

TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
TABLE DE MATIERES	iii
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES PHOTOS	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES ANNEXES	x
GLOSSAIRE	xi
LISTE DES ABREVIATIONS	xii

INTRODUCTION

<u>Première partie:</u> GENERALITES	2
I. LE MAIS	3
I. 1 ORIGINE ET REPARTITION.....	3
I.2 SYSTEMATIQUE	3
I.3 MORPHOLOGIE DU MAIS	3
I.3.1 Racines	4
I.3.2 Tiges	4
I.3.3 Feuilles	5
I.3.4 Inflorescences et Fleurs	5
I.3.5 Fruits.....	6
I.4 CONDITIONS ECOLOGIQUES DU DEVELOPPEMENT DU MAIS	7
I.4.1 Besoins en chaleur.....	7
I.4.2 Besoins en eau	7
I.4.3 Besoins en lumière	7
I.4.4 Altitude convenable à la culture de maïs.....	7
I.4.5 Caractéristiques du sol favorable pour la culture de maïs.....	8

I.4.6 Besoins nutritifs.....	8
II. SYSTEME DE COUVERTURE VEGETALE (SCV).....	8
II.1 SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL.....	8
II.1.1 Définition.....	8
II.1.2 Historique.....	8
II.1.3 Principe de base.....	9
II.1.4 Avantages du SCV.....	9
II.2 LES PLANTES DE COUVERTURE.....	10
II.2.1 Types des plantes de couverture.....	10
II.2.2 Caractéristiques des plantes de couverture.....	10
II.2.3 Principales plantes de couverture utilisées à Madagascar.....	11
III. Le <i>Striga asiatica</i>	11
III.1 SYSTEMATIQUE.....	11
III.2 CARACTERISTIQUES DE <i>Striga. asiatica</i>	12
III.3 CYCLE DE DEVELOPPEMENT DE <i>Striga asiatica</i>	12

Deuxième partie: **MATERIELS ET METHODES**

I. LIEU D'ETUDE.....	14
I.1 LOCALISATION DU SITE D'ETUDE.....	14
I.2 MATERIELS BIOLOGIQUES.....	15
I.2.1 Semences de maïs.....	15
I.2.2 Graines de <i>Striga asitica</i>	16
I.2.3 Couvertures végétales utilisées.....	16
II. PROTOCOLE EXPERIMENTAL.....	16
II.1 TRAVAUX AU LABORATOIRE.....	17
II.1.1 Pré conditionnement des graines de <i>Striga asiatica</i>	17
II.1.2 Préparation des semences de maïs.....	17

II.2 EXPERIMENTATIONS AU CHAMP	17
II.2.1 Dispositif expérimental au champ.....	17
II.2.2 Préparation du sol.....	18
II.2.3 Mise en place de la culture.....	19
II.2.4 Mise en place de la couverture.....	19
II.2.4 Contrôle de la Pollinisation.....	20
II.2.5 Récolte	20
II.2.6 Paramètres à considérer	21
II.2.7 Suivi et entretien des cultures	21
II.3 METHODE DE CALCUL	21
II.3.1 Taux de germination	21
II.3.2 Taux de survivants	22
II.3.3 Moyenne du nombre de plants de <i>Striga asiatica</i> émergés	22
II.3.4 Niveau d'infection.....	22
II.3.5 Taux de fertilité de la plante	22
II.3.6 Degré de tolérance de la plante hôte	22
II.3.7 Croissance et développement des plants de maïs : croissance en hauteur, croissance foliaire et taux de chlorophylle	23
II.3.8 Rendement en grains de maïs.....	23
II.3.9 Biomasses racinaire et aeriennne du maïs	24
III. ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS	24

Troisième partie: RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I. TAUX DE GERMINATION.....	25
II. CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT DES PLANTS DE MAÏS DE LA VARIETE PLATA M ₅	26
II.1 Croissance en hauteur des plants de maïs M ₅	26

II.2 Croissance foliaire des plants de maïs M5	28
II.3 Taux de chlorophylle.....	30
III.TAUX DE PLANTULES SURVIVANTES	31
IV. NOMBRE MOYEN DES PLANTS DE <i>Striga asiatica</i> EMERGES.....	32
V. TAUX D'INFECTION DE <i>Striga asiatica</i> SUR LA PLANTE HÔTE	33
VI. DEGRE DE TOLERANCE DE LA PLANTE HOTE	35
VII. NOMBRE MOYEN DES GRAINS DE MAIS FERTILES ET STERILES A CHAQUE TRAITEMENT	36
VIII. BIOMASSES AERIENNE ET RACINAIRE DU MAIS.....	37
IX. RENDEMENT EN GRAINS DE MAIS	38

Quatrième partie: DISCUSSIONS

Evaluation de l'effet de la couverture.....	40
L'effet de l'utilisation des semences améliorées issues de l'irradiation	42
La méthodologie sur les techniques de semis direct sur couverture permanente des sols ..	44

Cinquième partie: CONCLUSION ET PERSPECTIVES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIES	46
--	-----------

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Morphologie du plant de maïs	4
Figure 2: Système racinaire du maïs.....	4
Figure 3: Epillet en fleur du maïs	5
Figure 4: Grains de maïs.....	7
Figure 5: Diagramme ombrothermique de Gaussen de la station Kianjasoa 2015-2016 ...	15
Figure 6: Dispositif expérimental au champ.....	18
Figure 7: Courbes de croissance en hauteur des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 200Gy.....	27
Figure 8: Courbes de croissance en hauteur des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 300Gy.....	27
Figure 9: Croissance foliaire des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 200Gy.....	29
Figure 10: Croissance foliaire des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 300Gy	30
Figure 11: Taux de chlorophylle des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA ..	31
Figure 12: Nombre des plants de <i>Striga asiatica</i> émergés sur le champ de la culture de maïs (variété PLATA) associé aux différents types de culture	33
Figure 13: Taux d'infection des plantes parasites <i>Striga asiatica</i> sur les plantes hôtes de la variété PLATA testées.....	34
Figure 14: Comparaison des nombres totaux de grains fertiles et stériles de la variété PLATA 0Gy, 200Gy et 300Gy avec différents types de système de culture ...	37
Figure 15: Rendement des plantes de maïs de la variété PLATA en fonction des systèmes de culture	39

CARTE

Carte 1: Localisation du site d'étude.....	14
---	----

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Inflorescence mâle du maïs	5
Photo 2: Inflorescence femelle du maïs	6
Photo 3: Plant de <i>Striga asiatica</i>	12
Photo 4: Graines de <i>Striga asiatica</i> vues au microscope optique.....	16
Photo 5: Labour et Pulvérisage au tracteur	18
Photo 6: Mise en place des parcelles et piquetage.....	18
Photo 7: Parcelles installées.....	18
Photo 8: Inoculation de graines de <i>Striga asiatica</i>	20
Photo 9: Etalement des résidus de <i>Stylosanthes</i> sp	20
Photo 10: Parcelle couverte de residus	20
Photo 11: Collecte des pollens.....	20
Photo 12: Pollinisation croisée artificielle	20
Photo 13: Epi protégé par une enveloppe après la pollinisation du maïs	20
Photo 14: Mesure du taux de chlorophylle de la 3ème feuille du maïs à l'aide d'un chlorophylle-mètre SPAD.....	23
Photo 15: Pesage de biomasses de maïs sèche; (a) : biomasse aérienne sèche,(b) : biomasse racinaire.....	24
Photo 16: Epi de maïs sensible au <i>Striga asiatica</i> (Parent 0Gy).....	36
Photo 17: Epi de maïs tolérant au <i>Striga asiatica</i> M5 PLATA	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Avantages de l'application des Systèmes de couverture végétale	9
Tableau 2: Les plantes de couverture à Madagascar	11
Tableau 3: Taux de germination des lignées de maïs testées de la variété PLATA(%).....	25
Tableau 4: Moyenne des hauteurs maximales (en cm) des plants de maïs M5 issus de la variété PLATA.....	28
Tableau 5: Taux de plantules survivantes de maïs de la variété PLATA améliorées pour les trois types de traitements appliquées (en %).....	32
Tableau 6: Evaluation de la tolérance de la plante hôte en fonction des différents systèmes de culture	35
Tableau 7: Biomasse sèche des plantes de maïs de la variété PLATA(t/ha)	38

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Caractéristiques de la variété de maïs (<i>Zea mays</i>) PLATA.....	I
Annexe 2: Caractéristiques des plantes de couverture utilisées.....	II
Annexe 3: Tableaux récapitulatifs des pourcentages et des moyennes	III
Annexe 4: Résultats d'analyse de variance.....	V
Annexe 5: Echelle d'évaluation de l'infection de <i>Striga hermonthica</i> sur la plante de <i>Sorghum bicolor</i> selon Haussmann (2008) modifiée par RANAIVOTSILAVO (2017) concernant le degré d'infection de <i>Striga asiatica</i> sur la plante hôte de maïs.....	XI
Annexe 6: Références symptomatologiques sur la relation plante hôte-Striga.....	XII
Annexe 7: Données climatiques journalières Kianjasoa nov 2015 - avril 2016	XIII

GLOSSAIRE

Adventices	: synonyme de mauvaises herbes, une plante qui pousse là où les gens ne la désirent pas.
Allélopathie	: effet direct ou indirect, positif ou négatif d'une plante sur une autre, par libération de composées biochimiques dans l'environnement.
Baiboho	: terre alluvionnaire, terre fertile de décrue
Chimiotropisme	: un déplacement d'un organe, d'une cellule ou une substance, orienté(e) par un gradient de concentration chimique. Puis, la substance va être attirée (chimiotropisme positif) ou repoussée (chimiotropisme négatif), par une molécule.
Composite	: formé d'éléments divers et peu homogènes.
Croissance	: augmentation de chaque partie de la plante en longueur, largeur, diamètre, surface, masse et volume.
Développement	: ensemble des transformations qui se produisent au niveau de la plante et qui sont liées à l'activité des cellules et à la formation des organes.
Lixiviée	: soumettre à la lixiviation : phénomène d'entraînement des sels solubles par l'eau qui circule dans le sol de haut en bas.
Nodule	: une excroissance qui se forme au niveau de la racine de la plante hôte pendant l'association symbiotique : <i>Rhizobium</i> .
Putative Mutante	: plantes considérées comme une plante mutante, ayant subi un changement au niveau du matériel génétique.
Peste végétale	: plante nuisible ayant un pouvoir d'adaptation et de multiplication rapide
Plante allogame	: une espèce dont les fleurs mâles et femelles se trouvent sur l'inflorescence distincte sur le même ou différent pied dont la pollinisation est souvent assurée par des vecteurs.
Plante monoïque	: fleur mâle et femelle se trouvent sur des inflorescences distinctes de la même plante.
Plante hôte	: une plante qui héberge un parasite, un partenaire mutuel ou un partenaire commensal, nécessaire à son cycle de vie.
Résistante	: Action de s'opposer à l'attaque d'un organisme.
Tolérante	: Aptitude d'un organisme à supporter l'attaque d'un autre organisme.

LISTE DES ABREVIATIONS

AFD	: Agence Française de Développement
IAEA	: International Atomic Energy Agency
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour Développement
CRRMO	: Centre de Recherche Régional du Moyen Ouest
FAO	: Food and Agricultural Organization
FOFIFA	: Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampanandrosoana ny eny Ambanivohitra
Gy	: Gray, unité système international de dose d'irradiation
GSDM	: Groupement semis direct de Madagascar
M5, M6	: Plante ou graine de la cinquième et sixième génération issue de la mutation induite
<i>S. asiatica</i>	: <i>Striga asiatica</i>
SCV	: Sous couvert végétal
SCVm	: Systèmes de sous couvert végétal morte
SCVv	: Systèmes de sous couverture végétale vive
t/ha	: Tonne par hectare
UBAP	: Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes
TEM	: Bloc TEMOIN

INTRODUCTION

Madagascar possède des vastes régions de cultures. Le maïs est l'une des principales cultures vivrières de la population malagasy autres que le riz et le manioc.

La production de maïs est utilisée dans les différents domaines : 12% pour l'alimentation humaine, 60% pour l'alimentation animale et 28% pour les industries (*http:1*).

L'aliment de base de la population malagasy est le riz mais il est loin de couvrir ses besoins. De ce fait, le pays doit faire face rapidement à son autosuffisance alimentaire. Alors, des projets ont été consacrés sur plusieurs essais de culture de maïs grâce à ses propriétés biochimiques et physico-chimiques comme l'apport d'énergie et des protéines comparable au riz; des éléments nutritifs 72 à 73% de glucide, 8 à 11% de protéine, 3 à 18% de lipide (dont 13% d'acides gras saturés); de fibre alimentaire ; des minéraux (mg/100g) dont 299 de Phosphore (P), 324 de Potassium (K), 48 de Calcium (Ca), 108 de Manganèse (Mg), 59 de Sodium (Na), 4,8 du Fer (Fe), 1,3 de Cuivre (Cu), 1,0 de Magnésium (Mn), 4,6 de Zinc (Zn) et des Vitamines A et E . Il est très riche en amidon, environ 63% et constitue la base de l'alimentation de nombreuses populations (*http:2*). Mais la production de maïs diminue de saison en saison à cause des diverses contraintes abiotiques et biotiques tels que le froid, la sécheresse, l'utilisation des pesticides, l'attaque des insectes, les mauvaises herbes et les plantes parasites dont l'espèce *Striga asiatica* L. (Kuntze) (RABEFIRAIANA, 2015). Cette dernière est une mauvaise herbe, parasite des cultures céréalières comme le riz, le maïs et le sorgho (HOUSSON et al., 2008). La germination de ses graines est conditionnée par des températures élevées, des faibles précipitations, des sols pauvres et à faible teneur en matière organique et azotée (DEMBELE, 2009), elle est favorisée par la sécrétion de l'exsudat racinaire « Strigolactone » de la plante hôte. Après la germination des grains de *S. asiatica*, l'haustorium va se fixer sur la racine de la plante hôte grâce au phénomène de chimiotropisme positif, ainsi, la disponibilité en éléments nutritifs pour la plante hôte (maïs) devient insuffisante car le *S. asiatica* profite de l'hôte toutes les substances nécessaires à son métabolisme comme l'eau, les hydrates de carbone et autres éléments nutritifs (HOUSSON et al, 2008). Par la suite, le développement de la plante hôte devient désavantageux, les feuilles deviennent jaune (chlorose) alors la photosynthèse est réduite, la taille de la culture baisse et la fructification est faible donc le rendement diminue. Face à ce problème, certaines techniques ont été adoptées pour augmenter le rendement tels que le décalage du semis, l'apport des fertilisants chimiques ou organiques (RODENBURG, 2004), le sarclage manuel, la culture en rotation, l'application du système de couverture végétale ou SCV (HOUSSON et al, 2009). Ce dernier système présente de nombreux avantages sur les plans environnemental et agronomique tels que l'humidification du sol et son enrichissement,

la meilleure protection du sol, la diminution de la pression des maladies et des ravageurs et la meilleure gestion de l'eau (REBOUL, 1999). Mais en utilisant ces techniques, les résultats obtenus jusqu'à maintenant n'ont pas été très satisfaisants (SIDIBE et DEMBELE, 2009). Il est nécessaire d'utiliser des semences améliorées d'où l'initiative de faire l'étude sur «l'effet du système de couverture végétale vive et morte sur la croissance des plantes de maïs améliorées face à l'attaque de la plante parasite *Striga asiatica* L. KUNTZE ».

L'objectif général de cette étude vise à appliquer les systèmes de couverture végétale combinée à l'utilisation des lignées putatives tolérantes pour contribuer à l'amélioration de la production de maïs afin d'assurer la sécurité alimentaire à Madagascar.

Les objectifs spécifiques de ce présent travail consistent à :

- Comparer les effets de l'utilisation des systèmes de couverture végétale sur la croissance et développement des plants de maïs PLATA de la 5^{ème} génération issus de l'irradiation.
- Evaluer les effets de l'application de système de couverture végétale sur l'attaque de la plante parasite : *Striga asiatica*.
- Etudier l'effet de l'utilisation des variétés putatives tolérantes M5 sur l'attaque de *S. asiatica* en présence des différents systèmes de culture.

Dans ce travail, nous étions amenés à vérifier les trois hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : La couverture végétale morte (SCVm) assure une bonne croissance et développement des plants de maïs par rapport à la couverture végétale vive (SCVv).

Hypothèse 2 : L'application des systèmes de couverture (vive ou morte) réduit l'émergence des plantes parasites.

Hypothèse 3 : L'utilisation des lignées améliorées conduit à l'obtention des rendements satisfaisants face à l'attaque du parasite.

Le manuscrit comporte cinq grandes parties bien distinctes : les généralités sur le maïs, le système de couverture végétale et le *Striga asiatica*, les matériels et méthodes utilisés pendant l'expérience, les résultats obtenus et leurs interprétations, la discussion puis la conclusion et perspectives.

Première partie :

GENERALITES

I. LE MAIS

I. 1 ORIGINE ET REPARTITION

Le maïs est une plante d'origine Américaine, cultivé partout dans le monde en régions tropicales et tempérées. A Madagascar, sa culture se fait surtout dans les régions du Moyen-Ouest, de l'Ouest et du Sud (BOSSER, 1969).

I.2 SYSTEMATIQUE

Le maïs est une plante monocotylédone. Il appartient à la famille des Poaceae, sous famille des Panicoïdeae, genre *Zea* et espèce *mays*. Il présente une seule espèce avec de nombreuses variétés (DIRECTION DE L' AGRICULTURE, 2001). Il appartient au :

Règne	: PLANTAE
Sous-règne	: TRACHEOBIONTA
Embranchement	: SPERMAPHYTES
Sous embranchement	: ANGIOSPERMES
Classe	: MONOCOTYLEDONE
Sous classe	: COMMELINIDAE
Ordre	: CYPERALES
Famille	: POACEAE
Sous famille	: PANICOIDEAE
Tribu	: MAYDAE
Genre	: <i>Zea</i>
Espèce	: <i>mays</i> L.
Sous-espèce	: <i>Zea mays subsp. mays</i>
Variétés	: Plata, IRAT200,....
Nom vernaculaire	: Maïs
Appellation malagasy	: Katsaka, Tsako, etc (<i>http</i> : 3)

I.3 MORPHOLOGIE DU MAIS

Le maïs est une plante herbacée annuelle dont la hauteur varie de 40cm jusqu'à 5m. De nombreuses variétés existent selon les différentes caractéristiques, mais celles couramment cultivées ont une taille variable de 1 à 3m (ESCALANTE et *al*, 2002). La morphologie du plant de maïs est présentée à la figure 1.

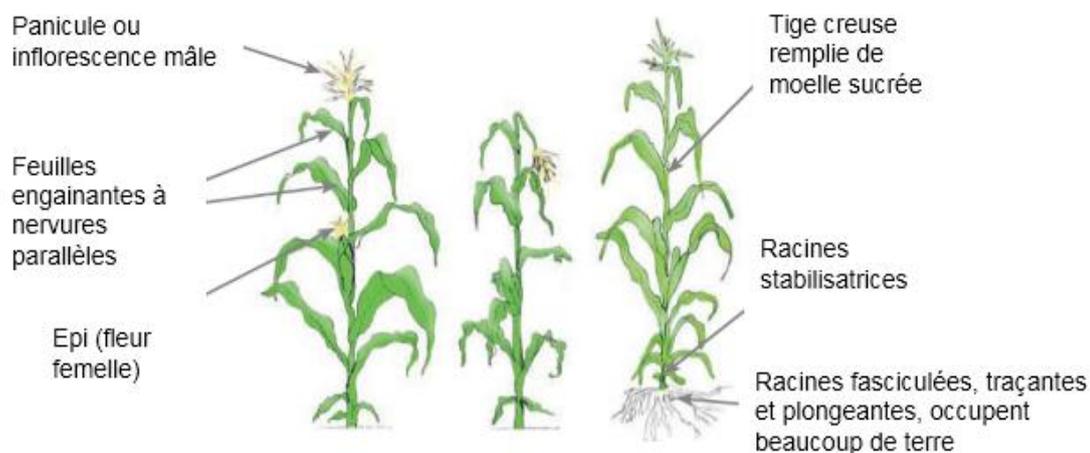


Figure 1 : Morphologie du plant de maïs (ESCALANTE *et al*, 2002)

1.3.1 Racines

Les racines sont de deux types, l'une du type fasciculé qui est superficielle et ne dépasse pas de 50cm de profondeur ; l'autre des racines adventives aériennes ou crampons (Figure 2) qui se forment sur les nœuds de la base des tiges (ESCALANTE *et al*, 2002).

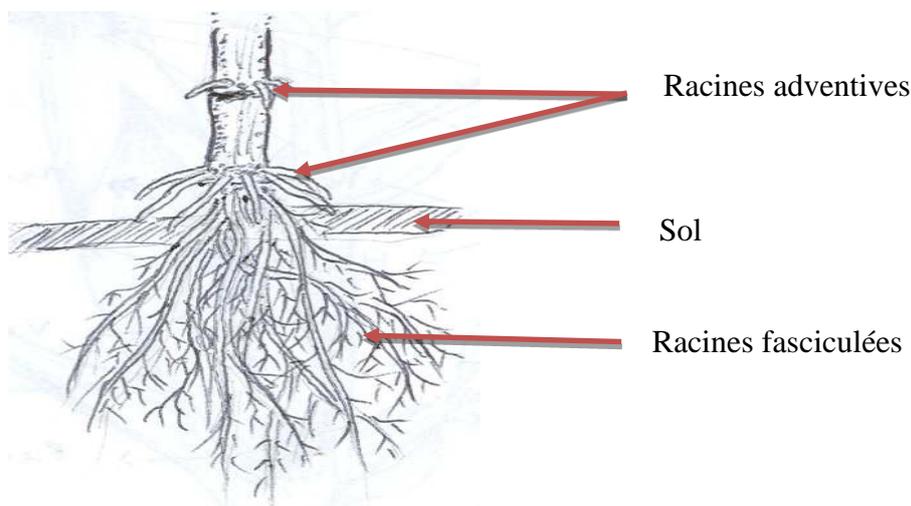


Figure 2 : Système racinaire du maïs

Source : (<http:3>)

1.3.2 Tiges

La tige est longue de 1,5 à 3,5m et d'un diamètre important, variant de 5 à 6cm. Elle est lignifiée, remplie d'une moelle sucrée, formée de nœuds et d'entre-nœuds (d'une vingtaine de centimètre chacune). Au niveau de chaque nœud est insérée une feuille de façon alternative sur la tige (ESCALANTE *et al*, 2002).

I.3.3 Feuilles

Elles sont de grandes tailles atteignant 10cm de large et 1m de long ; elles se fixent à la tige par la base et aigues à l'extrémité avec un limbe plat allongé en forme de ruban à nervures parallèles. Une petite ligule se trouve entre le limbe et la gaine (ESCALANTE et *al*, 2002).

I.3.4 Inflorescences et Fleurs

Le maïs est une plante monoïque et allogame. L'inflorescence mâle et les inflorescences femelles séparées se trouvent sur un même pied.

✚ L'inflorescence mâle est une panicule terminale composée d'épillets contenant chacun deux fleurs mâles (Photo 1). Ces dernières sont composées de glumes et de glumelles entourant trois étamines (Figure 3).

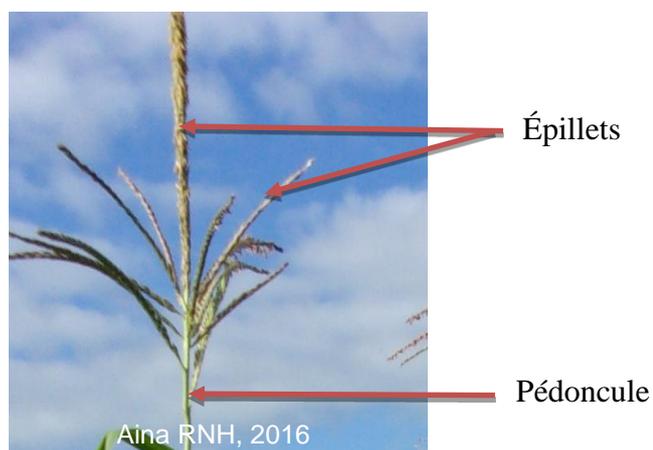


Photo 1 : Inflorescence mâle du maïs

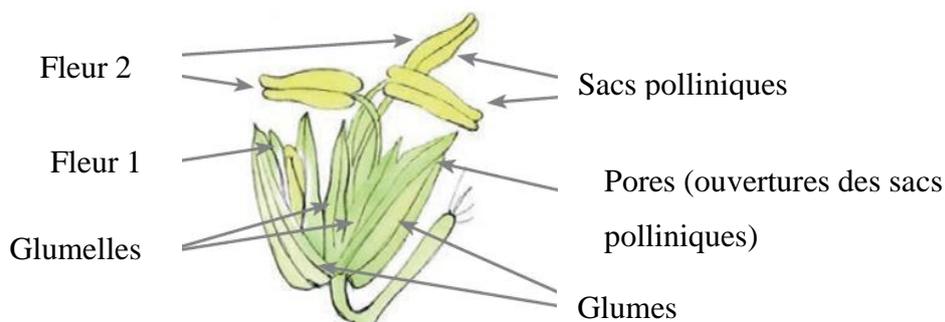


Figure 3: Epillet en fleur du maïs (ESCALANTE et *al*, 2002)

Une à quatre inflorescences femelles selon la variété existent sur un pied. Elles sont situées sur l'aisselle des plus grandes feuilles au milieu de la tige. Ce sont des épis enveloppés dans des feuilles modifiées appelées « spathes » qui se dessèchent à maturité. Chaque épi est constitué par une « rafle » sur laquelle sont insérés en rangées verticales des centaines d'épillets à deux fleurs femelles dont une seule est fertile. Au moment de la fécondation, les styles des fleurs sortent de l'extrémité supérieure des épis sous forme de stigmates filiformes (partie supérieure du pistil en forme de fil) ou de soies vertes ou rosées. Les fleurs femelles possèdent chacune un ovaire surmonté d'un style très long (Photo 2).



Photo 2 : Inflorescence femelle du maïs

1.3.5 Fruits

Un pied donne naissance à trois ou quatre épis selon les variétés, mais un seul atteint généralement son développement complet. Selon les variétés, les grains sont disposés en 8 à 20 rangées verticales le long de l'axe de l'épi, appelé rafle. Ils ont des formes multiples (globulaire, ovoïde, prismatique, etc.), et de différentes couleurs (blanc, jaune roux, doré, violet, noir). Ils sont parfois lisses ou ridés. Un épi peut contenir environ 500 à 1 000 grains avec un poids moyen de 150g à 330g à maturité. Chaque grain est composé d'un germe (embryon + cotylédon), d'un albumen et d'un péricarpe qui est une enveloppe extérieure dure qui empêche l'entrée de champignons et de bactérie (Figure 4) (ESCALANTE et al, 2002).

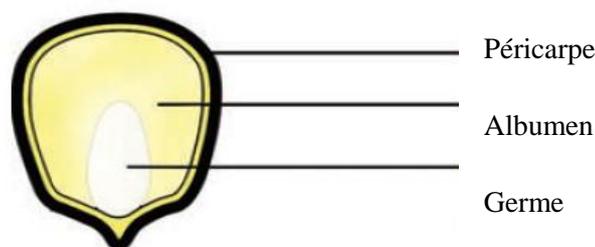


Figure 4 : Grains de maïs

I.4 CONDITIONS ECOLOGIQUES DU DEVELOPPEMENT DU MAIS

Les plants de maïs exigent quelques conditions écologiques pour assurer son bon développement et sa croissance.

I.4.1 Besoins en chaleur

La germination des plants de maïs nécessite une température minimale de 10°C mais au cours de sa végétation, le maïs a besoin d'une température optimale de 19°C (HUBERT, 1978 ; CIRAD-GRET, 2002).

I.4.2 Besoins en eau

Il a été estimé qu'il faut une moyenne mensuelle de 100mm d'eau durant toute la période de sa végétation. Le maïs est une plante exigeante en eau, surtout en phase de germination, croissance, floraison, fécondation et grossissement des grains. Mais la période la plus critique pour l'eau s'étend sur les 15 jours qui précèdent et les 15 jours qui suivent l'apparition des inflorescences mâles (HUBERT, 1978 ; CIRAD-GRET, 2002).

I.4.3 Besoins en lumière

Le maïs demande une forte insolation. C'est la raison pour laquelle un espacement minimal de 50cm a été préconisé par les agents de l'agriculture aux paysans (HUBERT, 1978 ; CIRAD-GRET, 2002).

I.4.4 Altitude convenable à la culture de maïs

Le maïs pousse aussi bien en bordure de la mer que sur les Hauts-Plateaux lorsque les conditions écologiques précédentes sont satisfaisantes. Néanmoins, il ne peut pas dépasser 1800m d'altitude (HUBERT, 1978 ; CIRAD-GRET, 2002).

1.4.5 Caractéristiques du sol favorable pour la culture de maïs

Le maïs se développe sur des sols :

- ✚ profonds, meubles, frais, assez légers, fertiles, humifères pour éviter les risques de tassement et d'engagement permanent en eau asphyxiant les racines,
- ✚ alluvionnaires de Baiboho riche en matière organique ou issus d'un volcanisme récent qui contient des éléments minéraux.
- ✚ de pente inférieure à 12% pour éviter les risques d'érosion,
- ✚ pas trop acides avec un pH < 5 (HUBERT, 1978 ; CIRAD-GRET, 2002).

1.4.6 Besoins nutritifs

Le maïs a besoin des cinq éléments essentiels dans lesquels il puise ses principaux nutriments: l'azote (N), l'acide phosphorique (H₃PO₄), la potasse (K₂O), la chaux (CaO), la magnésie (MgO). Ils sont surtout indispensables avant la floraison pour permettre la formation normale de l'épi (HUBERT, 1978 ; CIRAD-GRET, 2002).

II. SYSTEME DE COUVERTURE VEGETALE (SCV)

II.1 SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL

II.1.1 Définition

Les SCV constituent une nouvelle approche de l'agriculture qui permet de s'affranchir du labour avec des effets à court et à moyen terme sur l'arrêt de l'érosion, l'amélioration de la fertilité et la stabilisation des sols, voire l'augmentation des rendements même sur des terres réputées incultes, ainsi que la réduction de la consommation des carburants (AFD 2006).

II.1.2 Historique

D'après l'enquête en 2011 sur les pratiques culturales, environ 230 000ha étaient semées en semi-direct, essentiellement dans des résidus de culture (*http:4*). Vers le début des années 1990, les systèmes SCV sont introduits à Madagascar. Ils ont été essayés dans quatre régions différentes de l'Ile (Lac Alaotra, Moyen Ouest, Hautes-terres, Sud-Est et Sud-Ouest) dont les objectifs sont de réduire l'érosion hydrique, d'accroître la fertilité des versants des collines appelés communément « Tanety » à Madagascar et d'améliorer l'efficacité en eau (HUSSON et RAKOTONDRAMANANA, 2006). Trois types de systèmes SCV existent : (i) le système en semis direct sur couverture végétale vivante ou SCVv, (ii) le système en semis direct sur

couverture végétale morte ou SCVm et le système en semis direct sur couverture végétale mixte (*http:5*). Les deux premiers systèmes sont les plus pratiqués à Madagascar.

II.1.3 Principe de base

La technique du système sous couvert végétal est basée sur 3 principes fondamentaux qui sont le suivant :

- ✚ Le sol n'est plus travaillé, d'où l'appellation de techniques sans labour ou zéro labour dans le but de minimiser la perturbation du sol et de la litière (REBOUL, 1999, HUSSON et *al*, 2009).

- ✚ Le sol est maintenu sous la protection permanente d'un couvert végétal total d'où l'appellation de techniques de culture sous couvertures.

Cette protection peut être assurée par des couvertures mortes (pailles ou résidus de récolte étalées sur la totalité de la parcelle) ou par des couvertures vives, c'est-à-dire une plante installée sur la parcelle et constitue un tapis protecteur permanent vivant comme les Fabaceae (REBOUL, 1999).

- ✚ Produire et restituer au sol une forte biomasse par associations ou successions d'une diversité de plantes aux fonctions multiples (HUSSON et *al*, 2009).

II.1.4 Avantages du SCV

L'application de SCV présente beaucoup d'effets bénéfiques sur les plans agronomiques et environnementaux mais aussi au niveau économiques. Le tableau 1 ci-dessous présente ces avantages (AFD, 2006).

Tableau 1: Avantages de l'application des Systèmes de Couverture Végétale

Agronomiques et environnementaux	Economiques
<ul style="list-style-type: none"> - éviter l'érosion du sol ; - améliorer aussi la structure du sol et de son activité biologique ; - assurer une meilleure gestion de l'eau ; - diminuer la pression des maladies, des ravageurs et des plantes parasites ; - séquestrer le carbone et réduire l'effet de serre. 	<p>peuvent être :</p> <ul style="list-style-type: none"> - directs pour l'agriculteur : la diminution du temps de travail ou -indirects à propos des dépenses : l'entretien des infrastructures s'observent : • <u>à court terme</u> : réduction des coûts de production • <u>à long terme</u> : stabilisation des rendements.

(Source : AFD, 2006)

II.2 LES PLANTES DE COUVERTURE

Les familles des Poaceae et des Fabaceae sont les groupes de plantes les plus utilisés comme plante de couverture.

II.2.1 Types des plantes de couverture

Deux (2) types de couverture peuvent être utilisés en SCV:

La couverture vive

Deux méthodes de pratique peuvent être réalisées pour ce type de couverture du sol soit par une association de culture sur une même parcelle (culture principale et culture de plante de couverture), soit par des successions culturales qui ne laissent pratiquement jamais le sol nu (ANDRIAMPARANY, 2009).

La couverture morte

Pour ce type de couverture, les résidus de cultures sont utilisés pour couvrir le sol avec une épaisseur suffisante, afin d'empêcher les repousses des adventices et de conserver une certaine humidité du sol. Cette couverture morte fournit une certaine quantité de matière organique brute qui se décomposera progressivement (ANDRIAMPARANY, 2009).

II.2.2 Caractéristiques des plantes de couverture

Toutes les plantes de couverture possèdent des systèmes racinaires puissants, profonds et peuvent se développer dans des conditions difficiles ou marginales (durant les saisons sèches ou froides, comme sur des sols compactes ou sous une forte pression des adventices) (ANDRIAMPARANY, 2009). Les plantes de couverture appartenant à la famille des Fabaceae présentent aussi des nodules pour assurer la fixation de l'azote (N) par l'association symbiotique des plantes hôtes et des plantes de couverture au niveau de la racine. Ces plantes peuvent augmenter les matières organiques dans le sol, permettant ainsi d'augmenter la production en restaurant et en améliorant durablement la fertilité du sol. Elles assurent aussi la protection du sol pour lutter contre l'érosion, les mauvaises herbes et les plantes de couverture confèrent une bonne structure aux sols, en facilitant son aération et la pénétration de l'eau. Grâce à leur système racinaire, ces plantes arrivent à puiser l'eau profonde du sol et à recycler les éléments nutritifs lixiviés.

II.2.3 Principales plantes de couverture utilisées à Madagascar

Les principales plantes de couverture utilisées à Madagascar appartiennent au groupe des Fabaceae et des Poaceae. Elles ont été toutes introduites à Madagascar mais d'autres sont déjà naturalisées comme l'espèce *Mucuna pruriens* et *Pennisetum clandestinum*.

Le tableau 2 ci-dessous présente toutes les espèces de couverture utilisées dans le domaine de SCV à Madagascar :

Tableau 2 : Les plantes de couverture à Madagascar

FABACEAE	POACEAE
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vicia sativa</i> : la Vesce • <i>Trifolium repens</i> : le Trèfle • <i>Stylosanthes guineensis</i> • <i>Desmodium uncinatum</i> et <i>Desmodium intornum</i> • <i>Cassia rotundifolia</i> • <i>Mucuna pruriens</i>:Mucuna • <i>Vigna unguiculata</i> : le Niébé • <i>Arrachis pintoï</i> et <i>Arrachis repens</i>: l'arachide pérenne 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lolium multifolium</i> : le Ray Grass italien • <i>Avena sativa</i> : l'avoine • <i>Brachiaria decumbens</i>, <i>Brachiaria ruziziensis</i> et <i>Brachiaria brizantha</i> • <i>Chloris gayana</i> • <i>Pennisetum clandestinum</i> : le kikuyu • <i>Eleusine coracana</i> • <i>Setaria sphacelata</i> : la sétaire • <i>Pennisetum purpureum</i> : le Bana Grass • <i>Pennisetum typhoides</i> : le mil

Source : (HOUSSEON et al., 2008)

III. Le *Striga asiatica*

Les principaux problèmes auxquels sont confrontés les agriculteurs des régions chaudes sont la lutte contre les adventices et surtout les mauvaises herbes parasites comme le *S. asiatica* (ADNANI, 2007). Le développement de ce parasite est favorisé généralement sur des sols pauvres (RAKOTOARISOA, 2011), c'est-à-dire des sols qui présentent une activité biologique et nitrification très faibles (RAZAFINJARA, 2015).

III.1 SYSTEMATIQUE

L'espèce *Striga asiatica* est une plante parasite de cultures céréalières d'importance majeure comme les céréales : le riz, le maïs et le sorgho. Elle est la plus répandue dans le monde (HOUSSEON et al, 2008). A Madagascar, le *S. asiatica* est connu par les paysans sous les noms de

« ahitra menakely », « béret rouge » et « kimenamena » (Moyen Ouest), « halafiana » (Nord Est) et « ahitra vahiny » (Sud-Ouest). Il appartient au :

Règne	: VEGETAL
Embranchement	: PHANEROGAME
Sous-embranchement	: ANGIOSPERME
Classe	: DICOTYLEDONE
Ordre	: SCROPHULARIALES
Famille	: OROBANCHACEAE
Genre	: <i>Striga</i>
Espèce	: <i>asiatica</i>
Nom vernaculaire	: ahitra arema, kimenamena, afokely, angamay, halafihana sns...

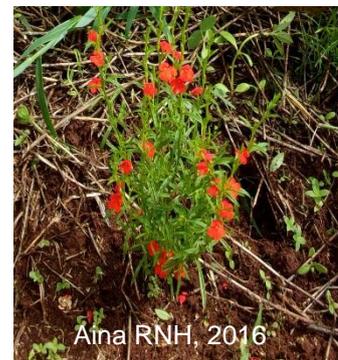


Photo 3 : Plant de *Striga asiatica*

III.2 CARACTERISTIQUES DE *Striga asiatica*

Le *Striga asiatica* est caractérisé par des feuilles vertes en général poilus, simples, opposées vers le bas et alternées vers le haut. Les fleurs sont groupées en épis avec des pétales irréguliers soudés entre eux, présentent au moins cinq étamines et ont un gynécée contenant de nombreux ovules (ANDRIANAIVO et *al.*, 1998).

Le *S. asiatica* est une espèce à fleurs rouges, mesure 13 à 30cm de hauteur. Les graines de *S. asiatica* sont minuscules de 300µm x 150µm et un plant de *S. asiatica* produit 3 à 4 capsules dont chacune présente aux environs de 10 000 à 100 000 graines sous la forme d'une poussière brunâtre. Ce qui fait que la dissémination de ces graines est très facile (HOUSSEON et *al.*, 2008).

III.3 CYCLE DE DEVELOPPEMENT DE *Striga asiatica*

Le cycle de développement de *S. asiatica* est couplé à celui de sa plante hôte et il est caractérisé par deux phases successives bien distinctes :

✚ **La phase souterraine** : pendant cette période, qui dure de 35 à 45 jours, les plantes parasites (*S. asiatica*) dépendent entièrement de la plante hôte comme les céréalières (riz, maïs, sorgho...) d'où l'appellation holoparasite ou parasite strict. Cette phase est caractérisée par les trois stades suivants :

✚ La germination des grains de *S. asiatica* qui est induite par des molécules (Strigolactones) présentes en trace dans les exsudats racinaires des plantes hôtes (BOUWMEESTER et *al.*, 2003).

✂ L'attachement et la pénétration au niveau de la racine de la plante hôte : cinq jours après la germination, un futur suçoir ou « haustorium » se forme et qui se fixe sur la racine de la plante hôte après avoir passé la phase de pré-conditionnement suivie de la stimulation chimique émanant de la plante hôte (SALLE et RAYNAL-ROQUES, 1989). Cette stimulation provoque le renflement de l'extrémité de la racicule qui par la suite adhère à la racine de l'hôte pour y pénétrer et y être en contact direct avec la plante hôte.

✚ **La phase aérienne** : cette phase comprend l'émergence, la floraison, la fructification et la dissémination

Après l'attachement et la pénétration dans la racine hôte, le *Striga asiatica* évolue en un organe tenu qui par la suite, émerge du sol et développe des feuilles vertes. Dès le stade d'émergence, le *S. asiatica* est lui-même capable d'assurer en partie l'élaboration des produits nécessaires à son développement. Seule, une faible proportion de *S. asiatica* qui a adhéré aux racines de la plante hôte émerge au-dessus du sol, la grande partie des parasites reste en attente dans le sol en exerçant toutefois leurs effets néfastes sur la plante hôte.

Le stade de floraison est observé trois à quatre semaines après l'émergence des jeunes plantules et produisent plusieurs fleurs associées en épi.

Deuxième partie :

MATERIELS ET METHODES

rivière SAKAY et 3 grands étangs artificiels : Ambatonapoaka, Ambalavao et Ambany Antsinanana.

✚ Climat de la région

Le diagramme ombrothermique élaboré ci-dessous selon la méthode de GAUSSEN (1955) dont $P=2T$ (précipitations P en millimètre et températures T en degré Celsius) montre le nombre des mois pluvieux et mois secs dans la zone d'étude.

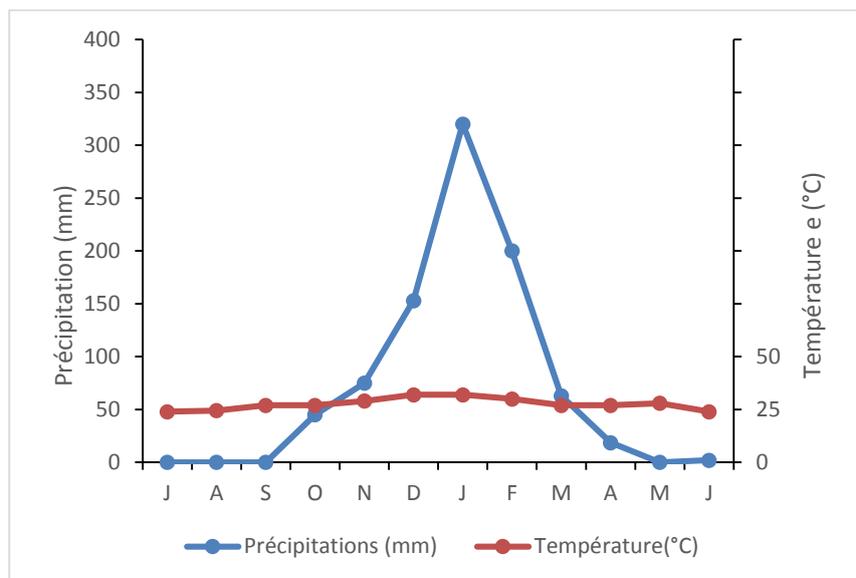


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Gausсен de la station Kianjasoa (2015-2016)

Source : Station météorologique de Kianjasoa

Le climat est de type tropical sec qui est caractérisé par deux saisons bien distinctes :

- **une saison sèche** : du mois d'avril au mois d'octobre ($P < 2T$)

- **une saison chaude et pluvieuse** : de novembre à mars ($P > 2T$) et la saison de culture se trouve aussi pendant cette période.

I.2 MATERIELS BIOLOGIQUES

I.2.1 Semences de maïs

Les grains de maïs améliorés de la variété PLATA de la cinquième génération (M5) issus de l'irradiation au rayon gamma à 200, 300Gy et du Parent (0Gy), ont été choisis pendant l'expérimentation. Les semences de la variété parent PLATA ont été fournies au début par le Centre Multiplicateur de Semence (CMS) de Sakay dont la fiche technique est trouvée dans l'annexe 1. L'irradiation de ces graines a été effectuée au laboratoire de FAO/IAEA, Seibersdorf-Vienne- Autriche en 2009.

I.2.2 Graines de *Striga asiatica*

La photo 4 suivante montre les graines de *Striga asiatica* utilisées pendant l'expérience.

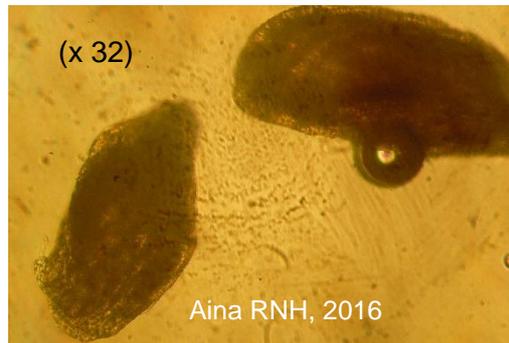


Photo 4 : Graines de *Striga asiatica* vues au microscope optique

I.2.3 Couvertures végétales utilisées

Deux types de couverture végétale ont été réalisés pendant l'expérimentation : la couverture vive (SCVv) et la couverture morte (SCVm). Les caractéristiques de ces deux types de couverture ont été trouvées dans l'annexe 2.

+ Couverture vive

Le *Vigna unguiculata* ou Niébé est la plante de couverture utilisée et choisie pendant l'expérience comme couverture vive grâce à ses propriétés : plante herbacée rampante, légumineuse tropicale possédant des racines à nodules renfermant des bactéries fixatrices d'azote atmosphérique. La fixation de cet azote est satisfaisante (MULONGOY, 1985).

+ Couverture morte

Les résidus de *Stylosanthes guianensis* sont utilisés pour la couverture morte pendant l'expérience. La décomposition de ses tiges est lente et produite en grande quantité, ce qui permet de maintenir une couverture permanente, protégeant ainsi le sol de l'érosion, améliorant l'infiltration de l'eau et réduisant fortement la pression des adventices. C'est le type souvent utilisé comme couverture (HOUSSON et al, 2008).

II. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

La réalisation des travaux a été faite en deux phases :

❖ Des travaux au laboratoire de l'Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes ou (U.B.A.P.) qui consistent au pré conditionnement des graines de *S. asiatica* et à la préparation des semences.

❖ L'expérimentation au champ qui comprend : le sarclage manuel, le semis, la pollinisation manuelle, les suivis et la récolte.

II.1 TRAVAUX AU LABORATOIRE

*II.1.1 Pré conditionnement des graines de *Striga asiatica**

Les graines ont été collectées sur les champs des paysans infestés. Ces graines ont été collectées à l'état sec dans les capsules puis gardées à une température ambiante pendant 8 mois pour assurer l'acquisition de la période de leur dormance jusqu'à leurs utilisations.

Condition de pré conditionnement : tout d'abord, il s'agit de décapsuler pour faire sortir les graines et les récupérer sur des tamis de maille 250, 200 puis 180 μ m et enfin les mélanger avec du sable très fin avec une dose de 50 : 50 ou (50% de grains de *S. asiatica* mélangés avec 50% de sable).

II.1.2 Préparation des semences de maïs

Cette préparation a été faite après la récolte. Les épis récoltés ont été séchés à l'air libre pendant 3 jours avant le décorticage des grains qui a été réalisé à la serre de l'U.B.A.P. Les grains de chaque épi ont été mis dans des enveloppes bien étiquetées mentionnant les points suivants : nom de la variété, dose d'irradiation, génération, la longueur et la largeur de l'épi, les nombres de grains sur cet épi, la couleur des grains, les symptômes d'attaque de *Striga asiatica* et la date de la récolte. Après la mise en enveloppe et l'étiquetage, les semences ont été conservées à 4°C dans la chambre froide jusqu'à la prochaine saison de culture.

II.2 EXPERIMENTATIONS AU CHAMP

II.2.1 Dispositif expérimental au champ

L'expérimentation a été réalisée sur le terrain d'essai de la station FOFIFA à Kianjasoa dont la surface totale utilisée est de 1156m². Le dispositif expérimental a été divisé en 3 blocs (A, B, C) qui représentent les 3 différents systèmes de culture dont :

- **Bloc A** : Bloc TEMOIN, sans couverture
- **Bloc B** : Bloc SCVm, avec couverture morte
- **Bloc C** : Bloc SCVv, avec couverture vive

Chaque bloc a été espacé de 1m et subdivisé en trois sous-parcelles de 10m x 10m chacune qui correspondent aux trois répétitions R1, R2 et R3 (Figure 6).

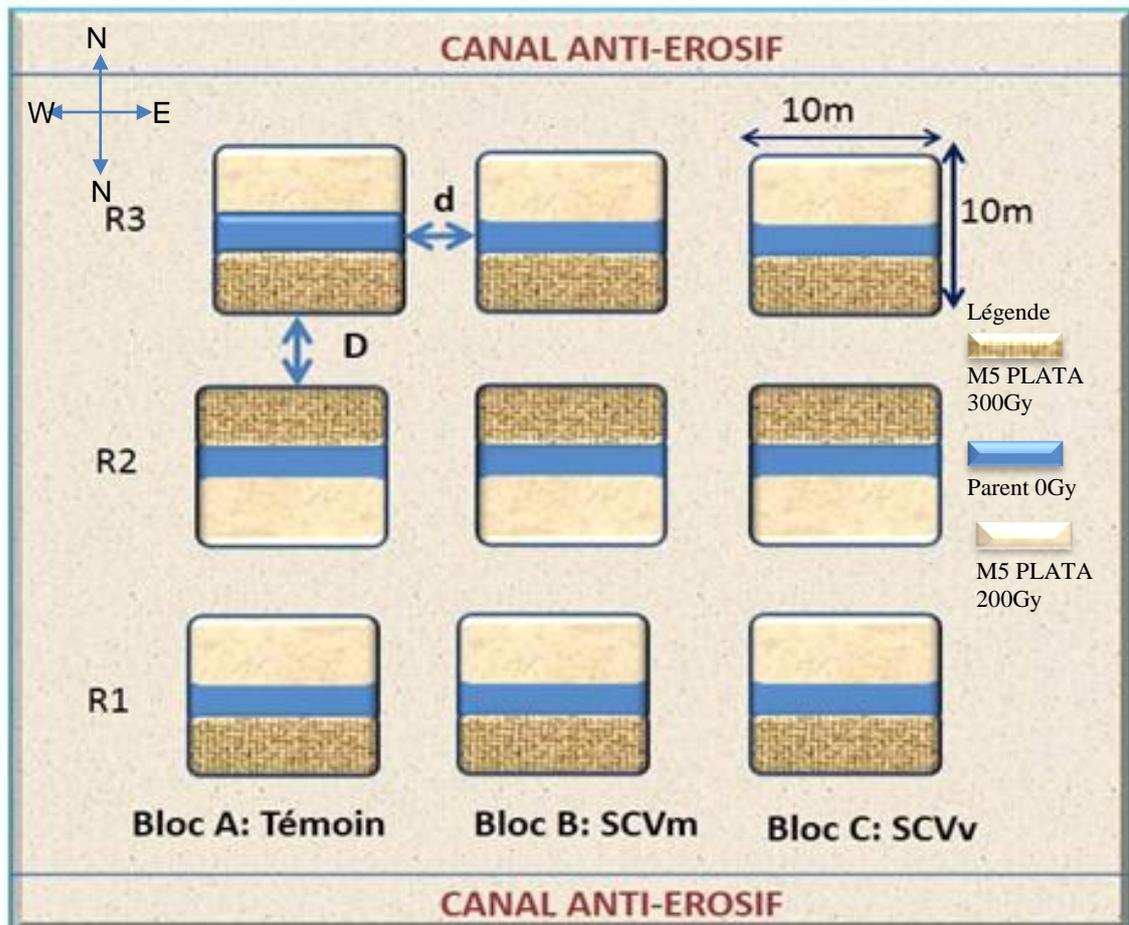


Figure 6: Dispositif expérimental au champ

Echelle = $\frac{1}{500}$

R : répétition

D : distance entre sous parcelle

d : distance entre traitement

D et d = 1 m

SCVm : sous couvert végétal mort

SCVv : système de couverture vive

II.2.2 Préparation du sol

La préparation du sol comporte le travail du sol au tracteur qui constitue le labour, l'émottage, le pulvérisage et le désherbage manuel et aussi la mise en parcelle qui est délimitée par le piquetage (Photos 5, 6 et 7).



Aina RNH, 2016

Photo 5 : Labour et Pulvérisage au tracteur



Aina RNH, 2016

Photo 6 : Mise en place des parcelles et piquetage



Aina RNH, 2016

Photo 7 : Parcelles installées

II.2.3 Mise en place de la culture

Ce paragraphe comporte la mise en place des poquets, l'inoculation de *Striga asitica*, le semis et l'installation des couvertures.

La trouaison se fait à l'aide d'une bêche. A chaque répétition, le nombre de poquets suivant la longueur (L) est de 20 et 14 suivant la largeur (l). 280 poquets par sous parcelle ont été réalisés, soit au total 840 poquets dans un bloc. La distance entre poquets est de 50cm x 75cm avec une profondeur de 20cm.

Après la mise en place des poquets, une pincée de graines de *S. asiatica* pré-conditionnées (environ 1000 graines) a été introduite et éparpillée dans chaque trou, ensuite avant le semis, le poquet est couvert d'un tas de sol de 10cm d'épaisseur.

Le semis a été fait le 16 Novembre 2015. Un grain de maïs par poquet a été semé. La méthode de semis dans chaque sous parcelle est comme suit : dans chaque sous parcelle, 6 lignes ont été cultivées de M5 PLATA 300Gy puis 2 lignes de la variété parent 0Gy au milieu de la sous parcelle ensuite les 6 autres lignes ont été semées de M5 PLATA 200Gy.

L'expérimentation a été répétée 3 fois, et la disposition des lignées sur chaque sous parcelle a été faite au hasard tout en gardant toujours au milieu la variété parent.

II.2.4 Mise en place de la couverture

Pour le système de couverture morte SCVm, l'étalement de la couverture ou des résidus de culture (*Stylosanthes* sp.) a été effectué après semis. L'épaisseur de cette couverture atteint de 10cm pour bien couvrir le sol.

Concernant la couverture vive SCVv, le semis des graines de *Vigna unguiculata* a été effectué 2 semaines après le semis des maïs, ceci afin d'assurer le bon développement de la plante hôte avant que la plante de couverture gagne de la place ou couvre la plante hôte. Il a été réalisé le 30 Novembre 2015. Les graines de Niébé ont été semées entre les poquets contenant le plant de maïs.

Les photos 8, 9 et 10 ci-après présentent l'inoculation de *Striga asiatica*, l'étalement des résidus de *Stylosanthes* et les parcelles couverts par ces résidus.



Aina RNH, 2016
Photo 8 : Inoculation de graines de *Striga asiatica*



Aina RNH, 2016
Photo 9 : Etalement des résidus de *Stylosanthes* sp.



Aina RNH, 2016
Photo 10 : Parcelle couverte de résidus

II.2.4 Contrôle de la pollinisation du maïs

Le stade de floraison a débuté 63 jours après semis. Dans notre essai, la pollinisation a été effectuée artificiellement ou contrôlée chaque jour entre 7h à 9h : le bon moment de l'émission de pollens. Avant et après la pollinisation, l'épi femelle est caché dans une enveloppe pour éviter la fécondation issue d'une autre fleur mâle, pour ne pas obtenir un individu composite. Quand la température est suffisante, la fleur mâle est capable d'émettre des pollens. Ainsi, les pollens venant de l'extérieur ont été débarrassés en tapant 2 fois la panicule. Pour la troisième fois, les pollens de la plante ont été collectés à l'aide d'une feuille blanche propre et versés sur les soies de l'épi femelle après avoir enlevé l'enveloppe sur celui-ci. Puis, ce dernier a été remis en protection dans une enveloppe.

Les 3 photos (11, 12 et 13) ci-dessous montrent les étapes de réalisation de la pollinisation contrôlée.



Aina RNH, 2016
Photo 11: Collecte des pollens



Aina RNH, 2016
Photo 12: Pollinisation croisée artificielle



Aina RNH, 2016
Photo 13: Epi protégé par une enveloppe après la pollinisation du maïs

Enveloppe pour cacher les soies

II.2.5 Récolte

La sélection des plantes résistantes ou tolérantes à la peste végétale a été effectuée avant la récolte en considérant une à une les pieds de maïs. Cette dernière a été faite le 04 avril 2016 (133

jours après semis) jusqu'au 06 Avril 2016 sur toutes les parcelles d'essai. La sélection et la récolte ont été effectuées lorsque les spathes sont matures et secs. Les épis par pied ont été mis dans une enveloppe en marquant la date de récolte, le nom de la variété, la dose d'irradiation, le nom de la lignée et le traitement réalisé. Les grains sélectionnés constitueront les semences de la prochaine saison de culture.

II.2.6 Paramètres à considérer

Différents paramètres ont été considérés pour comparer les effets de l'application de systèmes de couverture végétale morte ou vivante : le taux des grains de maïs germés , la hauteur de la plante, le nombre des feuilles par plante, le taux de chlorophylle, le taux de plantules survivantes, le nombre d'épis par plante, l'observation et l'évaluation des symptômes d'infections de *S. asiatica*, le nombre de plants de *S. asiatica* émergés par sous parcelle, le poids de la biomasse aérienne et racinaire, ainsi que le rendement en grains de maïs.

L'échantillonnage a été effectué dans une aire minimale de 3,57m² par sous parcelle, contenant 10 poquets par variété testée (0 Gy, 200Gy et 300Gy). Dix (10) plantes de maïs ont été choisies au hasard pour cet échantillonnage. En tout, 30 poquets par traitement par variété ont été considérés pour l'évaluation.

II.2.7 Suivi et entretien des cultures

Le nombre de suivi pour étudier l'évolution de la croissance en hauteur et croissance foliaire du maïs de la variété PLATA est au nombre de 4, ce suivi a été effectué toutes les deux semaines. Pendant la floraison, les mesures et le comptage du nombre des feuilles ont été arrêtés pour éviter la dissémination du pollen, mais la hauteur maximale ainsi que le nombre des feuilles par plante ont été notés avant la récolte.

Quatre sarclages manuels ont été réalisés pendant l'expérience pour assurer une bonne croissance et développement des plantes. Il est nécessaire de mentionner que pendant le sarclage, seules, les plantes de *S. asiatica* émergées n'ont pas été enlevées.

II.3 METHODE DE CALCUL

II.3.1 Taux de germination

Tous les grains de maïs germés dans une parcelle ont été comptés 15 jours après semis et divisés par le nombre total des grains semés ou cultivés.

$$\text{Taux de germination (\%)} = \frac{\text{nombre total des plants germés}}{\text{nombre total des grains cultivés}} \times 100$$

II.3.2 Taux de survivants

Le taux de plantes de maïs survivants dans une parcelle à la fin de la maturation a été compté avant la récolte et divisé par le nombre total des grains germés.

$$\text{Taux de survivants (\%)} = \frac{\text{nombre total des plants survivants}}{\text{nombre total des grains germés}} \times 100$$

II.3.3 Moyenne du nombre de plants de *Striga asiatica* émergés

Le nombre de *Striga asiatica* émergé a été compté après la phase de floraison. Le comptage a été effectué dans l'aire minimale considérée.

II.3.4 Niveau d'infection

Le niveau d'infection est évalué à partir du nombre des feuilles par plante qui présentent des symptômes d'attaque (points nécrotiques, dessèchement) par traitement et par variété. La formule suivante permet de déterminer ce taux :

$$\text{Taux d'infection (\%)} = \frac{\text{nombre total des feuilles infectés}}{\text{nombre total des feuilles par plante}} \times 100$$

II.3.5 Taux de fertilité de la plante

Les grains fertiles ont été déduits à partir du nombre total des grains par épi (nombre total des grains sur les colonnes et les lignes) moins le nombre total des grains stériles par épi.

Le nombre des graines par épi de chaque plante dans les aires minimales choisies au hasard a été compté après la récolte avant l'égrainage. Cette fertilité est décrite par la formule suivante :

$$\text{Taux de fertilité} = \frac{\text{nombre moyen des grains fertiles}}{\text{nombre total estimé des grains/épi /plante}} \times 100$$

II.3.6 Degré de tolérance de la plante hôte

L'évaluation du degré de tolérance de la plante hôte a été référée par l'échelle symptomatologique sur la relation *Sorghum bicolor*-*Striga hermonthica* selon la méthode de HAUSSMAN (2008) modifiée par RANAIVOTSILAVO (2017) (Annexe 5 et 6).

II.3.7 Croissance et développement des plants de maïs : croissance en hauteur, croissance foliaire et taux de chlorophylles

Pour étudier la croissance et le développement de la plante, face à la présence du parasite *S. asiatica*, la hauteur, le nombre des feuilles et le taux de chlorophylle par plante dans les aires minimales choisies au hasard ont été mesurés et comptés dans chaque sous parcelle et dans chaque répétition.

Hauteur de la plante : pendant la phase végétative, la mesure a été faite au ras du sol jusqu'à l'extrémité de la plus jeune feuille, après la floraison, la hauteur maximale considérée est jusqu'à l'extrémité de l'inflorescence mâle.

Taux de chlorophylle : La mesure du taux de chlorophylle a été effectuée au niveau de la troisième feuille par plante à l'aide d'un appareil appelé « chlorophylle-mètre » dans les aires minimales choisies au hasard (Photo 14). Cette mesure a été faite les 2, 8 et 14^{ème} semaines après semis.

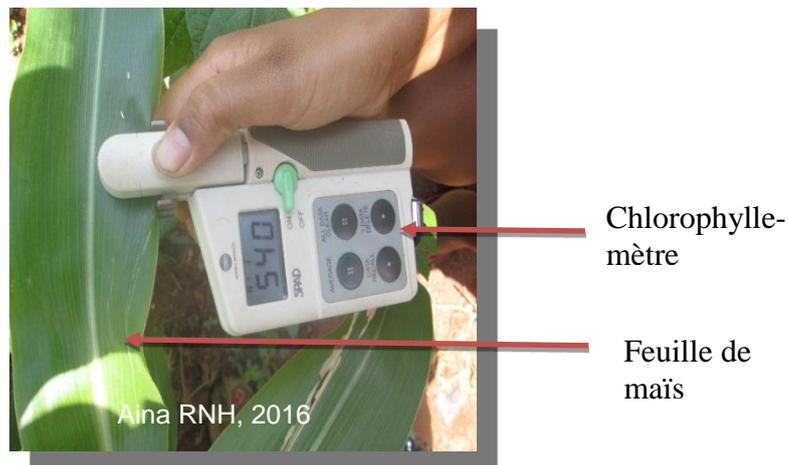


Photo 14: Mesure du taux de chlorophylle de la 3^{ème} feuille du maïs à l'aide d'un chlorophylle-mètre SPAD

II.3.8 Rendement en grains de maïs

La méthode utilisée pour calculer le rendement en grains de maïs est celle adoptée par VILAIN, (1988). Il est donné par la formule suivante :

Rendement en grains de maïs (t/ha) = nombre total de plants de maïs/ha x nombre moyen d'épi/plante x nombre moyen de grains de maïs/épi x poids moyen de 1grain

II.3.9 Biomasses racinaire et aérienne de maïs

Les plantes entières de maïs matures ont été collectées avec la racine, ensuite ont été exposées au soleil pour le séchage pendant 4 jours. Les biomasses sèches aérienne et racinaire ont été obtenues par pesage (Photos 15). Les résultats obtenus permettront d'avoir une idée sur les matières organiques produites par la plante étudiée et la quantité de fourrage par hectare.



**Photos 15 : Pesage de biomasses de maïs sèche
(a) : biomasse aérienne sèche, (b) : biomasse racinaire**

III. ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS

Le logiciel R a été utilisé pour l'analyse de toutes les données obtenues. L'analyse de variance ou « ANOVA » est la méthode statistique choisie pour traiter les résultats de cette expérience au seuil de risque de 5%. La différence significative entre les moyennes a été indiquée par les lettres a, b, c, d,... le degré de cette différence augmente suivant l'ordre alphabétique mais les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes. Le test de significativité est celui de la distribution de Fischer ou « F test » au seuil de probabilité de 5%. Si la probabilité est supérieure à 0,05, la différence n'est pas significative ; dans le cas contraire, elle est significative.

Troisième partie :

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Au cours de cette étude, des résultats ont été obtenus sur les différents paramètres étudiés concernant l'effet de l'application de système de sous couvert végétal sur les plants de maïs de la cinquième génération (M5) et le parent. Les paramètres considérés sont : la croissance et le développement des plants de maïs, la moyenne des hauteurs maximales, le taux de germination, le taux des plants de maïs survivants, le taux de chlorophylle, le taux de fertilité des grains de maïs, la moyenne du nombre des plants de *Striga asiatica* émergés dans l'aire minimale considérée par sous parcelle, le taux d'infection de la plante parasite chez la plante hôte, le rendement en grains de maïs et enfin la biomasse sèche (aérienne et racinaire) de la plante.

I. TAUX DE GERMINATION

Les taux de germination des grains de maïs germés des différentes lignées PLATA 0Gy - M5 PLATA 200Gy et M5 PLATA 300Gy par traitement sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

D'après ce tableau, il a été constaté que les taux de germination dans la parcelle TEMOIN sont en général les plus faibles de 34,33 à 56,27% par rapport aux deux autres systèmes de culture SCVm et SCVv (Tableau 3). Les résultats montrent que le SCVm favorise beaucoup plus la germination des grains de maïs avec un taux de 52,92 à 87,28% puis le SCVv 42,19 à 73,87%. Les différences sont significatives entre le système de culture et les différentes lignées utilisées.

En tenant compte de l'effet variétal, les résultats dans tous les différents systèmes de culture ont mis en exergue que les lignées améliorées PLATA de la 5^{ème} génération ont un taux de germination élevé par rapport à celui de la variété parent. Cette différence est significative entre les lignées issues de 300Gy et 200Gy, et par rapport au parent 0Gy.

Tableau 3 : Taux de germination des lignées de maïs testées de la variété PLATA(%)

VARIETE PLATA TRAITEMENTS	Taux de germination (%)		
	Parent 0Gy	M5 200Gy	M5 300Gy
TEMOIN (contrôle)	34,33a	47,61bc	56,27d
SCVm	52,92cd	73,25f	87,28g
SCVv	42,19b	63,73e	73,87f

Les valeurs suivies de la même lettre ne présentent pas une différence significative à $p < 0,05$
 SCVm : sous couvert végétal mort, TEMOIN : sans traitement ou contrôle,
 SCVv : couverture végétale vive

En bref, l'augmentation du nombre des grains germés est favorisée par l'amélioration du génotype de ces lignées. L'utilisation des lignées améliorées associée avec le système de couverture végétale morte ou SCVm améliore donc le taux de germination des grains de maïs.

II. CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT DES PLANTS DE MAIS DE LA VARIETE PLATA M₅

Pour évaluer la croissance et le développement des plants de maïs M5-PLATA des différentes lignées testées, la hauteur, les nombres des feuilles par plante et le taux de chlorophylle ont été considérés.

II.1 CROISSANCE EN HAUTEUR DES PLANTS DE MAIS M5

Les figures 7 et 8, ci-dessous montrent la valeur moyenne de la croissance en hauteur des plants de maïs des lignées putatives tolérantes et de la variété parent : PLATA 0Gy et M5-PLATA 200Gy (Figure 7), PLATA 0Gy et M5-PLATA 300Gy (Figure 8). Les résultats de l'analyse statistique ont été trouvés dans l'annexe 4 : croissance en hauteur.

L'allure générale des courbes montre une courbe sigmoïde. De la germination à la 2^{ème} semaine, la croissance de toutes les variétés testées est lente. De la 2^{ème} à la 4^{ème} semaine après semis, la courbe montre une croissance exponentielle, cette croissance est continue jusqu'à la 6^{ème} semaine pour les deux systèmes de culture SCVm et SCVv de toutes les variétés testées. Par contre, pour les cultures dans les parcelles TEMOIN, la courbe ralentit à partir de la 4^{ème} semaine et ce ralentissement est marqué par l'infléchissement de la courbe. Cet infléchissement montre le début de la floraison. Les résultats de l'analyse statistique montrent qu'aucune différence n'a été observée sur la croissance des plants de maïs sur les types de traitements SCVv et SCVm des différentes variétés testées jusqu'à la 4^{ème} semaine. Mais, la différence significative des hauteurs a été observée à partir de la 4^{ème} à la 6^{ème} semaine après semis surtout dans le bloc TEMOIN, comparées à celles des SCVv et SCVm. Notons que les blocs témoins ont une hauteur faible par rapport à celles des deux autres traitements.

En tenant compte de l'effet de l'application de systèmes de couverture, il y a une différence significative entre les différents types des traitements. Le bloc TEMOIN (TEM) présente la hauteur la plus faible puis du bloc de la SCVv et celui de l'application de SCVm présente des plants de maïs qui ont une hauteur très élevée (Annexe 3). L'utilisation des résidus de culture comme couverture morte (*Stylosanthes* sp.) favorise une croissance importante des plants de maïs. Celle-ci semble être due à l'augmentation de l'humidité au niveau du sol grâce à la couverture.

En considérant de l'effet variétal, il a été observé que les plantes issues de la variété parent présentent en général des hauteurs plus faibles dans tous les traitements par rapport aux autres plantes des lignées putatives tolérantes M5-Plata 200Gy et 300Gy (Figure 7 et 8) mais les différences ne sont pas significatives entre les variétés. Il a été remarqué que les lignées sélectionnées de la dose 300Gy suivies de 200Gy améliorent la croissance et le développement des plantes.

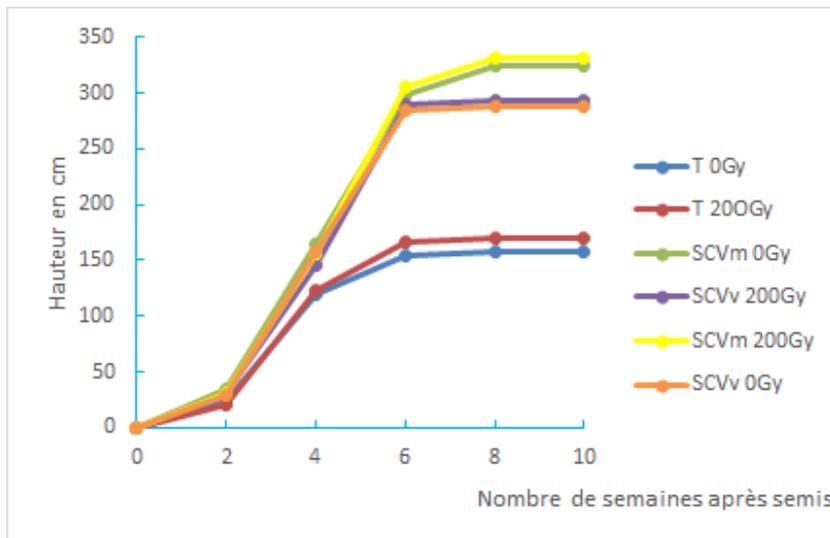


Figure 7 : Courbes de croissance en hauteur des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 200Gy

SCVm : sous couvert végétal mort ;
T : parcelle témoin ou sans traitement

SCVv : couverture végétale vive ;
Doses d'irradiation en_Gy : 0, 200, 300

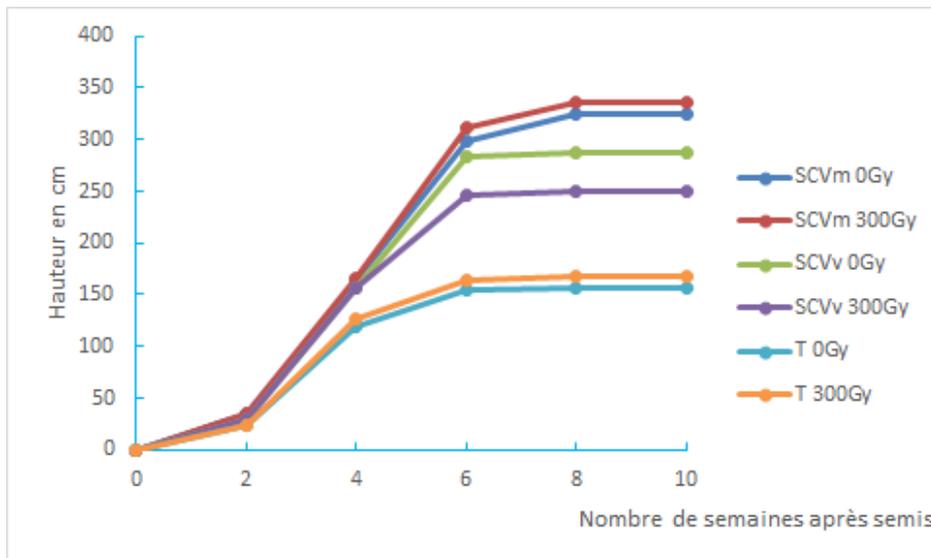


Figure 8: Courbes de croissance en hauteur des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 300Gy

SCVm : sous couvert végétal mort ;
T : parcelle témoin ou sans traitement

SCVv : couverture végétale vive ;
Doses d'irradiation en_Gy : 0, 200, 300

Le tableau 4 ci-après montre l'effet du système de couverture végétale sur la hauteur maximale des plants de maïs M5 testées, comparé au bloc TEMOIN.

La hauteur maximale de toutes les plantes testées (parent et lignées améliorées) de la 8^{ème} semaine après semis sur le bloc SCVm est supérieure (333,97 à 335,77) par rapport à celles des blocs SCVv (249,57 à 292,37) et Témoin (156,80 à 167,10). Les différences sont significatives entre les systèmes (Tableau 4). Ces différences de hauteur entre les systèmes peuvent être expliquées par l'effet de la couverture qui a augmenté l'humidité du sol et la hauteur de la plante augmente en fonction du temps. La couverture morte semble améliorer donc cette humidité que la couverture vive. Cette dernière nécessite un certain temps de développement pour couvrir les espaces nus.

En tenant compte les lignées testées, il a été observé que même si les hauteurs des plantes des 2 lignées M5 PLATA 200Gy et M5 PLATA 300Gy sont légèrement supérieures par rapport à celles de la variété parent dans le bloc TEMOIN et le SCVm, ces différences ne sont pas significatives dans le même système (Tableau 4).

Par contre, dans le SCVv les hauteurs des lignées améliorées M5-Plata 200 et 300Gy sont significativement supérieures par rapport à celles de la variété parent.

Tableau 4 : Moyenne des hauteurs maximales (en cm) des plants de maïs M5 issus de la variété PLATA

VARIETE PLATA TRAITEMENTS	Hauteur maximale en cm		
	Parent 0Gy	M5 200Gy	M5 300Gy
TEMOIN (contrôle)	156,80a	169,57a	167,10a
SCVm	333,97d	334,63d	335,77d
SCVv	249,57b	287,77c	292,37c

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présentent pas une différence significative à $p < 0,05$.

SCVm : sous couvert végétal mort,

TEMOIN : sans traitement ou contrôle

SCVv : système de couverture végétale vive

II.2 CROISSANCE FOLIAIRE DES PLANTS DE MAÏS M5

Les figures 9 et 10 suivantes montrent l'évolution de la croissance foliaire des plants de maïs M5 de la variété PLATA. L'analyse statistique correspondante aux valeurs de la croissance se trouve à l'annexe 4.

Concernant l'accroissement du nombre des feuilles de plants de maïs, les figures 9 et 10 montrent une courbe ascendante pour toutes les variétés et pour tous systèmes de culture jusqu'à la 4^{ème} semaine. Ce nombre varie de 2 à 7 au premier suivi puis ce nombre augmente de 12 à 14 à la 6^{ème} semaine. L'apparition des nouvelles feuilles s'arrête quand l'inflorescence mâle est apparue. L'apparition de cette inflorescence est débutée de 8^{ème} semaine après semis, plus précisément entre 50 à 58 jours après semis. Il y a une différence significative entre le nombre moyen maximal des feuilles des plantes (8^{ème} semaine après semis) dans les trois types de systèmes appliqués dont le SCVm présente un nombre moyen des feuilles le plus élevé qui varie de 13,17 à 13,80 suivie de SCVv entre 11,73 à 11,96 puis le TEM qui compris entre 9,77 à 9,76. Notons que pour chaque traitement, aucune différence n'a été observée entre la croissance en nombre des feuilles des lignées améliorées et celui du parent.

Il est important aussi de noter que les feuilles se dessèchent petit à petit à la maturation des grains de maïs pour toutes les plantes et ce dessèchement commence sur les vieilles feuilles vers les jeunes feuilles.

En bref, pour tous les 3 systèmes, il a été constaté que la variété parent présente une croissance foliaire et en hauteur plus faible que les lignées M5 PLATA 200Gy et M5 PLATA 300Gy (Figures 7, 8, 9 et 10). Et c'est toujours le bloc SCVm suivie de SCVv qui a une croissance et développement le plus rapide. Alors, l'utilisation des semences améliorées (M5) issues de la dose d'irradiation élevée (300Gy) combinée à la pratique du SCVm accélèrent la croissance et le développement des plants de maïs.

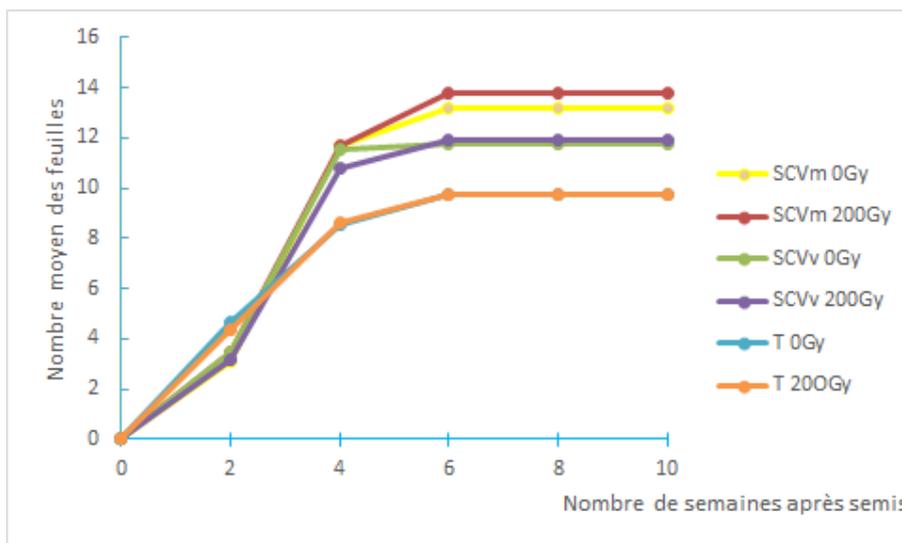


Figure 9: Croissance foliaire des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 200Gy

SCVm : sous couvert végétal mort,
T : TEMOIN ou sans traitement

SCVv : couverture végétale vive,
Doses d'irradiation en Gy : 0, 200, 300

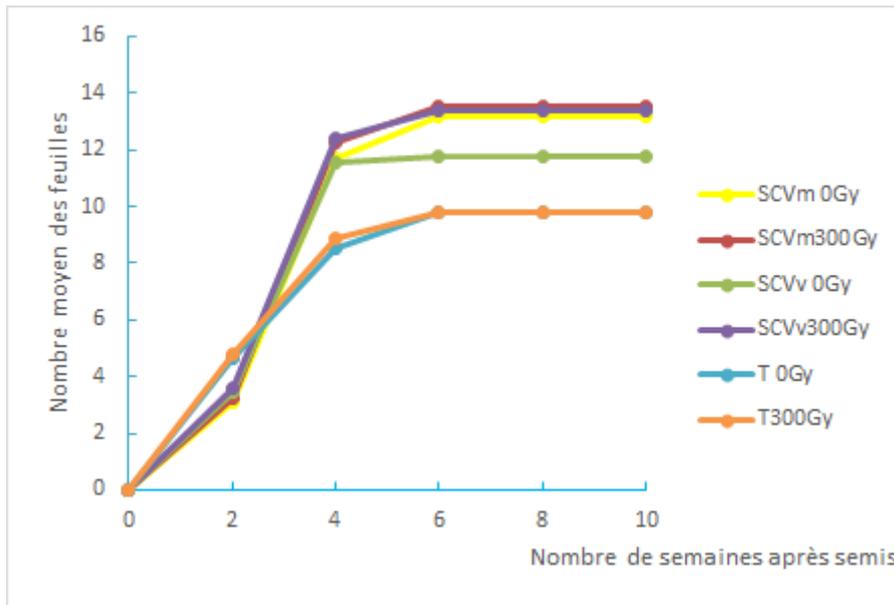


Figure 10: Croissance foliaire des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA 300Gy

SCVm : sous couvert végétal mort,

SCVv : couverture végétale vive,

T : TEMOIN ou sans traitement

Doses d'irradiation en Gy : 0, 200, 300

II.3 TAUX DE CHLOROPHYLLE

La figure 11 montre le taux de chlorophylle des plants de maïs de la lignée PLATA 0Gy, M5 PLATA 200Gy et 300Gy deux semaines après semis, au début de la floraison (huit semaines après semis) et enfin à la maturation des épis (14 semaines après semis).

Deux (2) semaines après semis jusqu'à la floraison, l'allure générale des courbes dans la figure 11 montre que le taux de chlorophylle monte en fonction du temps et présente un pic pendant la phase végétative, ensuite ce taux diminue à la phase de maturation. Ce qui explique que la formation des graines nécessite un taux de chlorophylle élevé, c'est-à-dire dépendante de la teneur en chlorophylle de la plante.

En tenant compte des systèmes de culture, c'est toujours le SCVm qui favorise l'augmentation de la teneur en chlorophylle dans la plante, et cette augmentation est meilleure (49,40%) en combinant la pratique du SCVm avec l'utilisation de semences améliorées (M5 PLATA 300Gy) (Figure 11).

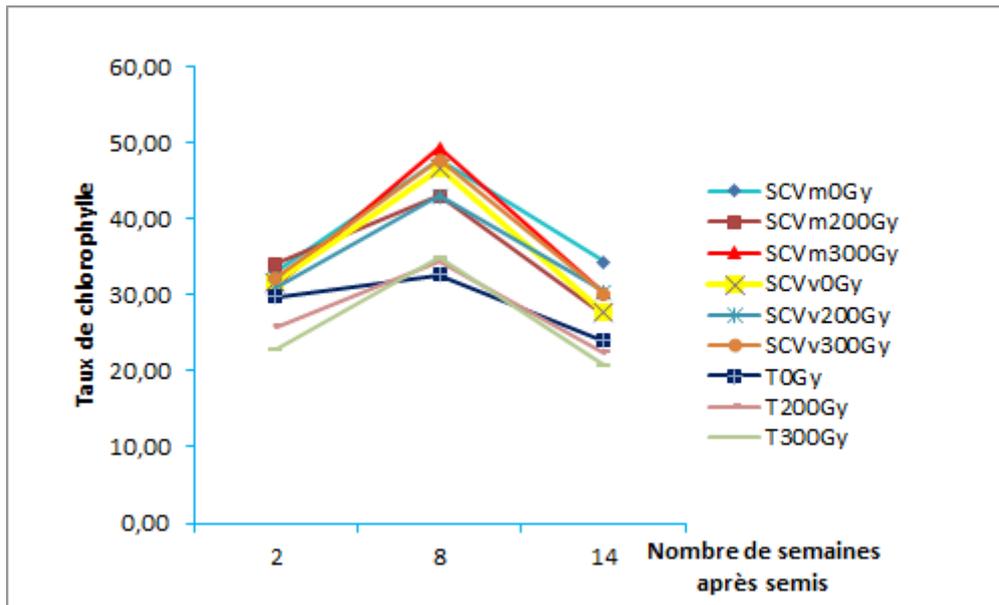


Figure 11 : Taux de chlorophylle des plants de maïs de la variété parent et M5 PLATA

SCVm : sous couvert végétal mort,
T : sans traitement ou TEMOIN

SCVv : système de couverture végétale vive
Doses d'irradiation en Gy : 0, 200, 300

III.TAUX DE PLANTULES SURVIVANTES

Le comptage des plants survivants a été fait avant la récolte.

Le tableau 5 montre les taux des survivants de maïs de la variété PLATA à chaque type de traitement appliqué.

Les résultats présentés dans le tableau 5 ci-dessous montrent que les taux des plants de maïs issus des lignées 200Gy et 300Gy sont significativement supérieurs (43 à 65%) par rapport à ceux de la variété parent 0Gy (13,35 à 42,44%). Cette constatation est valable pour tous les traitements et plus la dose d'irradiation augmente, plus le taux des plants survivants augmente. Alors, la dose d'irradiation 300Gy a favorisé la survie des plants de maïs M5-PLATA face à l'attaque de *S. asiatica*.

Concernant l'effet du système de culture testé, c'est le système de sous couvert végétal mort (SCVm) qui présente un taux élevé des plants survivants pour toutes les lignées testées, puis du SCVv et finalement le bloc TEM est le plus faible. Le tableau 5 ci-dessous montre que la couverture morte améliore la résistance des plants de maïs contre tous les adventices ou le parasite car elle présente des plants survivants plus élevés avec un taux qui varie de 42,44 à 80.56%, suivis de la couverture vive SCVv qui est de l'ordre de 30 à 65,14%. Par contre, le bloc TEM ne présente que de 13,35 à 51,88%. Les différences sont significatives entre les trois types de traitement et entre les trois variétés testées.

L'absence du traitement sur le bloc témoin met en évidence la sensibilité de la variété parent à l'attaque du parasite qui ne présente que de 13,35% des plants de maïs survivants seulement et montre aussi l'efficacité de l'irradiation des graines 300Gy puis 200Gy. Celles-ci semblent améliorer le génome de la plante et elles ont pu résister l'attaque du parasite, et peuvent survivre jusqu'à 50%. Les différences entre les lignées et parent sont significatives aussi, entre les lignées elles-mêmes.

En bref, la pratique du SCVm ou SCVv combinée à l'utilisation des semences améliorées augmentent significativement la résistance des plantes au parasite.

Tableau 5 : Taux de plantules survivantes de maïs de la variété PLATA améliorées pour les trois types de traitements appliquées (en %)

VARIETE PLATA Traitements	Taux de survivants (en %)		
	Parent 0Gy	M5 200Gy	M5 300Gy
TEMOIN (contrôle)	13,35a	43,01c	51,88d
SCVm	42,44c	69,36f	80,56g
SCVv	30b	59,33e	65,14f

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présentent pas une différence significative à $p < 0,05$.
 SCVm : sous couvert végétal mort, TEMOIN: sans traitement ou contrôle
 SCVv : système de couverture végétale vive

IV. NOMBRE MOYEN DES PLANTS DE *Striga asiatica* EMERGES

Le nombre moyen des plants de *Striga asiatica* émergés dans les différents blocs est présenté dans la figure 12 ci-après.

Les plants de *S. asiatica* émergés autour du pied de maïs dans l'aire minimale considérée ont été comptés et les observations ont montré que l'apparition des plantes de *S. asiatica* sur notre champ d'expérimentation commence pendant ou avant la période de floraison c'est-à-dire à partir de la formation de l'inflorescence mâle de maïs.

Sur les parcelles d'application de SCVv et SCVm, les nombres moyens des plantes parasites émergées sont très peu 4,33 sur la parcelle contenant la couverture vive et 1,55 sur la parcelle à couverture morte. Mais sur la parcelle TEM, la différence est significative parce que cette parcelle présente un nombre moyen de *S. asiatica* de 16,77. Mais en tenant compte l'effet variétal dans le bloc TEM, la variété parent présente un nombre moyen de *S. asiatica* émergés le plus élevé de 20 alors que les variétés améliorées ne présentent que de 11 à 14.

Les couvertures présentent des effets intéressants. Elles donnent de l'ombre au sol, diminuent ainsi sa température et conservent son humidité. De ce fait, ils limitent la germination, voire le développement et la croissance des plantes parasites. Alors, la parcelle TEMOIN ou bloc TEM contient beaucoup des plantes parasites émergées par rapport aux deux types de couvertures (Figure 12). La différence est hautement significative entre le bloc TEM et les blocs couverts.

En considérant les variétés testées, elles présentent un effet important sur la culture car dans tous les blocs (TEM, SCVm et SCVv) le nombre de plants de *S. asiatica* émergés en utilisant les semences améliorées M5-PLATA 200Gy ou M5-PLATA 300Gy est significativement faible par rapport à celui de la variété parent 0Gy.

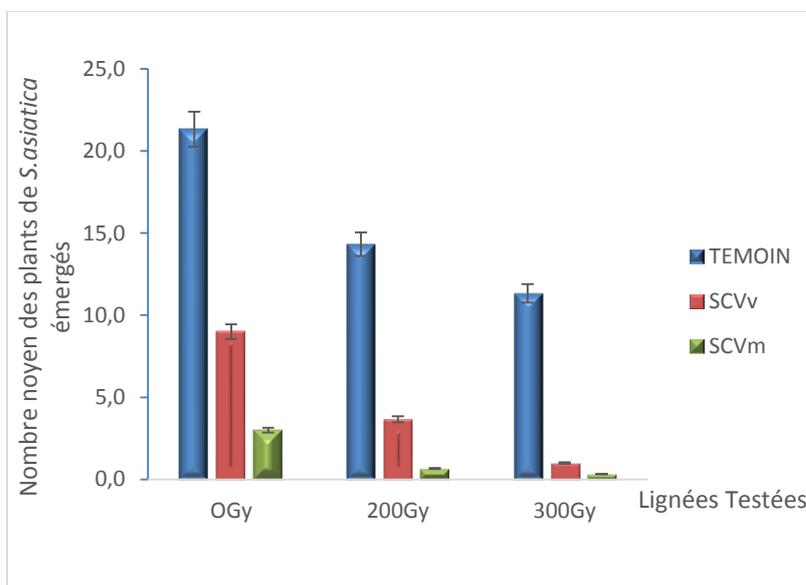


Figure 12 : Nombre des plants de *Striga asiatica* émergés sur le champ de la culture de maïs (variété PLATA) associé aux différents types de culture

SCVm : sous couvert végétal mort,
TEMOIN: sans traitement ou contrôle

SCVv : couverture végétale vive,
Doses d'irradiation en Gy : 0, 200, 300

V. TAUX D'INFECTION DE *Striga asiatica* SUR LA PLANTE HÔTE

Plusieurs symptômes ont été observés au niveau de la plante hôte, tels que la brûlure aux extrémités et périphéries des feuilles, le dessèchement ou la décoloration des feuilles, le flétrissement des feuilles, l'épiaison anormale « courbure de l'épi, épi avorté à la récolte » et voire l'inhibition de sa croissance. Le dégât causé par les plantes parasites sur les plantes hôtes (plants de maïs de la variété PLATA) a été évalué au niveau des feuilles à partir de l'apparition de l'épi.

Ce taux a été calculé à partir du nombre des feuilles par plante qui présentent des symptômes d'infection dans l'aire minimale considéré présenté dans la figure 13 ci-dessous.

Le pourcentage des feuilles infectées varie de 12 à 33%. La parcelle TEMOIN présente les plantes les plus infectées de l'ordre de 33% suivies du SCVm qui sont de 22% et enfin le SCVv qui est de 11%. La différence observée entre SCVv et SCVm peut être expliquée par le fait que, la culture en association des plants de maïs avec la plante de Niébé ou *Vigna unguiculata* (couverture vive) qui est une plante légumineuse pourrait améliorer la nutrition azotée de la plante hôte même de très faible apport. Cette situation rend la plante hôte non vulnérable face à l'attaque du parasite et améliore sa vigueur.

En tenant compte de l'effet de lignées, la différence du taux d'infection au niveau des plantes hôtes est significative entre le SCVm et le SCVv mais par rapport au bloc TEMOIN, elle est significative dont la valeur moyenne pour le SCVm est de 16,37 suivie de SCVv 14,69 et 23,54 pour le bloc TEMOIN (Figure13). Le résultat montre aussi que le taux d'infection est inversement proportionnel à la dose d'irradiation, c'est-à-dire quand la dose est faible, le taux d'infection devient plus important.

Ainsi, l'utilisation des variétés améliorées associée aux systèmes de couverture végétale peuvent réduire le dégât causé par le *Striga asiatica*.

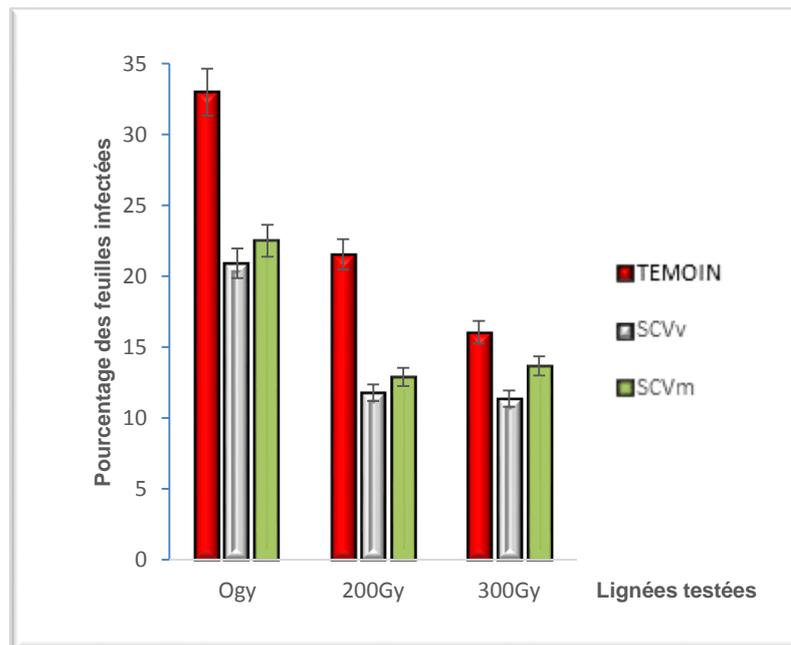


Figure 13 : Taux d'infection des plantes parasites *Striga asiatica* sur les plantes hôtes de la variété PLATA testées

Traitements : SCVm : sous couvert végétal mort,
TEMOIN : sans traitement ou control

SCVv : couverture végétale vive,
Doses d'irradiation en Gy : 0, 200, 300

VI. DEGRE DE TOLERANCE DE LA PLANTE HOTE

La détermination du degré de tolérance de la plante hôte a été déduite à partir du pourcentage des feuilles desséchées par plante et du taux d'infection au niveau de la plante hôte par cette espèce parasite. Il est à rappeler que l'échelle de référence de HAUSSMANN modifiée a été utilisée pour évaluer ce taux (Annexe 5).

Le tableau 6 ci-après consigne le niveau de tolérance des plantes hôte en fonction des différents systèmes de culture.

Les systèmes de couvertures que ce soit vive (*Vigna anguiculata*) ou morte (*Stylosanthes guianensis*) réduisent les nombres de *S. asiatica* émergés entre 1 à 9 sur les champs de maïs couverts par les couvertures par rapport au champ TEM qui présente des nombres de *S. asiatica* jusqu'au 26. Le système sous couvert végétal assure alors le contrôle de cette mauvaise herbe et minimise aussi l'attaque de cette dernière sur la plante hôte (Tableau 6).

D'après ce tableau, les plantes issues de la lignée M5 PLATA 200 et 300Gy sont bien résistantes et tolérantes au *Striga asiatica* sauf pour les lignées cultivées sur le bloc TEMOIN.

Tableau 6 : Evaluation de la tolérance de la plante hôte en fonction des différents systèmes de culture

Systèmes de culture	Variétés Testées	Dessèchement des feuilles(%)	Nombre moyen des feuilles infectées	Taux d'infection au niveau des plantes (%)	Degré de tolérance
Blocs SCVv	Parent 0Gy	18,54	3	20,92	Moyennement résistante
	M5 PLATA 200Gy	8,54	1	11,79	Résistante
	M5 PLATA 300Gy	7,34	1	11,37	Résistante
Blocs SCVm	Parent 0Gy	40,45	4	22,51	Moyennement résistante
	M5 PLATA 200Gy	21,45	1,67	12,91	Tolérante
	M5 PLATA 300Gy	20,56	1	13,68	Tolérante
Blocs témoin	Parent 0Gy	60,56	7,83	33	Sensible
	M5 PLATA 200Gy	42,54	4,71	21,56	Moyennement tolérante
	M5 PLATA 300Gy	40,13	4	16,06	Moyennement tolérante

Mais il a été constaté aussi que les lignées de maïs putatives (Photo 17) tolèrent bien le *S. asiatica* par rapport à la variété parent 0Gy (Photo 16).

Les 2 photos ci-dessous montrent les épis de maïs sensible (Photo 16) et tolérant (Photo 17).



Photo 16: Epi de maïs sensible au Striga asiatica (Parent)



Photo 17 : Epi de maïs tolérant au Striga asiatica M5 PLATA

VII. NOMBRE MOYEN DES GRAINS DE MAIS FERTILES ET STERILES A CHAQUE TRAITEMENT

La figure 14 ci-dessous montre les nombres totaux de graines fertiles et de graines stériles des lignées putatives mutantes PLATA 200Gy et 300Gy et de la variété parent PLATA 0Gy sur les 3 blocs.

D'après cette figure, il y a une différence significative entre les nombres des grains fertiles et stériles. Les nombres de grains fertiles des lignées putatives mutantes (200 et 300Gy) sur le SCVm par pied de maïs sont élevés (307 et 504) suivis de la SCVv (281 et 443) et enfin du TEMOIN de ces mêmes lignées (264 et 393). La différence est significative entre les lignées mutantes et les parents pour les trois types de systèmes, en notant que SCVm présente des fertilités élevées. La variété parent a un taux de fertilité faible qui de 123 à 242.

Les lignées mutantes répondent mieux à l'utilisation de la couverture que la variété parent. L'irradiation des semences à forte dose améliore le génotype de la plante hôte et son utilisation combinée à la pratique du SCVm réduit la stérilité des plantes et augmente ainsi la fertilité de maïs.

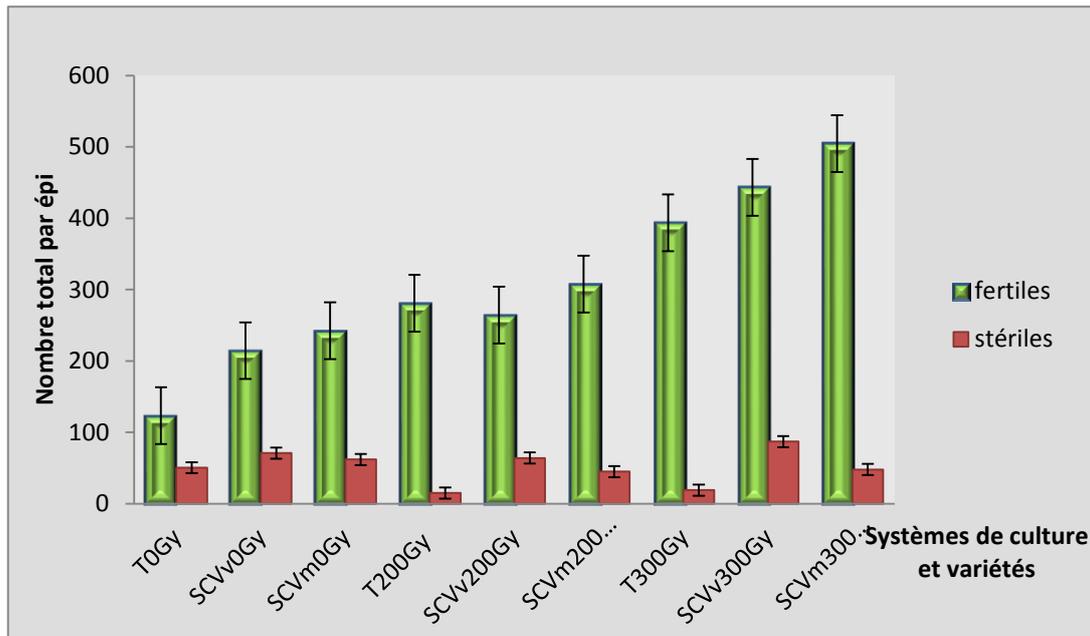


Figure 14 : Comparaison des nombres totaux de grains fertiles et stériles de la variété PLATA 0Gy, 200Gy et 300Gy avec différents types de système de culture

SCVm : sous couvert végétal mort,
T : sans traitement ou TEMOIN

SCVv : couverture végétale vive,
Doses d'irradiation en Gy : 0, 200 et 300Gy

VIII. BIOMASSES AERIENNE ET RACINAIRE DU MAÏS

Le tableau 7 ci-après présente les résultats sur la biomasse aérienne et racinaire en tonne par hectare (t/ha) du maïs.

D'après les résultats des biomasses végétales aérienne et racinaire présentées dans le tableau 8, la production de la biomasse sèche aérienne est presque supérieure à la production racinaire pour les lignées mutées. Mais pour la variété parent cultivée dans les différents systèmes de culture, il n'y a pas des grandes différences entre les deux paramètres.

La production de biomasse aérienne sous la couverture morte SCVm est presque doublée, triplée et même quadruplée par rapport à celle du champ TEM. La différence est très significative entre les trois types de système utilisés en utilisant les lignées (0- 200 et 300Gy) dont le SCVm présente la supériorité qui est respectivement de 1,98t/ha, 3,62t/ha, 4,21t/ha suivie du SCVv de l'ordre de 1,58 t/ha, 2,33 t/ha, 2,81 t/ha et enfin le témoin 0,37t/ha, 0,47 t/ha, 0,58t/ha.

Pour la biomasse racinaire, la différence est significative entre les systèmes de culture appliqués et entre les lignées testées. Le degré de significativité est très faible entre le SCVm et SCVv mais élevé par rapport au témoin.

Cette augmentation de la biomasse aérienne semble être due à l'augmentation de l'humidité du sol dans le SCVm, qui favorise sa croissance. Par contre, la biomasse racinaire dans le SCVv et

TEM sont élevées car les racines essaient de se développer pour puiser la réserve en eau dans la profondeur.

En bref, l'utilisation de système de couverture morte ou vive SCV augmente alors le poids sec moyen de la biomasse aérienne et racinaire des plants de maïs.

Tableau 7 : Biomasse sèche des plantes de maïs de la variété PLATA(t/ha)

Biomasse (t /ha)	Aérienne			Racinaire			
	Variété PLATA Traitements	Parent 0Gy	M5 200Gy	M5 300Gy	Parent 0Gy	M5 200Gy	M5 300Gy
Témoin		0,37a	0,47b	0,58c	0,77a	0,775a	0,91c
SCVm		1,98e	3,62g	4,21h	1,15d	1,40g	1,79i
SCVv		1,58d	2,33f	2,81f	1,61h	1,33f	1,26e

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présentent pas une différence significative à $p < 0,05$.

IX. RENDEMENT EN GRAINS DE MAÏS

Notons que les grains pesés sont les grains séchés par la méthode utilisée par les paysans (exposition à la lumière naturelle pendant 3-4 jours) mais non pas des grains séchés dans l'étuve. Le rendement est obtenu à partir du pesage des mille grains de maïs.

La moyenne du rendement des plants de maïs de la variété PLATA de la 5^{ème} génération irradiée et celle de la variété témoin sont montrées sur la figure 15 suivante.

Les rendements des lignées améliorées (M5-200 et 300Gy) dans tous les systèmes de culture sont élevés allant de 2,43t/ha à 4,64t/ha comparés à ceux de la variété parent qui varie de 1,39t/ha à 2,29t/ha. Les différences sont significatives entre les systèmes et les lignées. En considérant les différents systèmes de culture, c'est le SCVm qui favorise la meilleure augmentation du rendement (pour toutes les lignées testées), il varie de 3,46t/ha à 4,64t/ha suivi de SCVv variant de 2,43t/ha à 3,61t/ha.

Pour la variété parent PLATA 0Gy, le rendement dans le bloc TEMOIN (sans traitement) a été de 0,89t/ha. Le système de sous couvert végétal améliore ce rendement : 1,57 pour SCVv et

2,18t/ha pour SCVm, les différences sont significatives. Il a été constaté que la couverture morte favorise mieux l'augmentation du rendement en grains de maïs.

La pratique de système de couverture végétale combinée à l'utilisation de semences améliorées réduit significativement l'attaque du parasite *Striga asiatica* et améliore considérablement le rendement.

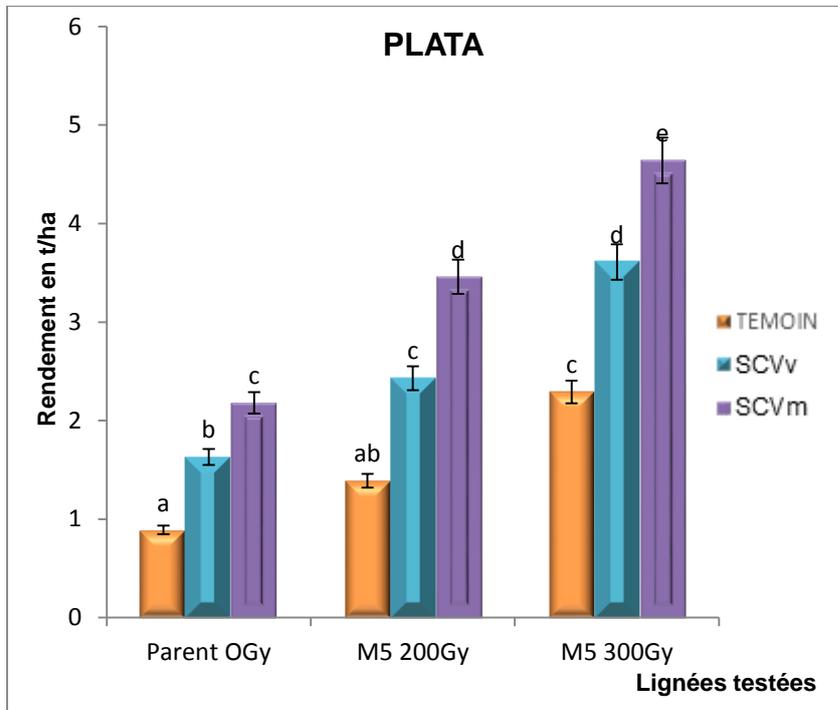


Figure 15 : Rendement des plantes de maïs de la variété PLATA en fonction des systèmes de culture

SCVm : sous couvert végétal mort,
control : sans traitement ou TMOIN

SCVv : couverture végétale vive,
Doses d'irradiation en Gy : 0, 200, 300

Les valeurs suivies d'une même lettre ne présentent pas une différence significative à $p < 0,05$

Quatrième partie :

DISCUSSIONS

La discussion porte sur les points suivants :

Evaluation de l'effet de la pratique de couverture végétale, l'impact de l'irradiation des grains, la méthodologie sur les techniques de semis direct sur couverture permanente des sols

Evaluation de l'effet de la couverture

✚ Gestion de *Striga asiatica*

La majorité des problèmes sur la culture est le contrôle des herbes parasites, c'est pourquoi que cette étude essaye d'utiliser la technique des systèmes de couverture (vive ou morte). Les résultats de recherche obtenus dans cette étude montrent que le nombre de plants de *S. asiatica* émergés sur les parcelles d'application de couvertures végétales morte ou vive (SCVm et SCVv) est significativement inférieur par rapport à celui du bloc TEMOIN (sol nu) et le degré d'infection des parasites au niveau des plantes hôtes sur ces systèmes SCV est très faible (11,37% à 22,51%) comparé à ceux de la parcelle TEMOIN (16,06% à 33%). Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par RODENBURG (2010). Les systèmes de couverture SCVm et SCVv maintiennent la survie des plantes hôtes face à l'attaque de *S. asiatica*. Ces résultats confirment ceux observés par GSDM (2008) qu'avec le semis direct sur couverture végétale (SCV), c'est la plante de couverture qui contrôle les mauvaises herbes parasites et les agents pathogènes grâce aux systèmes racinaires puissants des plantes de couvertures qui conduit à une amélioration de l'activité biologique et de l'état sanitaire des cultures (GSDM, 2008). Le SCV présente donc des grands avantages sur le contrôle des adventices de la culture :

- l'augmentation rapide en matière organique des sols dont la biomasse racinaire (1,15 à 1,79t/ha) identique à ceux du GSDM (2008) qui a produit plus de 1,5t de carbone/ha/an, par conséquent une amélioration du niveau de fertilité des sols, qui entraîne une amélioration du rendement en grains de maïs sur SCVm et SCVv (2,43t/ha à 4,64t/ha), résultat identique aussi à celui mentionné par RAZAFIMBELO (2006).

- la plante de couverture morte ou vive gêne le développement des adventices en faisant écran (ombrage du sol) au passage de la lumière (ADNANI, 2007). Dans le cas d'une couverture morte, plus le mulch est épais (10cm dans ce travail), plus le contrôle de *S. asiatica* est efficace du fait de l'humidification du sol. Pour la couverture vivante, un bon contrôle des mauvaises herbes nécessite une plante à développement rapide et à fort pouvoir couvrant comme mentionné aussi par ADNANI (2007).

✚ Production en biomasse de maïs

L'augmentation des biomasses aérienne et racinaire de maïs qui varie de 2 à 4t/ha sur les parcelles d'application de SCV (vive ou morte) par rapport à la parcelle témoin semble être due à l'activité des plantes de couverture qui enrichissent le sol en matière organique, azote et carbone, permettent de recycler les éléments minéraux de la profondeur vers la surface du sol et améliorent aussi la structure et la porosité du sol. Ce dernier devient très fertile et conduit au bon développement racinaire et croissance en hauteur importante des plantes cultivées d'où la production en biomasse de maïs élevée. Dans nos résultats, l'utilisation des plantes de Fabaceae comme couverture vive (*Vigna unguiculata*) ou morte (*Stylosanthes* sp.) a pu augmenter la production en biomasse de 2,81 à 4,21 t/ha. Ce résultat est conforme à celui obtenu par ANDRIAMANDROSO (2010) qui a utilisé aussi des Fabaceae comme couverture (Vesce, Niébé, *Stylosanthes* sp.) et a obtenu une forte quantité de biomasse de 9t/ha.

✚ Augmentation du rendement en grains de maïs

D'après l'analyse des résultats obtenus, les parcelles d'application de SCVm et SCVv présentent des rendements élevés dont la valeur est respectivement égale à 4,64t/ha et 3,61t/ha mais sur le bloc TEMOIN, il n'y a que de 1,29t/ha. Ces résultats sont conformes à ceux de HUSSON et *al.*, (2008) et aussi à celle de RAJAONERA (2016) qui ont travaillé sur le riz et qui ont mentionné que la conduite des SCV permet d'augmenter et de stabiliser la production agricole. L'augmentation de ces rendements peut être expliquée par l'effet de l'utilisation des systèmes de culture SCV qui contrôlerait fortement l'érosion hydrique (SEGUY et *al.*, 1996), de ce fait la présence de couverture morte ou vivante diminue le ruissellement et l'érosion. La forte production de biomasse, issue de la restitution des résidus de cultures laissés en surface permet un enrichissement en matière organique dans l'horizon superficiel du sol (SIX et *al.*, 2002). Cette matière organique participe au maintien de la structure du sol et améliore la pénétration de l'eau en profondeur (JIAO et *al.*, 2006). Le SCV permettrait donc de contrôler l'érosion hydrique et de restaurer la fertilité des sols, et par conséquent, améliorerait la production agricole.

L'effet de l'utilisation des semences améliorées issues de l'irradiation

✚ Effet sur la croissance et le développement des plants de maïs M5

La croissance des plantes est mesurée par la hauteur des plants de maïs. D'après les résultats obtenus pendant l'expérience, l'irradiation a augmenté la hauteur des plants de maïs M5 (de la 5^{ème} génération) et cet accroissement est accentué quand les doses d'irradiation sont élevées. Ces résultats ne sont pas conformes à ceux de RAKOTOARISOA (2008), RAZAFINIRINA (2011) et SOAFANOMEZANTSARA (2011) car elles ont trouvé que la hauteur de plantes issues de la première génération diminue quand la dose d'irradiation augmente, identique à celui obtenu par KWON et *al.*, (1964) qui ont effectué le test de la sensibilité chez le soja (*Soyabean*), ils ont découvert que les plantes issues de la dose élevée montrent une taille très réduite par rapport à celles issues des doses faibles.

Concernant le développement des plants de maïs, il a été évalué par le nombre des feuilles des plants de maïs M5 et le taux de chlorophylle. Sur le bloc TEMOIN (sans traitement), le taux de chlorophylle est très faible par rapport aux deux autres blocs contenant le système de couverture (SCVm et SCVv). Ce taux de chlorophylle est significativement supérieur pour les lignées améliorées (M5 PLATA 200Gy et M5 PLATA 300Gy) par rapport à la variété parent (0Gy) dans tous les systèmes testés. Cette augmentation peut être due à l'effet de la mutation induite par irradiation qui améliore le génotype des plantes et sont devenus capables d'absorber immédiatement les éléments minéraux disponibles dans le sol. De plus, le phénomène de décomposition des matières organiques ou la présence des racines à nodosités (légumineuses) augmentent l'accumulation d'azote dans le sol d'où l'augmentation du taux de chlorophylle de l'ordre de 35% à 49%. Nos résultats sur le taux de chlorophylle est similaire à ceux obtenue par le GSDM (2008).

✚ Effet de l'irradiation sur la fertilité des grains de maïs

Les nombres moyens des grains fertiles par épi sont très élevés pour les lignées putatives tolérantes (M5- PLATA 200 et 300Gy) de l'ordre de 264 à 504. Le nombre des graines augmente avec les doses d'irradiation élevées. Cette augmentation semble être due à l'utilisation des semences améliorées ou bien due à l'effet de l'irradiation des graines qui rendent les plantes tolérantes au parasite, d'où le taux de chlorophylle élevé pour les lignées améliorées M5 PLATA 200Gy et 300Gy, et un bon déroulement de la photosynthèse par la suite qui formeront enfin les

glucides pour assurer la formation des graines. Ce résultat est conforme aux résultats de RAKOTOARISOA (2008) en travaillant sur le riz mais il est différent à celui obtenu par SOAFANOMEZANTSARA (2011) qui a travaillé sur le maïs de la 1^{ème} génération (M1) non stable.

✚ Effet de la plantation des semences améliorées face à l'attaque de *Striga asiatica*

Les semences améliorées à doses élevées 200Gy et 300Gy rendent les plantes tolérantes voire résistantes à la plante parasite *Striga asiatica*. En effet, le degré d'infection de *S. asiatica* au niveau de la plante hôte est très faible pour ces variétés améliorées (200 et 300Gy). Ce niveau de tolérance augmente en fonction de la dose d'irradiation. Ce résultat est conforme à celui de RAJAONERA (2016) qui a travaillé sur le riz.

✚ Taux de germination et taux de survivants

Le taux de germination des plants de maïs de la variété PLATA issue de la 5^{ème} génération (M5) en présence de *Striga asiatica* est très élevé pour les variétés améliorées, dont les lignées PLATA 300Gy présente un taux significativement élevé pour les trois systèmes TEM, SCVv et SCVm (56,27%-73,87%-87,28%) suivies des lignées PLATA 200Gy (47,61%-63,73%-73,25%), comparées aux résultats de la variété parent 0Gy (34,33%-42,19%-52,92%). Ce résultat diffère au résultat de recherche de SOAFANOMEZANTSARA (2011) qui travaille sur ces mêmes lignées maïs de la première génération (M1) car elle a trouvé que le taux de germination est faible quand la dose est élevée.

Concernant le taux de survivants, l'utilisation de semences M5-PLATA 300Gy augmente le taux de survivants de l'ordre de 52 à 81% ainsi que la résistance et la tolérance des plantes face à l'attaque de *Striga*. Ce résultat est conforme à l'étude de TSARANIRINA (2015) qui a travaillé sur le riz mais opposé à l'étude de SOAFANOMEZANTSARA (2011) car elle a trouvé que le taux de germination et de survivants de M1-PLATA sont très faibles en augmentant la dose d'irradiation.

La germination et la survie des plantes dépendent donc du génotype de l'espèce utilisée et de ses caractères physiologiques.

La méthodologie sur les techniques de semis direct sur couverture permanente des sols

Les techniques dite « gestion agrobiologique des sols » reposent sur 3 principes fondamentaux à l'échelle de la parcelle (AFD, 2002 ; AFD, 2006):

- Le sol n'est jamais travaillé et les cultures sont mises en place par semis direct.
- Une couverture végétale (morte ou vivante) couvre le sol de façon permanente.
- Des successions ou rotations culturales en association avec des plantes de couvertures.

Dans notre expérience, nous avons appliqué les SCV (SCVm et SCVv) avec labour, car les parcelles sont envahies par des mauvaises herbes *Boreria* sp. et d'autres mauvaises herbes de haute taille *Brachiaria* sp. qui constituent des barrières sur la germination et le développement de la plante hôte.

Pour le SCVm, ce sont des résidus de récoltes de *Stylosanthes* sp. qui ont été apportés sur les parcelles pour faire couvrir le sol avec une épaisseur de 5 à 10cm. La préparation des parcelles est la 1^{ère} étape à réaliser pour accéder au semis dans des conditions optimales afin d'obtenir une bonne germination et une bonne croissance des jeunes plantes culturales comme mentionné HOUSSON et al., (2009). La présente étude montre que le taux moyen de germination des plantes (parent 0Gy, 200 et 300Gy) sur la parcelle de SCVm est presque doublé de l'ordre de 71,15% par rapport à celui dans la parcelle TEM qui est de 44,07%. Cette augmentation est favorisé par l'enrichissement en matière organique du sol, par la suite améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (RAZAFIMBELO, 2005). Ce SCVm constitue aussi un moyen efficace pour lutter contre la dégradation du sol et participe à améliorer sa fertilité (Collectif SOL-SCV, 2008).

Concernant la SCVv, la couverture du sol est assurée soit par une association de culture sur une même parcelle (culture principale et culture de plante de couverture), soit par des successions culturales qui ne laissent pratiquement jamais le sol nu. Dans notre expérience, nous avons appliqué l'association de culture sur une même parcelle en alternant la culture principale (maïs) et la plante de couverture (Niébé). Dans notre approche, c'est la culture principale qui a été installée avant la plante de couverture afin qu'elle puisse se développer, et que les plantes de couverture ne gênent pas le développement de la culture principale. Cette méthode est différente de celle pratiquée par ANDRIAMPARANY (2009), qui a mis en place la couverture avant la culture principale, mais notre méthode a donné des rendements importants.

Cinquième partie :

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis de dégager l'effet de l'application des systèmes de couvertures végétales (SCVm ou SCVv) combinés à l'utilisation des variétés putatives tolérantes sur les différents paramètres (la germination, la survie des plantes irradiés, la hauteur des plantes, le taux de chlorophylle, les biomasses racinaire et aérienne du maïs, le nombre des graines de *Striga asiatica* germés et la fertilité des plantes), et d'évaluer leurs effets sur la gestion du parasite *S. asiatica*. Les objectifs sont atteints.

Les résultats montrent que le taux de germination et de survivant des semences améliorées 300Gy puis 200Gy sont très élevés par rapport à ceux du parent 0Gy. C'est toujours la variété M5 300Gy qui présente une fertilité élevée par épi suivie de 200Gy et enfin le parent 0Gy, les valeurs sont respectivement égales à 447,3 ; 284,36 et 193,36. Par conséquent, le rendement pour la variété PLATA issue de la dose d'irradiation 300Gy est significativement élevé (2,29 à 4,64t /ha) suivie de 200Gy (1,39 à 3,46t/ha) puis du 0Gy (0,89 à 2,18t/ha).

Les résultats des expérimentations ont montrés aussi que le système sous couvert végétal mort (SCVm) assure une bonne croissance et développement des plants de maïs par rapport au système de couverture végétale vive avec un développement rapide de la hauteur de la plante (3,35m), le taux de chlorophylle dans les feuilles sont très élevés (49,40%). Ainsi les biomasses racinaire et aérienne du maïs augmentent jusqu'au 4,21t/ha.

Il a été constaté pendant les prospections sur terrain que quelle que soit la pratique culturale, les plants de *S. asiatica* sont présents dans tous les sols de zones contaminées. Mais la différence se trouve au niveau du mode de gestion de sol car sur les parcelles présentant ces deux systèmes de culture (SCVm et SCVv), le nombre moyen de plants de *S. asiatica* émergés est très faible entre 2 à 4 par parcelle mais sur la parcelle TEMOIN, les plants émergés sont très élevés au nombre de 26. De ce fait, le dégât causé par ce parasite sur les sols traités (SCVm et SCVv) est supportable en tenant compte du degré d'infection au niveau des feuilles respectivement de 16,33% ; 14,69% tandis que sur le sol non traité, presque toutes les plantes présentent des symptômes d'attaque (23,54%). Les couvertures végétales (plantes appartenant à la famille des Poaceae) vivantes et mortes inhibent la germination de *S. asiatica* et réduisent ainsi l'infection au niveau de la plante hôte par amélioration de l'humidité et la structure biologique du sol.

Pour la suite de cette activité de recherche, il est envisagé de :

- multiplier en M6 toutes les lignées sélectionnées pour étudier la stabilité des caractères de ces lignées et aussi de fournir ultérieurement de bonnes semences aux cultivateurs,
- continuer l'application de ce système pour la prochaine culture et l'utilisation d'autre plante de couverture,

- faire l'identification moléculaire des lignées sélectionnées pour déterminer le gène responsable de la résistance ou la tolérance des plantes,
- continuer la sélection jusqu'à l'obtention de populations homogènes,
- évaluer l'efficacité de ces systèmes étudiés dans la prochaine saison culturale en utilisant les mêmes semences,
- vulgariser les systèmes de culture jugés efficaces pour l'atténuation de l'attaque du parasite *Striga asiatica*,
- développer d'autre système de culture qui pourrait aussi minimiser le dégât causé par les plantes parasites sur les cultures.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- **ADNANI, M.K., 2007.** «*Les principes et les techniques de base du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV)* ». Mémoire pour l'obtention du diplôme de licence, option Agriculture Faculté des Sciences de l'Université de Mahajanga, 63p.
- **AFD, 2002 :** « *Le semis direct sur couverture végétale permanente (S.C.V.)* »- Agropolis production [1er édition]- France, Paris : 156 p, (Sciences supérieures).
- **AFD, 2006 :** « *Le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) : une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud* »- Agropolis production [1er édition].- Paris : 64p.
- **ANDRIAMANDROSO, L.H., 2010.** *Evaluation de la quantité et de la qualité de la biomasse produite dans les systèmes de culture sous couverture végétale et son utilisation pour l'élevage.* Cas de la région du lac Alaotra. Mémoire de fin d'études ESSA-agriculture- Université d'Antananarivo, 98 p.
- **ANDRIAMPARANY, N.J., 2009.,** *Inventaire et caractérisation des plantes Susceptibles d'être utilisées comme plantes de couverture dans la région sud-est de Madagascar* Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies en Physiologie végétale, Filière Sciences Naturelles- Université d'Antananarivo. 105p.
- **ANDRIANAIVO, A.P., KACHELRIESS, S., KROSCHER, J., et ZEHRER, W., 1998.** *Biologie et gestion de Striga à Madagascar*, FOFIFA, DPV, GTZ, 65p.
- **BOSSER, J. 1969.** *Les graminées de pâturages et des cultures à Madagascar*. ORSTOM, Paris. 439p.
- **BOUWMEESTER, H., MATUSOVA, R., ZHONGKUI ,S. and BEALE, M. H., 2003.** *Secondary metabolite signalling in host-parasitic plant interactions.* Current Opinion in Plant Biology, 6: 358-364.
- **CIRAD-GRET, 2002,** MEMENTO DE L'AGRONOME, 34p.
- **COLLECTIF « SOL-SCV » (GSDM, IRD, CIRAD, TAFI, FOFIFA), 2008.** Sols tropicaux, Pratiques SCV, Services éco systémiques, 37p.
- **CRAUFURD, P.Q., SUMMERFIELD, R.J., ELLIS, R.H., ROBERTS, E.H., 1997.** Photoperiod, temperature, and the growth and development of Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Wa lp. In: *Advances in cowpea research*, B.B. Singh *et al.* éd., Ibadan, Nigeria, IITA-JI RCAS : 75-86.
- **DEMBELE, B., 2009.** Guide de formation en lutte participative contre le *Striga* dans le système de culture à base de sorgho dans le cadre du projet « *Promotion des variétés de sorgho résistantes au pour réduire les crises alimentaires dans la zone sahélienne Burkina* » Faso, Mali, Sénégal », 27 p.

- **DIRECTION DE L'AGRICULTURE, 2001.** Rapport d'étude de la filière maïs à Madagascar : *Diagnostic de la situation actuelle, détermination des régions à potentialités maïzicoles, structuration de la filière maïs.* Direction du projet national Maïs Antananarivo (Dinika-International, SCET Tunisie). Vol.1, 144p. Paris : 439p.
- **ESCALANTE, M., HOOPEN, T. et MAÏGA, A., 2002-** *Production et transformation de maïs.* Collection PRO-AGRO, 29p.
- **FERY, R.L., 1985.** The genetics of cowpea: a review of the world literature. *In: Cowpea research, production and utilization*, S.R. Singh et K.O. Rachieéd., New York, Etats -Unis, Wiley: 25-62p.
- **GAUSSEN, 1955.** *Détermination des climats par les méthodes des courbes ombrothermique.* Académie scientifique : 240,242-643p.
- **GSDM, 2008.** Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume I. Chapitre 2, 20 p. et Chapitre 3, 20 p.
- **HAUSSMAN, B.I.G., HESS, D.E., WELZ, H.G. et GEIGER, H.H, 2008.** *Erratum to Improved methodologies for breeding Striga resistant sorghums.* University of Hohenheim, Institute of plant breeding, seed science and population genetics.197-211p.
- **HUBERT, P., 1978,** Recueil de fiche technique d'Agriculture spéciale à l'usage des lycées agricole à Madagascar – BDPA, 6p.
- **HUSSON, O. et RAKOTONDRAMANANA, 2006.** *Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar*, 67p.
- **HUSSON, O., CHARPENTIER, H., RAZANAMPARANY, C., MOUSSA, N., MICHELLON, R., NAUDIN, K., RAZAFINTSALAMA, H., RAKOTOARINIVO, C., RAKOTONDRAMANANA et SEGUY, L., 2008.** *Stylosanthes guianensis.-* in Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. §2.1.-12p.
- **HUSSON, O., MICHELLON, R., CHARPENTIER, H., RAZANAMPARANY, C., MOUSSA, N., NAUDIN, K., RAZAFINTSALAMA, H., RAKOTOARINIVO, C., ANDRIANAIVO, A.P., RAKOTONDRAMANANA et SEGUY, L., 2008.** *Le contrôle du Striga par les systèmes SCV (Semis direct sur couverture végétal permanente).-* in Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume I. Chapitre 3. §3.1.- 20p.
- **HUSSON, O., MICHELLON, R., CHARPENTIER, H., NAUDIN, K., MOUSSA, N., ANDRIANASOLO, H., RAZANAMPARANY, C., RAKOTOARINIVO, C., RAKOTONDRAMANANA, ENJALRIC, F. et SEGUY, L., 2009-** *le choix des itinéraires techniques.-* in Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume II. Chapitre 2.- novembre 2009.- 76p.

- **JIAO, Y., WHALEN, J.K. and HENDERSHOT, W.H., 2006** - No-tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil. *Geoderma* 92: 111-123.
- **KIM, S.K., 1991**. Breeding maize for *Striga* tolerance and the development of field infestation technique - *Combating Striga in Africa*. Proceeding, International Workshop organized by IITA, ICRISAT and IDRC, 22-24 August 1988. IITA, Nigeria : 96-108p.
- **KWON, S., KIM, S., IM, K., 1964**. *A study on radio sensitivities in Soybean*. Koren J. Crop.Sci. 2. 46p.
- **MULONGOY, K., 1985**. Nitrogen-fixing symbiosis and tropical ecosystems. *In: Cowpea research, production and utilization*, S.R. Singh et K.O. Rachieéd., New York, Etats Unis, Wiley : 307-315p.
- **RABEFIRAISANA, J., 2015**. « *Analyse des paramètres physico-chimiques des sols de Kianjasoa, d'Ambohitsaina et d'Ambatobe* », rapport de stage (G/DHD), 44p.
- **RAJAONERA, R., 2016**. *Etude des effets de fertilisants chimiques et du système de couverture végétale (SCV) sur l'attaque de la plante parasite Striga asiatica L. Kuntze chez le riz pluvial Oryza sativa L. lignée b22 putative tolérante*. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II, Filière Sciences Naturelles- Université d'Antananarivo. 46 p.
- **RAKOTOARISOA, N.V., 2008**. *Développement de lignées productives et de lignées tolérantes au froid par la mutagenèse in vitro à partir des variétés de riz (Oryza sativa L.) «Rojofotsy, Malady et IR58614* . Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat, Option: Physiologie Végétale. Facultés des Sciences, Université d'Antananarivo. 122p.
- **RAKOTOARISOA, N.V., 2011**. *Amélioration de la production de céréale (riz et maïs) par la mutation induite et la culture in vitro pour la tolérance ou résistance à Striga asiatica à Madagascar*. Séminaire lors de l'évaluation du projet IAEA/ MAG 5/018 à la Faculté des Sciences.14p.
- **RANAIVOTSILAVO, H., 2017**. *Effets des fertilisants chimiques et du système sous couvert végétal sur l'attaque de Striga asiatica L. Kuntze aux cultures de maïs (Zea mays L.), variété PLATA à kianjasoa*. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II, Filière Sciences Naturelles- Université d'Antananarivo. 47p.
- **RAZAFIMBELO, T.M., 2005**. Stockage et protection du carbone dans un sol ferrallitique sous système en semis direct avec couverture végétale des Hautes Terres malgaches. 120p.
- **RAZAFIMBELO, T.M., 2006**. Effet de différents systèmes de culture a couverture végétale sur le stockage du carbone dans un sol argileux des hautes terres de Madagascar Etude et gestion des sols, volume 13 : 113 - 127.

- **RAZAFINIRINA, L., 2011.** *Test de radio sensibilité de quelques lignées de riz pluvial et de maïs cultivées à Madagascar.* Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies en Physiologie végétale, Filière Sciences Naturelles- Université d'Antananarivo, 44 p.
- **RAZAFINJARA, A.L., 2015.** Cours Ecopédologie Master II : Université d'Antananarivo. 46p.
- **REBOUL, J.L., 1999.** Systèmes de cultures sans labour par semis direct *sur* couvertures permanentes des sols, adaptation et diffusion à Madagascar : 441-447.
- **RODENBURG, J., 2010.** Crop protection : *Addressing current and future problems of parasitic weeds in rice in Elsevier* "1st edition", 10p
- **RODENBURG, J., 2004.** How can field selection for *Striga* resistance and tolerance in sorghum be improved. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Bamako, Mali, Department of Agronomy, Purdue University.
- **SALLE, G. et RAYNAL-ROQUES, A., 1989.** Le *Striga*. La Recherche 206 : 44 – 52.
- **SEGUY L., BOUZINAC S., TRENTIN A., CORTES N.A., 1996** - L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *Agriculture et développement* 12 : 1-76.
- **SIDIBE, A., et DEMBELE, B., 2009.** Guide de formation en lutte participative contre le *Striga* dans le système de culture à base de Sorgho. 141 p.
- **SIX J., CONANT T., PAUL A. et PAUSTIAN K., 2002.** Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241: 155-176.
- **SOAFANOMEZANTSARA, J., 2011.** Effets de l'irradiation sur le comportement au champ des plants de maïs (*Zea mays* L.) M1. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies en Physiologie végétale, Filière Sciences Naturelles- Université d'Antananarivo. 50 p.
- **TSARANIRINA, V., 2015.** Sélection cytologique de lignées de riz tolérantes à la plante parasite *Striga asiatica* (L) Kuntze. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies en Physiologie végétale, Filière Sciences Naturelles- Université d'Antananarivo. 70 p
- **VILAIN, M., 1988.** La production végétale. Volume 1. Les composantes de la production agriculture d'aujourd'hui. Sciences et Techniques Application, 438p.

WEBOGRAPHIES

(*http1://*) : www.gnis-pedagogie.org/ma%C3%AFs-importance-%C3%A9conomique-de-la-production.

(*http2://*) : reliefweb-int/report/madagascar/mimou-faopam-d%C3%A9valuation-de-la-s%C3%A9curit%C3%A9-alimentaire-%C3%A0-madagascar- Octobre-2013.

(*http3://*) : www.boranique.org,2005

(*http4://*) : www.osez-agroecologie.org

(*http5://*) : [www.Agriculture de conservation-SCV %C3%A0 Madagascar](http://www.Agriculture-de-conservation-SCV-%C3%A0-Madagascar)

ANNEXES

Annexe 1 : Caractéristiques de la variété de maïs (zea mays) PLATA

NUMERO DE LA COLLECTION : PLATA

NOM : PLATA

Région de Culture : Moyen ouest

Variété de maïs locale

CARACTERES DE LA PLANTE

Hauteur de la plante(m) : 3

Hauteur de l'insertion de l'épi(m) : 1,8

Recouvrement des spathes : insuffisant

Cycle semis maturité : 100 à 120 jours

CARACTERES DES GRAINES :

Couleur : jaune orangé

Types : semi denté à denté

Texture : farineux

CARACTERES AGRONOMIQUES :

Aire de culture : Zone de basse altitude jusqu'à 800 m

Tolérance aux maladies : assez bon sauf aux viroses

Annexe 2 : Caractéristiques des plantes de couverture utilisées

- **Le Niébé ou *Vigna unguiculata***

Le Niébé est une légumineuse herbacée tropicale originaire d'Afrique.

Température exigé à tous les stades de son développement : 8 à 11°C; mais la température optimale se situe autour de 28 °C (CRAUFURD et al, 1997).

La germination : épigée.

La racine : pivotante bien développée, ce qui permet au niébé de suivre la descente des nappes d'eau en culture de décrue.

Feuille : deux premières opposées, sessiles et entières. Les feuilles sont ensuite alternes, pétiolées et trifoliolées.

Nœud de la tige : porte deux stipules prolongées sous l'insertion, ce qui caractérise cette espèce.

Inflorescence : toujours axillaire, est formée d'un pédoncule mesurant 10 à 30 centimètres, au bout duquel se trouve le rachis dont chaque nœud porte une paire de fleurs et un bourrelet de nectaires extra floraux. Les fleurs papilionacées sont de grandes tailles (FERY, 1985).

Autres caractéristiques : une plante herbacée à port rampant, érigé ou volubile selon les cultivars, les conditions de température et de photopériode.

- ***Stylosanthes guinensis***

Stylosanthes guianensis est une légumineuse herbacée, atteignant à 1m de haut.

Feuilles : trifoliolées de couleur vert tendre à vert foncé.

Tiges : velues et lignifiées par la base.

Fleurs : varie de jaune intense à orangé et striées de rouge.

Graines : très petites coloré en brun clair.

Système racinaire : composé de nombreuses racines, avec un axe principal qui porte des racines secondaires rondes et sur lesquelles se développent des nodosités en abondance. Ses résidus sont utilisés comme couverture morte.

Annexe 3 : Tableaux récapitulatifs des pourcentages et des moyennes

➤ **Taux de germination (en %) des plants de maïs M5 de la variété PLATA**

Dose d'irradiation \ Traitements	0Gy	200Gy	300Gy
Témoin	34,33	47,61	56,27
SCVm	52,92	73,25	87,28
SCVv	42,19	63,73	73,87

➤ **Taux de survivant (en %) des plants de maïs M5 de la variété PLATA**

Dose d'irradiation \ Traitements	0Gy	200Gy	300Gy
Témoin	13.35	43.01	51.88
SCVm	42.44	69.36	80.56
SCVv	30	59.33	65.14

➤ **Evolution de la croissance en hauteur (en cm) des plants de maïs M5 de la variété PLATA**

Traitements	TEMOIN			SCVm			SCVv		
Dose (Gy) \ Age (semaine)	0	200	300	0	200	300	0	200	300
Semis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 ^{ème}	4,67	4,37	4,80	3,10	3,50	3,27	3,43	3,17	3,60
4 ^{ème}	8,53	8,60	8,87	11,70	11,67	12,27	11,57	10,80	12,40
6 ^{ème}	9,77	9,77	9,77	13,17	13,80	13,53	11,73	11,93	13,40
18 ^{ème}	9,77	9,77	9,77	13,17	13,80	13,53	11,73	11,93	13,40

➤ Evolution de la croissance en nombre de feuilles des plants de maïs de la variété

PLATA

Traitements	TEMOIN			SCVm			SCVv		
Dose (Gy) Age (semaine)	0	200	300	0	200	300	0	200	300
Semis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2^{ème}	4,67	4,37	4,80	3,10	3,50	3,27	3,43	3,17	3,60
4^{ème}	8,53	8,60	8,87	11,70	11,67	12,27	11,57	10,80	12,40
6^{ème}	9,77	9,87	9,87	13,17	13,53	13,80	11,73	11,93	13,40
18^{ème}	9,77	9,87	9,87	13,17	13,53	13,80	11,73	11,93	13,40

➤ Poids moyens (en g) de 1000 graines par plante de maïs de la variété **PLATA**

Traitements Irradiation (Gy)	TEMOIN	SCVm	SCVv
0	280,4	389,5	324,5
200	295,1	398,1	301,6
300	308,0	361,5	318,9

Annexe 4 : Résultats d'analyse de variance

➤ Taux de germination

```
> AnovaModel.3 <- aov(T_.germinat ~ TRAITEMENT, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.3)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
TRAITEMENT	8	6937	867.1	160.4	3.94e-15 ***
Residuals	18	97	5.4		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

P_0gy_CTRL "a"	P_0gy_Sm "cd"	P_0gy_Sv "b"	P_200gy_CTRL "bc"	P_200gy_Sm "f"	P_200gy_Sv "e"
-------------------	------------------	-----------------	----------------------	-------------------	-------------------

P_300gy_CTRL "d"	P_300gy_Sm "g"	P_300gy_Sv "f"
---------------------	-------------------	-------------------

➤ Croissance en hauteur

```
> AnovaModel.16 <- aov(S1_h ~ traitement, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.16)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
traitement	8	6684	835.5	31.93	<2e-16 ***
Residuals	261	6828	26.2		

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

P_0gy_CTRL "a"	P_0gy_Sm "cd"	P_0gy_Sv "b"	P_200gy_CTRL "a"	P_200gy_Sm "bc"	P_200gy_Sv "bc"
P_300gy_CTRL "a"	P_300gy_Sm "d"	P_300gy_Sv "bc"			

```
> AnovaModel.19 <- aov(S2_h ~ traitement, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.19)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
traitement	8	80453	10057	57.18	<2e-16 ***
Residuals	261	45905	176		

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

P_0gy_CTRL "a"	P_0gy_Sm "c"	P_0gy_Sv "c"	P_200gy_CTRL "a"	P_200gy_Sm "c"	P_200gy_Sv "b"
P_300gy_CTRL "a"	P_300gy_Sm "c"	P_300gy_Sv "c"			

```

> AnovaModel.22 <- aov(S3_h ~ traitement, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.22)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8 792612   99077   34.77 <2e-16 ***
Residuals 261 743813    2850
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> AnovaModel.24 <- aov(S4_h ~ traitement, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.24)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8 1384524  173066  292.1 <2e-16 ***
Residuals 261  154654     593
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

P_0gy_CTRL    P_0gy_Sm    P_0gy_Sv P_200gy_CTRL    P_200gy_Sm    P_200gy_Sv
   "a"         "d"         "c"         "a"         "d"         "c"
P_300gy_CTRL  P_300gy_Sm  P_300gy_Sv
   "a"         "d"         "b"

```

➤ Croissance foliaire

```

> AnovaModel.15 <- aov(S1_f ~ traitement, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.15)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8  105.1  13.133   6.812  4e-08 ***
Residuals 261  503.2   1.928
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> AnovaModel.18 <- aov(S2_f ~ traitement, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.18)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8  624.4   78.05  48.18 <2e-16 ***
Residuals 261  422.8    1.62
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> AnovaModel.21 <- aov(S3_f ~ traitement, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.21)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8  637.7   79.72  36.83 <2e-16 ***
Residuals 261  565.0    2.16
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

> AnovaModel.23 <- aov(S4_f ~ traitement, data=Dataset)

> summary(AnovaModel.23)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement    8  637.7   79.72   36.83 <2e-16 ***
Residuals   261  565.0    2.16
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

P_0gy_CTRL    P_0gy_Sm    P_0gy_Sv P_200gy_CTRL    P_200gy_Sm    P_200gy_Sv
   "a"         "d"         "c"         "a"         "d"         "c"
P_300gy_CTRL  P_300gy_Sm  P_300gy_Sv
   "a"         "d"         "b"

```

➤ Taux chlorophylle

```

> AnovaModel.14 <- aov(S1_chl ~ traitement, data=Dataset)

```

```

> summary(AnovaModel.14)
              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
traitement    8   1532   191.46   7.987 1.26e-09 ***
Residuals   261   6256   23.97
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

> AnovaModel.17 <- aov(S2_chl ~ traitement, data=Dataset)

```

```

> summary(AnovaModel.17)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement    8 10733  1341.7   54.26 <2e-16 ***
Residuals   261   6453    24.7
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

> AnovaModel.20 <- aov(S3_chl ~ traitement, data=Dataset)

```

```

> summary(AnovaModel.20)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement    8   4690   586.2   21.91 <2e-16 ***
Residuals   261   6982    26.8
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

➤ **Taux de survivants**

```
> AnovaModel.4 <- aov(T_Survivant ~ TRAITEMENT, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.4)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
TRAITEMENT  8 10425  1303.2    381 <2e-16 ***
Residuals 18    62     3.4
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
P_0gy_CTRL    P_0gy_Sm    P_0gy_Sv    P_200gy_CTRL    P_200gy_Sm    P_200gy_Sv
  "a"          "c"          "b"          "c"          "f"          "e"
```

```
P_300gy_CTRL    P_300gy_Sm    P_300gy_Sv
  "d"          "g"          "f"
```

➤ **Taux d'émergence du *Striga asiatica***

```
> AnovaModel.1 <- aov(emergence ~ traitement, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.1)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8 0.3778 0.04723    13.48 2.58e-16 ***
Residuals 261 0.9146 0.00350
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
    P_0gy_CTRL    P_0gy_Sm    P_0gy_Sv    P_200gy_CTRL    P_200gy_Sm    P_200gy_Sv
      "c"          "ab"          "a"          "c"          "a"          "a"
P_300gy_CTRL    P_300gy_Sm    P_300gy_Sv
      "bc"          "a"          "a"
```

➤ **Taux d'infection**

```
> AnovaModel.2 <- aov(T_infect ~ traitement, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.2)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8 11908  1488.6    67.96 <2e-16 ***
Residuals 261  5717    21.9
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
    P_0gy_CTRL    P_0gy_Sm    P_0gy_Sv    P_200gy_CTRL    P_200gy_Sm    P_200gy_Sv
      "d"          "c"          "c"          "c"          "ab"          "a"
P_300gy_CTRL    P_300gy_Sm    P_300gy_Sv
      "ab"          "b"          "a"
```

➤ **Nombre moyens des grains fertiles et stériles**

```
> AnovaModel.2 <- aov(grain.fertiles ~ traitement, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.2)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8 3425725  428216  56.97 <2e-16 ***
Residuals 261 1961988    7517
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
P_0gy_CTRL    P_0gy_Sm    P_0gy_Sv    P_200gy_CTRL    P_200gy_Sm    P_200gy_Sv
   "bc"        "bc"        "a"         "c"            "e"           "d"
```

```
P_300gy_CTRL    P_300gy_Sm    P_300gy_Sv
   "bc"        "de"        "bc"
```

```
> AnovaModel.3 <- aov(grain.stérile ~ traitement, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.3)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8 130115  16264  18.98 <2e-16 ***
Residuals 261 223706    857
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
P_0gy_CTRL    P_0gy_Sm    P_0gy_Sv    P_200gy_CTRL    P_200gy_Sm    P_200gy_Sv
   "bc"        "bc"        "cd"        "a"            "b"           "bd"
```

```
P_300gy_CTRL    P_300gy_Sm    P_300gy_Sv
   "a"          "bc"        "d" |
```

➤ **Biomasse aérienne et racinaire**

```
> AnovaModel.3 <- aov(BA ~ traitement, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.3)
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
traitement  8  46.41  5.802 1.37e+32 <2e-16 ***
Residuals 18   0.00  0.000
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
SCVm0Gy    SCVm200Gy    SCVm300Gy    SCVv0Gy    SCVv200Gy    SCVv300Gy    T0Gy    T200Gy
   "e"        "g"        "h"        "d"        "f"        "f"        "a"    "b"
  T300Gy
   "c"
```

```

> AnovaModel.4 <- aov(BR ~ traitement, data=Dataset)
> summary(AnovaModel.4)
      Df Sum Sq Mean Sq  F value Pr(>F)
traitement  8  4.011  0.5014 5.872e+31 <2e-16 ***
Residuals 18  0.000  0.0000
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

SCVm0Gy SCVm200Gy SCVm300Gy SCVv0Gy SCVv200Gy SCVv300Gy T0Gy T200Gy
  "d"      "g"      "i"      "h"      "f"      "e"      "a"      "b"
T300Gy
  "c"

```

➤ **Rendement**

```

> AnovaModel.2 <- aov(REND_t ~ TRAITEMENT, data=Dataset)
> summary(AnovaModel.2)
      Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
TRAITEMENT  8  34.38  4.298  123.3 3.98e-14 ***
Residuals 18  0.63  0.035
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

SCVm0Gy SCVm200Gy SCVm300Gy SCVv0Gy SCVv200Gy SCVv300Gy T0Gy T200Gy
  "d"      "g"      "i"      "h"      "f"      "e"      "a"      "b"
T300Gy
  "c"

> AnovaModel.4 <- aov(BR ~ traitement, data=Dataset)
> summary(AnovaModel.4)
      Df Sum Sq Mean Sq  F value Pr(>F)
traitement  8  4.011  0.5014 5.872e+31 <2e-16 ***
Residuals 18  0.000  0.0000
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

P_0gy_CTRL  P_0gy_Sm  P_0gy_Sv  P_200gy_CTRL  P_200gy_Sm
  "a"        "c"        "b"        "ab"        "d"

P_200gy_Sv  P_300gy_CTRL  P_300gy_Sm  P_300gy_Sv
  "c"        "c"        "e"        "d"

```

Annexe 5 : Echelle d'évaluation de l'infection de *Striga hermonthica* sur la plante de *Sorghum bicolor* selon Haussmann (2008) modifiée par RANAIVOTSILAVO (2017) concernant le degré d'infection de *Striga asiatica* sur la plante hôte de maïs.

Degré de tolérance	Description des symptômes					
	Dessèchement des feuilles (%)	Nombre de feuilles infectées	Symptômes observés au niveau des feuilles	Croissance de l'hôte	Epiaison	- Forme de l'épi - Disposition des graines sur la rafle
1	0 – 9	0	Absent	Normale	Normale	-Droite et normale -Remplies et en ordre
2	10 – 19	[1 – 3]	Taches blanchâtres éparpillés	Normale	Normale	-Droite et normale -Remplies et en ordre
3	20 – 29	[1 – 3]	Taches, bandes et marques servées uniquement sur la pointe.	Normale ou/et légèrement retardée	Normale	-Droite et normale -Remplies et en ordre
4	30 – 39	[1 – 3]	Extension des taches et bandes (marbrés)	Retardée, modérée	Avec réduction de soie	- Taille réduite avec une extrémité noire - Remplies et en ordre
5	40 – 49	[4 – 6]	Extension des taches et bandes (marbrés).	Ralentie avec début de fanaison	Avec réduction de soie	- Taille réduite et extrémité courbée - Remplies et en ordre mais quelques rangées vides.
6	50 – 59	[4 – 6]	Extension des taches et bandes sur le 1/3 de la feuille qui viennent des brûlures.	Réduction de 1/3 de la taille de et du diamètre de la tige	Réduction de 1/3 de la taille des épis et des soies	- Extrémité noirâtre et courbée. - En désordre, avec des rangées vides.
7	60 – 69	[7 – 9]	Extension des taches et bandes sur la 1/2 de la feuille qui deviennent sèches et nécrotiques.	Diminution de 50% de la taille et du diamètre de la tige, Arrêt de la croissance	Réduction de 1/2 de la taille des épis et des soies	- Taille réduite, extrémité noirâtre et courbée - Incomplète et en désordre
8	70 – 89	≥ 10	Brûlure sur la plupart de la surface foliaire. Feuilles courtes.	Taille très réduite. Tiges minces et fragiles	Réduction de 3/4 de la taille des épis et des soies	-Petite extrémité noirâtre et/ou courbée -Incomplète et en désordre
9	90 – 100	≥ 10	Brûlure sur toutes les surfaces.	Arrêt sévère ou mort de la plante hôte	Avortée ou formation d'épi stérile (sans soie et miniature)	Absente

Annexe 6 : Références symptomatologiques sur la relation plante hôte- Striga

Echelle d'évaluation de l'infection de *Striga hermonthica* sur la plante de sorgho (*Sorghum bicolor*) selon HAUSSMAN et al. (2008) :

Note de l'effet d'infection de *Striga hermonthica*, au moment de de la floraison, sur les plantes de sorgho en suivant une échelle de 1 à 9 :

1= Croissance normale des plantes ; aucun symptôme visible.

2= Des petites taches blanches et vagues dispersées sont visibles ; sinon, croissance normale des plantes.

3= Rayures facilement perceptibles. Mauvais fléau. Seulement une trace de brûlure, restreinte aux pointes des feuilles.

4= Marquage et rayures étendues, flashe légère. Seulement une trace de brûlure des feuilles. Un léger ralentissement et une réduction de la taille de l'épi et de la panicule.

5= Marquage et rayures extensibles, bouffées. Des feuilles brûlent sur une petite partie de la zone foliaire. Ralentissement modéré ; Réduction de la taille de l'épi et de la panicule.

6= Rayures étendues, obscurcissant maintenant les taches, se transforme en brûlure. Des brûlures de feuilles couvrant environ un tiers de la surface foliaire. Environ un tiers de réduction de la hauteur. Diminution du diamètre de la tige, réduction de la taille de l'épi et de la panicule.

7= Rayures / brûlures étendues, rendant gris et nécrotique. Environ la moitié de la surface foliaire de la plante est brûlée. Le retard de croissance sévère, environ 50% de réduction de la hauteur. Réduction remarquable du diamètre de la tige, de la taille de l'épi et de la panicule. Quelques tiges se brisent.

8= Brûlure sur la plupart des zones foliaires. Le retard de croissance entraîne une réduction de taille de 50%. Les tiges sont minces et faibles ; Beaucoup sont brisés. Les feuilles sont nettement courtes et ouvertes.

9= Pratiquement toute la zone de la feuille brûle ; Deux tiers ou plus de réduction de la hauteur ; La plupart des tiges s'effondrent ; Aucun épi utile n'est formé ; Miniature ou pas de panicule ; Pas de production de pollen ; Des plantes mortes ou presque mortes.

Légendes du précédent tableau :

➤ Degré de tolérance :

1 : Plante résistante

2 : Plante moyennement résistante

3 – 4 : Plante tolérante

5 – 6 : Plante moyennement tolérante

7 – 8 : Plante sensible

9 : Plante susceptible

Annexe 7 : Données climatiques journalières Kianjasoa nov 2015 - avril 2016

(Source : Station météorologique de Kianjasoa)

DATE	PLUVIOMETRIE (mm)	T Min (°C)	T Max (°C)
16/11/2015	0	24,6	25,1
21/11/2015	10	21	33
26/11/2015	23,4	18,9	30
01/12/2015	0	19,6	32,4
06/12/2015	5,6	20	31
11/12/2015	10,3	20	30
16/12/2015	36,8	19,5	29,7
21/12/2015	35,5	20,2	29,2
26/12/2015	92,9	19,4	28,4
31/12/2015	18,9	20	30,8
05/01/2016	21,8	19,4	30,2
10/01/2016	48,5	20,4	30,4
15/01/2016	34,9	21	29,6
20/01/2016	79,3	19,8	29,4
25/01/2016	74,9	20,2	28,6
30/01/2016	76,9	19,8	28,8
04/02/2016	5,9	21,2	31,4
09/02/2016	55,9	20,2	29
14/02/2016	91,85	19,8	29,2
19/02/2016	74	19,6	29,2
24/02/2016	15,875	19,4	29,8
29/02/2016	15,125	19,6	29,8
05/03/2016	19,8	20,8	30,4
10/03/2016	6	20,2	30
15/03/2016	25	20,8	31,8
20/03/2016	11,9	17,8	28,4
25/03/2016	7,8	19,4	30
30/03/2016	5,3	17,2	28
04/04/2016	0	20	30
09/04/2016	0	20	30