches. Néanmoins, nombreuses recherches affirment

l'efficacité des plantes de service, comme *Mucuna pruriens*, sur la diminution de la densité des vers blancs (Nivotiana, 2017).

Par ailleurs, une situation a été observée à Ivory, dans la région du moyen ouest de Vakinankaratra, sur les parcelles d'essai variétal du riz pluvial. Elle fait mention d'une différenciation du niveau des dégâts entre les parcelles élémentaires. Suite à une prospection des techniciens locaux, les dégâts observés sont causés par des vers blancs. En tenant compte de cette situation, la présente étude essaiera de répondre à la question essentielle suivante : **Est-ce que les variétés de riz pluvial ont-elles une influence sur les attaques des vers blancs rhizophages ?**

Trois hypothèses de recherche vont alors être vérifiées:

- la différenciation du niveau de dégâts entre les parcelles élémentaires est le résultat du changement de la préférence alimentaire du ver blanc responsable ;
- l'inégalité de la densité du ver blanc responsable dans chaque parcelle élémentaire a entraîné la différenciation des dégâts;
- l'existence ou l'absence des dégâts dans la parcelle élémentaire est due au facteur écologique entre le riz et les vers blancs.

L'objectif général de l'étude vise à connaître les variétés de riz pluvial « tolérantes » contre les agressions des vers blancs rhizophages. Pour l'expérimentation, trois variétés du riz pluvial: Nerica 4, Nerica 10, B22 et l'espèce du ver blanc *Enaria melanictera* (Klug 1833) ont été utilisés. Notons que ces trois variétés sont les plus plantées par les paysans à Ivory et le ver blanc *E. melanictera* est l'espèce identifiée sous les poquets de riz pluvial attaqués lors de la première descente à Ivory le 11 décembre 2017.

Les objectifs spécifiques consistent à :

- identifier les vers blancs rhizophages présents durant les cycles phénologiques du riz;
- évaluer la densité et les dégâts d'*Enaria melanictera* selon le mode cultural du riz pluvial.
- étudier la relation entre les variétés du riz pluvial-*Enaria melanictera*.

Cette étude comporte quatre parties :

- la première partie, la revue de la littérature sur le riz et le ver blanc ;
- la deuxième partie, les matériels et méthodes ;
- la troisième partie, les résultats et interprétations ;
- la quatrième partie, les discussions.

## **I. REVUE DE LA LITTERATURE**

### **1.1. RIZ (*Oryza sativa*)**

#### **1.1.1. Classification**

Selon DOBELMANN en 1976, le riz appartient au :

Règne	: PLANTAE
Sous-règne	: TRACHEOBIONTA
Embranchement	: SPERMATOPHYTES
Sous-embranchement	: ANGIOSPERMES
Classe	: LILIOPSIDA
Sous classe	: COMMELINIDAE
Ordre	: POALES
Famille	: POACEAE
Sous famille	: POIDEAE
Tribu	: ORYZAE
Genre	: <i>Oryza</i>
Espèce	: <i>sativa</i> (L). (1753)

#### **1.1.2. Morphologie générale (Hubert, 1968): *Oryza sativa***

##### **1.1.2.1. Racines**

Elles sont fasciculées. On trouve une racine principale plus ou moins ramifiée et de très nombreuses racines adventives qui prennent naissance sur les nœuds de la base des tiges. Elles forment des touffes relativement épaisses et se terminent par les poils absorbants. C'est surtout dans les 15 premiers centimètres de profondeur du sol que l'on trouve le plus de racines (46%).

##### **1.1.2.2. Tige**

Ce sont des chaumes. Elle est composée d'une série de nœuds et d'entre-nœuds. Les entre-nœuds sont creux, avec une surface lisse. Chaque nœud porte une feuille et un bourgeon qui peut se transformer en talle. A partir des nœuds de la tige principale naissent d'autres tiges appelées talles secondaires qui à leur tour portent des talles tertiaires (Lacharme, 2001). Une touffe de riz comprend de 3 à 60 tiges (figure 1). Sur cet ensemble de tiges, on compte une tige principale qui donne 3 à 6 talles productives, en condition normale de culture.

### 1.1.2.3. Feuille

Elles sont alternes et sessiles, de couleur verte plus ou moins foncée. Elles se composent de deux parties :

- la gaine, qui part d'un nœud et entoure la tige jusqu'au niveau du limbe;
- le limbe, qui est long, étroit (8 à 25 mm) et plus ou moins pubescent selon les variétés.

La longueur des feuilles varie de 30 cm à 1m selon les variétés et l'ordre d'apparition sur le pied. La dernière feuille ou « feuille paniculaire » a un limbe plus court et plus large que celui des autres feuilles (figure 1). De plus, son port n'est pas retombant comme celui des autres feuilles, mais il est oblique ou horizontal. La panicule apparaît dans les 7 à 8 jours qui suivent son développement.

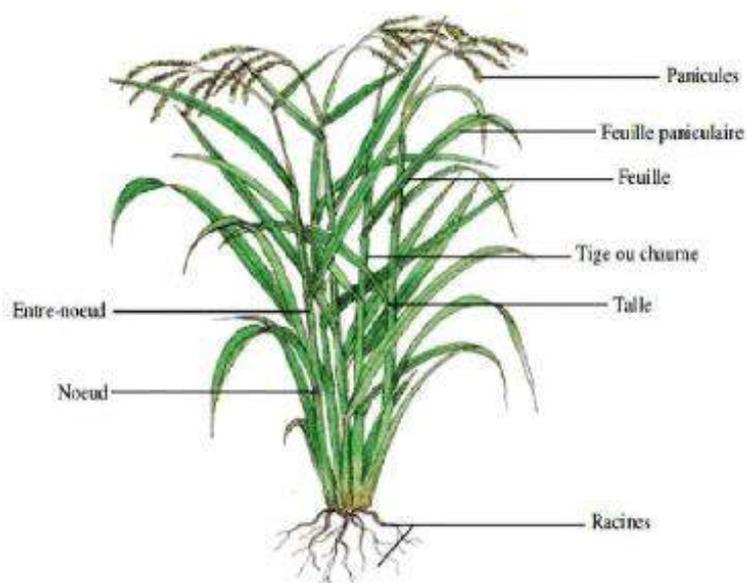


Figure 1. Morphologie générale d'un plant de riz

Source : <http://wingsandmechin.ga/help/1785gestion-des-risidus-de-culture-avec.html>

### 1.1.2.4. Inflorescence et les épillets

L'inflorescence est une panicule rameuse, dressée ou plus ou moins incurvée à maturité, de 10 à 40 cm de long (20 à 24 cm en moyenne). Elle part du nœud d'où se développe la feuille paniculaire. Elle comprend : - un pédoncule ; - un rachis : qui a plusieurs nœuds ; - des ramifications primaires qui partent des nœuds et qui sont soit isolées, soit par groupe de 2, 3 ou 4 ; - des ramifications secondaires qui prennent naissance sur les ramifications primaires et qui restent courtes. Elles portent les épillets.

### 1.1.2.5. Fruits et les grains

Les fruits forment le paddy, c'est-à-dire un ensemble constitué par le grain de riz recouvert de ses enveloppes : glumes et glumelles. Leur longueur varie de 4 à 14 mm et leur largeur de 2 à 4 mm.

Les grains sont des caryopses qui se composent de 3 parties :

- le tégument qui est constitué par un péricarpe très mince.
- l'albumen qui est constitué par un ensemble de cellules renfermant de l'amidon.
- l'embryon qui comporte une radicule surmontée d'une graine appelée coléorhize, une gemmule surmontée d'une gaine appelée coléoptile, et un axe hypocotylé très court entre les deux.

Ces caryopses ont des dimensions et une forme très variables avec les variétés et les conditions de milieu.

### 1.1.3. Cycle de développement

Le riz est une plante annuelle dont la croissance peut être divisée en trois grandes phases (figure 2) : phase végétative (de la germination à l'initiation paniculaire), phase reproductive (de l'initiation paniculaire à la floraison) et phase de maturation (de la floraison à la maturité) (Amadou, 2012).

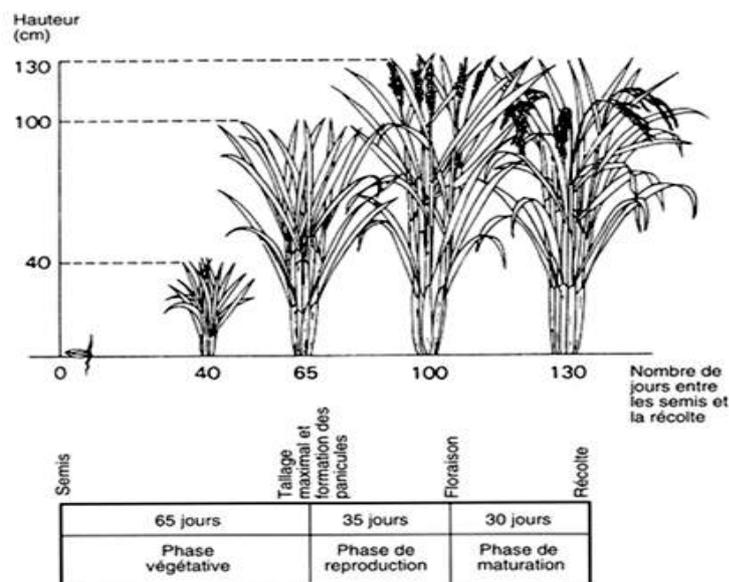


Figure 2. Cycle de développement du riz

Source : <http://wingsandmechin.ga/help/1785gestion-des-risidus-de-culture-avec.html>

#### 1.1.3.1. Phase végétative (Amadou, 2012 ; PASSIP, 2014)

La durée de la phase végétative est très variable en fonction de la variété, des conditions climatiques et des pratiques culturales. Elle est affectée chez certaines variétés par la longueur du jour (ou photopériode) et par la température (thermo période)

Elle comprend :

- le stade germination: de la germination et l'émergence de la 1<sup>ère</sup> feuille.

- le stade plantule: période allant de l'émergence jusqu'à l'apparition de la première talle.
- le stade du tallage: il commence avec l'apparition de la première talle, après que cinq feuilles environ ont poussé sur la tige principale et se poursuit jusqu'au tallage maximum. la variété à cycle long a un fort tallage par rapport à la variété à cycle court). 3 à 5 jours avant la fin du tallage s'observe l'initiation paniculaire à l'intérieur des tiges de différentes talles.
- stade de l'élongation du chaume : élongation des entre-nœuds au cours de la période allant du tallage actif à l'initiation paniculaire-montaison.

### **1.1.3.2. Phase de reproduction** (Amadou, 2012 ; Hubert, 1968)

Elle est caractérisée par la naissance de la panicule et le développement des épillets et des organes reproducteurs. Elle comprend :

- l'initiation paniculaire ou formation de l'ébauche de la panicule.
- la montaison : environ deux semaines après l'initiation paniculaire, la gaine de la feuille paniculaire commence à gonfler sous l'effet du développement de la panicule.
- l'épiaison : correspond à la sortie de la panicule hors de la gaine de la feuille paniculaire.
- la floraison ou anthèse, ouverture des épillets en partant du haut vers le bas de la panicule. Elle intervient, pour toutes les variétés, 25 jours environ après l'initiation paniculaire. Elle se termine par la pollinisation et la fécondation.

### **1.1.3.3. Phase de maturation** (PASSIP, 2014 ; Hubert, 1968)

Durant cette phase de maturation la plante traverse les stades suivants :

- stade grain laiteux : le contenu du caryopse (fraction amidon du grain) est d'abord aqueux, puis prend une consistance laiteuse. Les panicules sont toujours vertes et dressées.
- stade grain pâteux : le contenu du grain se transforme en pâte dure. La couleur des grains évolue progressivement du vert vers la couleur caractéristique de la variété (jaune paille, noire, etc.). Les panicules sont retombantes et la couleur des graines vire vers le jaune;
- stade maturité : il est atteint lorsque 85 à 90% des grains de la panicule (les 2/3) sont mûrs. Ce sont les grains de la partie supérieurs de la panicule qui mûrissent les premiers, la maturation se faisant du haut vers le bas

## 1.2. VERS BLANCS

Les larves de la super-famille des Scarabaeoidea sont communément appelées « vers blancs » ; elles concernent plusieurs familles parmi lesquelles : Cetoniidae, Dynastidea, Hopliidae, Melolonthidae, Orphnidae, Sericidae,... (Randriamanantsoa et *al.*, 2010) . Les vers blancs ont un corps mou, blanchâtre, en forme de « C ».

### 1.2.1. Classification (Randriamanantsoa et *al.*, 2010b ; Roth, 1974)

Règne	:	ANIMALIA
Embranchement	:	ARTHROPODA
Sous-embranchement	:	MANDIBULATA
Super-classe	:	HEXAPODA
Classe	:	INSECTA
Sous-classe	:	PTERYGOTA
Section	:	NEOPTERA
Super-ordre	:	COLEOPTEROIDA
Ordre	:	COLEOPTERA
Sous-ordre	:	POLYPHAGA
Super-famille	:	SCARABAEOIDEA
Famille	:	CETONIIDAE, DYNASTIDAE, MELOLONTHIDAE, SERICIDAE, ...
Noms vernaculaires	:	Sakivy, Kalafotsy, Kalabe,.....

### 1.2.2. Morphologie

- les œufs (photo 1a) sont sphériques, de couleur blanche, et pourvus d'une coque résistante.
- la larve (photo 1b) a une tête brun orangé avec de fortes mandibules de couleur foncée ; un corps mou, blanchâtre, recourbé en forme de « C » et des six longues pattes épineuses.
- la nymphe (photo 1c) a une couleur blanchâtre, de consistance molle et, sous la peau membraneuse qui l'enveloppe, on aperçoit déjà très distinctement la forme générale et les parties principales de l'adulte.
- l'adulte (photo 1d) présente tous les caractères d'un coléoptère : les ailes antérieures durcies, devenues des élytres, les bords suturaux des élytres « se juxtaposent sans se recouvrir » ; les pièces buccales généralement broyeuses, le prothorax est souvent libre par rapport au méso et métathorax qui se joignent assez étroitement à l'abdomen.



(a) Œufs



(b) Larve



(c) Nymphe



(d) Adulte

Photo 1. Morphologie générale des différents stades de développement des vers blancs  
Source : Randriamanantsoa et al, 2010b

### 1.2.3. Bio-écologie

#### 1.2.3.1. Cycle de développement

Le ver blanc est caractérisé par un cycle de développement holométabole, qui est constitué de 4 stades : œuf, larve, nymphe, adulte et le stade larvaire passe en trois stades : L1, L2, L3. Le cycle de développement des vers blancs varie d'une espèce à une autre sous l'influence des facteurs écologiques : humidité, pluviosité, climat. Ainsi, certains vers blancs ont un cycle court, annuel, alors que pour d'autres cela peut aller de deux ans ou plus pour entamer un cycle complet.

D'un point de vue général, la majorité des vers blancs dans la région tropicale a un cycle de développement annuel mais il peut y en avoir plus. En France, *Melolontha melolontha* (LINNAEUS, 1758) a un cycle évolutif qui dure 36 mois (DGAI-SDQPV, 2013).

Exemple d'espèce du ver blanc à un cycle de développement annuel: *Hoplochelus marginalis* et *Heteronychus spp* (figure 3a).

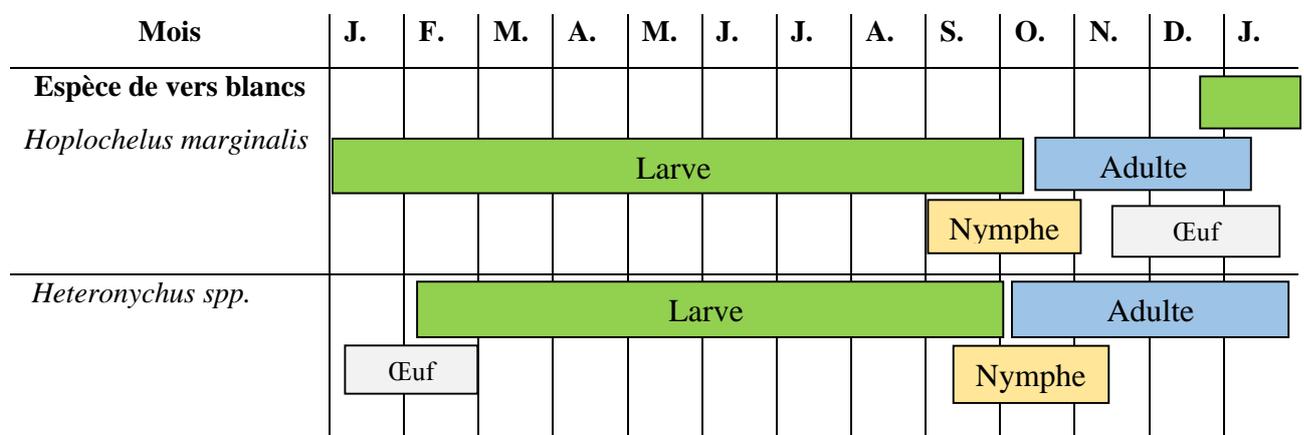


Figure 3a. Cycle de développement : *Hoplochelus marginalis* et *Heteronychus spp*.

Source : Mansuy , 2014 ; Randriamanantsoa et al, 2010a.

*Hoplochelus marginalis* est un coléoptère de la sous-famille des Melolonthinae. Son cycle biologique a une durée de 12 mois (figure 3b). Dans la majorité des cas, l'apparition des adultes coïncide avec l'arrivée des premières pluies et à la mise en place des cultures pluviales, plus particulièrement du riz pluvial (Mansuy, 2014 ; Randriamanantsoa et al, 2010a)

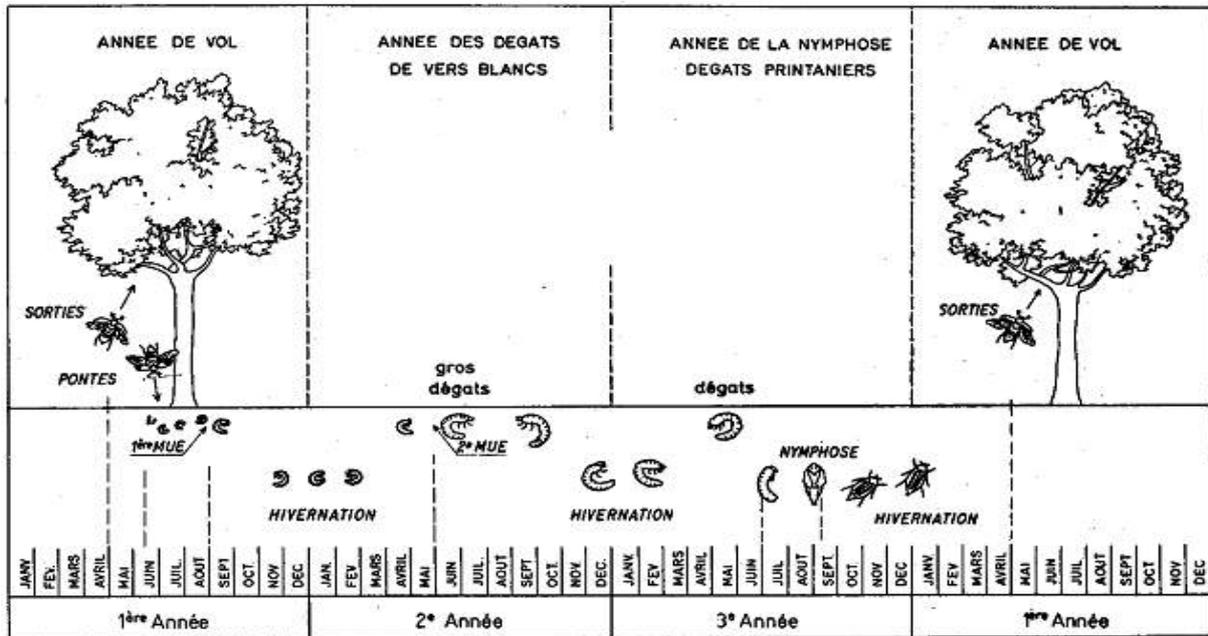


Figure 3b. Cycle de développement de *Melolontha melolontha*

Source : DGAI-SDQPV

### 1.2.3.2. Ecologie

La super-famille des Scarabaeoidea présente une grande plasticité écologique qui se manifeste également par la diversité des régimes alimentaires tant des larves que des adultes. Elle préfère les terrains argileux aux terrains sableux, les sols ferrallitiques jaunes semblent moins favorables (Randriamanantsoa et al, 2010a ; Hurpin, 1974). Selon l'espèce, les adultes vivent dans le sol pendant la journée et sortent au crépuscule, ou l'inverse, à proximité des zones racinaires du riz pluvial. Ils pondent leurs œufs dans le sol humidifié et dans environ une semaine à quinze jours selon les espèces, les nouveau-nés éclosent et commencent à se nourrir des radicelles des jeunes plantes et des jeunes plants ([www.researchgate.net/publication/305503408\\_IMPACT\\_OF\\_WHITE\\_GRUBS\\_HOLOTRICHIA\\_LONGIPENNIS\\_BLANCHARD\\_ON\\_MOST](http://www.researchgate.net/publication/305503408_IMPACT_OF_WHITE_GRUBS_HOLOTRICHIA_LONGIPENNIS_BLANCHARD_ON_MOST)). Les niveaux de population sont essentiellement déterminés par les facteurs climatiques surtout durant le stade œuf qui joue le rôle primordial.

### 1.2.3.3. Comportements alimentaires

La relation des vers blancs à la culture varie selon les espèces et le statut organique du sol : les larves d'*Apycencya sp. nov.* (Melolonthidae) se sont montrées strictement

rhizophages, et celles des Dynastidae *Heteroconus paradoxus*, rhizophages facultatives, ne s'attaquant aux racines de riz qu'en sols pauvres en matière organique. Les adultes d'*Heteronychus* spp. (*H. plebejus*, *H. bituberculatus* et *H. arator rugifrons*) s'attaquent au collet des jeunes plants. En effet, en termes de ravageur, les Dynastidae et les Melolonthidae figurent parmi les plus à redouter compte tenu des dégâts que provoquent certains de leurs représentants aux cultures. Par ailleurs, certaines espèces de vers blancs montrent une indifférence à la culture, un statut non ravageur, et parmi lesquelles : *Bricoptis variolosa* (Cetoniidae) et *Hexodon unicolor unicolor* (Dynastidae) se sont révélées être saprophages obligatoires. Cette différence comportementale est aussi observée au niveau des stades de développement, larve et adulte, chez les vers blancs. Cela est dû à leur morphologie, à leur préférence alimentaire, leur milieu de développement respectif. (Randriamanantsoa et al, 2011; 2010a).

#### ▪ **Adulte**

À l'émergence, les adultes volent à basse altitude, en rasant la végétation pour se nourrir et en suivant les lignes d'arbre (Vercambre, 2008). Cette période de vol est une phase stratégique dans le cycle de l'insecte car c'est à ce moment que les femelles opèrent un choix des lieux de ponte en fonction d'une certaine physionomie de peuplement (Gaudry, 2017). La période de vol peut être matinale ou le soir, selon les espèces, mais le plus souvent au crépuscule du soir. Lors de la maturité, la femelle se perche sur une branche ou feuille et elle lance un appel phéromonal pour attirer les mâles. Quelques heures après l'accouplement, elle se laisse tomber au sol pour pondre dans la terre proche d'une source alimentaire (Mansuy et al, 2014).

#### ▪ **Larve**

Dans les régions tropicales, il suffit parfois de deux ou trois larves pour détruire entièrement le système racinaire d'un plant de riz. Ce dégât larvaire commence à s'observer dès le stade L2 et il est accentué au stade L3. A ce stade, les larves sont extrêmement mobiles, voraces et ils s'attaquent aux racines des plantes hôtes. Au fur et à mesure que les larves consomment le système racinaire, les plantes attaquées flétrissent et dépérissent. Bien que des dégâts de cette importance soient rares dans le riz, si à la perte racinaire s'ajoute la sécheresse, les plants peuvent se flétrir (Légaré et al, 2015 ; Mansuy et al, 2014).

Les larves montent et descendent dans le sol selon les contraintes alimentaires, hydriques et thermiques. C'est pourquoi l'importance des dégâts de vers blancs est soumise en grande partie aux conditions climatiques: plus elle est sèche, moins les végétaux seront capables de résister aux déprédations provoquées par les larves au niveau du système racinaire. Ces dégâts larvaires sont souvent ponctuels et spectaculaires. Ils mettent en cause une ou

plusieurs espèces selon les situations ou les territoires (DGAI-SDQPV, 2013). Notons que la nymphe est immobile en général. Elle ne se nourrit pas, elle vit de ses réserves.

#### **1.2.4. Moyens de lutte contre les vers blancs**

La lutte contre le ver blanc est difficile car on s'aperçoit de sa présence bien souvent trop tard et les dégâts sont déjà importants, voire irréversibles pour la plante. Il faut coupler différentes méthodes pour prévenir son développement.

##### **1.2.4.1. Lutte agronomique**

- Pratique culturale : L'application du système de culture sous couverture végétale (SCV) : exemple, l'association culturale du riz avec le radis fourrager, *Raphanus sativus*, ou la crotalaire, *Crotalaria grahamiana*, s'avère intéressant pour réduire les attaques des vers blancs.
- Lutte mécanique : labours profonds avant plantation : ils ramènent les œufs et les larves à la surface du sol et sont attaqués par les fourmis ou les oiseaux.
- Choix variétal : Cas des cannes à sucre, la variété R 570 à forte régénération racinaire est moins impactée par les attaques de l'espèce de ver blanc *Hoplochelus marginalis*.
- Irrigation : une bonne irrigation permet à la plante de mieux tolérer une attaque et une meilleure reprise du développement des racines ; de plus, un sol humide et bien irrigué empêche les larves de se mouvoir correctement et donc d'atteindre les racines.

##### **1.2.4.2. Lutte biologique**

- Utilisation d'un biocide granulé contenant un organisme microbiologique antagoniste (champignon du genre *Beauveria* ou *Metarhizium*, bactérie) en traitement du sol.
- Utilisation des parasitoïdes : mouches (ex. : Tachnidae), hyménoptères, staphylins.
- Les prédateurs : carabes, oiseaux, mammifères,...
- Extraits de plantes : la plante ichtyotoxique *Mundulea sp* (Leguminosae) endémique de Madagascar à vertus insecticides sur les vers blancs a été étudiée.
- Lutte biotechnique (basée sur le comportement de l'insecte) : phéromones ou produits analogues (phénol, géraniol, anéthol...seuls ou en mélange).

##### **1.2.4.3. Lutte chimique**

La lutte chimique reste le moyen de lutte le plus employé. Elle repose sur l'utilisation d'insecticides en traitement de semences ou du sol.

(Hurpin, 1971 ; Jean-Philippe, 2015; Joyeux, 2014; Mansuy, 2014 ; Rafaraso, 2009 ; Vercambre, 2002 ; 2003).

## II. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. SITE D'ETUDE

L'étude a eu lieu dans le site expérimental d'Ivory (photo 3) du décembre 2017 à mai 2018. Situé dans la partie moyenne ouest de la région de Vakinankaratra, province de Tananarive (photo 2). Il se trouve à 115 km d'Antsirabe en suivant la route nationale 34 (RN 34).



Photo 2. Localisation du site d'expérimentation (Source : Google Earth 2018)

Les parcelles sont localisées à  $19^{\circ}33'26,96''$  de latitude Sud et  $46^{\circ}24'44,53''$  de longitude Est avec une élévation de 930 m. Le sol est de type ferrallitique sur coulée basaltique. Le climat est de type subtropical avec deux saisons : une saison sèche et froide de mai à septembre et une saison chaude et humide d'octobre à avril.

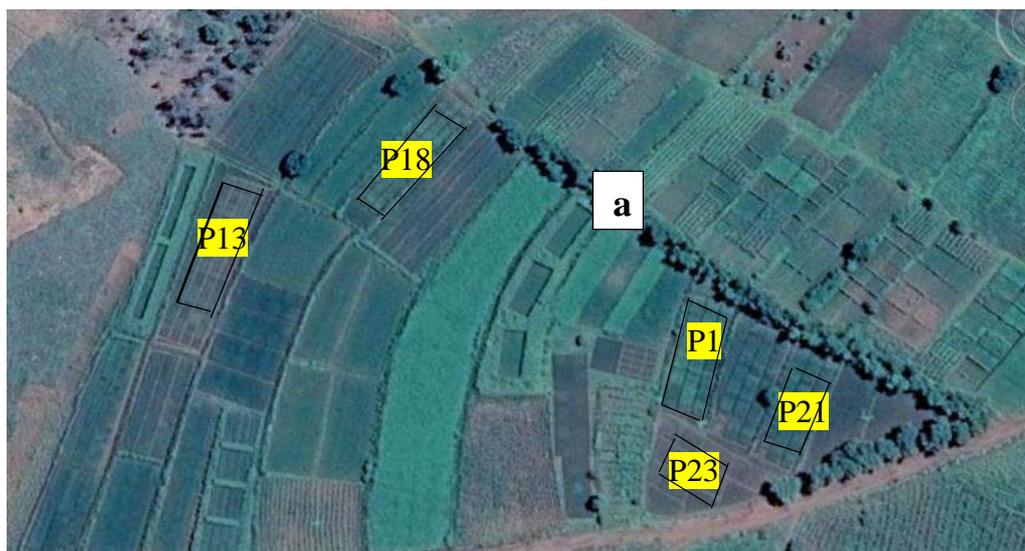


Photo 3. Localisation des parcelles d'étude (Source : Google Earth 2018)

**Légende :** a : arbres formant le long de la piste ; P : parcelle.

### 2.1.1. Données météorologiques

Les figures suivant (figure 4 et 5) présentent les données météorologiques enregistrées à Ivory depuis 2015.

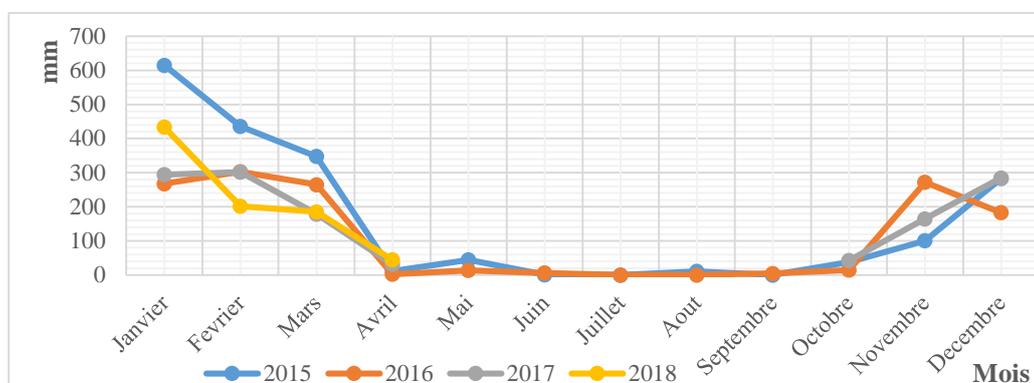


Figure 4. Données pluviométriques de la zone d'étude

Source : CIRAD

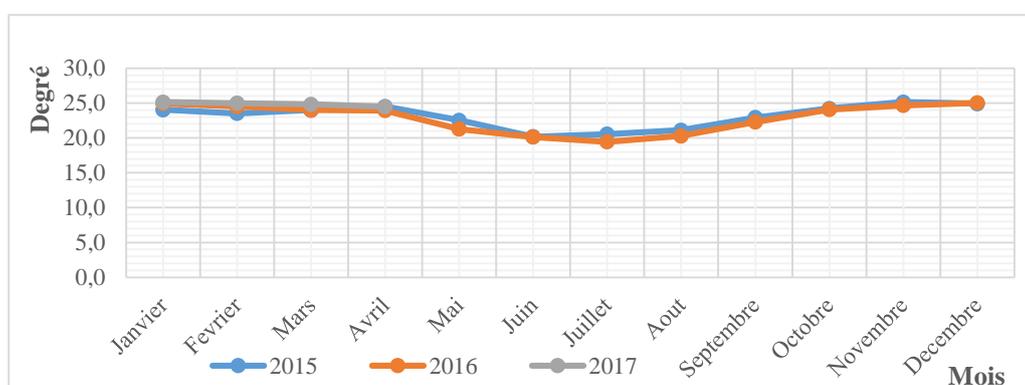


Figure 5. Données sur la température de la zone d'étude

Source : CIRAD

En général, de 2015 à 2018, la tendance pluviométrique annuelle dans la zone d'étude reste la même. La précipitation débute vers la fin d'octobre avec une quantité moyenne  $\approx 38$  mm et se termine vers le mois de juin avec une quantité moyenne  $\approx 4$  mm. Elle est supérieure à 100 mm dès le mois de novembre jusqu'au mois de mars. Quant à la température mensuelle, elle varie de  $23 \pm 3^\circ\text{C}$ .

### 2.1.2. Parcelles d'étude

L'étude est réalisée sur les parcelles d'expérimentation du programme sélection variétale du riz pluvial du FOFIFA-CIRAD. Les pesticides sont nécessaires pour contrôler les bioagresseurs de la culture, selon le protocole des sélectionneurs. C'est pourquoi, les parcelles ont été traitées avec :

- INSECTOR T 45, produit pour traitement de semences à base d'Imidaclopride 350g/kg et Thirame 100g/Kg. Il agit comme insecticide, mais aussi protège les semences contre les maladies.

- FURADAN 5G / GENERAL 5G pour traitement de sol, à base de Carbosulfan 50g/Kg, utilisé contre les insectes terricoles. (dose: 25 kg/Ha).

L'INSECTOR T 45 est mélangé avec les semences, tandis que le GENERAL 5G n'est appliqué que sur les poquets attaqués donc de manière localisée (tableau 1).

Tableau 1. Dates du traitement des parcelles respectives avec le GENERAL 5G.

Parcelles	Date de semis	Date du traitement	Stade du riz
P1	25/11/17	12/12/17	Plantule
P13	23/11/17	11/12/17	
P18	24/11/17	12/12/17	
P21	22/11/17	05/12/17	
P23	21/11/17	05/12/17	

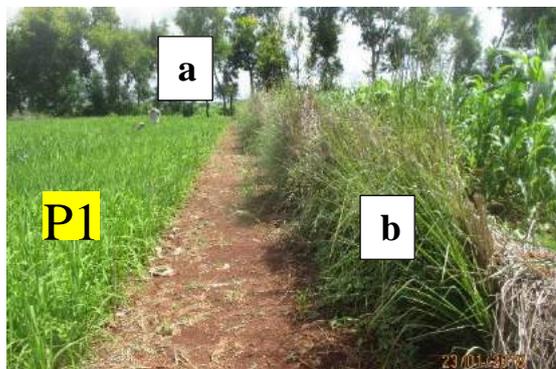
Durant l'étude, cinq parcelles sont observées (tableau 2) dont trois parcelles de la collection testée ou CT (P1, P13, P18) et deux parcelles de l'essai variétal ou EV (P21, P23) [annexe 4] :

Tableau 2. Caractéristiques des parcelles CT et EV

Les parcelles des collections testées ou CT		CT SCV avec des résidus de mucuna + 150 kg NPK/Ha, 80 kg d'Urée/Ha		CT FU, 5T/Ha du fumier de parc	
<b>Parcelles</b>		P1	P18	P13	
<b>Répétitions</b>		2	1	1	2
<b>Variétés</b>	<b>Codées</b>	49	49	49	
	<b>Connues</b>	2	2	2	
<b>Parcelles</b>	<b>L (m)</b>	3,2	3,2	3,4	
	<b>l (m)</b>	1,8	1,6	1,6	
<b>NPE</b>	<b>Variétés codées</b>	49	49	49	49
	<b>Variétés connues</b>	22	20	18	18
<b>NPPE</b>		144	128	136	
Les parcelles d'évaluation variétale ou EV		EV FM 5 T/Ha du fumier de parc, 150 kg NPK/Ha, 80 kg d'Urée/Ha		EV FU, 5T/Ha du fumier de parc	
<b>Parcelles</b>		P21		P23	
<b>Répétitions</b>		4		4	
<b>Variétés codées</b>		7		7	
<b>Parcelles</b>	<b>L (m)</b>	7,2		8,2	
	<b>l (m)</b>	1,8		1,6	
<b>NPE</b>		28		28	
<b>NPPE</b>		328		324	

CT SCV : collection testée traitée en système de culture sur couverture végétale ; CT FU : collection testée traitée avec du fumier unique ; EV FM : essai variétal traité avec des amendements minéraux et du fumier; EV FU : essai variétal traité avec du fumier unique ; NPE : Nombre des parcelles élémentaires ; NPPE : Nombre des poquets dans une parcelle élémentaire ; L : longueur ; l : largeur ; P : parcelle.

Notons que toutes les parcelles sont entourées par des haies vives (photo 4), constitué par le vétiver ou *Chrysopogon zizanioides*. Elles servent de brise-vent pour les cultures. C'est une plante herbacée, vivace, appartenant à la famille des graminées qui peut atteindre de 2 m de hauteur, avec des racines à caractère spongieuse pouvant aller à 4 m de profondeur et à 2 m d'envergure. De ce fait, la plante a la capacité de puiser et retenir l'eau du basfond.



**Légende :**

- a : haie vive formé par les arbres tout au long de la piste ;
- b : haie vive formé par le vétiver (*Chrysopogon zizanioides*), formant les bordures des parcelles ;
- P : parcelle.

Photo 4. Haies vives sur les parcelles

## 2.2. METHODE D'OBSERVATION SUR TERRAIN

Elle consiste à identifier toutes les espèces des vers blancs présentes et compter le nombre des poquets de riz attaqué en les regroupant suivant le mode cultural, le niveau du dégât et selon le cycle phénologique du riz pluvial.

### 2.2.1. Méthode de comptage d'attaques

Le comptage est effectué sur chaque parcelle élémentaire à l'intérieur d'un périmètre de comptage (figure 6). La délimitation du périmètre de comptage se fait comme suit :

- les parcelles P1, P13, P18 : les deux lignes des poquets de riz sur les quatre côtés sont ignorées. Les poquets restants sont encadrés à l'intérieur du périmètre de comptage.
- parcelles P21: les deux lignes des poquets de bordure sur les longueurs et les douze lignes des poquets de bordure sur les largeurs de chaque parcelle élémentaire sont ignorées. Les poquets restants sont encadrés à l'intérieur du périmètre de comptage.
- parcelles P23 : les deux lignes des poquets de riz de bordure sur les longueurs et les quatorze lignes des poquets de bordure sur les largeurs de chaque parcelle élémentaire sont ignorées. Les poquets restants sont encadrés à l'intérieur du périmètre de comptage.

Il est important de délimiter le périmètre de comptage afin de minimiser tous les effets de bordures : les actions des passants, les produits chimiques...

### 2.2.1.1. Périmètre de comptage

La figure 6 montre un exemple d'un périmètre de comptage.

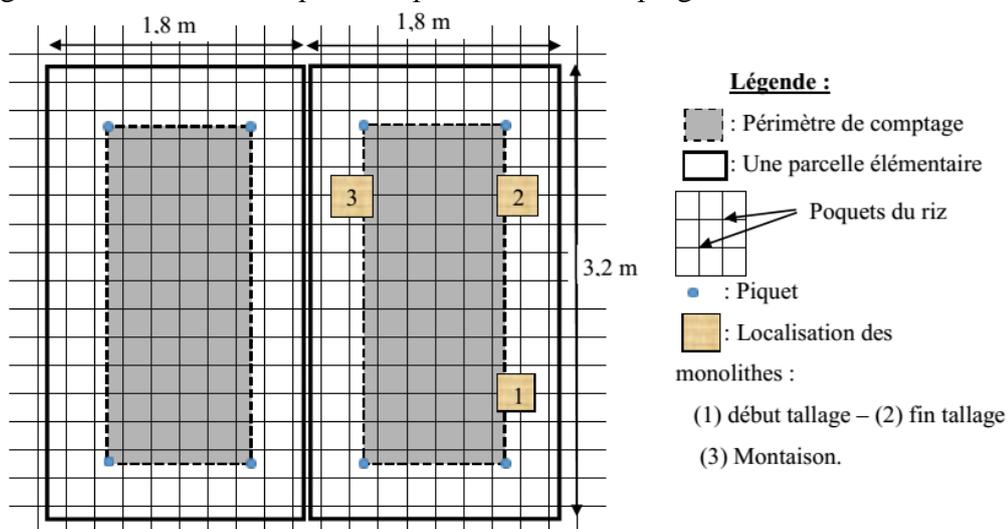


Figure 6. Périmètre de comptage : parcelle P1

Sur cet exemple, seuls les poquets qui se trouvent à l'intérieur sont à observer. Dans ce cas, pour la parcelle P1, il y a 60 poquets à observer par parcelle élémentaire. (Annexe 5 pour les autres parcelles)

### 2.2.1.2. Méthode de notation des attaques des larves des vers blancs rhizophages sur les poquets de riz pluvial

La photo 5 montre l'attaque des larves rhizophages sur les plants de riz pluvial. L'attaque racinaire d'un plant de riz se traduit par l'enroulement et le jaunissement des feuilles, entraînant la mort du jeune plant.

Concernant la notation d'attaque (tableau 2), elle est évaluée à partir du nombre du plant germé par poquet et est classée par niveau d'attaque : faiblement, moyennement, fortement, complètement (voir annexe 3 pour le fiche de comptage).

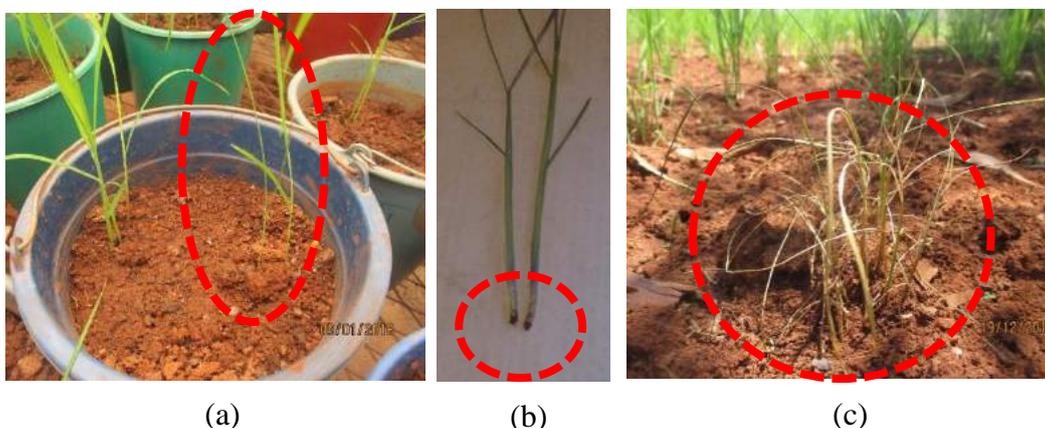


Photo 5. Plants de riz pluvial attaqués par des larves rhizophages : (a) initiation d'attaque sur les plants ; (b) deux plants de riz pluvial attaqués au niveau racinaire; (c) un poquet de riz attaqué complètement.

Tableau 3. Méthode de notation d'attaque

Situation normale	Plant de riz	Plant de riz attaqué	Notation des dégâts du ver blanc sur les poquets
1 Poquet à 4 plants de riz	4/4	0	Sain
		1/4	Faiblement attaqué
		2/4	Moyennement attaqué
		3/4	Fortement attaqué
		4/4	Complètement attaqué
	3/4	0	Sain
		1/3	Faiblement attaqué
		2/3	Fortement attaqué
		3/3	Complètement attaqué
	2/4	0	Sain
		1/2	Moyennement attaqué
		2/2	Complètement attaqué
	1/4	0	Sain
		1/1	Complètement attaqué
	0/4	0	Manquant

### 2.2.2. Méthode d'échantillonnage

Afin d'échantillonner les vers blancs rhizophage présents dans les parcelles d'étude, on a utilisé une méthode dérivée de la méthode Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF): le monolithe, qui consiste à faire un prélèvement de 0,25 m × 0,25 m de surface et de 0,30 m de profondeur. Le tableau 4 présente le nombre d'échantillonnage effectué sur chaque parcelles.

Tableau 4. Nombre d'échantillonnage effectué sur chaque parcelle

Stade phénologique de riz pluvial	Début tallage	Fin tallage	Montaison	Début tallage	Fin tallage	Montaison	Début tallage	Fin tallage	Montaison	Début tallage	Fin tallage	Montaison	Début tallage	Fin tallage	Montaison	
	Modes culturaux	CT SCV avec des résidus de mucuna						CT FU			EV FM			EV FU		
Amendement	150 kg NPK/Ha, 80 kg d'Urée/Ha						Fumier 5T/Ha			Fumier 5T/Ha, 150 kg NPK/Ha, 80 kg d'Urée/Ha			Fumier 5T/Ha			
Parcelles	P1		P18		P13		P21		P23							
Variétés pour l'échantillonnage	Nerica 4	B22	Nerica 4	B22	Nerica 4	B22	codées		codées							
Nombre d'échantillonnage	6	6	6	6	12	12	7, seulement sur les 7 variétés dans la rép. 1		7, seulement sur les 7 variétés dans la rép. 1							

rép. : répétition

Durant l'étude, trois prélèvements sont réalisés et cela en fonction du stade phénologique du riz : début tallage, fin tallage et montaison. Ils sont effectués sur chaque parcelle élémentaire à des localités différentes et selon le stade de riz pluvial (Figure. 6).

Les larves de vers blancs ainsi collectés sont conservées dans des piluliers différents et sont identifiés au laboratoire.

### **2.2.3. Collecte des larves d'*Enaria melanictera***

Les larves d'*Enaria melanictera* sont collectées aux alentours des parcelles. Les larves collectées sont élevées au laboratoire et sont utilisées lors de l'expérimentation en mésocosme sous-serre.

## **2.3. EXPERIMENTATIONS**

L'expérimentation est réalisé dans deux milieux différents : sous-serre et au laboratoire. Durant cette expérimentation, à cause de l'absence de l'hygromètre, le contrôle d'humidité à l'intérieur du mésocosme est effectué par le toucher.

Il consiste à enfoncer un doigt dans le sol du seau (mésocosme) et puis le retirer :

- si de la boue adhère au doigt, le sol est trop mouillé ;
- s'il est recouvert par des poussières, le sol est trop sec ;
- si toutefois la boue se colle au doigt et est moins adhérente, le contenu du seau est dans un bon degré d'humidité.

### **2.3.1. Expérimentation sous-serre**

L'expérimentation sous-serre permet d'observer l'intensité des agressions des larves de stade L3 de l'espèce du ver blanc *Enaria melanictera*, et selon ses densités, sur quelques variétés du riz pluvial. L'expérimentation est réalisée dans des mésocosmes.

#### **2.3.1.1. Matériel animal : *Enaria melanictera* (Klug 1933)**

L'espèce du ver blanc *Enaria melanictera* (photo 6) est utilisée car cette espèce a été identifiée sous les poquets de riz pluvial attaqués lors de la première descente à Ivory le 11 décembre 2017.



Début L3



L3 avant nymphose



Nymphe



Adulte

Photo 6. Larve L3, nymphe, adulte d'*Enaria melanictera*

source : Randriamanantsoa, 2010b

Position systématique d'*Enaria melanictera* (Klug 1833) (Randriamanantsoa et *al.*, 2010b ; Roth, 1974)

Règne	:	ANIMALIA
Embranchement	:	ARTHROPODA
Sous-embranchement	:	MANDIBULATA
Super-classe	:	HEXAPODA
Classe	:	INSECTA
Sous-classe	:	PTERYGOTA
Section	:	NEOPTERA
Super-ordre	:	COLEOPTEROIDA
Ordre	:	COLEOPTERA
Sous-ordre	:	POLYPHAGA
Super-famille	:	SCARABAEOIDEA
Famille	:	MELOLONTHIDAE
Genre	:	<i>Enaria</i>
Espèce	:	<i>melanictera</i>

Historiquement, le genre *Enaria* est nommé par Erichson en 1847 avec une courte description mais sans indication d'espèce. Blanchard (1851) en complète la description et y inclut une espèce : *Melolontha melanictera* Klug (1833). Burmeister (1855) cite deux espèces : *Enaria melanictera* et *Melolontha conspurcata* Klug, espèce qu'il n'a pas vue mais qui lui semble appartenir à ce genre (<http://hannetons.free.fr/page320.html>).

Quant à sa localisation à Madagascar (Lacroix, 2014):

- à Sambirano : Est d'Ambanja, Nord de Beangona Ambevy, vallée d'Antremabe, 400 m.
- à l'Est : Maroantsetra, environs de Maroantsetra, Ambodivoangy, Navana, Ankalampona, 130 m ; route de Navana, Fampanambo, 25 m ; route de Mananara,

Voloina, Sud de Mananara, Antanambe, Sahafanjana, forêt de Manambato, Ile Sainte-Marie, Antanandava, Saonambo, Nord-ouest de Tamatave, Mangabe, Route de Tamatave, entre Beforona et Ampasimbe, 540 m ; Périnet., Route d'Anosibe, Sandrangato, 13 km au Nord-ouest de Manakara, Nord-ouest de Fort-Dauphin, Sakavondro, forêt d'Isaka, 225 m ; – Fort-Dauphin.

- au centre : Tsaratanana – Tananarive; parc de Tsimbazaza, 1200 m – Sud d'Ambalavao, Makaindro, près d'Antanifotsy, 1400 m.
- à l'Ouest : Ankarafantsika, Ampijoroa, 170 m – Antsalova, Andobo, forêt de l'Antsingy, 190 m.

Concernant la méthode d'identification de l'espèce *E. melanictera*, comme toutes les larves de ver blanc, l'identification est effectuée par l'observation de l'extrémité postérieure de la partie ventrale (photo 7). Pour l'espèce *E. melanictera* : la fente anale est en forme de « Y » bordée de courtes soies. Le Palidia en « V » inversé, formé de 10 à 12 soies épineuses, plus longues vers l'apex. Le teges formé de 4 rangées de courtes et fortes soies sclérifiées, aplaties et incurvées. La barbula avec de nombreuses et denses longues soies. (Annexe 1)

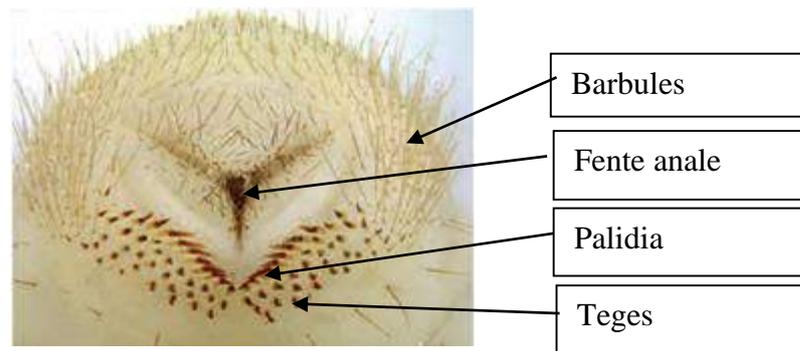


Photo 7. Raster d'*Enaria melanictera*, source : Randriamanantsoa, 2010b.

### 2.3.1.2. Matériels végétaux : Nerica 4, Nerica 10, B22

Afin d'observer le comportement d'*Enaria melanictera* sur le riz pluvial, trois variétés connues du riz pluvial sont utilisées lors de l'expérimentation sous-serre dans les mésocosmes : Nerica 4, Nerica 10, B22 (tableau 5). Ces trois variétés sont parmi les plus cultivées dans la région de moyen ouest de Vakinankaratra.

Tableau 5. Variétés de riz pluvial utilisées dans les mésocosmes

Caractéristiques	Nerica 4	Nerica 10	B22
Cycle semi- maturation	116 jours (moyenne à 900 m d'altitude).	93 jours	120 jours
Aire de culture	Basse et moyenne altitude (< 1300 m)	Basse et moyenne altitude (< 1300 m)	Basse et moyenne altitude (700 à 1200 m)
Vocation culturale	pluviale	pluviale	pluviale
Rendement moyen	5,2 T/Ha	6 T/Ha	5,0 T/Ha

Source : catalogue FOFIFA,

### 2.3.1.3. Méthode d'observation des mésocosmes

Le dispositif expérimental est constitué par :

- seaux en plastique de 5 litres : en total 78 seaux dont 72 sont utilisés pour les expérimentations et 6 comme témoins.
- trois variétés de riz pluvial: Nerica 4, Nerica 10, B22. Notons que les variétés Nerica 4 et B22 sont cultivées comme variétés connues sur terrain à Ivory.
- l'espèce du ver blanc utilisé : *Enaria melanictera*.
- fertilisation : fumier de parc séché (dose : 7T/Ha)

Les seaux sont disposés en deux (2) blocs de 36 seaux dont chaque bloc est formé par quatre (4) répétitions (figure 7). Une répétition est constituée de neuf (9) seaux avec 3 seaux par variété de riz pluvial. Ces neufs seaux sont arrangés de manière systématique afin d'éviter la succession d'une même variété.

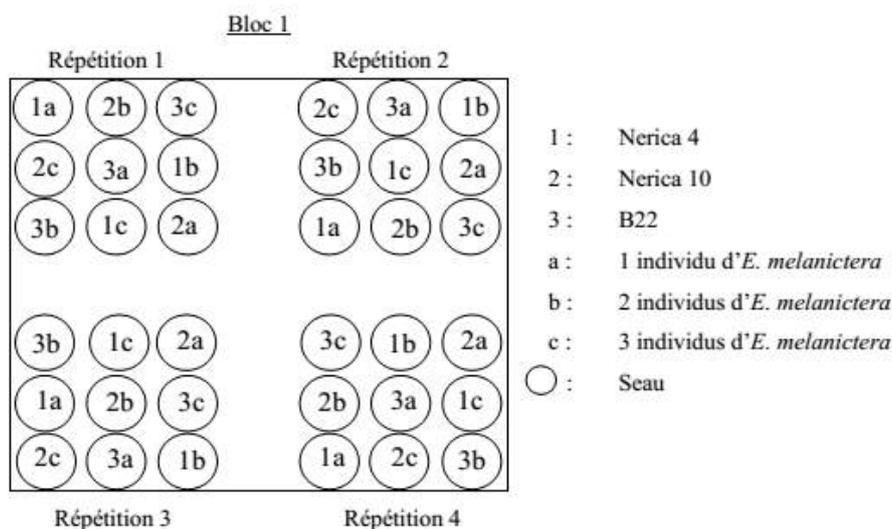


Figure 7. Disposition des mésocosmes dans la serre

## Conduite d'expérimentation

D'abord, le sol est stérilisé préalablement. Chaque seau est percé sur le fond pour permettre le passage d'eau lors de l'arrosage. Ces seaux sont remplis d'un mélange de 2 kg du sol et 250 g du fumier de parc broyé aux 2/3 de leurs volumes. Après arrosage, les seaux sont installés à l'intérieur de la serre et sont laissés au repos.

Après 2 jours, huit (8) grains sont semés dans chaque seau, 1 à 2 cm de profondeur, en formant un carré de 4 poquets avec 2 grains par poquet (photo 8). Deux semaines après levée, le démariage est effectué: il s'agit d'enlever 2 poquets en suivant le diagonal (photo 9). Après une mise en repos d'une journée, l'espèce du ver blanc *Enaria melanictera* est introduite. Six (6) larves par variété sont infestées pour chaque répétition dont : chaque variété, pour ces trois seaux, est infestée respectivement de 1 à 3 larves par seau.



Photo 8. Disposition des huit plants de riz



Photo 9. Disposition des deux poquets de riz

Le suivi consiste à vérifier l'état des mésocosmes et les entretenir :

- un arrosage, avec 0,15 litre d'eau tous les 2 jours, est effectué afin de maintenir l'humidité à l'intérieur du seau et le développement du plant de riz. L'humidité est vérifiée tous les jours par le toucher.
- la notation des observations est effectuée tous les deux jours et porte sur le nombre des plants attaqués, le nombre de talle et la hauteur du plant de riz.

### 2.3.2. Au laboratoire

#### 2.3.2.1. Identification et élevage des vers blancs collectés

Tous les vers blancs prélevés sur les parcelles sont identifiés à l'aide d'une loupe binoculaire et d'une clé de détermination des espèces des vers blancs. Seules les larves d'*Enaria melanictera* sont élevées au laboratoire car elles sont utilisées comme matériel animal dans l'élevage au laboratoire et l'expérimentation sous-serre. Cet élevage était fait pour fournir des informations sur la durée du cycle partiel de développement d'*E. melanictera*.

Concernant l'élevage:

- les œufs, les larves de stade L1 et L2 collectés lors de l'échantillonnage sont élevés individuellement dans des boîtes cylindriques, de 5,5 cm de diamètre par 6 cm de hauteur, et sont placés à l'intérieur d'une étuve dont la température est maintenue à 25°C.
- les larves de stade L3 sont élevées dans des cuvettes, de 30 cm de côté par 12 cm de hauteur, avec une densité de 25 larves par cuvette.

Les larves de stade L1 sont alimentées uniquement par du fumier de bovin, tandis que les stades L2 sont alimentés avec un peu de racine du riz mélangé avec du fumier de bovin. Les larves de stade L3 sont élevées avec des racines du riz.

Le contrôle est effectué tous les jours car l'humidité et l'alimentation sont des facteurs limitant : un milieu trop sec ou trop humide est défavorable pour la survie de larve. Le milieu d'élevage est renouvelé tous les 2 jours.

#### **2.3.2.2. Expérimentation sur la survie des larves d'*E. melanictera***

Pour mettre en évidence l'importance des racines de riz pour la survie des larves d'*Enaria melanictera* de stade L3, vingt (20) larves ont été élevées dans une cuvette contenant un mélange du sol à texture ferrallitique et du fumier de ferme qui sont stérilisés préalablement (photo 10).

L'objectif est de vérifier la durée de survie des larves dans un milieu contenant des matières organiques mais sans les racines de riz. Le contrôle de l'humidité est effectué tous les jours, l'observation tous les deux jours, la mensuration sur 10 larves prises au hasard tous les 4 jours.



Photo 10. Elevage des larves L3 d'*Enaria melanictera*.

### Méthode de mensuration

La mensuration a été effectuée sur la partie dorsale (figure 8) : allant de la partie apicale du capsule céphalique jusqu'à la partie postérieure de l'abdomen.

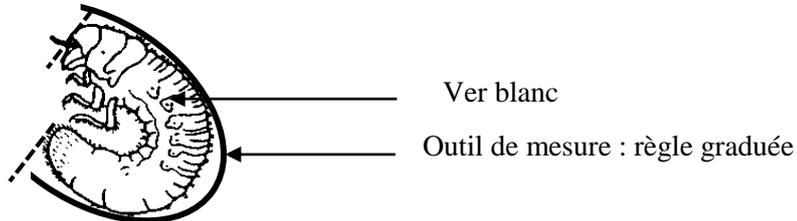


Figure 8. Méthode de mensuration des larves de ver blanc

### 2.4. ANALYSE STATISTIQUE (Rakotomalala, 2008)

Le logiciel Statistical Package for the Social Sciences ou SPSS a été utilisé pour l'analyse statistique des données afin d'appuyer la prise de décision sur les observations.

L'application d'un test statistique est basés sur la distribution des données autour de la moyenne c'est-à-dire si la distribution est normale, alors les données sont testées avec les tests paramétriques (t-Student, ANOVA, Pearson, ...). Quand la distribution est anormale, alors les différences significatives et les corrélations existantes sont testées par les tests non paramétriques (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, Spearman,...).

Durant l'étude, plusieurs tests ont été utilisés pour l'analyse des données.

#### ➤ Le test U de Mann-Whitney

Le test U de Mann-Whitney est un test non-paramétrique. Il permet de comparer la distribution de 2 échantillons indépendants qui peuvent être différents. Il est l'équivalent du test paramétrique le test de Student (t-test).

Il s'agit pratiquement de comparer les rangs moyens ou la somme des rangs des 2 groupes ou échantillons indépendants.

On a utilisé ce test pour analysés les dégâts entre les parcelles CT SCV - CT FU et EV FU - EV FM.

#### ➤ Le test de Kruskal-Wallis

Ce test est l'équivalent non paramétrique du test ANOVA. Il est utilisé pour tester les différences significatives entre les médianes de plus de deux groupes. Ce test n'utilise pas les valeurs brutes, mais range ceci par ordre croissant et utilise le numéro du rang dans l'analyse.

Les prédictions proposent que les médianes soient hétérogènes, c'est-à-dire qu'elles ne soient pas toutes pareilles.

On a utilisé ce test pour analyser:

- l'évolution du nombre des poquets attaqués en fonction du nombre de larve d'*Enaria melanictera* infestée ;
- le nombre de poquets attaqués en fonction des variétés de riz pluvial.

➤ **Test de Wilcoxon signé**

Ce test est équivalent non paramétrique du test de Student pour échantillons appariés. Il permet ainsi de comparer deux échantillons appariés.

On a utilisé ce test pour analyser les dégâts entre le stade début et fin tallage de riz pluvial.

Pour chaque test statistique, la variation est significative quand la valeur de la probabilité  $p$  est inférieure à 0,05 ( $p < 0,05$ ) et elle est non significative quand la valeur de  $p$  est supérieure à 0,05 ( $p > 0,05$ ).

### III. RESULTATS

#### 3.1. RESULTATS DES OBSERVATIONS SUR TERRAIN

Dans cette partie, nous allons présenter tous les résultats liés aux activités sur terrain : les données brutes et les données obtenues à partir d'une analyse statistique.

##### 3.1.1. Vers blancs collectés et leur densité respective :

Durant cette étude, quatre (4) espèces de vers blancs ont été recensées sur terrain (tableau 6) : *Enaria melanictera* (Melolonthidae), *Euryomia argentea* (Cetoniidae), *Heteroconus paradoxus* (Dynastidae) et une espèce de la famille Sericidae codifiée *SpS1b* (non encore identifiée). Notons que les œufs collectés ne sont identifiables qu'après éclosion.

Tableau 6. Stade et le nombre (entre parenthèse) des vers blancs collectés

Stade phénologique du riz		Début tallage	Fin Tallage	Montaison
Espèces	Parcelle	19 – 20 / 12 / 2017	23– 24 / 01 / 2018	20 – 21 / 02 / 2018
<i>Enaria melanictera</i>	P1	L3 (4)	Adulte (1)	L1 (1) ; Adulte (1)
	P13	L3 (1)	Adulte (1)	-
	P18	L3 (5)	-	Œuf(3),L1(1),Adulte(1)
	P21	L3 (4)	Adulte (1)	-
	P23	L3 (1)	-	Œuf(1), L1(1),
<i>Heteroconus paradoxus</i>	P1	Adulte (4)	Adulte (4)	Œuf(3) L1(1) Adulte(2)
	P13	-	Œuf (1)	-
	P18	Adulte (7)	Adulte (2)	Œuf (1) ; Adulte (2)
	P21	-	-	-
	P23	-	-	-
<i>Euryomia argentea</i>	P1	L3 (5)	L3 (3)	Adulte (1)
	P13	L3 (1)	-	-
	P18	L3 (2)	-	-
	P21	-	-	-
	P23	-	-	-
<i>SpS1b</i>	P1	-	L1 (1) ; L2 (1)	-
	P13	-	L1 (4) ; L2 (1)	-
	P18	-	-	-
	P21	-	-	-
	P23	-	-	-

Légende : Stade (nombre)

Les larves de troisième stade (L3) de l'espèce *Enaria melanictera* sont présentes dans toutes les parcelles durant le stade début tallage du riz pluvial. Elles sont abondantes dans les parcelles en SCV : P1, P18 et la parcelle d'EV FM : P21.

La densité respective des espèces collectées est représentée sur le tableau suivant qui montre le nombre d'individus par m<sup>2</sup> des larves dans chaque parcelle selon le stade phénologique du riz (tableau 7). La densité est ainsi : obtenue à partir du nombre de larves collectées et selon l'espèce.

Tableau 7. Densité des larves des vers blancs

Stade du riz	Parcelles	<i>Enaria melanictera</i>	<i>Euryomia argentea</i>	<i>Heteroconus paradoxus</i>	<i>SpS1b</i>
Début tallage	P1	5	7	-	-
	P13	2	2	-	-
	P18	7	3	-	-
	P21	5	-	-	-
	P23	2	-	-	-
Fin tallage	P1	-	4	-	3
	P13	-	-	-	7
	P18	-	-	-	-
	P21	-	-	-	-
	P23	-	-	-	-
Montaison	P1	2	-	2	-
	P13	-	-	-	-
	P18	2	-	-	-
	P21	-	-	-	-
	P23	2	-	-	-

### 3.1.2. Comptage des attaques d'*Enaria melanictera* selon le mode cultural de riz pluvial

Durant l'étude, cinq (5) comptages ont été effectués suivant le stade phénologique du riz pluvial. Chaque comptage a été réalisé dans le périmètre de comptage qui a été délimité préalablement. Le tableau suivant (tableau 6) montre le nombre de poquets observés dans chaque périmètre de comptage selon les parcelles respectives.

Tableau 8. Nombre de poquets dans le périmètre de comptage

Traitements	Parcelles	Répétitions	Type de la Variété	Nom de la variété	N	T poquet
CT SCV	P1	1	Codées	49	60	2940
			Connues	Nerica 4		660
				B22		660
	P18	1	Codées	49	48	2352
			Connues	Nerica 4		480
				B22		480
CT FU	P13	2	Codées	49	52	2548
			Connues	Nerica 4		468
				B22		468
EV FM	P21	4	Codées	7 variétés	60	1680
EV FU	P23	4	Codées	7 variétés	52	1456

CT SCV : collection testée traitée en système de culture sur couverture végétale ; CT FU : collection testée traitée avec du fumier unique ; EV FM : essai variétal traité avec des amendements minéraux et du fumier ; EV FU : essai variétal traité avec du fumier unique ; N : nombre de poquets dans un périmètre de comptage ; T : nombre total de poquets dans les périmètres de comptage pour les 49 variétés.

Les figures suivantes (figure 9, 10, 11, 12, 13, 14) présentent respectivement les résultats obtenus lors du comptage d'attaque effectué sur les 49 variétés codées et les 2 variétés connues du riz pluvial pour les parcelles en CT SCV, CT FU et les 7 variétés codées pour les parcelles EV FM, EV FU. Elles montrent le pourcentage moyen du nombre de poquets attaqués par parcelle élémentaire dans chaque mode cultural.

Le nombre du poquet à l'intérieur du périmètre de comptage devrait être uniformisé à 60 poquets pour chaque parcelle mais les parcelles ont été élaborées par les sélectionneurs du CIRAD et ont un périmètre différent. Néanmoins le pourcentage d'attaque ne se trouve pas affectés.

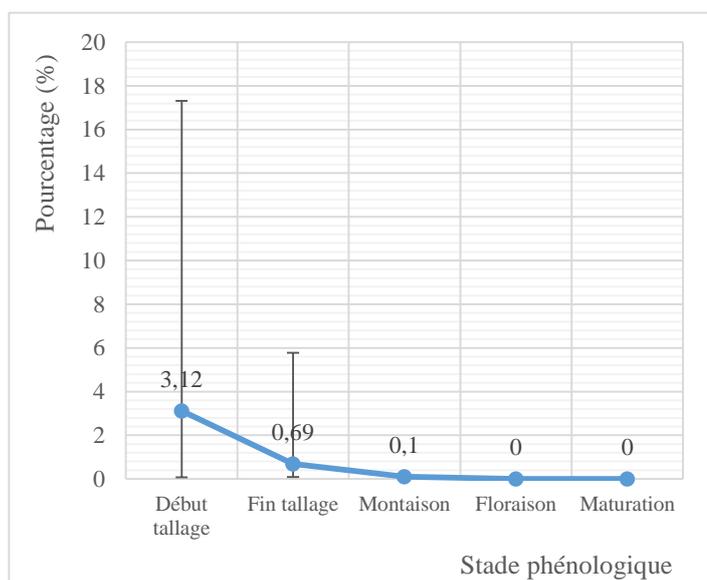


Figure 9. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 49 variétés codées du CT FU

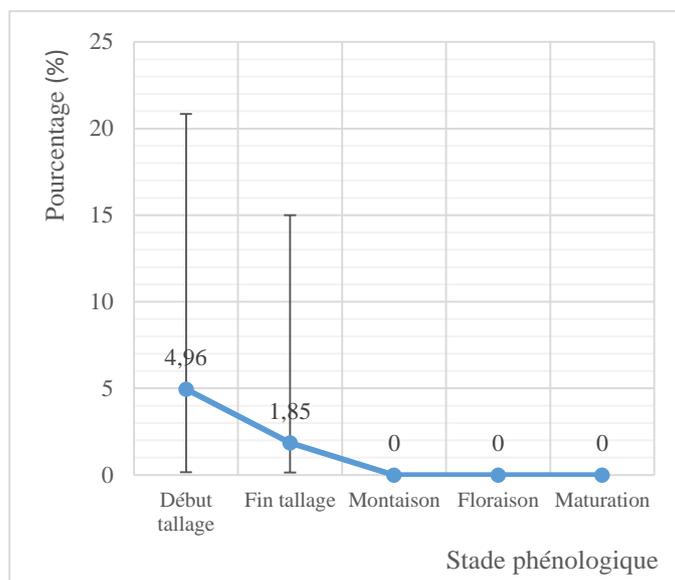


Figure 10. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 49 variétés codées du CT SCV

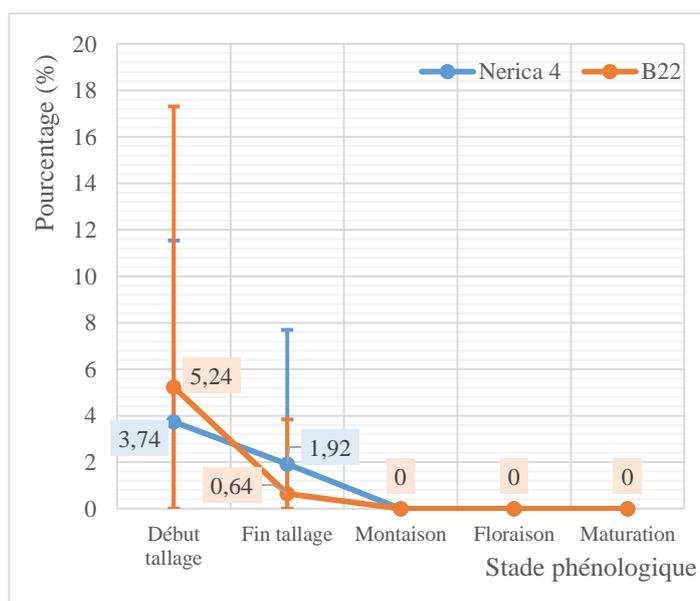


Figure 11. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 2 variétés connues du CT FU.

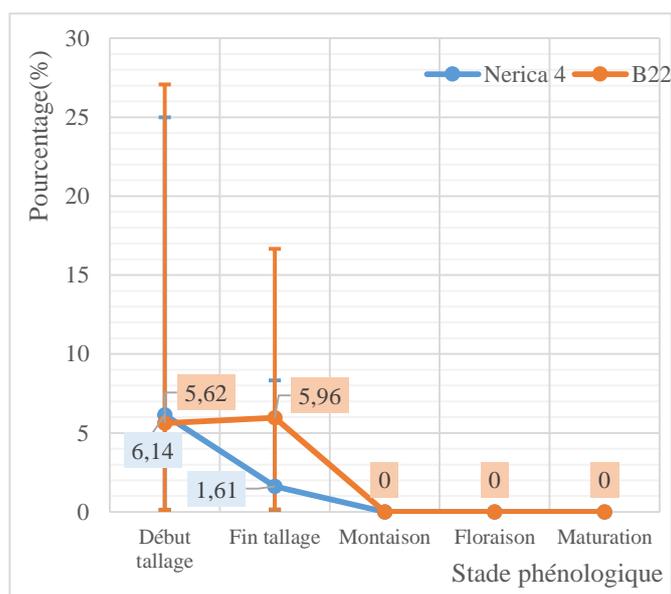


Figure 12. Pourcentage moyen des poquets attaqués sur les 2 variétés connues du CT SCV

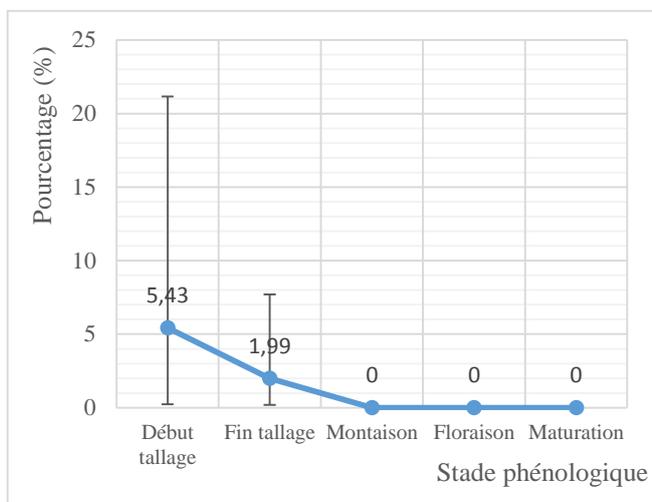


Figure 13. Pourcentage moyen des poquets atteints sur les 7 variétés codées du EV FU

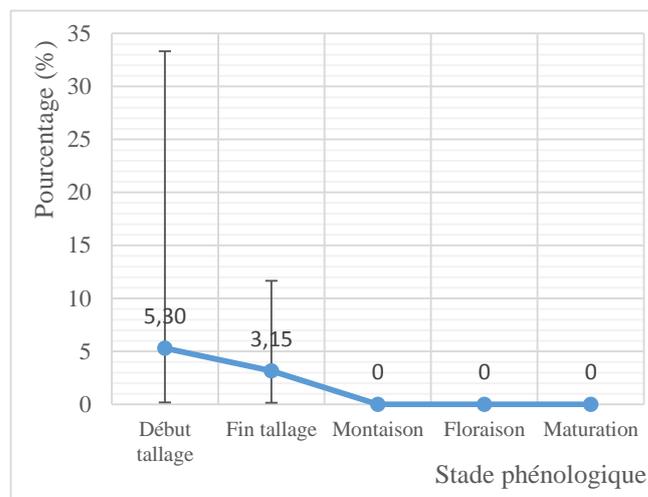


Figure 14. Pourcentage moyen des poquets atteints sur les 7 variétés codées du EV FM

D'après ces figures, le pourcentage du nombre de poquet de riz pluvial attaqué a diminué dès le stade fin tallage et cela concerne toutes les parcelles. La diminution est due à la diminution du nombre de larve d'*E. melanictera* de troisième stade ou L3.

Par ailleurs, en moyenne, le pourcentage du nombre de poquets atteints dans les parcelles CT SCV et EV FM est plus élevé par rapport aux parcelles CT FU et EV FU.

D'autre part, une visualisation détaillée des attaques est établie par les cartographies (figure 15). Les cartographies représentent le nombre des poquets atteints dans la parcelle lors du stade début tallage du riz pluvial. La couleur rouge signifie la présence d'attaque dans une parcelle élémentaire : l'intensité indique que plus la couleur est foncée, plus le nombre de poquets atteints est élevé. (Voir annexe 2 pour la cartographie des parcelles 13, 21, 23)

En tenant compte le résultat d'échantillonnage, les poquets complètement atteints sont dus aux premières larves d'*Enaria melanictera* de troisième stade (L3) présentes sur les parcelles. Selon (a), ils sont concentrés sur des localités bien déterminées : au milieu pour la parcelle P1, sur la partie gauche pour la parcelle P18.

D'après (c) et (d), les attaques sont surtout localisées :

- sur les parcelles élémentaires périphériques ;
- au alentour de (a) et (b).

Parcelle 1. CT SCV Ivory 2017-2018, labour,  
5T/Ha fumier, 150 kg NPK/Ha et 80 kg Urée/Ha

Parcelle 18. CT SCV Ivory 2017- 2018, labour,  
5T/Ha fumier, 150 kg NPK/Ha et 80 kg

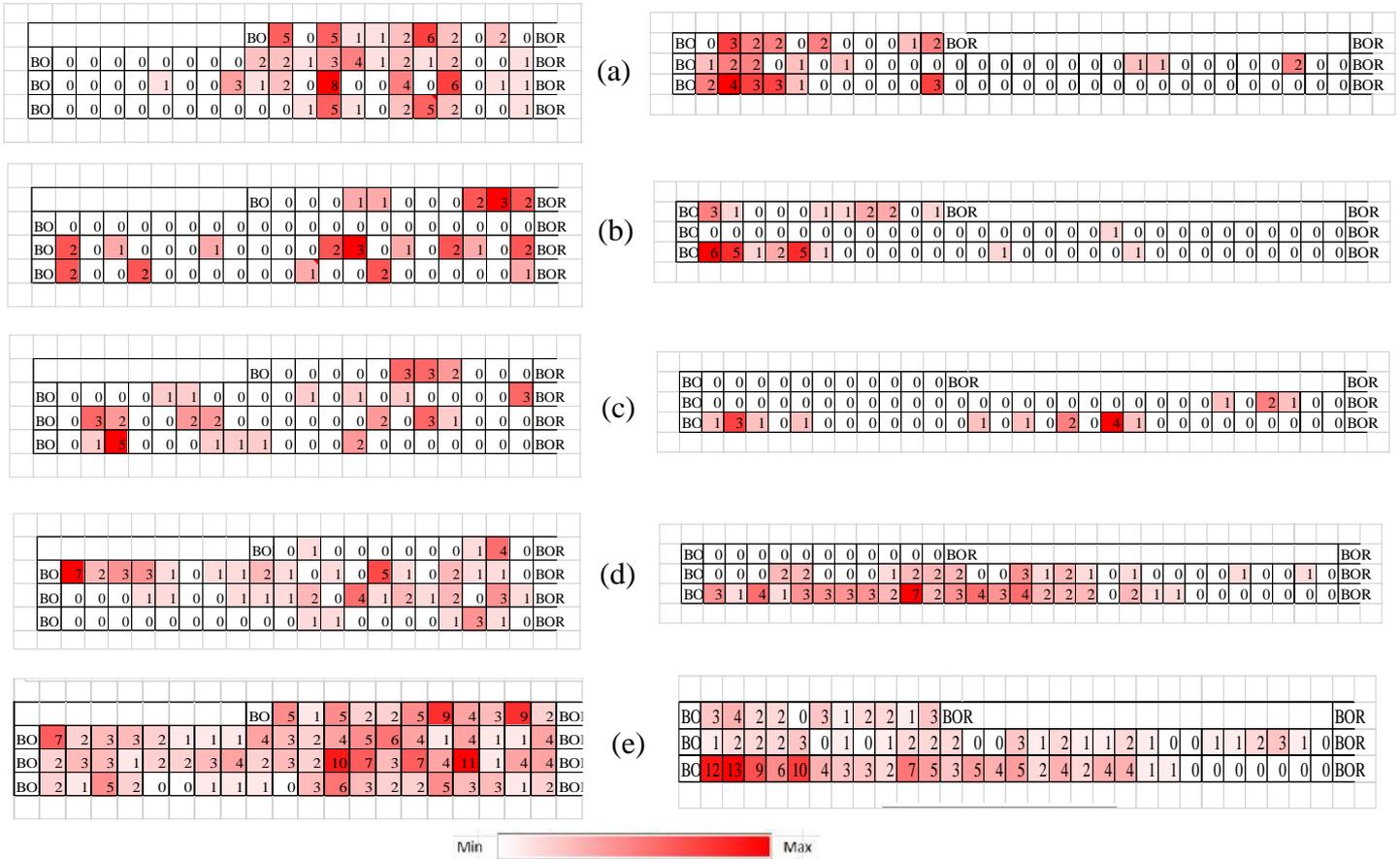
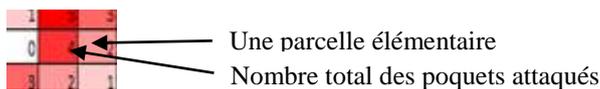


Figure 16. Cartographies des attaques



(a). complètement attaqué, (b). fortement attaqué, (c). moyennement attaqué, (d). faiblement attaqué, (e). nombre total du poqué attaqué.

### 3.1.3. Analyse statistique des dégâts entre le stade début et fin tallage de riz pluvial

L'analyse a été effectuée sur les 49 variétés codées de la collection testée (CT) et les 7 variétés de l'essai variétal (EV). Elle consiste à comparer les dégâts durant ces deux stades phénologiques afin de vérifier l'évolution des dégâts (tableau 9). Pour réaliser cette analyse, on a utilisé le test de Wilcoxon signé.

Tableau 9. Analyse du nombre total des poquets attaqués entre le stade début et fin tallage sur les cinq parcelles.

Parcelles	Stades	n	R-	R+	Ex	Rang moyen		P
						R-	R+	
<b>P1</b>	Début tallage	<b>49</b>	33	10	6	22,17	21,45	0,002
	Fin tallage							
<b>P13 r1</b>	Début tallage	<b>49</b>	25	9	15	18,28	15,33	0,006
	Fin tallage							
<b>P13 r2</b>	Début tallage	<b>49</b>	33	3	13	19,18	11,00	0,000
	Fin tallage							
<b>P18</b>	Début tallage	<b>49</b>	35	4	10	20,74	13,50	0,000
	Fin tallage							
<b>P21</b>	Début tallage	<b>7</b>	6	0	1	3,50	0,00	0,028
	Fin tallage							
<b>P23</b>	Début tallage	<b>7</b>	7	0	0	4,00	0,00	0,018
	Fin tallage							

a. Basée sur les rangs positifs ; **Ex.** ex aequo ; **n.** nombre de variété=nombre de la parcelle élémentaire ; **R-**. Rangs négatifs ; **R+**. Rangs positifs ; **r1** : répétition 1 ; **r2** : répétition 2.

D'après l'analyse, la différence est significative entre le nombre des poquets attaqués durant le stade début et fin tallage dans toutes les parcelles. D'après le tableau, la diminution (R-) du nombre des poquets attaqués est la plus observée entre les deux stades phénologiques. Cependant, certaines variétés ont subies une augmentation du nombre des poquets attaqués durant le stade fin tallage du riz pluvial. Cela signifie la présence des larves rhizophage sur les parcelles durant ce stade phénologique du riz pluvial.

### 3.1.4. Pourcentage des dégâts par variété de riz pluvial durant le stade début et fin tallage

L'observation a été effectuée sur les 49 variétés codées du riz pluvial dans les parcelles CT SCV : P1, P18 et CT FU : P13 et les 7 variétés codées dans les parcelles EV FM : P21 et EV FU : P23. Les figures suivantes (figure 16, 17, 18, 19) présentent le pourcentage des poquets attaqués par variétés durant le stade début et fin tallage et selon le mode cultural respectif. Notons que les pourcentages présentés par les graphes sont obtenus à partir des moyens des poquets attaqués dans les deux répétitions.

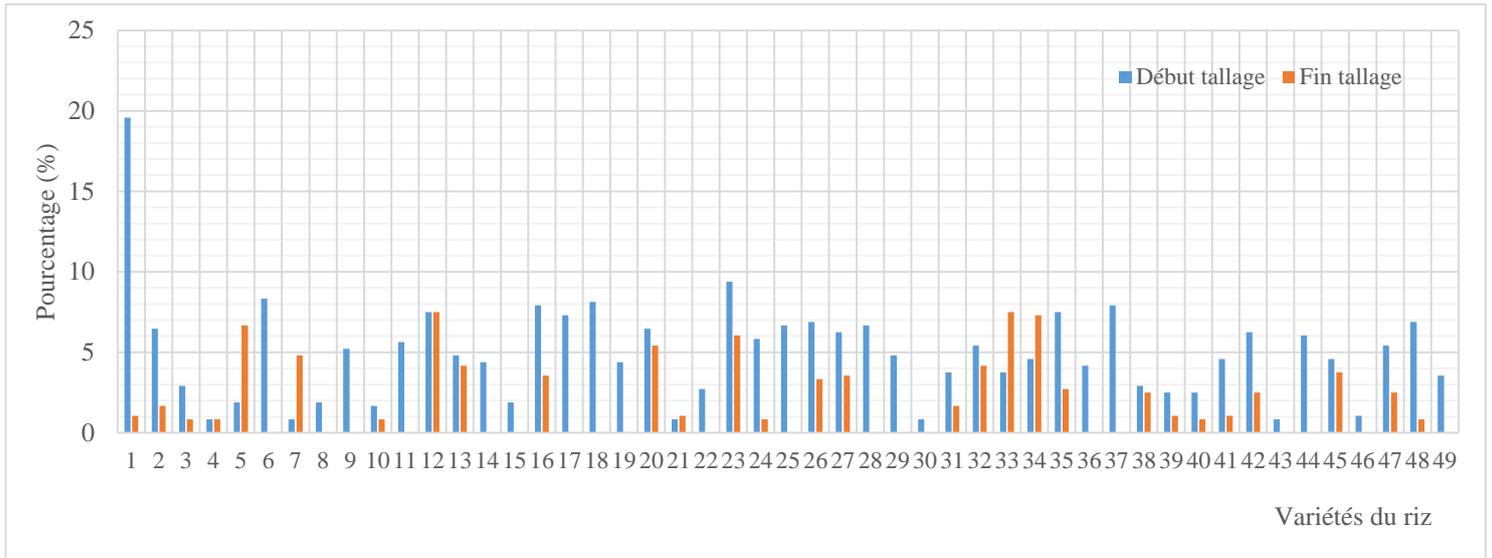


Figure 16. Pourcentage des poquets attaqués par variétés dans les parcelles CT SCV

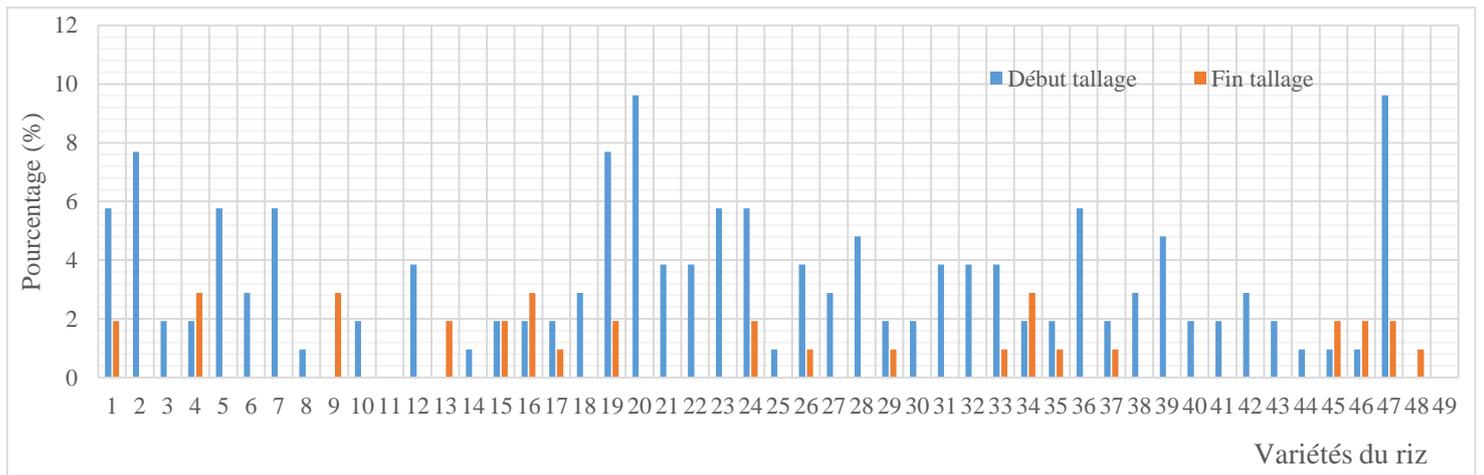


Figure 17. Pourcentage des poquets attaqués par variétés dans la parcelle CT FU

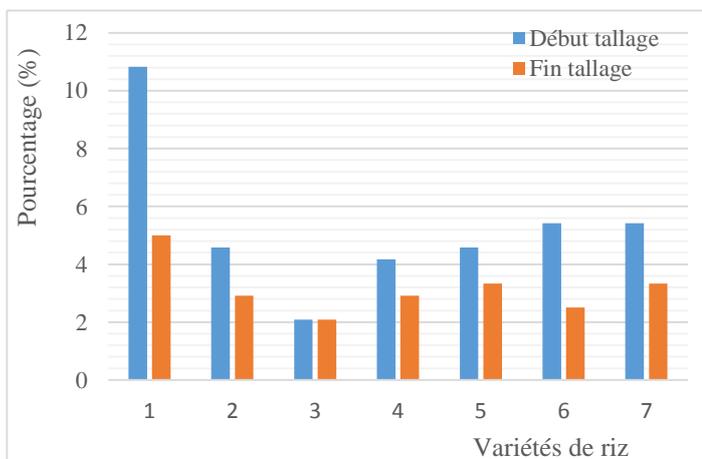


Figure 18. Pourcentage des poquets attaqués par variétés dans la parcelle EV FM

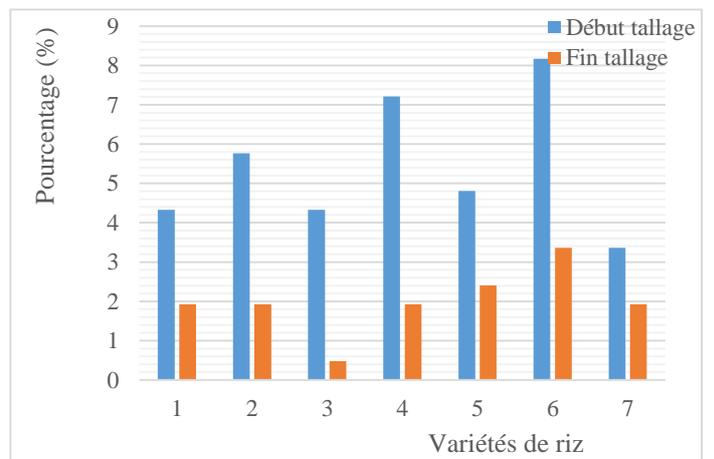


Figure 19. Pourcentage des poquets attaqués par variétés dans la parcelle EV FU



Tableau 10. Comparaison des dégâts entre les parcelles CT SCV et CT FU

Observation	Stade	Parcelles	N	Rang moyen	U	P	<0,05 = *
Dégâts	Début tallage	CT SCV	49	66,69	358	0,000	*
		CT FU		32,31			
	Fin tallage	CT SCV	49	47,09	1082,5	0,377	
		CT FU		51,91			

La différence est significative entre les dégâts dans les parcelles CT SCV et CT FU lors du stade début tallage, avec  $p < 0,001$ . Donc on peut dire que le mode cultural a une influence sur l'attaque d'*E. melanictera*. Le CT FU semble moins attaqué que les CT SCV. Cependant, la différence des dégâts n'est pas significative lors du stade fin tallage. Cela pourrait être lié à la diminution en nombre des larves d'*E. melanictera*.

### 3.1.6. Analyse statistique des dégâts entre les parcelles EV FU et EV FM

Le test U de Mann-Whitney a été utilisé pour tester s'il y a une différence entre les dégâts dans les deux parcelles durant le stade début et fin tallage du riz pluvial (tableau 11).

Tableau 11. Comparaison des dégâts entre les parcelles EV FU et EV FM

Observation	Stade	Parcelles	N	Rang moyen	U	p	<0,05 = *
Dégâts	Début tallage	EV FU	7	8,5	6	0,027	*
		EV FM		4,5			
	Fin tallage	EV FU	7	7,75	10	0,179	
		EV FM		5,25			

Durant le stade début tallage, il y a une différence significative entre les dégâts dans les parcelles EV FM et EV FU. Alors que cette différence n'est pas significative lors du stade fin tallage.

## 3.2. RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS

### 3.2.1. Résultats d'expérimentation sous-serre

144 larves d'*Enaria melanictera* ont été infestées dans les mésocosmes le 03/01/2018. Le nombre varie de 1 à 3 par mésocosme pour les trois variétés de riz pluvial. Chaque mésocosme contient deux poquets du riz pluvial et a été traité de la même manière.

#### 3.2.1.1. Adulte d'*Enaria melanictera* collectée

Environ 39,94% des larves introduites sont métamorphosées en adulte (tableau 12). D'un point de vue général, la différence variétale du riz pluvial n'intervient pas dans la survie des vers blancs. Par ailleurs, la présence des adultes à la fin de la manipulation justifie la survie des larves dans le mésocosme, durant 4 mois (03/01/2018 – 30/04/2018). Notons que lors de l'observation de la serre, sept (7) adultes ont été trouvés en dehors des mésocosmes. Donc, il est probable que d'autres adultes ont pu s'échapper.

Tableau 12. Nombre d'adulte d'*Enaria melanictera* collectée à la fin de la manipulation.

Variétés	Nombre total de larve d' <i>E</i>	Nombre total d'adulte collecté	
		Bloc	
		1	2
<b>B22</b>	24×2	6	7
<b>Nerica 4</b>	24×2	5	6
<b>Nerica 10</b>	24×2	6	9
<b>Totale</b>	144	17	22

#### 3.2.1.2. Attaques dans les mésocosmes

Le tableau 13 montre le nombre total des poquets attaqués en fonction du nombre de larve d'*Enaria melanictera* infestée dans un mésocosme. Notons que les plants du riz pluvial ont été en stade plantule lors de l'infestation des larves d'*E. melanictera*.

Tableau 13. Nombre total des poquets attaqués en fonction du nombre de larve d'*E. melanictera* infestée.

Bloc	N de répétition	NEI /mésocosme	NM	NTP	N moyen des poquets attaqués pour les 4 rép.	N total de poquet dans les 4 rép.	N total des poquets attaqués dans les 4 rép.
1	4	1	3	6	3±1	24	13
		2	3	6	4±2	24	16
		3	3	6	6	24	24
2	4	1	3	6	3±1	24	11
		2	3	6	5±1	24	20
		3	3	6	6	24	24
Total						144	108

N : nombre ; rép : répétition , NEI : nombre d'*E. melanictera* infesté ; NM : nombre du mésocosme par répétition et selon le nombre d'*E. melanictera* infesté ; NTP : nombre total de poquets par nombre d'*E. melanictera* infesté dans une répétition.

Selon le tableau, le nombre total des poquets attaqués dans un bloc augment en fonction du nombre de larve introduit dans un mésocosme. Cependant, la différence n'est pas significative concernant l'évolution du nombre des poquets attaqués (tableau 14) pour les trois méthodes d'infestation des larves (Kruskal-Wallis,  $p= 0,857$ ).

Cela dit, dans une parcelle donnée, l'étendu et l'intensité des attaques sur le riz pluvial est étroitement lié à la densité des larves rhizophage présentes.

Tableau 14. Evolution du nombre des poquets attaqués en fonction du nombre de larve d'*E. melanictera* infestée.

N d' <i>Enaria</i> infesté dans un mésocosme	Totale mésocosme	Totale poquet	Nombre total des poquets attaqués						N Total des poquets attaqués
			08/01/2018	10/01/2018	12/01/2018	15/01/2018	17/01/2018	19/01/2018	
<b>1</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	9	7	6	2	0	0	24
<b>2</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	13	14	5	2	2	0	36
<b>3</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	30	11	4	1	2	0	48
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>144</b>	52	32	15	5	4	0	108

N : nombre

### 3.2.1.3. Relation entre les variétés de riz et les dégâts

Lors de l'expérimentation sous-serre, trois variétés du riz pluvial ont été utilisées : Nerica 4, Nerica 10 et B22. D'après le tableau 15, les larves d'*Enaria melanictera* se sont montrées agressives sur les poquets du riz pluvial. Seulement cinq (5) jours après l'infestation, le nombre des poquets attaqués est élevé à environ 36 %. Cette attaque n'a duré qu'onze (11) jours.

Tableau 15. Nombre des poquets attaqués en fonction des variétés de riz pluvial

Blocs	Variétés	Poquet total	Nombre des poquets attaqués						Nombre Totale des poquets attaqués
			08/01/2018	10/01/2018	12/01/2018	15/01/2018	17/01/2018	19/01/2018	
1	N 4	24	8	5	3	1	1	0	18
	N 10	24	9	6	2	1	1	0	19
	B 22	24	6	6	2	1	1	0	16
2	N 4	24	14	3	0	2	0	0	19
	N 10	24	6	5	7	0	0	1	19
	B 22	24	9	7	1	0	0	0	17
Total		144	52	32	15	5	3	1	108

D'après le test de Kruskal Wallis (tableau 16), la différence n'est pas significative entre le nombre des poquets attaqués par variété de riz pluvial dans les deux blocs. Donc, l'attaque des larves d'*Enaria melanictera* sur les poquets n'est pas influencée par la différence variétale du riz pluvial.

Tableau 16. Résultat du test de Kruskal Wallis

	<b>Khi-deux</b>	<b>Dll</b>	<b>p</b>
<b>Bloc 1</b>	0,028	2	0,986
<b>Bloc 2</b>	0,157	2	0,924

### 3.2.2. Résultat au laboratoire

#### 3.2.2.1. Espèces des vers blancs collectés et élevés

Les collectes des larves sur terrain ont révélé l'existence de 4 espèces de vers blancs (tableau 4): *Enaria melanictera* (Melolonthidae), *Euryomia argentea* (Cetoniidae), *Heteroconus paradoxus* (Dynastidae) et une espèce de la famille Séricidae codifiée *SpS1b* (non encore identifiée).

Les œufs collectés, élevés individuellement dans une boîte, et placés dans une étuve avec une température de 25°C sont éclos quelques jours après. Suite à l'identification, les larves issues de cet élevage appartiennent à deux (2) espèces de vers blancs (tableau 17).

Tableau 17. Identification des œufs collectés

<b>Date de collection</b>	<b>Nombre</b>	<b>Date d'éclosion</b>	<b>Espèce du ver blanc</b>
23/01/2018	1	05/02/2018	<i>Heteroconus paradoxus</i>
20/02/2018	3	15-18/03/18	<i>Heteroconus paradoxus</i>
20/02/2018	4	7-13-15-16/03/18	<i>Enaria melanictera</i>

Selon le tableau, les œufs collectés en mois de février contiennent des œufs d'*E. melanictera*. Donc, sur terrain, la parcelle est probablement infestée par les jeunes larves de cette espèce durant le mois de mars.

#### 3.2.2.2. Cycle d'*Enaria melanictera*

Le présent résultat ne montre qu'une partie du cycle de développement d'*Enaria melanictera* (figure 21). Ce cycle est partiel car son début est obtenu à partir des œufs et des larves de stade L1 collectés lors des échantillonnages sur terrain et élevés à l'intérieur d'une étuve dont la température est maintenue à 25°C. L'élevage n'a pas pu aboutir à avoir des adultes car la mortalité des larves est importante alors que leur nombre est non représentatif (3 larves collectées et 4 œufs). Le nombre moyen de jour entre deux stades est présenté sur la figure. Le cycle entier sera établi ultérieurement.

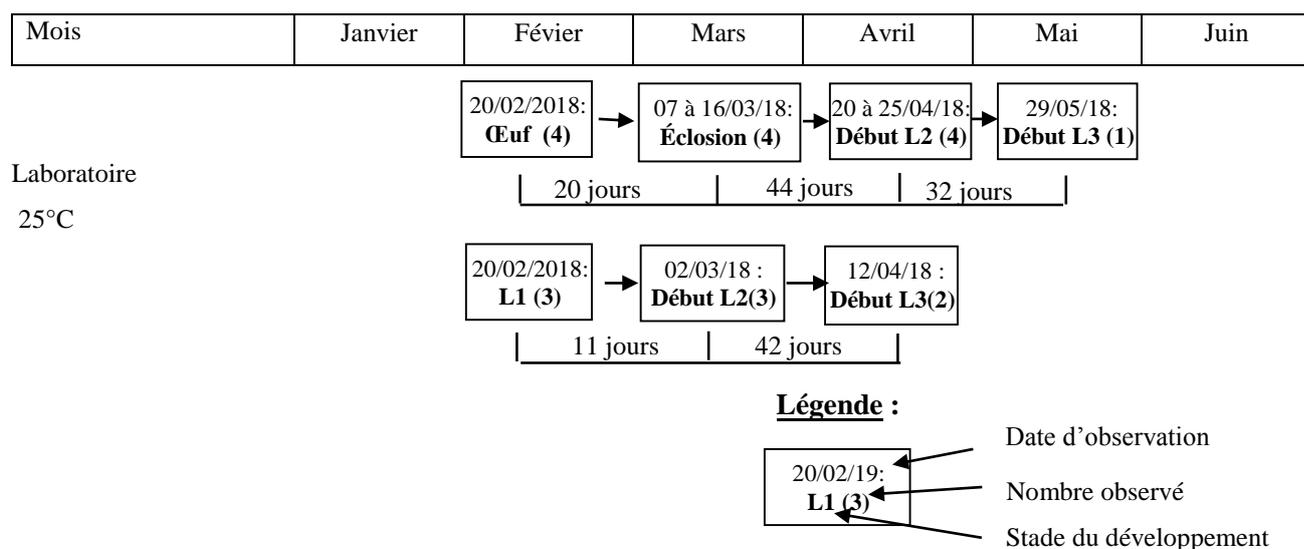


Figure 21. Cycle partiel du développement d'*Enaria melanictera*

### 3.2.2.3. Evaluation de la survie des larves d'*Enaria melanictera*

L'élevage qui a consisté à vérifier la durée de survie des 20 larves L3 d'*E. melanictera* dans un milieu contenant de la matière organique mais sans racines du riz. Mais aussi, elle a permis de suivre l'évolution de leur taille jusqu'à leur mort.

Le tableau 18 montre le résultat de l'expérimentation.

Tableau 18. Nombre des larves d'*Enaria melanictera* vivantes dans la cuvette en fonction du nombre de jours.

Espèce de VB	N	2 <sup>e</sup> j	4 <sup>e</sup> j	6 <sup>e</sup> j	8 <sup>e</sup> j	10 <sup>e</sup> j	12 <sup>e</sup> j	14 <sup>e</sup> j	16 <sup>e</sup> j	18 <sup>e</sup> j	20 <sup>e</sup> j
<b>Larve d'<i>Enaria melanictera</i> vivante</b>	20	20	20	18	16	13	13	7	6	3	0
<b>Mensuration moyenne (cm)</b>		3,88 ±0,2			3,62 ±0,2		3,21 ±0,19			3,2 ±0,1	

N : Nombre totale au début d'élevage

D'après le tableau, le nombre de larve vivante dans la cuvette diminue en fonction du nombre de jour. Vers le vingtième jour, aucune larve vivante n'a été identifiée. Par ailleurs, plus le nombre du jour augmente la taille de la larve diminue. Cela est dû à l'absence de la nourriture et a entraîné l'usage de leur réserve en matière gras. Donc, sans les racines du riz, les larves d'*Enaria melanictera* ne survivent pas plus de 20 jours.

## IV. DISCUSSION

### 4.1. Densité des larves des vers blancs collectés

D'après les échantillonnages, quatre espèces du ver blanc ont été collectés : *Enaria melanictera* (Melolonthidae), *Euryomia argentea* (Cetoniidae), *Heteronicus pardoxus* (Dynastidae) et *SpS1b* (Sericidae). On remarque que, pour les trois espèces du ver blanc collectés lors du stade début tallage, le nombre d'individu collecté dans les parcelles P1, P18, P21 sont, en minimum, deux fois plus que le nombre collecté dans les parcelles P13 et P23. D'où la densité larvaire d'*E. melanictera* dans les parcelles P1, P18, P21 est supérieure ou égale à 5 individus par m<sup>2</sup> alors que dans la parcelle P13, P23 est de 2 individus par m<sup>2</sup>. Ces résultats pourraient être dus à l'humidité du sol qui fait partie des critères de survie des larves. En effet, l'ombrage apporté par les allés d'arbre (photo 3) et l'envergure des haies des bordures, constituées par le Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), dans chacune des parcelles P1, P18, P21 offrent plus humidité dans le sol par rapport aux parcelles P13 et P23.

En effet, sur terrain, la récolte du riz a été effectuée en mois de mai, à partir duquel, la surface du sol est exposée au rayonnement solaire. En outre, les données pluviométriques affirment la diminution de la précipitation dès le mois d'Avril. De ce fait, l'humidité du sol diminue grâce à l'échauffement de la surface. Par conséquent, les larves se déplacent vers des milieux humides : vers la profondeur ou sous les racines des plantes (Driss, 2007). Dès l'arrivée de la pluie vers le mois d'octobre et novembre qui correspond à la période de plantation du riz pluvial, le sol commence à être humidifié. C'est à ce moment que les larves sortent de leurs galeries, commencent à envahir les parcelles et à attaquer les jeunes plants du riz.

C'est pourquoi, la densité larvaire est plus élevée dans les parcelles P1, P18, P21 durant le stade début tallage du riz pluvial, le mois de décembre 2017.

Par contre, durant le stade fin tallage, la densité larvaire de l'espèce *SpS1b* dans la parcelle P13 est supérieure à celle dans la parcelle P1. Apparemment, sous l'influence de la pluie et le développement des plants du riz, il y a augmentation du taux d'humidité du sol, ainsi augmenté la densité larvaire dans la parcelle P13.

### 4.2. Vers blancs responsables des dégâts sur les parcelles

Le résultat de l'expérimentation au laboratoire a révélé que sans la racine du riz les larves de stade L3 de l'espèce *Enaria melanictera* ne survivent pas plus de 20 jours. Alors que dans les mésocosmes, où il y a les poquets du riz pluvial, 46 adultes ont été obtenus à la fin de la manipulation. L'obtention de ces adultes signifie la survie des larves et les nymphes. Donc la présence des poquets de riz est importante pour la survie des larves.

Par ailleurs, lors du premier comptage d'attaque sur terrain, pendant le stade début tallage du riz pluvial, les feuilles du riz sont saines dans l'ensemble, pas d'attaque aérienne observée. Par contre, sur les poquets attaqués, les feuilles s'enroulent, les limbes se jaunissent, d'autres sont en train de se faner. Ces observations sont en général les symptômes de déficit hydrique chez une plante, alors qu'ici, ce n'est pas le cas car les données pluviométriques affirment l'existence de la pluie durant le mois de décembre. Donc, l'apparition de ces symptômes est due à l'absence racinaire, qui est l'œuvre des larves rhizophages.

En outre, les échantillonnages durant le stade début tallage ont révélé la présence des trois espèces du ver blanc : *Enaria melanictera*, *Euryomia argentea*, *Heteroconus paradoxus* dont l'espèce *E. melanictera* et *E. argentea* sont en stade L3.

L'espèce *Euryomia argentea* (Cetoniidae) n'est nuisible qu'à l'état adulte (Rafaraso, 2015 ; Randriamanantsoa, 2010). En revanche, l'espèce *Heteroconus paradoxus* (Dynastidae) s'est révélée rhizophage facultatif (Ratnadass, 2013), mais elle figure parmi les principaux ravageurs du riz pluvial (Randriamanantsoa, 2011). Comme les adultes d'*Heteronychus spp*, l'adulte d'*H. paradoxus* s'attaque au jeune plant du riz.

Donc, les attaques observées durant le stade début tallage du riz pluvial sont causé par les larves d'*Enaria melanictera*. Ce résultat est soutenu par ceux de Randriamanantsoa et al (2011 ; 2002) qui dit le genre *Enaria sp.* se regroupe plus fréquemment près des plants de riz (2002), et que les attaques au niveau du système racinaire des plants sont causées par des larves rhizophages, *Enaria melanictera* (2011).

La première hypothèse est vérifiée : le ver blanc responsable des dégâts n'a pas changé de préférence alimentaire.

#### **4.3. Relations entre modes cultureux et dégâts**

D'après les résultats des comptages d'attaques, pour les collections testées ou CT, les pourcentages moyens des poquets attaqués sur les 49 variétés codées (4,96%) et les deux variétés connues (Nerica 4 = 6,14% ; B22 = 5,62%) dans les parcelles CT SCV sont supérieurs à ceux dans la parcelle CT FU durant le stade début tallage (49 variétés = 3,32% ; Nerica 4 = 3,74% ; B22 = 5, 24%). Pour les parcelles d'évaluation variétale ou EV, le pourcentage moyen des poquets attaqués dans la parcelle EV FM (5,30%) est inférieur à ce dans la parcelle EV FU (5,43%) durant le stade début tallage de riz pluvial. Notons que les parcelles CT SCV et EV FM sont amendées avec 150 kg NPK/Ha et 80 kg d'Urée/Ha, mais elles sont différenciées par le mode culturel : le CT SCV est traité en système de culture sur couverture végétale avec des résidus de mucuna alors que l'EV FM est traité avec 5 T/Ha du fumier de parc.

Comme les dégâts dans la parcelle EV FM est inférieur à ceux d'EV FU, alors que le CT SCV est supérieur au CT FU, donc on peut dire que l'apport des amendements minéraux n'a pas d'influence sur l'attaque des larves L3 d'*E. melanictera*.

Par ailleurs, l'humidité du sol est une des facteurs causant la différenciation des dégâts selon le mode culture. En effet, dans l'expérimentation sous-serre, la variation de l'humidité dans les mésocomes a causé le fort taux de mortalité des larves d'*E.melanictera* introduites (68,05%). Sur terrain, dans la parcelle EV FU, à cause de la forte chaleur, les larves se déplacent fréquemment de poquet en poquet à la conquête des milieux humides. De ce fait, le nombre de poquets attaqués se répartissent sur la parcelle, même avec une faible densité de larve. Par contre, les parcelles CT SCV et EV FM sont influencées par les haies des bordures et les arbres formant le long de la piste, ainsi le taux d'humidité du sol est supérieur à celle dans la parcelle EV FU. De ce fait, les larves sont peu mobiles dans la parcelle.

Donc, le faible pourcentage des dégâts observés dans la parcelle CT FU est dû à la faible densité des larves. Par contre, le résultat dans l'EV FM est dû à la faible mobilité des larves dans la parcelle.

#### **4.4. Diminution des dégâts en stade fin tallage du riz pluvial**

L'attaque a diminué dès le stade fin tallage du riz pluvial sur toutes les parcelles. Cette diminution est aussi observée dans l'expérimentation sous-serre. La cause pourrait être liée : au développement du système racinaire du riz pluvial et au changement de stade du ver blanc (L3 en nymphe).

Le développement du système racinaire du riz pluvial minimise les risques liés à l'attaque racinaire, c'est-à-dire plus le système racinaire s'accroît moins les attaques des insectes rhizophages auront des impacts sur le développement du plant du riz. Selon FORESTIER et KOUAME (1979), le nombre de racines par plant du riz varie de 11 à 15 à 20 jours, de 12 à 17 à 26 jours, de 25 à 35 à 40 – 45 jours, jusqu'à 40 et plus après 60 jours. Et la surface diamétrale par pied est de l'ordre de 6 cm<sup>2</sup> à 20 jours, 12 cm<sup>2</sup> à 26 jours, 40 à 50 cm<sup>2</sup> vers 40 – 45 jours, de 70 cm<sup>2</sup> à plus de 100 cm<sup>2</sup> à l'épiaison pour des pieds semés serrés.

Lors du deuxième comptage d'attaque sur terrain, le riz pluvial a été en stade fin tallage, environs 60 jours après semi. Donc, le système racinaire est bien développé et qui est suffisant pour tolérer les attaques des insectes rhizophages.

Par ailleurs, deux espèces de ver blanc rhizophage ont été identifiées lors du deuxième échantillonnage, stade fin tallage du riz pluvial : *Enaria melanictera* et *Sps1b*. L'espèce *E. melanictera* collectée est en stade adulte alors qu'il était en stade L3 lors du premier

échantillonnage, stade début tallage de riz pluvial. Cela signifie qu'il y a eu de nymphose suivie d'une métamorphose. Ainsi, il est possible qu'il y ait une diminution du nombre des larves L3, voire l'absence totale en stade fin tallage. Par ailleurs, l'espèce *Sps1b* collectée est en stade L1 et L2. Cependant, la larve L2 est la seule rhizophage mais peu vorace.

Par conséquent, la synchronisation entre l'évolution du système racinaire du riz pluvial et la diminution du nombre des larves L3 d'*Enaria melanictera* a diminuée le nombre de poquets attaqués pendant le stade fin tallage du riz pluvial.

#### **4.5. Relations entre les variétés du riz et les dégâts**

Selon les résultats de comptage d'attaque, toutes les variétés du riz pluvial sur terrain ont été attaquées par l'*E. melanictera*, mais elles sont différenciées par le niveau du dégât. Donc, les variétés du riz sont indifférentes face à l'agression de l'espèce *E. melanictera*, qui est un rhizophage. Cependant, certains variétés sont moins attaquées que les autres : dans les parcelles du CT SCV, quatre (4) variétés ont un moyen de dégât inférieur à 1% durant les deux stades phénologiques du riz pluvial : début tallage et fin tallage. Alors que le CT SCV est constitué par deux parcelles, P1 et P18, qui sont situées dans deux localités différentes. Pour la parcelle du CT FU, six (6) variétés ont subi le même pourcentage du dégât.

D'après les cartographiques des dégâts, ces résultats sont dus à l'emplacement de ces variétés dans la parcelle, c'est-à-dire dans la partie où la densité de la larve L3 de l'espèce *E. melanictera* est faible.

En outre, dans les parcelles EV FU, EV FM, toutes les variétés du riz sont attaquées par les larves d'*E. melanictera*. En moyenne, seule la variété 3 dans l'EV FM est attaquée au plus de 2% du nombre total du poquet durant les deux stades phénologiques du riz. Cependant, dans l'EV FU, cette variété est attaquée, en moyenne, 4,2% durant le stade début tallage. De ce fait, le faible pourcentage du dégât observé sur la variété 3 dans l'EV FM est dû à la faible densité de la larve d'*E. melanictera* dans les parcelles élémentaire où elles sont plantées.

#### **4.6. Différenciation des dégâts entre les parcelles élémentaires**

L'échantillonnage dans les parcelles a révélé la présence des larves de l'espèce *Enaria melanictera* en stade L3 durant le stade début tallage du riz. L'analyse précédente a montré que cette espèce est un rhizophage et c'est la responsable des dégâts observés durant ce stade. Cependant, On a montré que les attaques ne sont pas liées aux variétés du riz pluvial. Et que l'intensité et l'envergure d'attaque sont conditionnées par la densité des larves dans une parcelle.

Dans ce cas, on peut dire que la différenciation du nombre de poquets attaqués entre les parcelles élémentaires est due à la densité des larves présentes. En effet, d'après les résultats d'échantillonnage, la densité de larve d'*E. melanictera* par m<sup>2</sup> dans les parcelles du CT SCV est supérieure à celle dans la parcelle du CT FU. Ainsi, pour les 49 variétés codées dans les parcelles CT SCV, le pourcentage moyen du dégât par parcelle élémentaire, lors du stade début tallage, est de 4,96 %, varie entre 0 à 20,83%. Pour les variétés connues, le pourcentage moyen est 6,14% pour le Nerica 4 et 5,62% pour le B22. Cependant, dans la parcelle du CT FU pour les 49 variétés codées, le pourcentage moyen du dégât dans une parcelle élémentaire est de 3,12%, varie entre 0 à 17,31%. Pour les variétés connues, il est de 3,74% pour le Nerica 4 et de 5,24% pour le B22. Sur ceux s'ajoute le résultat dans l'expérimentation sous-serre sur lequel le niveau du dégât est conditionné par le nombre de larve d'*E. melanictera* introduit dans un mésocosme.

Par ailleurs, le comportement des larves et des adultes nous laisse à envisager d'autres possibilités. Le choix du lieu de ponte effectué par la femelle entraîne involontairement la dispersion des larves d'*E. melanictera* sur les parcelles. Mais aussi, les haies vives sur les bordures des parcelles ont un rôle autre que de protéger les plants du riz. Elles abritent les larves d'*E. melanictera* en saison sèche. Apparemment, durant la période sèche de juin jusqu'à octobre, les larves se déplacent vers les milieux humides, vers la profondeur et/ou sous les racines des plantes. A l'arrivée de la pluie, la période de plantation de riz pluvial, elles commencent à se migrer vers les parcelles et domine la parcelle en question.

Ici, l'hypothèse 2 est vérifiée, à une faible densité de larve d'*E. melanictera*, l'évolution d'attaque se fait de manière progressive à l'échelle d'une parcelle élémentaire.

La troisième hypothèse n'est pas vérifiée, les facteurs écologiques entre le riz et les vers blancs n'interviennent pas dans la différenciation des attaques. Mais cette hypothèse restera à vérifier pour les études futures.

## V. PERSPECTIVES DE RECHERCHE :

A l'issue de ces observations et des résultats, des perspectives et études plus fines sont envisageable pour la continuation des prochaines investigations :

- étudier complètement le cycle de développement de l'espèce *E. melanictera*.
- étudier le comportement des larves d'*E. melanictera* durant la saison sèche, et de comparer la densité sur la parcelle et au niveau des haies.
- effectuer la même étude sur une parcelle et sans introduction des produits chimiques.
- étudier la distance moyenne parcourue par les larves et les adultes d'*E. melanictera* avec et sans le riz.
- Approfondir l'étude sur les relations entre les variétés de riz pluvial et les vers blancs.

## CONCLUSION GENERALE

Cette étude a été effectuée à Ivory, moyen ouest de Madagascar, sur cinq (5) parcelles d'expérimentation du programme sélection variétale du riz pluvial du FOFIFA-CIRAD. Elle a pour objectif de connaître s'il y a, parmi les variétés cultivées, des variétés tolérantes ou résistantes contre les agressions des vers blancs.

Des suivies ont été effectués sur chaque parcelle élémentaire : comptage d'attaque, échantillonnage, et cela en fonction du stade phénologique et le mode cultural du riz pluvial. Par ailleurs, deux expérimentations ont été réalisées, sous-serre et au laboratoire, afin de vérifier le comportement alimentaire des larves de stade L3 de l'espèce *Enaria melanictera*.

L'échantillonnage sur les parcelles nous a permis d'identifier quatre espèces des vers blancs : *Enaria melanictera* (Melolonthidae), *Euryomia argentea* (Cetoniidae), *Heteroconus paradoxus* (Dynastidae) et *Sps1b* (Sericidae). Mais aussi, l'échantillonnage a montré que la densité (individu/m<sup>2</sup>) d'*E. melanictera* dans les parcelles CT SCV est supérieur que celle dans la parcelle CT FU et de même pour la parcelle EV FM est supérieur que la parcelle EV FU.

À la suite des analyses des résultats, les expérimentations ont données la caractéristique statutaire d'*E. melanictera* : un rhizophage strict. Ainsi, les attaques observés dans les parcelles durant le stade début et fin tallage de riz pluvial sont l'œuvre des larves L3 de l'espèce *E. melanictera* même si les larves L1 et L2 de l'espèce *Sps1b*, rhizophage facultatif, ont été identifiées lors du stade fin tallage.

Par ailleurs, la différenciation du pourcentage des dégâts entre les parcelles élémentaires est le résultat de l'inégalité de la densité des larves de stade L3 d'*E. melanictera* dans les parcelles. Apparemment, le choix du milieu de ponte effectué par la femelle et le rôle des haies des bordures durant la saison sèche favorisent en grande partie cette inégalité de la densité dans les parcelles.

Donc, la différenciation variétale et le mode cultural du riz pluvial, que ce soit en SCV avec des résidus de mucuna ou traité avec du fumier, reste indifférente face à l'agression des larves L3 d'*E. melanictera* sur les plants de riz.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **Amadou F**, 2012. Guide production de riz pluvial, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), p. 25.
2. **Cochereau P.**, L'insecte et le risque agricole, le risque en agriculture. Paris : OROSTOM-INRA, p. 153 – 166.
3. **Deprince A.**, 2003. Les insectes du sol. De l'œuf enterré à une vie terricole, n°131, pp. 3 – 6.
4. **Direction Générale de l'Alimentation et le Sous-Direction de la Qualité et la Production des Végétaux ou DGAI-SDQPV**, 2013. Hannetons et Vers Blancs, Note nationale BSV, 8 p. Disponible sur : [www.vignevin-sudouest.com](http://www.vignevin-sudouest.com).
5. **Dobelmann J. P.**, 1976. Riziculture pratique.1.riz irrigue. Paris : Conseil interne de langues Françaises, 226 p.
6. **Driss G., Jean-Pierre L., Didier R., Noureddine M., Jérôme N.**, 2007. Evaluation des dégâts par les vers blancs (Coleoptera : Scarabaeoidea) dans les parcelles de régénération du chêne-liège (Quercus suber L.) en forêt de la Mamora (Maroc) et recherche de médiateurs chimiques pour une lutte biologique, Annales de la Société Entomologique de France, 43:1, 1-8, DOI: 10.1080/00379271.2007.10697488. 9 p.
7. **Eldin M., Milleville P.**, 1989. Le risque en agriculture. Paris : ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, 619 p. à travers champs. ISBN : 2-7099-0960-X.
8. **Forestier J., Kouame I. D.**, 1979. Transpiration et absorption d'eau par le riz pluvial, expérience en milieu liquide avec IRAT 13. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer centre d'adiopodoumé, Côte d'Ivoire. 24 p.
9. **Gaudry J., Brault S., Duez F.**, 2017. La problématique hanneton en forêt : synthèse des connaissances 2013 – 2016 Forêts publique de l'Oise. Département de la santé des forêts. 14 p.
10. **Gauthier J.**, 1991. Artigues-près-Bordeaux, Notions d'agriculture, 575p.
11. **Hubert P.**, 1968. recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale, à l'usage des lycées agricoles de Madagascar. Madagascar : BDPA\_Agence de Madagascar. Le Riz, p. 250 - 287.

12. **Hurpin B.**, 1971. Ecologie des Scarabeides et lutte biologique contre les vers blancs. Bull. Soc. Ecol. T.II 2-3, pp 122-135.
13. **Jean-Philippe L., Joseph M.S., Karolane B.**, 2015. Les vers blancs. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection, Québec. 8 p.
14. **Joyeux C.**, 2014. Insectes Terricoles. Vers blancs et Scarabées noirs : Antananarivo : GSDM, 6 p. (Document pédagogique GSDM/CIRAD, 4)
15. **Lacharme M.**, 2001. Le plant de riz données morphologiques et cycle de la plante. Mémento technique de riziculture 22p.
16. **Lacroix M.**, 2014. Melolonthidae Malgaches (Coleoptera, Scarabaeoidea). Partie1. Paris. 260 p.
17. **Légaré J. P., Joseph M. D. S., Bourdon K.**, 2015. Les vers blancs. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection, MAPAQ. 8 p.
18. **Mansuy A., Fontaine R.**, 2014. Ver blanc. Fiche phytosanitaire, Canne à sucre, Ile de la Réunion. 3 p. Disponible sur : [www.bsv-reunion.fr](http://www.bsv-reunion.fr) .
19. **Nivotiana R.M.A.**, 2017. Effet des plantes de service sur les dégâts des vers blancs (Coleoptera, Melolonthidea) en riz pluvial *Oryza sativa* (Poaceae, var : FOFIFA 180, FOFIFA/CIRAD, 2014) dans la région du Vakinankaratra. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II en Gestion Durable des Insectes Utiles et Nuisibles (GDINS). 40 p.
20. **Programme d'Appui au Sous-Secteur de l'Irrigation de Proximité (PASSIP)**,2014. Module 8 : Observations de terrain selon les stades phénologiques du riz (phases végétative, reproductive, maturation), Curriculum d'apprentissage production et post production du riz. [en ligne], p.16. Disponible sur : [www.passip.org](http://www.passip.org).
21. **Rafaraso L. S., Ranarilalotiana T., Andrianantoandro A. & Ravaomanarivo R. L. H.**, 2015. Biodiversité de l'entomofaune des rizières de la région de Lac Alaotra (Madagascar). Malagasy Nature, 9: pp 15-38.
22. **Rafaraso L. S., Ravaomanarivo L. H., Ranaivoson A., Randriamanantsoa R., Sester M.**, 2009. Résumé des recherches sur les bioagresseurs du riz pluvial. Session 2. Protection intégrée de la riziculture pluviale contre les bioagresseurs. CIRAD-agritrop, pp. 47 – 53.
23. **Rakotomalala R.**, 2008. Comparaison de populations, Test non paramétriques. Université Lumière Lyon 2. version 1.0, 201 p.
24. **Randriamanantsoa R.**, 2010. Systématique des vers blancs (coleoptera, scarabaeoidea) en riziculture pluviale des régions de hautes et moyennes altitudes

- du centre et du centre ouest de Madagascar. Bioécologie du ravageur *Heteronychus arator rugifrons* (Fairmaire, 1871- Coleoptera, Scarabaeoidea, Dynastidae). Mémoire de doctorat. 159 p.
25. **Randriamanantsoa R., Aberlenc H. P., Bakoly R. O., Ratnadass A., & Vercambre B.**, 2010. Les larves des Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera) en riziculture pluviale des régions de hautes et moyennes altitudes du Centre de Madagascar. *Zoosystema*, 32(1), pp. 19-72.
  26. **Randriamanantsoa R., Baptiste Q., Aberlenc H. P., Rafamatanantsoa E., Krishna N., Ratnadass A., Vercambre B.**, 2011. Diversité et gestion des vers blancs (Coleoptere, Scarabaeoidea) en riziculture pluviale sur les hautes terres. 8 p.
  27. **Randriamanantsoa R., Ratnadass, Henri-Pierre A., Rabearisoa M. Y., Rajaonera T.E., Rafamatanantsoa E., et Vercambre B.** Les vers blancs du riz pluvial d'altitude (Col. Scarabaeoidea) à Madagascar : effets de la plante-hôte et de la matière organique du sol sur le comportement larvaire.
  28. **Randriamidasy M.**, 2016. Effet de l'introduction de vers blancs *Hexodon unicolor unicolor* (Coleoptera, Dynastidae) sur la croissance et le rendement du riz pluvial et du maïs associée au haricot des hautes terres de Madagascar. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master II en GDINS. 50 p.
  29. **Ratnadass A., Randriamanantsoa R., Rajaonera T.E., Rabearisoa M.Y., Rafamatanantsoa E., Moussa N., Michellon R.**, 2013. Interaction entre le système de culture et le statut (ravageur ou auxiliaire) des vers blancs (Coleoptera : Scarabaeoidea) sur le riz pluvial. *Cah Agric* 22 : 432-41. doi : 10.1684/agr.2013.0649. pp. 432 – 441.
  30. **Roth M.**, 1974. Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, Paris : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), 213 p.
  31. **Saint-Bruno-de-Montarville**, Vers blancs, Environnement [en ligne], p.2. Disponible sur : [www.stbruno.ca](http://www.stbruno.ca) .
  32. **Vercambre B.**, 2002. Formation et programmation sur les problèmes de vers blancs à Madagascar (du 4 au 13.11.2001), Cirad/DESI. 13 p.
  33. **Vercambre B.**, 2008. Le ver blanc au paradis vert. Collection : Les savoirs partagés. Cirad, 75 p.

**WEBOGRAPHIE :**

34. [IMPACT OF WHITE GRUBS HO  
LOTRICHIA LONGIPENNIS BLANCHARD ON MOST](http://www.researchgate.net/publication/305503408)
35. <http://www.insectes.org/opie/nombre-insectes-monde.html>
36. <http://www.dggfpe.mg/index.php/2017/06/23/production-de-riz-madagascar-19eme-rang/>
37. <https://www.instat.mg/madagascar-en-chiffre/>
38. <http://wingsandmechin.ga/help/1785gestion-des-risidus-de-culture-avec.html>
39. <http://hannetons.free.fr/page320.html>

## **Annexe 1. Morphologie de l'espèce *Enaria melanictera* (Randriamanantsoa, 2010b)**

### **1. Tête**

De couleur jaunâtre. Front avec 7 soies frontales antérieures, 1 soie frontale externe et 3 soies frontales postérieures disposées symétriquement. 1 soie de chaque côté de l'angle frontal. Épicrâne avec 6 soies dorso-épicraniales et 4 soies latéro-externes.

#### **a. Antennes**

Les longueurs respectives des articles sont : I = 2,09 ; II = 1,63 ; III = 1,54 ; IV = 1. Deuxième article avec 2 longues soies, le troisième article avec 1 soie. Dernier article antennaire avec 4 plages sensorielles : 2 ventrales, 1 petite apicale et 1 dorsale. Avant-dernier article avec une saillie ventrale apico-latérale.

#### **b. Labre**

Un peu plus large que long, symétrique. Zone médiane du bord antérieur en pointe arrondie, avec 2 + 2 soies externes et 4 soies internes rapprochées. 2 soies latéro-antérieures externes et 2 + 1 soies latéro-antérieures internes, 1 soie latérale et une à 4 courtes soies latéro-postérieures. Soies de l'acanthoparia bien visibles latéralement, de l'aire latéro-antérieure à l'aire latéro-postérieure. 2 soies labro-internes.

#### **c. Épipharynx**

Haptomère constitué d'une rangée transversale de 5 très fortes épines sclérifiées subégales. Proplegmatum peu développé. Plegmatum bien distinct, s'élargissant vers l'avant. Acanthoparia formé de 13 à 15 soies lamelliformes incurvées vers l'avant. Chaetoparia dissymétriques, les soies convergeant vers l'aire pédiale, les plus petites à la périphérie. Aire pédiale glabre.

#### **d. Mandibules**

Pas d'aire stridulatoire. Aire scissoriale de la mandibule gauche allongée, la dent apicale longue et émoussée, la seconde très effacée, la troisième émoussée. Aire scissoriale de la mandibule droite allongée, la dent apicale émoussée, suivie par une dent arrondie très émoussée. Aire molaire de la mandibule gauche avec une forte dent subcarrée. 6 longues soies latéro-externes et 1 soie dorso-externe.

#### **e. Maxilles**

Galea et lacinia soudées à la base et séparées à l'apex. Lacinia à uncus avec 3 dents développées à apex tronqué, avec une rangée de 5 à 6 épines. Galea à uncus sclérifié, armée de 8 fortes épines sclérifiées. Sur la face dorsale, aire stridulatoire composée de 11 à 13 dents sclérifiées, rapprochées, coniques, inclinées vers l'apex.

## **f. Hypopharynx**

Glosses couvertes sur les côtés et vers la base des palpes de longues soies, mêlées à des soies très courtes, orientées vers l'apex. Soies très fortes et denses en avant des oncyli, lesquels sont transverses, sclérifiés dans la partie centrale.

## **2. Thorax :**

### **a. Pattes**

Longues, de longueur croissante de P1 à P3, toutes de structure analogue : coxa, trochanter inséré latéralement sur la coxa, fémur, tibiotarse. P1 et P2 à griffe longue, forte à la base, incurvée, sclérifiée à l'apex. P3 à griffe très courte, plus large que longue, portant deux longues soies.

## **3. Abdomen**

### **a. Raster**

Fente anale en « Y » bordée de courtes soies. Palidia en « V » inversé, formés de 10 à 12 soies épineuses, plus longues vers l'apex. Teges formés de 4 rangées de courtes et fortes soies sclérifiées, aplaties et incurvées. Barbula avec de nombreuses et denses longues soies.

## Annexe 2. Cartographie des attaques des larves d'*Enaria melanictera* durant le stade début tallage du riz pluvial.

**Parcelle 13** : CT FU, Ivory campagne 2017-2018, labour, 5T/Ha fumier

: Répétition 1  
 : Répétition 2

 ← Parcelle élémentaire  
 ← Numéro de la parcelle

BORDEURE	BORDEURE	N4	B22	301	302	303	304	305	306	307	N4	B22	308	309	310	311	312	313	314	N4	B22	315	316	317	318	319	320	321	N4	B22	322	323	324	325	326	327	328	N4	B22	BORDEURE
remplissage											remplissage											remplissage																		
BORDEURE	BORDEURE	N4	B22	401	402	403	404	405	406	407	N4	B22	408	409	410	411	412	413	414	N4	B22	415	416	417	418	419	420	421	N4	B22	422	423	424	425	426	427	428	N4	B22	BORDEURE
remplissage											remplissage											remplissage																		
BORDEURE	BORDEURE	N4	B22	449	448	447	446	445	444	443	N4	B22	442	441	440	439	438	437	436	N4	B22	435	434	433	432	431	430	429	N4	B22	BORDEURE	BORDEURE								

COMPLETEMENT																																											
BOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	1	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	4	BOR		
BOR												0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	BOR	
BOR	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BOR	
BOR												1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	BOR	
FORTEMENT																																											
BOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BOR	
BOR												0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BOR
BOR	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BOR	
BOR												2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	BOR	
MOYENNEMENT																																											
BOR	0	0	0	0	0	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	1	3	0	0	1	0	1	0	0	2	0	BOR			
BOR										0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	BOR	
BOR	0	0	0	0	1	3	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	BOR	
BOR										0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	2	8	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BOR	
FAIBLEMENT																																											
BOR	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	1	3	1	4	0	0	1	0	1	0	2	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	2	0	0	5	BOR	
BOR												0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	3	2	1	BOR		
BOR	2	1	0	0	0	2	0	1	1	0	1	1	2	3	1	0	1	0	1	2	0	1	7	2	2	3	0	2	1	2	1	0	0	1	0	1	0	1	3	1	BOR		
BOR												3	2	1	1	0	3	0	4	1	0	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	BOR	
VUE D'ENSEMBLE																																											
BOR	1	1	0	0	0	5	0	0	0	3	3	3	1	0	0	1	3	2	4	0	0	5	4	3	3	3	3	4	1	1	4	0	2	2	0	2	9	0	BOR				
BOR										0	2	1	1	2	0	0	1	0	1	1	0	1	2	2	0	1	0	1	4	1	2	1	0	0	0	3	2	3	0	BOR			
BOR	2	1	0	1	1	6	0	1	1	2	1	1	5	3	1	0	1	0	1	3	2	6	7	2	2	4	0	3	4	2	1	0	0	1	0	1	5	1	BOR				
BOR										6	3	2	1	0	3	2	4	1	1	3	1	9	2	8	3	2	1	1	0	3	2	1	1	0	2	0	2	2	0	BOR			



PARCELLE 21

**Parcelle 21** : FM, Labour, 5 T/Ha fumier de parc 150 kg/Ha NPK + 80 kg/Ha Urée, précédente arachide

BOR	BOR	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	BOR
BOR	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	BOR	BOR

COMPLEMENT

BOR	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	4	0	BOR
BOR	1	2	1	1	0	0	0	0	0	2	5	2	3	20	BOR

FORTEMENT

BOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	BOR
BOR	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	BOR

MOYENNEMENT

BOR	0	1	2	1	1	0	1	3	0	2	1	2	0	2	BOR
BOR	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	2	1	0	0	BOR

FAIBLEMENT

BOR	0	0	1	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	BOR
BOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	BOR

VUE D'ENSEMBLE

BOR	0	1	3	3	3	1	3	5	1	4	2	8	4	3	BOR
BOR	1	2	1	2	0	1	1	0	1	5	7	3	4	20	BOR

PARCELLE 23

**Parcelle 23** : FU, labour 5T/Ha fumier de parc, précédente arachide

BOR	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	BOR
BOR	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	BOR

COMPLEMENT

BOR	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	BOR
BOR	0	0	0	0	0	1	2	4	6	6	2	4	6	3	BOR

FORTEMENT

BOR	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	BOR
BOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BOR

MOYENNEMENT

BOR	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	BOR
BOR	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	BOR

FAIBLEMENT

BOR	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	0	BOR
BOR	0	1	2	0	0	1	0	1	4	1	2	3	2	2	BOR

VUE D'ENSEMBLE

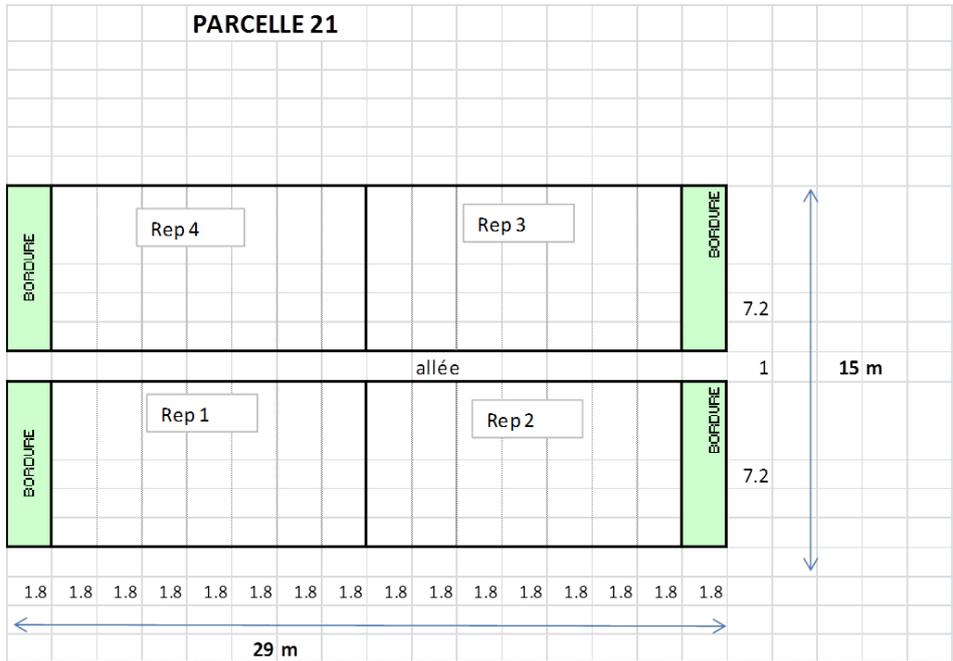
BOR	1	0	2	1	2	3	1	2	1	2	2	1	1	2	BOR
BOR	0	1	2	0	0	2	3	5	11	7	4	8	10	5	BOR



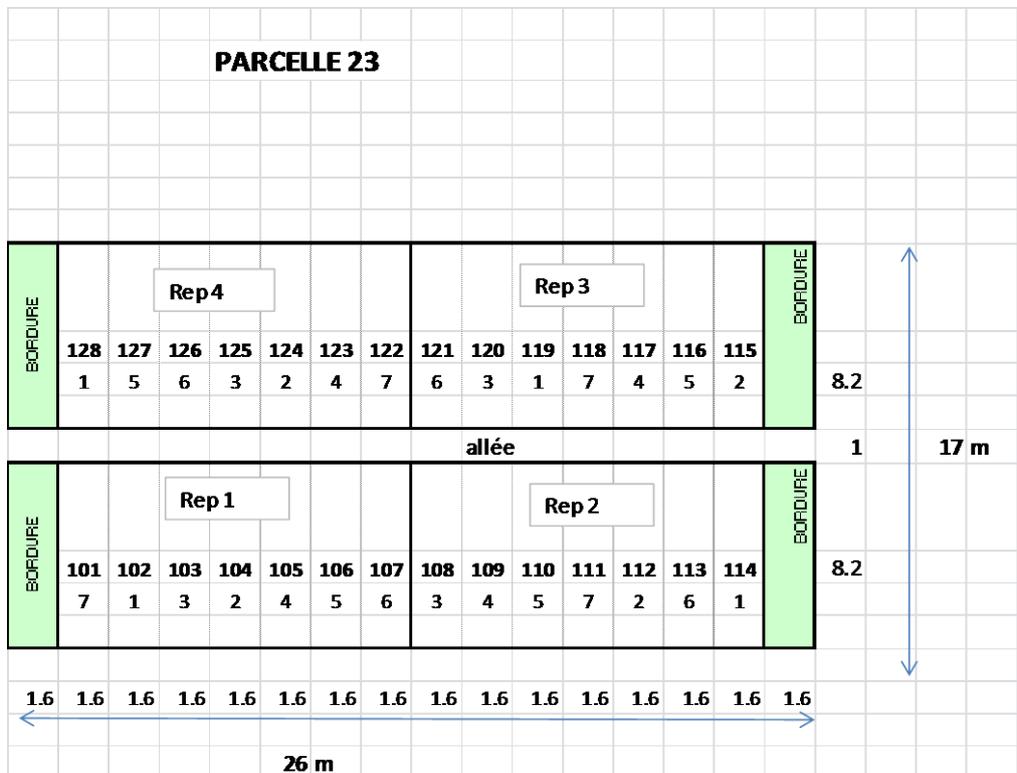




3. **Parcelle FM:** Labour, 5 t/ha fumier de parc 150 kg/ha NPK + 80 kg/ha Urée, précédente arachide.

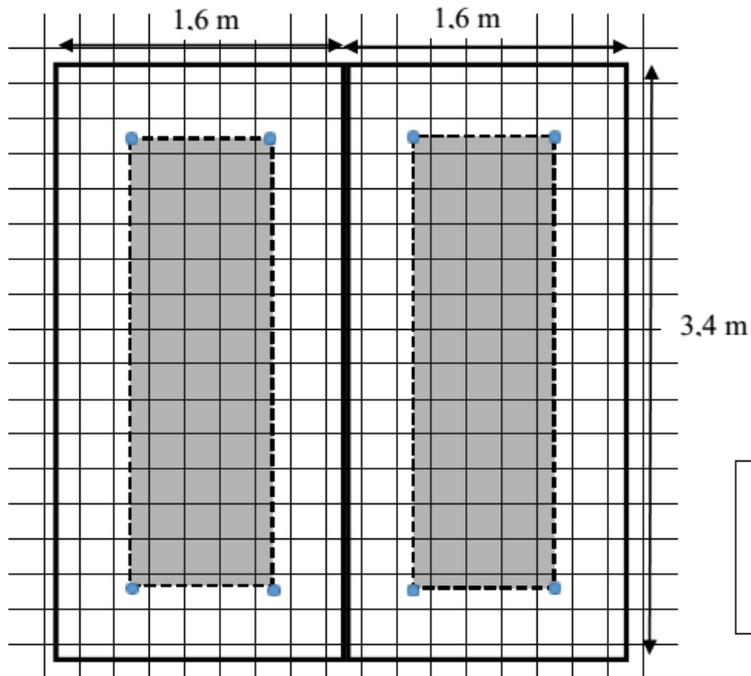


4. **Essai Variétal FU:** labour 5t/ha fumier de parc, précédente arachide



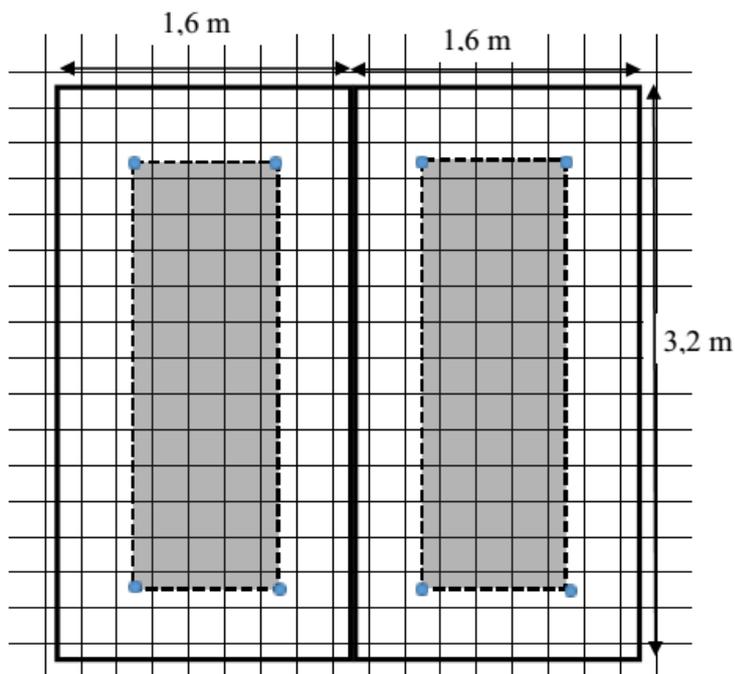
## Annexe 5. Périmètre de comptage

### Parcelle 13:



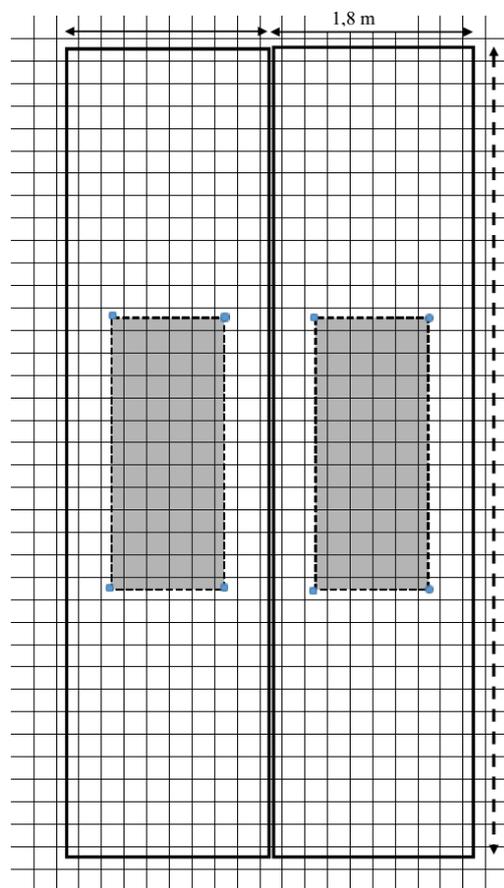
Dans le périmètre de comptage pour la parcelle 13, il y a  $13 \times 4$  poquets à observer (52 poquets).

### Parcelle 18



Dans le périmètre de comptage pour la parcelle 18, il y a  $12 \times 4$  poquets à observer (48 poquets).

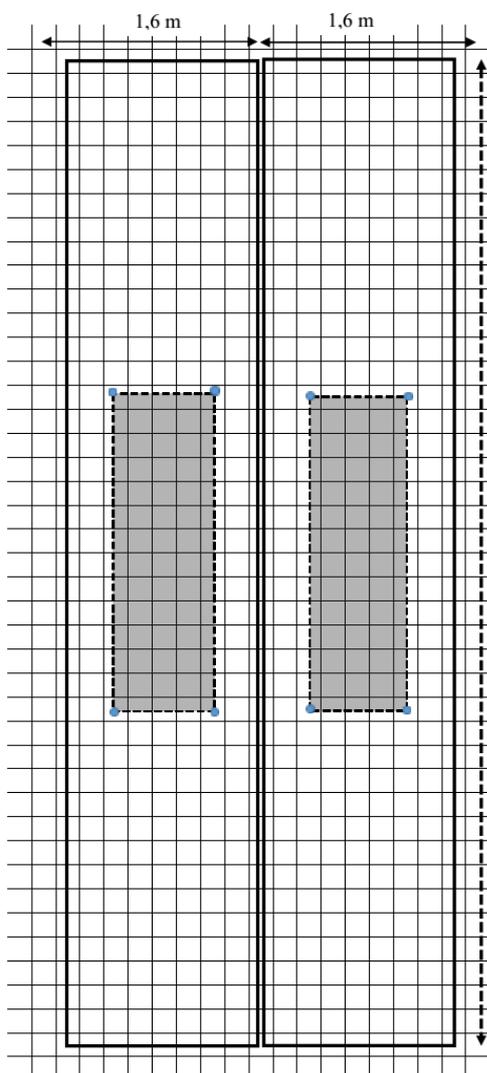
**Parcelle 21 :**



7,2 m

Dans le périmètre de comptage pour la parcelle 21, il y a  $12 \times 5$  poquets à observer (60 poquets).

**Parcelle 23 :**



8,2 m

Dans le périmètre de comptage pour la parcelle 23, il y a  $13 \times 4$  poquets à observer (52 poquets).



**Annexe 7.** Evolution moyenne du nombre de talle et la hauteur des plants dans la serre

Sem.	2		3		4		7		9		17		
Méso.	NT/P	H											
Répétition 1	1a	1	15	1	25	2	31	2	56	3	61	3	73
	1b	1	16	1	24	2	35	2	59	3	63	3	76
	1c	1	19	1	27	2	34	2	55	3	59	3	75
	2a	1	21	1	29	2	34	2	57	3	62	3	76
	2b	1	16	1	25	2	37	2	58	3	63	3	76
	2c	1	18	1	26	2	36	2	57	3	62	3	78
	3a	1	16	1	27	2	35	2	58	3	63	3	76
	3b	1	17	1	25	2	36	2	58	3	62	3	75
	3c	1	17	1	27	2	37	2	53	3	62	3	73
Répétition 2	1a	1	19	1	25	2	34	2	56	3	65	3	74
	1b	1	16	1	26	2	36	2	57	3	63	3	76
	1c	1	14	1	28	2	37	2	54	3	64	3	77
	2a	1	15	1	22	2	35	2	58	3	64	3	74
	2b	1	20	1	26	2	36	2	58	3	62	3	73
	2c	1	18	1	25	2	37	2	54	3	62	3	75
	3a	1	18	1	26	2	37	2	60	3	61	3	74
	3b	1	18	1	24	2	36	2	53	3	61	3	73
	3c	1	19	1	27	2	37	2	54	3	59	3	73
Répétition 3	1a	1	17	1	26	2	35	2	55	3	62	3	74
	1b	1	18	1	25	2	38	2	57	3	64	3	75
	1c	1	17	1	27	2	37	2	58	3	62	3	73
	2a	1	19	1	25	2	33	2	53	3	61	3	74
	2b	1	17	1	28	2	36	2	55	3	62	3	73
	2c	1	18	1	25	2	37	2	56	3	64	3	74
	3a	1	16	1	29	2	36	2	58	3	64	3	73
	3b	1	18	1	27	2	37	2	55	3	62	3	75
	3c	1	19	1	28	2	38	2	57	3	64	3	73
Répétition 4	1a	1	20	1	28	2	36	2	56	3	62	3	74
	1b	1	17	1	26	2	37	2	58	3	62	3	73
	1c	1	18	1	28	2	36	2	58	3	64	3	73
	2a	1	16	1	27	2	35	2	54	3	57	3	74
	2b	1	19	1	27	2	37	2	57	3	64	3	74
	2c	1	17	1	28	2	36	2	53	3	59	3	74
	3a	1	19	1	26	2	37	2	58	3	64	3	76
	3b	1	16	1	27	2	36	2	57	3	64	3	73
	3c	1	16	1	28	2	37	2	53	3	58	3	74
Témoin	T1	1	20	1	26	2	37	2	64	3	68	3	78
	T2	1	15	1	27	2	38	2	59	3	66	3	81
	T3	1	18	1	25	2	36	2	62	3	68	3	79

**H** : hauteur du plant ; **Méso** : codage des mésocosmes ; **NT** : nombre de talle ; **P** : plant ; **S** : semaine ;

**T1** : Nerica 4 ; **T2** : Nerica 10 ; **T3** : B22

## TITLED

# ANALYSIS OF THE BEHAVIORS AND THE DAMAGES OF *Enaria melanictera* (Coleoptera, Melolonthidea) ON THE RAINFED RICE VARIETIES (*Oryza sativa*), AND DEPENDING ON THE CULTURAL MODE, AT IVORY IN THE REGION OF THE WEST MEANS OF VAKINANKARATRA, MADAGASCAR

## SUMMARY

Rainfed rice cultivation, the most practiced by farmers in the western region of Vakinankaratra, is one of the most pest-ravaged crops, including white grubs.

This study performed in the experimental plots of the FOFIFA-CIRAD rainfed rice Variety Selection Program at Ivory, located in the Middle Western part of the Vakinankaratra region. . It aims to know the varieties of rainfed rice tolerant against the attacks of white grubs. The observations are done in three different surroundings. (i) In the field, with two cropping modes: SCV and with muck, using 56 coded varieties and two known varieties of rainfed rice: Nerica 4 and B22, this is done to identify the white grubs responsible for the attacks and the extent of their damage. (ii) In the greenhouse, an experiment is carried out in mesocosms to observe the intensity of the damage caused by larvae L3 of the white grubs species *Enaria melanictera*, of different densities, on three varieties of rainfed rice: Nerica 4, Nerica 10, B22. (iii) In laboratory, the experiment performed is to verify the lifespan of *Enaria melanictera* L3 larvae in a environment without rice root but containing organic matters.

The study revealed that rice varieties are indifferent to the aggressions of third instar larvae (L3) of *E. melanictera*, even if some varieties are less attacked than others. So, The differentiation of the damage level between varieties is due to the inequality of the larval density in the parcel.

**Key words:** white grubs, damage, *Enaria melanictera*, rainfed rice, cultural mode.

## **INTITULE :**

**ANALYSE DES COMPORTEMENTS ET DES DEGATS D'*Enaria melanictera* (Coleoptera, Melolonthidea) SUR LES VARIETES DE RIZ PLUVIAL (*Oryza sativa*), ET SELON LE MODE CULTURAL, A IVORY DANS LA REGION DU MOYEN OUEST DE VAKINANKARATRA, MADAGASCAR.**

## **RESUME**

La riziculture pluviale, la plus pratiquée par les paysans dans la région moyenne ouest de Vakinankaratra, fait partie des cultures les plus ravagées par les bioagresseurs, parmi lesquels figurent les vers blancs.

Cette étude effectuée dans les parcelles d'expérimentation du programme sélection variétale du riz pluvial du FOFIFA-CIRAD à Ivory, située dans la partie moyenne Ouest de la région de Vakinankaratra, a pour objectif de connaître les variétés de riz pluvial tolérantes contre les agressions des vers blancs. Les observations sont réalisées dans trois milieux différents. (i) Sur terrain, avec deux modes culturaux : en SCV et sur fumier unique et utilisant 56 variétés codées et deux variétés connues du riz pluvial : Nerica 4 et B22, ceci est effectué afin d'identifier les vers blancs responsables des agressions et l'étendue de leurs dégâts. (ii) Sous-serre, une expérimentation est réalisée dans des mésocosmes afin d'observer l'intensité du dégât des larves L3 de l'espèce du ver blanc *Enaria melanictera*, de densité différente, sur trois variétés du riz pluvial : Nerica 4, Nerica 10, B22. (iii) En laboratoire, l'expérimentation effectuée consiste à vérifier la durée de vie des larves L3 d'*Enaria melanictera* dans un milieu sans racine de riz mais contenant de la matière organique.

L'étude a révélé que les variétés du riz sont indifférentes face à l'agression des larves de troisième stade (L3) d'*E. melanictera*, même si certaines variétés sont moins attaquées que les autres. Ainsi, la différenciation du niveau du dégât entre les variétés est due à l'inégalité de la densité larvaire dans la parcelle.

**Mots clés :** vers blancs, dégâts, *Enaria melanictera*, riz pluvial, mode cultural.

**Le Rapporteur**

**L'Impétrant**

**RAFARASOA Lala Sahondra, Professeur,**  
[rafarasoalala@yahoo.fr](mailto:rafarasoalala@yahoo.fr)  
034 28 647 49

**RANDRIAMANANTENA Herizo,**  
[randherizo@gmail.com](mailto:randherizo@gmail.com)  
034 43 081 86