

LISTE DES ABBREVIATIONS

DPV : Direction de la Protection des Végétaux

UCAD : Université Cheikh Anta Diop

BA : Biologie Animale

IFAN : Institut fondamental d'Afrique noire

PE : Parcelle Élémentaire

ISRA : Institut Sénégalais de Recherche Agricole

FASTEF : Faculté des Sciences et Technologie de l'Education et de la Formation

EPA : Agence de protection de l'environnement des États-Unis

PIP : Plantes Incorporées Protectrices

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

CIRAD : Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement

MAER : Ministère de l'Agriculture et de l'Equipement Rural

DRDR : Directions Régionales du Développement Rural

CLV : Comités de Lutte Villageois

OP : Organisations de Producteurs

LISTE DES FIGURES

Figure . P résentation de la plante de gombo (tige, feuilles, fleur, fruit) - Réduction :	3
Figure 2. Quelques insectes ravageurs associés au gombo	5
Figure . Localisation du site d'étude	11
Figure 4. Principaux matériels utilisés	12
Figure 5 .Présentation du dispositif expérimental (R = Répétition ; T = Traitement)	13
Figure 6. Procédure d'application des différents traitements.....	15
Figure 7. Quelques étapes de la procédure expérimentale en station.....	16
Figure 8. Identification des insectes en laboratoire	17
Figure 9. Relevé de paramètres de croissance et de développement des plantes de gombo	18
Figure 10 . Dégâts sur différentes parties de la plante du gombo	26
Figure 11. Evolution de la croissance en hauteur des plants de gombo en fonction des différents traitements durant 8 semaines de culture	27
Figure 12. Evolution du diamètre au collet des plants de gombo en fonction des différents traitements durant 5 semaines de culture	28
Figure 13. Evolution de la vigueur des plants de gombo en fonction des différents traitements durant 5 semaines de culture	29
Figure 14. Variation du rendement brut en fruits des plants de gombo en fonction des différents traitements après 1 mois de récolte	30
Figure 15. Variation de la longueur des fruits de gombo en fonction des différents traitements ..	31
Figure 16. Variation du diamètre des fruits de gombo en fonction des différents traitements ..	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Présentation des différents traitements appliqués	14
Tableau 2. Abondances relatives (%) des insectes collectés au cours de la production du gombo	21
Tableau 3. Répartition des « insectes » nuisibles et auxiliaires collectés en fonction du traitement et de la méthode de collecte	25
Tableau 4. Evaluation de l'effectif des différentes familles d'« insectes » rencontrés en culture de gombo selon leur statut	25

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES ABBREVIATIONS	iii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
TABLE DES MATIERES.....	vi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	2
I.1. Généralités sur le gombo.....	2
I.1.1. Classification.....	2
I.1.2. Origine	2
I.1.3. Description botanique	2
I.1.4. Ecologie	3
I.1.5. Importance	4
I.2. Généralités sur l'entomofaune associée à la culture du gombo	5
I.2.2. Les ennemis naturels des insectes nuisibles du gombo	7
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	10
II. . Sit e de l'étude	10
II.2. Matériel.....	11
II.2.1. Matériel végétal	11
II.2.3. Autre matériel biologique	12
II.2.4. Autres matériels utilisés (confère annexe 1)	13
II.3. Méthodes.....	13
II.3.1. Conception expérimentale et plantation de cultures	13
II.3.1.1. Dispositif expérimental.....	13
II.3.1.2. Préparation du terrain (confère annexe 3a).....	13
II.3.1.3. Semis (confère annexe 3b).....	13
II.3.1.4. Suivi-entretien des plants (confère annexe 3c)	13
II.3.1.5. Traitements	13
II. .2. Par amètres évalués et méthodes d'évaluation.....	15
II.3.2.1. Collecte des insectes	15

II.3.2.2. Diversité et abondance spécifique des insectes	16
II.3.2.3. Les dégâts causés par les « insectes ».....	17
II.3.2.4. Croissance et vigueur des plantes	17
II.3.2.5. Récolte	18
II.3.2.6. Rendements et calibre des fruits	18
II.4. Analyses statistiques	18
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	20
III.1. Résultats	20
III. . . Ev aluation de la biodiversité et la dynamique de population de l'entomofaune associée à la culture.....	20
III.1.1.1. Diversité spécifique et abondance des insectes	20
III. . .2. N ombre de nuisibles et d'auxiliaires collectés en fonction du traitement et de la méthode de capture	25
III.1.1.3. Les dégâts causés par les « insectes ».....	26
III. . 2. Ev aluation de l'impact des traitements sur le développement des plantes de gombo et le rendement	27
III.1.2.1. Impact du traitement sur le développement végétatif des plantes	27
III.1.2.2. Impact du traitement sur le développement (paramètres morphologiques des fruits) et le rendement des plantes de gombo.....	29
III.2. Discussion	31
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36
ANNEXES	I

INTRODUCTION

Les légumes constituent un élément indispensable dans l'alimentation humaine. Ils sont source de vitamines, de glucides et de sels minéraux nécessaires à une alimentation équilibrée. Leur valeur est importante, en particulier dans les pays en développement (Aishwarva & Bilaspur, 2018) où la malnutrition est un problème majeur chez les enfants et les adultes.

Les systèmes de production des cultures maraîchères sont souvent confrontés à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques pouvant occasionner des pertes considérables de rendement. Chez le gombo (*Abelmoschus esculentus*), les insectes ravageurs représentent un facteur limitant pour le développement des plantes ainsi que pour la qualité de leur produit (Dèclert, 1990). En effet, ils provoquent des dégâts directs (prélèvement de nourriture) et indirects (transmission de maladies) sur les cultures (Makondy, 2012 ; Gnago *et al.*, 2010 ; Tano *et al.*, 2019).

Malheureusement, le moyen le plus utilisé pour lutter contre les insectes nuisibles reste encore la lutte chimique (Claudine *et al.*, 2017), malgré toutes ses conséquences néfastes sur l'environnement. Pour contrôler efficacement ces insectes nuisibles, la connaissance de l'entomofaune associée à cette culture est essentielle. En outre, la dépendance excessive aux produits chimiques a conduit à la résistance des ravageurs, à des effets pervers sur l'écosystème (pollution de l'eau, de l'air et ou du sol), à la décimation de la faune et de la flore utiles, et par voie de conséquence, à des effets nocifs sur les organismes non visés, y compris l'être humain. (Gnago *et al.*, 2010). Il apparaît donc nécessaire de trouver des alternatives à l'utilisation fréquente de ces pesticides chimiques. C'est pour cette raison qu'au Sénégal, à l'instar de nombreux pays, des études sont menées en vue de trouver des alternatives aux pesticides chimiques.

La présente étude qui s'inscrit dans ce cadre, se propose de tester l'efficacité de deux produits biologiques sur le contrôle des ravageurs associés à la culture du gombo. Il s'agit d'un biofertilisant à base de micro-organismes promoteurs de croissance végétale et d'un bio-insecticide à base d'extraits de piment, d'ail et d'oignon associé à la fumure de fond.

Les objectifs spécifiques ont consisté à évaluer l'influence des bioproduits sur:

- (i) la biodiversité et la dynamique de population de l'entomofaune associée à la culture ;
- (ii) le développement et le rendement des plantes de gombo.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Plusieurs chercheurs ont étudié sur les différents aspects des insectes associés à la culture du gombo, qu'ils soient nuisibles ou pas. Il est présenté dans cette partie la revue de la littérature sur la question au Sénégal et ailleurs.

I.1. Généralités sur le gombo

I.1.1. Classification

Selon Hequet *et al.*, 2010, la classification taxonomique du gombo se présente comme suit :

- Règne : Végétal
- Classe : Equisetopsida (Agardh, 1825)
- Ordre : Malvales (Juss & Presl, 1820)
- Famille : Malvaceae (Juss, 1789)
- Genre : *Abelmoschus* (Medik, 1787)
- Espèce : *Abelmoschus esculentus* L. (Moench, 1794)
 - ✓ Synonymie : *Hibiscus esculentus* L. (Linne, 1753) ; *Hibiscus longifolius* (Wild, 1800)
 - ✓ Nom vernaculaire français : gombo, corne grecque
 - ✓ Nom vernaculaire anglais : okra
 - ✓ Nom vernaculaire wolof : kandja

I.1.2. Origine

Le gombo *Abelmoschus esculentus* L. (Moench, 1794), également connu sous le nom de doigt de femme (Roy *et al.*, 2014 ; Bello *et al.*, 2015), est originaire d'Éthiopie (Nzikou *et al.*, 2006 ; Sathish & Eswar, 2013). La plante était auparavant incluse dans le genre *Hibiscus*. Plus tard, il a été désigné sous *Abelmoschus* pour la distinguer du genre *Hibiscus* (Aladele *et al.*, 2008).

I.1.3. Description botanique

Le gombo est une plante dicotylédone vivace annuelle pouvant atteindre 2 mètres de hauteur. Les feuilles sont longues pétiolées, orbiculaires ou orbiculaires-ovales. Elles sont larges et rugueuses, d'environ 0 -20 cm de long et palmilobées (5-7 lobes). Les fleurs sont axillaires et solitaires et

mesurent 4 à 8 cm de diamètre. Elles comprennent cinq pétales blancs à jaunes, avec souvent une tache rouge ou violette à la base de chaque pétale. Le fruit est allongé et effilé mesurant 10 à 25 cm de long et 1,5 à 3 cm de diamètre et contient des graines en forme de rein. En fonction du cultivar, les fruits de gombo mûrissent après 60 à 180 jours après semis. Ils sont détachés des piles en appliquant une légère torsion (Tindall, 1986). Des cheveux irritants sont parfois présents à la surface des feuilles, des tiges et du fruit (Roy *et al.*, 2014).



Figure 1. Présentation de la plante de gombo (tige, feuilles, fleur, fruit) - Réduction :

I.1.4. Ecologie

Le gombo est une plante cosmopolite. Toutefois, les grands foyers de culture du gombo se localisent principalement en Asie du Sud-Est (Inde, Indonésie), en Amérique (Sud des Etats-Unis, Amérique latine), au sud de l'Europe, en Afrique, dans le bassin méditerranéen et dans les régions tropicales et subtropicales du monde (Charrier, 1983 ; Dhankhar & Mishra JP, 2009 ; Muhammad *et al.*, 2013 ; Doreddula *et al.*, 2014). D'après Sathish & Eswar (2013), c'est l'un des plus importants légumes fruitiers indigènes africains.

Le gombo se développe sur un large éventail de types de sol avec des pH variant de 5,5 à 8,0 (Kochhar, 1986 ; Jain *et al.*, 2012). Il préfère toutefois les sols humides, friables, bien drainés et

riches en humus, avec un pH compris entre 6 et 6,7. C'est une plante tolérante à la sécheresse (Majanbu *et al.*, 1985). Cependant, de nombreux facteurs climatiques limitent sa production. Parmi les facteurs, la lumière, la température et l'eau (et sa répartition dans le temps) demeurent les plus déterminants. En effet, Winters & Miskimen (1967) & Siemonsma (1982) ont noté que des températures comprises entre 20 et 30 °C sont nécessaires pour une bonne croissance et un développement normal du gombo.

I.1.5. Importance

Le gombo est la seule culture légumière d'importance de la famille des malvacées (Kumar *et al.*, 20) . C'est une culture polyvalente en raison de diverses utilisations de ses gousses, feuilles fraîches, bougeons, fleurs, tiges, fruits et grains (Gerrano, 2018). En Afrique, les fruits sont beaucoup appréciés dans les recettes culinaires du fait de leur richesse en mucilage (Fondio *et al.*, 2009). Les fruits immatures peuvent être consommés comme légumes, dans les salades, soupes et ragoûts, frais ou séchés, frits ou bouillis (Roy *et al.*, 2014). Ainsi, le gombo constitue une culture économique majeure dans la sous-région ouest-africaine à raison de son importance dans la composition de diverses recettes et spécialités locales en cuisine (Eshiet & Brisibe, 2015).

Sur le plan nutritionnel, les gousses vertes tendres du gombo sont une importante source de vitamines A, B , B , B6, C et K, d'acide folique, de potassium, de magnésium, de calcium et d'oligo-éléments tels que le cuivre, le manganèse, le fer, le zinc, le nickel et l'iode (Nahry *et al.*, 1978 ; Adom *et al.*, 1996 ; 1997 ; Lee *et al.*, 2009 ; Bello *et al.*, 2015). Elles contiennent aussi de l'eau, des lipides, des glucides, des protéines, des matières grasses, des enzymes et des fibres (Aykroud, 1963 ; Tindall, 1983 ; Saifullah & Rabbani, 2009), des acides aminés comme la lysine et le tryptophane plus que d'autres sources de protéines végétales comme les céréales et les légumineuses (Holser & Bost, 2004 ; Sanjeet *et al.*, 2010). Outre ces avantages nutritionnels, les différentes parties de la plante sont largement utilisées en médecine traditionnelle (antidiabétique, antipyrétique, diurétique, antispasmodique, etc.) dans le monde entier (Lim, 2012 ; Roy *et al.*, 2014). Le gombo a aussi une activité antifongique, antioxydante, antistress et nootrope (Jayaseelan *et al.*, 2013 ; Doreddula *et al.*, 20 4) . C'est également une excellente source d'iode, un élément utile pour le traitement du goitre (Pendre *et al.*, 2012).

Dans l'ensemble, le gombo est une culture légumière importante avec un large éventail de qualités nutritionnelles et d'avantages potentiels pour la santé (Gemedé, 20 5).

I.2. Généralités sur l'entomofaune associée à la culture du gombo

Le gombo, comme la plupart des plantes de la famille des Malvacées, est susceptible d'être attaqué par de nombreuses espèces d'insectes (Figure 2). En effet, plus d'une centaine d'espèces d'insectes sont capables de s'attaquer au gombo avec des incidences économiques plus ou moins variables (Doumbia & Seif, 2008).

La détermination des groupes taxonomiques auxquels ils appartiennent permet de distinguer les insectes nuisibles des insectes utiles, appelés auxiliaires des cultures. En effet, si la concentration de plantes appétantes attire les insectes phytophages, ces populations attirent à leur tour les entomophages. Les expressions « insectes auxiliaires » et « insectes entomophages » sont utilisées par commodité, mais il est plus juste de parler d'« arthropodes », les araignées et certains acariens faisant partie de cette faune utile et n'appartenant pas à la classe des insectes (Gourmet, 2014).



Figure 2. Quelques insectes ravageurs associés au gombo

- (a) : punaise verte de fétide (*Acrosternum hilare*, Hémiptères, Pentatomidae)
- (b) : hanneton de sorgho (*Pachnoda interrupta*, Coléoptères, Scarabaeidae)
- (c) : à gauche, punaise brune (*Euschistus servus*, Hémiptères, Pentatomidae), à droite, coccinelle du melon (*Henosenilachna elaterii* Coccinellidae Coléoptères)

I.2.1. Les arthropodes ravageurs du gombo

Les insectes phytophages sont de potentiels nuisibles. Leur nuisance pour les cultures est fonction du caractère préférentiel ou aléatoire de la consommation d'une variété cultivée, des parties de la plante qui sont consommées et de l'importance numérique des individus. Un phytopophage présent sur une parcelle peut n'avoir aucun impact sur les cultures, être considéré comme un nuisible lorsque les atteintes sont occasionnelles et de faible ampleur, ou comme un ravageur si les dégâts causés lors de pullulations provoquent une baisse notable de la production (Gourmet, 2014). Ainsi, les espèces d'insectes ravageurs causent des dégâts plus ou moins dommageables à différents stades de croissance de la culture du gombo. En effet, les insectes les plus communément rencontrés chez cette plante sont : les pucerons (*Aphis gossypii* Glover), les jassides (*Amrasca biguttula biguttula* Ishida), les aleurodes (*Bemisia tabaci* Gennadius), les punaises rouges du coton (*Dysdercus cingulatus* Fabricius), les punaises vertes (*Nezara viridula* Linneaus), la tourbière du gombo (*Helicoverpa armigera* Hubner), la perce-fruits du gombo (*Earias vittella* Fabricius), le grillon (*Brachytrupes membranaceus* Drury), les altises (*Nisotra* spp, *Podagrion* spp et *Liriomyza* sp. Blanchard), la punaise des graines du cotonnier (*Oxycarenus hyalinipennis* Costa) et les thrips (*Frankliniella* spp.). On peut les classer en broyeurs, mineuses de feuilles, piqueurs-suceurs, souterrains, foreurs de fruits et parasites des fruits selon leur mode de nutrition, qui détermine l'aspect des dégâts (piqûres, morsures, coupures, etc.) (Doumbia & Seif, 2008 ; Gourmet, 2014 ; Aishwarya & Bilaspur, 2018). Parmi les ravageurs des fruits, l'espèce *Earias* spp est la plus destructrice sur les fruits du gombo (Rawat & Sahu, 1973).

On compte aussi parmi les ravageurs du gombo, les insectes vecteurs de bactéries et de virus, et ceux qui facilitent le développement des champignons. L'insecte peut être directement porteur de pathogènes ou permettre à ceux-ci d'entrer dans les tissus végétaux par les lésions qu'il cause (Gourmet, 2014).

L'acarien jaune commun, *Tetranychus* sp, est polyphage et s'attaque à plus de 00 espèces de plantes appartenant à des familles botaniques diverses. Ce sont de petites « araignées » souvent présentes à la face inférieure des feuilles. Celles-ci se recroquevillent, sèchent et tombent si l'attaque est sévère (Doumbia & Seif, 2008).

I.2.2. Les ennemis naturels des insectes nuisibles du gombo

Les entomophages peuvent consommer les insectes de deux manières : par préation directe ou en pondant leurs œufs dans ou sur le corps d'un insecte hôte. Dans ce dernier cas, c'est alors la larve qui consomme les tissus de l'hôte, se développant à ses dépens et provoque sa mort. Ces insectes sont qualifiés de parasitoïdes. Ils appartiennent avec les prédateurs au groupe fonctionnel des auxiliaires des cultures, puisqu'ils contribuent à réduire le nombre d'insectes nuisibles. Parmi eux, on peut citer la coccinelle *Cheiromenes sexmaculata* Fabricius, la punaise *Anthocoride Eocanthecona furcellata* Wolff, le coléoptère *Paederus fuscipes* Fabricius, la libellule *Orthetrum sabina* Drury, la demoiselle *Oristicta filicicola* Tillyard, les Carabidae, la Scolyte *Paederus fuscipes* Fabricius, les syrphes et les chrysopes (ICRISAT, 1983 ; Gourmet, 2014 ; Aishwarya & Bilaspur, 2018).

Au sujet des auxiliaires, il est indispensable de mentionner le rôle des pollinisateurs, sans lesquels la fécondation des fleurs de nombreuses cultures devrait être réalisée manuellement par les agriculteurs (Gourmet, 2014).

I.3. Produits biologiques

Multiplication des phénomènes de résistance des insectes aux produits insecticides, coût croissant représenté par la mise au point de nouvelles molécules toxiques, méfiance de plus en plus généralisée à l'égard des modifications de l'environnement, autant de facteurs qui permettent d'envisager à plus ou moins long terme un renouveau des techniques « douces » de lutte contre les insectes ravageurs (Delobel & Tran, 1993). Ce renouveau aura pour corollaire la nécessité d'une bonne connaissance des insectes et de leurs rôles respectifs dans la nature. En effet, ces nouveaux enjeux nécessitent d'évoluer vers des pratiques agricoles permettant la suppression des risques environnementaux et sanitaires liés à l'activité agricole, surtout à l'usage intensif de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques, tels que les pollutions des eaux et des sols, la diminution de la biodiversité, l'apparition et le développement des maladies cancérogènes, etc., tout en maintenant un haut niveau de performance productive (Tilman *et al.*, 2002 ; Trabelsi, 2017).

Pour ce faire, il est nécessaire d'effectuer une transition vers des modes de production plus respectueuses de l'environnement et des êtres vivants qui le peuple, en utilisant ce que l'on appelle des produits biologiques.

Les produits biologiques sont des formulations faites à partir de substances qui contrôlent les ravageurs par des mécanismes non toxiques et de manière écologique. Ils peuvent provenir d'animaux, de plantes, de micro-organismes et comprennent les organismes vivants, leurs produits ou sous-produits (champignons, bactéries, algues, virus, nématodes et protozoaires) et certains minéraux. (Archana Singh, 2014; EPA, 2012 & Nawaz *et al.*, 2016). Ils ont un potentiel prouvé pour la lutte antiparasitaire et ils sont utilisés dans le monde entier (Chandler *et al.*, 2011).

Parmi les produits biologiques, on peut citer les biofertilisants et les bioinsecticides pour la gestion intégrée des cultures. Tandis que les biofertilisants microbiens utilisent des microorganismes (bactéries, champignons, virus, algues, nématodes ou protozoaires) en tant qu'ingrédient actif, les bioinsecticides sont des substances naturelles d'origine végétale et animale (Archana Singh, 2014).

L'intérêt pour les bioproduits gagne en raison de ses profits associés avec la sécurité environnementale, la spécificité de la cible et l'efficacité de la petite quantité utilisée, la décomposition naturelle et l'aptitude à incorporer des plantes protectrices (PIP). Donc, l'utilisation des bioproduits est considéré de plus en plus comme alternative prometteuse pour gérer les pollutions environnementales (Archana Singh, 2014). Les produits biologiques ont un avantage écologique reconnu par rapport aux produits chimiques conventionnels à large spectre, car des insectes nuisibles spécifiques peuvent être stratégiquement contrôlés par des agents biologiques avec peu ou pas d'effet sur d'autres plantes ou animaux habitant le même environnement (Behle & Birthisal, 2014).

Les bioproduits favorisant la croissance des plantes pourraient jouer un rôle essentiel dans le maintien de la santé des plantes et de la santé du sol dans des environnements stressés (Vimal *et al.*, 2017). Ce qui peut entraîner une augmentation de l'absorption minérale du sol avec transfert de nutriments à la plante hôte (Smith et Read, 2008).

Les produits biologiques peuvent être des stratégies plus efficaces et plus économiques pour les pays en voie de développement pour aider à produire plus de denrées alimentaires, d'aliments pour les animaux et de fourrage d'une manière plus sûre pour l'environnement (Koundal & Rajendran, 2003) sans préjudice économique tout en minimisant les impacts sur les autres composants de l'agroécosystème et des conditions environnementales de la zone. En cela, ils ont

pour ambition de respecter le vivant depuis les microorganismes du sol jusqu'à l'être humain sans oublier les agroécosystèmes utilisés (Sanner *et al.*, 2018). Tout en produisant des aliments de haute qualité et avec des normes élevées de sécurité alimentaire.

L'objectif n'est pas d'éradiquer les populations de ravageurs mais plutôt de les gérer en dessous des niveaux qui entraînent des dommages (Chandler *et al.*, 2011) et d'imposer un cadre d'agriculture proche de celui des écosystèmes naturels afin d'obtenir un sol de qualité d'un point de vue biologique et structural et une autogestion vis-à-vis des nuisibles par une biodiversité élevée dans le milieu (Hinimbi, 2016). De ce fait, ils répondent aux impacts de l'environnement, la nature étant considérée comme partenaire avec qui on entre en symbiose. C'est produire de concert avec la nature.

Ils permettent d'obtenir les conditions les plus favorables pour la croissance des végétaux, notamment en gérant la matière organique et en augmentant l'activité biotique du sol » (De Schutter, 2000). En effet, à travers ces effets, ces produits rendent possible la conception d'une agriculture productive et moins nocive pour l'environnement et la santé humaine, d'éviter la surexploitation des ressources naturelles et de réduire le recours aux pratiques agricoles fondées sur l'utilisation intensive de pesticides (Bonny, 2000 ; Leterme & Morvan, 2000).

Pour cela, on peut, s'inspirant de la charte « consommations et styles de vie » proposée au Forum des organisations non gouvernementales (ONG) de Rio lors de la conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement de 1992, synthétiser tout cela dans un programme en six « r » : réévaluer, restructurer, redistribuer, réduire, réutiliser, recycler (Latouche, 2003).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Site de l'étude

Cette étude a été effectuée à la station expérimentale et au Laboratoire d'entomologie de la Direction de la Protection des Végétaux (DPV) de Dakar (Sénégal). Structure du Ministère de l'Agriculture et de l'Equipement Rural (MAER), la DPV est l'unité technique centrale du dispositif de surveillance, de contrôle et de lutte phytosanitaire. Elle assure au niveau national, la supervision technique des actions de lutte contre les attaques des ennemis des cultures et apporte, à travers les moyens financiers et matériels mis à sa disposition par l'Etat, l'appui en biens, services et équipements nécessaires aux structures déconcentrées du MAER : Directions Régionales du Développement Rural (DRDR), Comités de Lutte Villageois (CLV) et Organisations de Producteurs (OP).

Le site (latitude : 14.7469167, longitude : -17.3562333) se trouve à Sicap Mbao, dans le département de Pikine (Banlieue de Dakar) sur la route nationale RN1 (figure 4).

Cette localité appartient à la zone des Niayes qui est la zone de production à vocation horticole par excellence du Sénégal. Les terres sont riches, variées et permettent l'exploitation de plusieurs spéculations. En outre, ces terres sont essentiellement constituées de sols sablo-argileux qui sont assez meubles et perméables d'où leur facilité d'exploitation. Elle appartient au domaine sahélien doux et se caractérise par l'alternance d'une longue saison sèche allant de novembre à mi-juin et d'une courte saison des pluies de mi-juin à octobre. En moyenne, le cumul annuel des précipitations est de 508 mm et les températures de 25,4°C avec une humidité relative de 84%. Le régime pluviométrique est caractéristique de celui de l'alizé maritime stable, frais et humide soufflant dans cette zone d'où la présence d'un microclimat avec des températures modérées, une forte hygrométrie et de fréquentes rosées nocturnes.



Figure 3. Localisation du site d'étude

II.2. Matériel

II.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué d'une seule variété de gombo (*Abelmoschus esculentus*, L. (Moench), 794) largement cultivée au Sénégal : la variété Clemson Spineless. C'est une variété sélectionnée aux États-Unis. Elle est très répandue en Afrique et dans le bassin méditerranéen.

II.2.2. Equipment technique

L'équipement technique est constitué de : piquets, cordons, décamètre pour délimiter la parcelle expérimentale et les PE, arrosoir, hilaire pour le désherbage, une règle, un pied à coulisse et un green seecker pour mesurer les paramètres agronomiques, un pulvérisateur de capacité 16L pour les différents traitements ont été utilisés. Des plaques de couleurs jaune-blanc, gobelets en plastique faites à partir de bouteilles d'eau minérale vides, écrans en zinc, filets de balayage (ou fauchoir), grands bocaux ; pinces et boites de pétrie pour collecter des insectes. Des bacs et un sécateur ont permis de faire la récolte et une balance de marque Camry nous a permis d'évaluer le poids des récoltes dans chaque PE. De plus, des fiches d'enquête sur la connaissance des

paramètres agronomiques (hauteur, diamètre et vigueur) ont permis de recueillir des informations sur la culture du gombo à la DPV (Annexes 2). L'équipement technique est constitué de :



Figure 4. Principaux matériels utilisés

II.2.3. Autre matériel biologique

Il est constitué des produits de traitement composés d'un biofertilisant à base de micro-organismes : bactéries (*Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*) et champignons (*Trichoderma vrens*, *Tricoderma viride* et *Tricoderma harzianum*) promoteurs de croissance végétale dénommé LALITHA 2 et d'un bio-insecticide à base d'extraits de piment, d'ail et d'oignon (PIOL).

II.2.4. Autres matériels utilisés (confère annexe 1)

II.3. Méthodes

II.3.1. Conception expérimentale et plantation de cultures

II.3.1.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc complet randomisé de 3 traitements (T0, T1, T2) avec 3 répétitions, mis en place dans une superficie totale de 161,5 m². Dans chaque répétition, chaque traitement a été représenté par une parcelle élémentaire de 12,5 m² (5m X 2,5 m) contenant 50 plants écartés de 50 X 50 cm. La distance entre répétitions et entre parcelles élémentaires d'une même répétition a été de 1 m (Figure 6).

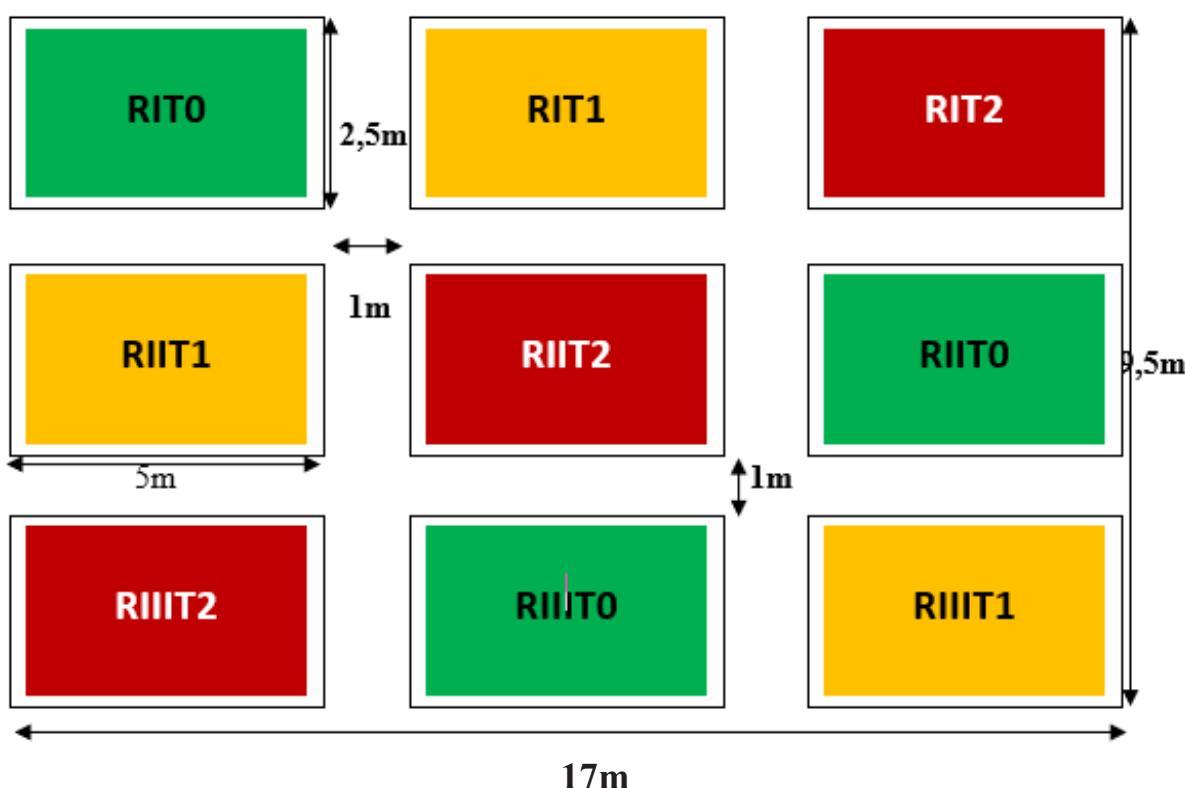


Figure 5 .Présentation du dispositif expérimental (R = Répétition ; T = Traitement)

II.3.1.2. Préparation du terrain (confère annexe 3a)

II.3.1.3. Semis (confère annexe 3b)

II.3.1.4. Suivi-entretien des plants (confère annexe 3c)

II.3.1.5. Traitements

Deux traitements (T₁ et T₂) sont appliqués dans l'expérimentation en utilisant un biofertilisant dénommé LALITHA 21 (Annexe 4) et un bio-insecticide appelé Piol, sous référence d'un témoin
Mémoire de Master en Biologie Animale/Ecologie et Gestion des Ecosystèmes/ Ndoumbé KA/2020

sans traitement (T0) (Tableau 1). Le biofertilisant et le bio-insecticide testés ont été appliqués à l'aide d'un pulvérisateur à dos de contenance 6 L qui permet de traiter les trois PE associées à chaque traitement séparément (figure 7). Les traitements ont débuté le lendemain pour Lalitha 21 et deux semaines après le semis pour Piol juste après la première collecte des insectes à la main et ils sont appliqués toutes les deux semaines jusqu'à la première récolte des fruits du gombo. Nous avons traités avec Lalitha 21 quatre fois et trois fois avec Piol les PE consernées.

Tableau 1. Présentation des différents traitements appliqués

Code du traitement	Nom du (des) produit(s)	Composition	Dose appliquée (recommandée)	Mode d'application
T1	bio-insecticide (PIOL)	extraits de piment, d'ail et d'oignon	18cl /16 litres d'eau Soit 3/500	Pulvérisation
	Fumure de fond (ISRA)	Fumier de cheval	+ Fumure de fond (20 t/ha)	Epannage et incorporation
T2	bio-fertilisant LALITHA 21	bactéries (<i>Azospirillum brasiliense</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>) et champignons (<i>Trichoderma virens</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichoderma harzianum</i>)	1/400 à 1/2000 30 cl/ 16 litres d'eau Soit 3/1600	Pulvérisation
T0	Aucun (témoin absolu)	-	-	-

Les différents produits ont été évalués pour tester leur efficacité contre les insectes de la culture du gombo. Les traitements étaient:

- Lalitha 2 (bio fertilisant), solution bio d'amélioration du rendement des sols pour l'agriculture sénégalaise a un impact sur le développement végétatif (méthode de protection intégrée) pour booster la production ;
 - Piol (bio insecticide), exerce une action répulsive et insecticide, impact sur la protection des végétaux pour lutter contre les ravageurs.



Figure 6. Procédure d'application des différents traitements

II.3.2. Paramètres évalués et méthodes d'évaluation

II.3.2.1. Collecte des insectes

Depuis le semis jusqu'à la phase de fructification, la méthode de collecte manuelle a été utilisée, à l'aide de pinces souples. A partir de la phase de fructification, la méthodologie de collecte a été diversifiée en adoptant d'autres méthodes de capture directe (filet fauchoir, en plus de la collecte manuelle) et indirecte (pièges colorés englués, pièges enterrés) (figure 8). Le filet fauchoir permet de capturer les insectes en vol (Benkhelil, 1992) grâce à des mouvements de va-et-vient accompagnés de coup du filet. Les pièges enterrés sont des gobelets enfouis dans le sol jusqu'aux rebords et remplis aux 2/3 de formol dilué à moins de 10%. Ces pièges sont plus efficaces pour attraper des espèces rampantes. Les pièges colorés englués ont été suspendus à environ 50 cm du sol au centre de chaque parcelle élémentaire.

Les insectes capturés étaient placés dans des tubes contenant de l'alcool 70° et étiquetés (code du traitement, méthode de capture, date de collecte).



Figure 7. Quelques étapes de la procédure expérimentale en station

II.3.2.2. Diversité et abondance spécifique des insectes

L’identification des espèces d’insectes collectées a été effectuée au laboratoire d’entomologie de la DPV et à l’IFAN. Les adultes ont été triés et regroupés selon leurs ordres sur la base des caractéristiques morphologiques externes. Les observations ont été faites au microscope relié à un écran pour mieux visualiser les insectes. (Figure 9). Ils ont été identifiés en s’appuyant sur des clés d’identification (Boorman, 970 ; ICRISAT, 98 ; Reichholf-Riehm, 1985 ; Gourmet, 2014).

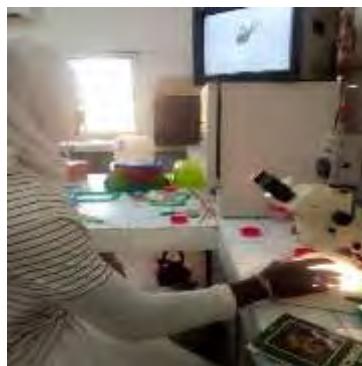


Figure 8. Identification des insectes en laboratoire

L'abondance de chaque ordre d'insectes a été évaluée grâce à un comptage d'individus collectés à partir de chaque parcelle élémentaire (traitement). L'abondance relative permet d'évaluer la population d'un ordre par rapport à l'ensemble du peuplement animal dans un inventaire faunistique (Faurie et al., 2000). Elle est le rapport du nombre total d'individus d'une espèce, d'une famille ou d'un ordre sur le nombre total d'organismes inventoriés exprimé en pourcentage. Elle a été calculée en utilisant la formule :

$$A (\%) = \frac{ni}{NT} \times 100$$

A = abondance relative

ni = nombre total d'individus d'un ordre

NT = nombre total d'organismes inventoriés

II.3.2.3. Les dégâts causés par les « insectes »

Elle a été étudiée à travers des observations sur la partie des plantes de gombo occupée par les individus de chaque espèce d'insecte, et une description de l'activité de ces insectes sur les plantes. Les spécimens rencontrés ont été classés en fonction de leurs statuts (ravageurs ou auxiliaires).

II.3.2.4. Croissance et vigueur des plantes

La croissance des plantes était évaluée toutes les semaines en mesurant la hauteur (longueur allant du collet jusqu'au bourgeon terminal) et la grosseur au collet de la tige à l'aide respectivement d'une règle graduée et d'un pied à coulisso (figure 0). Concernant leur vigueur,

elle était déterminée toutes les semaines à l'aide d'un « Green seecker », un appareil qui détecte et traduit en chiffre la teneur en chlorophylle des plantes et donc leur capacité photosynthétique.

II.3.2.5. Récolte

La récolte a été entamée le 04 novembre 2019, après 47 jours de culture, et étalée sur 30 jours à raison de 2 opérations par semaine. Les fruits de gombo étaient coupés à l'aide de sécateurs et mises en seaux étiquetés en fonction des traitements et des répétitions, pour l'évaluation des paramètres de productivité (figure 10).

II.3.2.6. Rendements et calibre des fruits

Un tri a permis de séparer les fruits commercialisables (indemnes d'affection) et non commercialisables (fendus, perforés, pourris, etc.). Pour chaque traitement, ces 2 catégories de fruits étaient comptées puis pesées et les rendements exprimés en tonnes par hectare (t/ha).

A l'aide d'un pied à coulisse et d'une règle graduée, la grosseur (diamètre) et la longueur des fruits de gombo récoltés de chaque traitement étaient également mesurées (figure 10).



Mesure du diamètre de la tige

Mesure de la hauteur des plantes

Récolte des fruits de gombo



Mesure de la longueur des fruits



Mesure de la grosseur des fruits

Figure 9. Relevé de paramètres de croissance et de développement des plantes de gombo

II.4. Analyses statistiques

Les données collectées dans cette étude ont été saisies dans le tableur Excel 2013 qui a également permis de les exprimer graphiquement. Par ailleurs, une analyse de variance (ANOVA) et une comparaison des moyennes ont été effectuées avec le logiciel COSTAT Version 7.2 en utilisant le test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Evaluation de la biodiversité et la dynamique de population de l'entomofaune associée à la culture

III.1.1.1. Diversité spécifique et abondance des insectes

Au total, huit mille huit cent six (8806) « insectes » appartenant à treize (13) ordres, au moins cinquante-et-une (51) familles et au moins quatre-vingt-quinze (95) espèces ont été collectées sur les différentes PE. Ainsi, la plus forte population a été enregistrée chez les parcelles traitées au Lalitha 21 (T2) avec 3402 individus (soit 38,63% de la population totale), suivies de celles traitées au PIOL associé à la fumure de fond avec 3034 individus (34,45 %). Le témoin absolu T0 s'est toutefois révélé moins peuplé de cette entomofaune avec 2 7 individus (26,92%) (Tableau 3). L'ordre le plus représenté est celui des Hémiptères avec 14 familles. Les ordres les moins représentés sont cependant les Arachnides, les Neuroptères, les odonates, les Blattoptères et les Isopodes.

La distribution spatio-temporelle des insectes dans les différentes parcelles élémentaires a révélé une fréquence maximale (100%) de trois espèces dont 2 nuisibles : *Frankiniella sp* (Thysanoptères, Thripidae) et *Jacobiasca lybica* (Hémiptères, Cicadellidae) et une prédatrice : *Cataglyphis sp* (Hyménoptères, Formicidae).

Du point de vue de la taille des populations, nous avons pu enregistrer une forte abondance d'une espèce non déterminée appartenant à la famille des Armadillidiidae (ordre des Isopodes). Par rapport à cette espèce, toutes les autres se sont révélées relativement moins abondantes.

L'analyse statistique de variance révèle une différence très significative ($p = 0.0000***$) du nombre d'insectes entre les différents traitements.

Tableau 2. Abondances relatives (%) des insectes collectés au cours de la production du gombo

Ordres	Familles	Genres/Espèces	T0	T1	T2	EF.	ST.	Abondance (%)
Coléoptères	Carabidae	<i>Bradybaenus scalaris*</i> Olivier, 1808	0	4	4	8	P	8,35
		Indéterminés sp1*	0	0	13	13	P	
		<i>Carabus</i> sp* Linné, 1758	2	3	1	6	P	
		<i>Pheropsophus</i> sp* Solier, 1833	10	16	57	83	P	
		<i>Lophyra senegalensis*</i> Dejean, 1825	65	48	114	227	P	
		<i>Abacetus</i> sp* Dejean, 1828	15	13	22	50	P	
		Indéterminés sp2*	0	5	2	7	P	
		<i>brachinus</i> sp* Weber, 1801	0	7	0	7	P	
		Indéterminés sp3*	1	0	0	1	P	
		<i>Chlaenius</i> sp* Bonelli, 1810	0	1	4	5	P	
	Hydrophilidae	<i>Hydrophilus</i> sp* Müller, 1764	1	0	0	1	R	
	Scarabidae	<i>Heteronychus</i> sp* Pu, 1988	0	1	0	1	R	
		<i>Schizonycha</i> sp*	0	0	1	1	R	
		<i>Onthophagus consobrinus*</i> Peringuey, 1901	12	20	25	57	P	
		<i>Onthophagus viridicatus*</i> D'Orbigny, 1902	8	3	0	11	P	
		<i>Onthophagus rostrifer*</i> Reitter, 1893	0	3	1	4	P	
	Coccinellidae	<i>Henosepilachna elaterii*</i> Rossi, 1794	12	9	20	41	P	
	Elateridae	<i>Elateridae</i> sp*	0	0	8	8	P	
		<i>Cardiophorus</i> sp* Eschscholtz, 1829	2	0	0	2	P	
	Tenebrionidae	Indéterminés**	25	0	15	40	P	
		<i>Pimelia senegalensis*</i> Olivier, 1795	10	39	25	74	P	
	Meloïdae	<i>Mylabris</i> sp* Fabricius, 1775	0	1	0	1	R	
	Curculionidae	Indéterminés**	0	0	2	2	R	

Légende : T0 =traitement témoin ; T1= traitement au Piol ; T2= traitement avec Lalitha ; EF. = EFFECTIF ; ST.= STATUT ; * : espèces identifiées au laboratoire entomologique de la DPV ; ** : espèces identifiées au laboratoire de l'IFAN ; R : ravageurs ; P : prédateurs ; Pa : parasites ; O : omnivores ; D : détritivores

Tableau 2 (suite 1) : Abondances relatives (%) des insectes collectés au cours de la production du gombo

Ordres	Familles	Genres/Espèces	T0	T1	T2	EF.	ST.	Abondance (%)
Coléoptères (suite)	Chrysomelidae	<i>Podagrion</i> sp* Foudras, 1859	3	1	2	6	R	
		Indéterminés sp1*	11	7	4	22	I	
		<i>Aspidomorpha</i> sp* Hope, 1840	13	3	11	27	P	
		<i>Nisotra</i> sp* Erichson, 1834	12	5	11	28	R	
		Indéterminés sp2**	1	0	0	1	I	
Hémiptères	Pentatomidae	Indéterminés*	0	1	0	1	R	15,52
	Scutelleridae	<i>Hotea subfaciata</i> * Westwood, 1837	10	19	31	60	R	
	Miridae	<i>Calocaris angustatus</i> ** Lethierry, 1893	0	1	2	3	R	
		Indéterminés**	0	0	1	1	R	
	Reduviidae	Indéterminés**	0	0	1	1	P	
	Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp* Fallén, 1814	2	0	0	2	P	
		<i>Oxycarenus hyalinipennis</i> ** A. Costa, 1843	48	5	14	67	R	
	Indéterminée 1	Indéterminés (juvénile) **	0	0	1	1	R	
	Indéterminée 2	Indéterminés*	1	0	0	1	R	
	Rhyparochromidae	<i>Eremocoris</i> sp* Fieber, 1861	1	2	3	6	R	
	Nabidae	<i>Nabis americoferus</i> * Carayon, 1961	0	1	1	2	P	
	Aphididae	<i>Schizaphis graminum</i> * Rondani, 1852	24	34	22	80	R	
		<i>Aphis gossypii</i> * Glover, 1877	155	104	113	372	R	
		Indéterminé**	0	0	1	1	R	
	Indéterminée 3	Indéterminés (juvénile) **	0	0	1	1	R	
	Pseudococcidae	<i>Pseudoccus viburni</i> * Signoret, 1875	88	98	89	275	R	
	Cicadellidae	<i>Jacobiasca lybica</i> * Bergevin et Zanon, 1922	170	189	132	491	R	
	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i> * Linné, 1758	0	0	2	2	R	

Légende : T0 =traitement témoin ; T1= traitement au Piol ; T2= traitement avec Lalitha ; EF. = EFFECTIF ; ST.= STATUT ; * : espèces identifiées au laboratoire entomologique de la DPV ; ** : espèces identifiées au laboratoire de l'IFAN ; R : ravageurs ; P : prédateurs ; Pa : parasites ; O : omnivores ; D : détritivores

Tableau 2 (suite 2) : Abondances relatives (%) des insectes collectés au cours de la production du gombo

Ordres	Familles	Genres/Espèces	T0	T1	T2	EF.	ST.	Abondance (%)
Hyménoptères	Formicidae	<i>Cataglyphis</i> sp* Förster, 1850	36	21	22	79	P	3,53
		<i>Crematogaster</i> sp* Lund, 1831	32	15	32	79	P	
		<i>Camponotus</i> sp* Mayr, 1861	67	29	39	135	P	
		Ailée Indéterminés**	0	0	1	1	Pa.	
		Indéterminés**	0	0	1	1	Pa.	
	Scelionidae	Indéterminés sp1**	0	0	1	1	Pa.	
		Indéterminés sp2**	0	0	1	1	Pa.	
		Indéterminés sp3**	0	0	1	1	Pa.	
	Braconidae	<i>Cotesia</i> sp** Cameron, 1891	0	0	1	1	Pa.	
		Indéterminés**	0	0	2	2	Pa.	
Lépidoptères	Platygastridae	Indéterminés**	4	2	1	7	Pa.	0,21
	Indéterminée	Indéterminés**	0	1	2	3	Pa.	
	Noctuidae	<i>Heliothis armigera</i> * Hübner, 1808	3	4	1	8	R	
		<i>Spodoptera frugiperda</i> * J.E. Smith, 1787	3	1	2	6	R	
		<i>Spodoptera</i> sp J.E. Smith	0	1	1	2	R	
Diptères	Gelechiidae	<i>Sitotroga cerealella</i> * Olivier, 1789	1	1	1	3	R	1,64
	Syrphidae	<i>Allograpta oblica</i> * Say, 1823	12	6	6	24	P	
		<i>Syrphus</i> sp* Fabricius, 1775	3	6	4	13	P	
	Agromyzidae	<i>Liriomyza trifolii</i> * Burgess, 1880	2	0	0	2	P	
	Tachnidae	<i>Palexorista</i> sp Hiroshi,	1	4	3	8	Pa.	
	Indéterminées	Indéterminés**	5	5	6	16	P	
	Calliphoridae	<i>Stomorhina lunata</i> * Fabricius, 1805	10	5	6	21	P	
	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga</i> sp* Meigen, 1826	4	1	3	8	P	

Légende : T0 =traitement témoin ; T1= traitement au Piol ; T2= traitement avec Lalitha ; EF. = EFFECTIF ; ST.= STATUT ; * : espèces identifiées au laboratoire entomologique de la DPV ; ** : espèces identifiées au laboratoire de l'IFAN ; R : ravageurs ; P : prédateurs ; Pa : parasites ; O : omnivores ; D : détritivores

Tableau 2 (suite 3) : Abondances relatives (%) des insectes collectés au cours de la production du gombo

Ordres	Familles	Genres/Espèces	T0	T1	T2	EF.	ST.	Abondance (%)
Arachnides	Arachnidae	<i>Tetranychus</i> sp* Dufour, 1832	49	30	44	123	R	4,5
		<i>Tegenaria atrica</i> * C.L. Koch, 1843	20	16	32	68	P	
		<i>Clubiona</i> sp* Latreille, 1804	54	56	71	181	P	
		<i>Areniella curcubitina</i> * Clerck, 1757	12	6	6	24	R	
Dermoptères	Indéterminée	Indéterminés*	0	1	1	2	P	1,52
	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> * Linné, 1758	12	7	46	65	P	
	Grilloblatidae	<i>Euborellia annulipes</i> * H. Lucas, 1847	22	25	19	66	P	
Orthoptères	Pyrgomorphidae	<i>Chrotogonus</i> sp*	9	9	7	25	R	3,88
		<i>Pyrgormopha cognata</i> * Krauss, 1877	25	2	0	27	R	
		<i>Pyrgormopha vignaudii</i> * Guérin-Méneville, 1847	0	0	3	3	R	
	Grillotalpidae	<i>Grillotalpa africana</i> * Palisot de Beauvois, 1805	56	55	145	256	R	
	Acrididae	<i>Acrotylus longipes</i> * Charpentier, 1845	2	0	8	10	R	
		<i>Acrotylus patruelis</i> * Herrich-Schäffer, 1838	9	3	3	15	R	
		<i>Acrida bicolor</i> * Thunberg, 1815	3	0	0	3	R	
	Gryllidae	Indéterminés (juvénile)*	0	1	0	1	O	
	Indéterminée	Indéterminés (juvénile)*	0	0	1	1	R	
Thysanoptères	Mantidae	<i>Mantis religiosa</i> * Linné, 1758	0	1	0	1	P	0,69
	Thripidae	<i>Frankiniella</i> sp* Karny, 1910	19	25	16	60	R	
Neuroptères	Chrysopidae	<i>Chrysopa</i> sp *	0	0	1	1	P	0,01
Odonates	Anisoptera	<i>Anisoptera</i> sp* Korth, 1841,	1	2	3	6	P	0,07
Blattoptères	Blattidae	<i>Periplaneta americana</i> * Linné, 1758	1	0	0	1	R	0,01
Isopodes	Armadillidiidae	Indéterminés (juvénile) **	1181	2024	2085	5290	D	60,07

Légende : T0 =traitement témoin ; T1= traitement au Piol ; T2= traitement avec Lalitha ; EF. = EFFECTIF ; ST.= STATUT ; * : espèces identifiées au laboratoire entomologique de la DPV ; ** : espèces identifiées au laboratoire de l'IFAN ; R : ravageurs ; P : prédateurs ; Pa : parasites ; O : omnivores ; D : détritivores

III.1.1.2. Nombre de nuisibles et d'auxiliaires collectés en fonction du traitement et de la méthode de capture

La méthode des pièges enterrés a permis de capturer le plus grand nombre d'« insectes » (7206 individus). Elle est suivie de la collecte manuelle avec 799 puis de celle des pièges à colle avec 575 individus. Le plus faible nombre d'insectes a été obtenu avec la méthode du filet fauchoir avec 226 individus capturés. Dans l'ensemble de la parcelle expérimentale, le plus grand nombre d'auxiliaires (278 individus) a été enregistré chez le traitement T2. Quant aux nuisibles, la plus forte population a été obtenue chez le traitement T0 avec 711 individus capturés. En revanche, le traitement au bio insecticide PIOL (T1) associé à la fumure de fond a permis de réduire le nombre de ravageurs à 601 individus collectés (Tableau 3). Toutefois, l'analyse statistique de variance montre une différence non significative des nombres de ravageurs ($p = 0.7129$) et d'auxiliaires capturés ($p = 0.90$) entre les différents traitements.

Tableau 3. Répartition des « insectes » nuisibles et auxiliaires collectés en fonction du traitement et de la méthode de collecte

Types de collecte	Nuisibles			Auxiliaires			TOTAL
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	
pièges enterrés	194	134	269	1613	2339	2658	7206
pièges à colle	175	187	130	9	46	28	575
filet fauchoir	48	56	39	23	27	33	226
collecte à la main	294	224	226	15	21	19	799
TOTAL	711	601	664	1660	2433	2738	8806

Au total, 51 familles, dont 21 d'auxiliaires, 18 de nuisibles, 05 de mixtes (comprenant des nuisibles et des auxiliaires) et 07 familles indéterminées (Tableau 4) ont été répertoriées dans l'ensemble des PE.

Tableau 4. Evaluation de l'effectif des différentes familles d'« insectes » rencontrés en culture de gombo selon leur statut

STATUTS	EFFECTIF		
	Familles	Genres	Espèces
Mixte	5	15	7
Auxiliaires	21	26	10
Ravageurs	18	24	17
Indéterminé	7	0	0

III.1.1.3. Les dégâts causés par les « insectes »

A la levée des semis, les premiers « insectes » qui causent des dommages au gombo sont les *Jacobiasca lybica* (Cicadellidae), dans notre parcelle expérimentale. En effet, les espèces de ravageurs rencontrés sur les différents organes des plants de gombo et au niveau du sol appartiennent principalement aux familles des Cicadellidae, des Aphididae (*Aphis gossypii* essentiellement), des Pseudococcidae et des Grillotalpidae, par ordre de fréquence décroissante. Ces « insectes » causent des dégâts sur les feuilles et les fruits. Sur les feuilles, on observe des perforations, des mines et des jaunissements. Sur quelques fruits de gombo, des perforations et des pourritures ont également été observées (Figure 11). Concernant les auxiliaires, une présence plus élevée des Armadillidiidae a été constatée, suivie des Carabidae, des Arachnidae et des Formicidae.



Feuille perforée feuille avec des galeries feuille décolorée fruits attaqués

Figure 10. Dégâts sur différentes parties de la plante du gombo

L'incidence d'attaque des feuilles par les ravageurs s'est révélée variable en fonction des différents traitements appliqués dans les parcelles élémentaires. Ainsi, la plus forte incidence a été enregistrée chez les parcelles traitées au Piol associé à la fumure de fond avec 43,33 %, suivies des parcelles témoin (non traitées) avec 41,67%. La plus faible incidence a cependant été obtenue avec le traitement au Lalitha 21 avec 33,33%.

Toutefois, l'analyse statistique de variance révèle une différence non significative ($P > 0,05$) de l'incidence d'attaque des plantes de gombo entre les différents traitements.

III.1.2. Evaluation de l'impact des traitements sur le développement des plantes de gombo et le rendement

III.1.2.1. Impact du traitement sur le développement végétatif des plantes

III.1.2.1.1. Croissance en hauteur des plants

Nous avons enregistré une faible variation de la hauteur des plantes aux différentes dates de relevé. Toutefois, les plants cultivés sous les traitements T1 et T2 ont présenté une hauteur moyenne plus importante passant respectivement de 7,64 à 97,03 cm et de 6,94 à 96,8 cm entre les 1^{ière} et 8^{ième} semaines de culture. En revanche, les plants du témoin absolu T0 ont montré une croissance relativement plus faible avec une hauteur moyenne évoluant de 6,48 à 91 cm durant la même période (Figure 12).

Selon l'analyse statistique de variance, la variation de la hauteur moyenne des plantes est non significative ($p = 0.3100$) entre les différents traitements. La comparaison des moyennes les regroupe dans une seule classe homogène **a**.

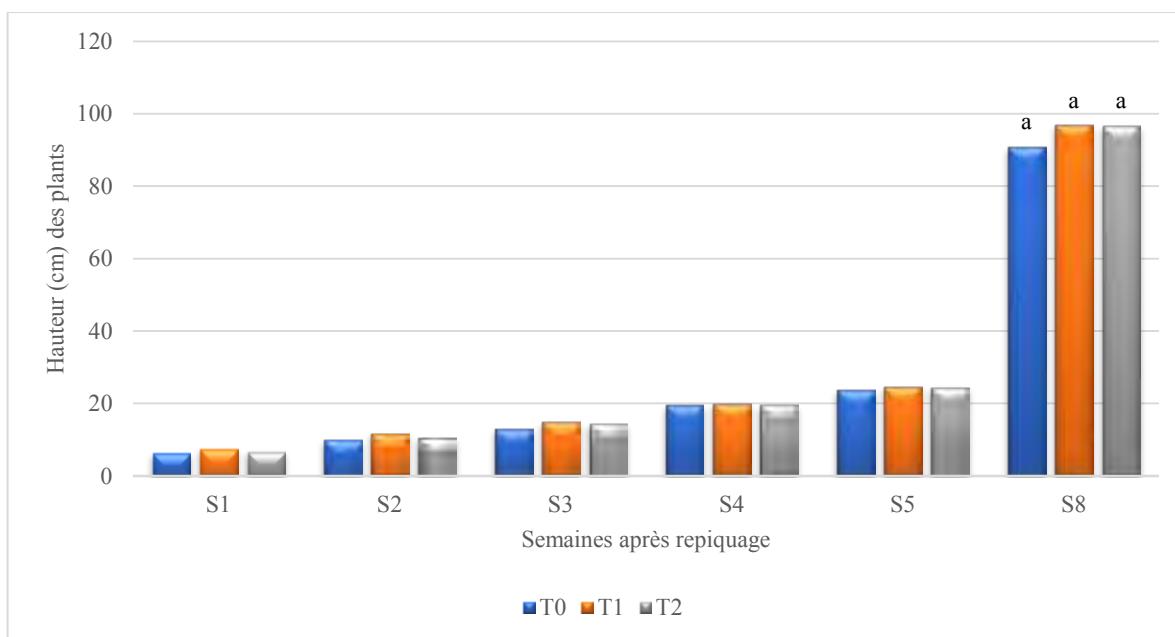


Figure 11. Evolution de la croissance en hauteur des plants de gombo en fonction des différents traitements durant 8 semaines de culture

III.1.2.1.2. Diamètre au collet des plants

La grosseur au collet des tiges de gombo est apparue croissante pendant les 5 premières semaines de culture. Toutefois, l'évolution de cette croissance a été variable en fonction des différents

traitements. En effet, la plus importante croissance a été obtenue chez le traitement T1 avec un diamètre moyen du collet des plants passant 2,84 à 17,95 mm en 5 semaines de culture. Il est suivi du traitement T2 avec une évolution de 2,40 à 15,15 mm durant la même période (Figure 13). Cependant, la plus faible croissance en grosseur du collet des plantes a été enregistrée chez le témoin absolu T0 avec un diamètre moyen passant de 2,44 à 14,46 mm.

D'après l'analyse de variance, la variation de la grosseur de la tige au collet des plantes de gombo est très significative ($p = 0.0000***$) entre les différents traitements. A la 5^{ème} semaine de culture, la comparaison des moyennes a permis de les classer en 2 groupes homogènes **a** (T1), **b** (T2 et T0).

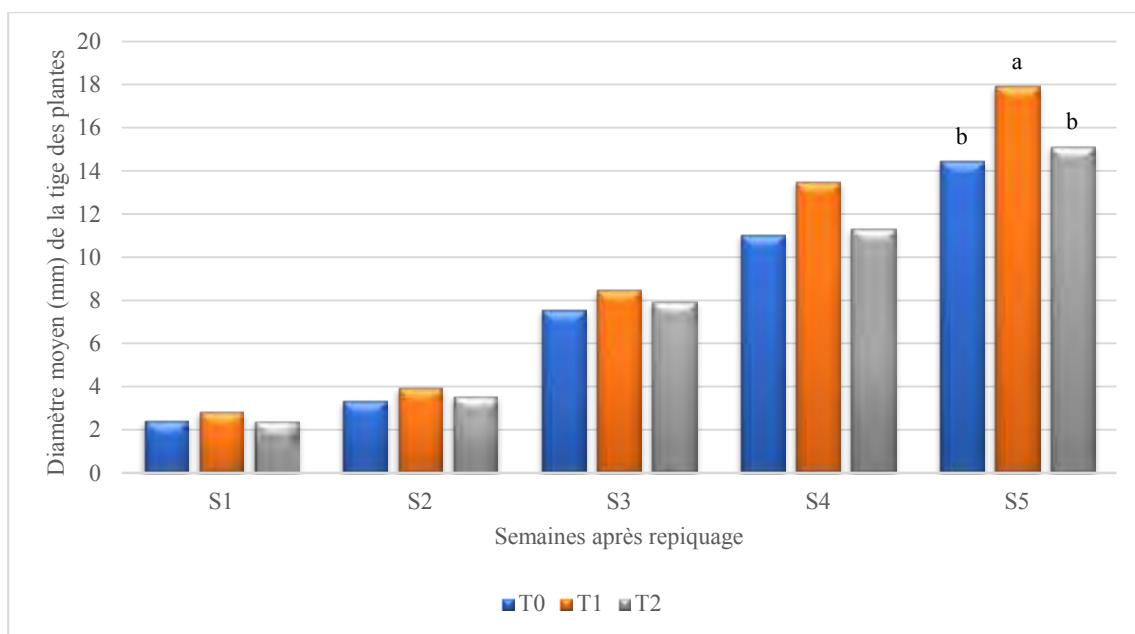


Figure 12. Evolution du diamètre au collet des plants de gombo en fonction des différents traitements durant 5 semaines de culture

III.1.2.1.3. Vigueur des plants

L'évolution de la vigueur moyenne des plants montre aussi une tendance à la hausse chez les différents traitements, sauf entre la première et deuxième semaine de culture où une baisse de vigueur a été notée chez les traitements T1 et T2 (Figure 14). A la 5^{ème} semaine, la meilleure vigueur des plantes a été obtenue chez le traitement T0 avec une moyenne de 0,74, suivie du

traitement T1 avec 0,70. En revanche les plants cultivés sous le traitement T2 ont montré la plus faible vigueur moyenne avec 0,63.

Selon l'analyse de variance, la vigueur moyenne des plantes de gombo varie peu significativement ($p = 0,0192^*$) entre les différents traitements. Toutefois, la comparaison des moyennes les classe en 3 groupes homogènes **a** (T0), **ab** (T1) et **b** (T2).

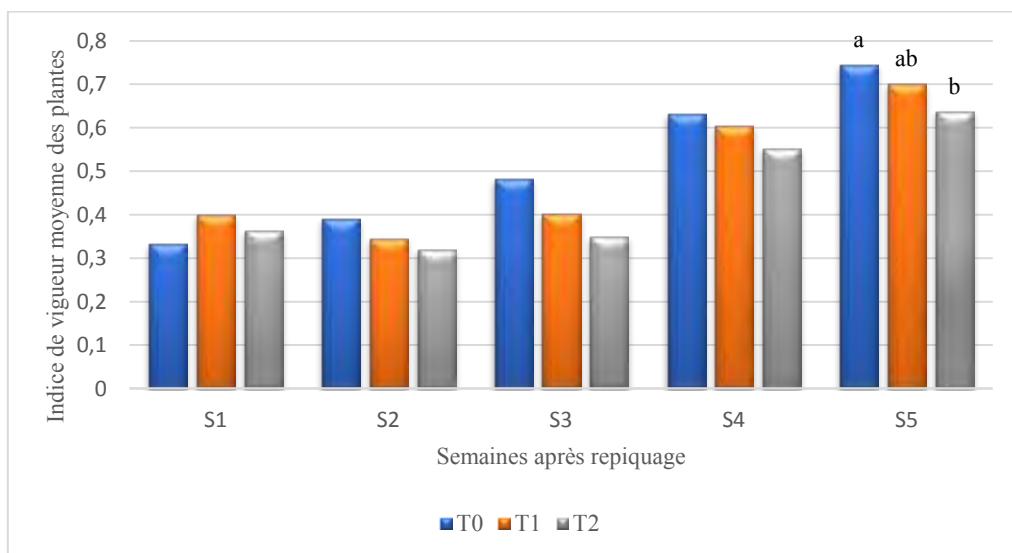


Figure 13. Evolution de la vigueur des plants de gombo en fonction des différents traitements durant 5 semaines de culture

III.1.2.2. Impact du traitement sur le développement (paramètres morphologiques des fruits) et le rendement des plantes de gombo.

III.1.2.2.1. Rendement

Après 8 opérations de récolte, le rendement obtenu des plants de gombo s'est avéré variable en fonction des différents traitements. En effet, le plus important rendement a été enregistré chez le traitement T1 avec 8,44 t/ha, suivi du traitement T2 avec 7 t/ha. Le témoin absolu T0 a cependant fourni le rendement le plus faible avec 6,6 t/ha.

On a constaté la présence de fruits endommagés à partir des trois dernières récoltes, mais leur quantité est très faible. En effet, la plus importante perte a été enregistrée chez le traitement T1 avec $2,42 \cdot 10^{-4}$ t/ha, suivi du témoin absolu T0 avec $1,25 \cdot 10^{-4}$ t/ha. Le traitement T2 a cependant fourni la perte la plus faible avec $8 \cdot 10^{-5}$ t/ha.

Ce qui fait que, sur l'ensemble de la parcelle expérimentale, les attaques sont très faibles au niveau de toutes les PE. Presque tous les fruits produits étaient consommables. Le poids moyen par fruit était de 5,5g pour les non traitées, environ 6,9 g pour celles traitées avec Piol associé à la fumure organique de fond et environ 7,3g pour celle traitées avec Lalitha 21.

D'après l'ANOVA, la variation du rendement brut des plantes de gombo n'est pas significative ($p = 0.0914$) entre les différents traitements. La comparaison des moyennes permet de les regrouper dans une seule classe homogène **a** (Figure 15).

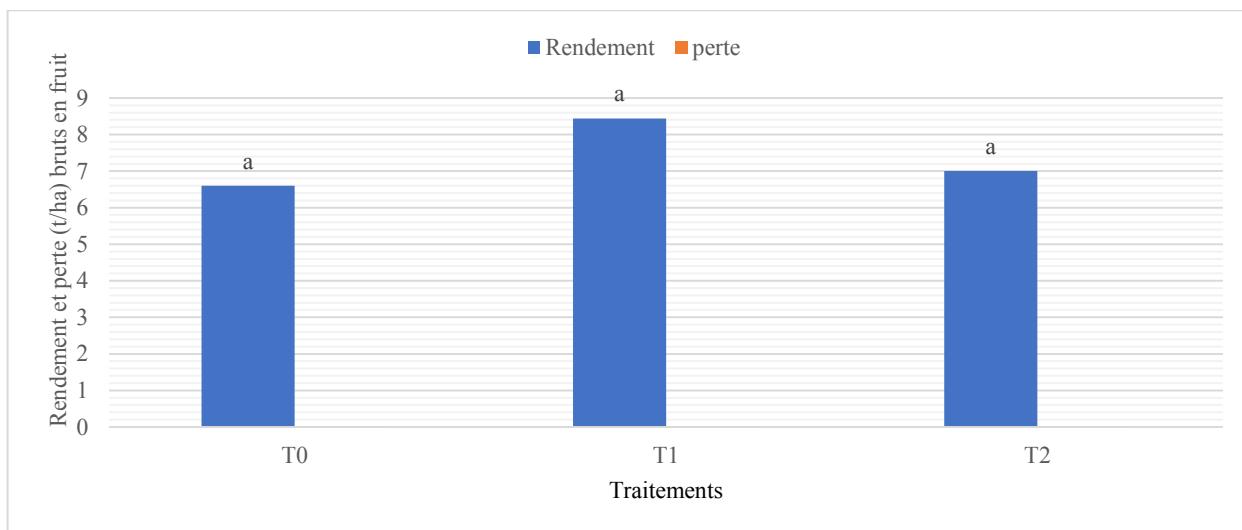


Figure 14. Variation du rendement brut en fruits des plants de gombo en fonction des différents traitements après 1 mois de récolte

III.1.2.2.2. Longueur des fruits

Les fruits récoltés des plantes de gombo présentent une longueur variable en fonction du traitement. Dans nos conditions expérimentales, les plus longs fruits ont été obtenus avec le traitement T1 avec une longueur moyenne de 8,69 cm. Il est suivi du traitement T0 avec 8,67 cm. Les plus courts fruits ont été cependant récoltés du traitement T2 où la moyenne de longueur ne dépasse pas 8,38 cm (Figure 16).

Toutefois, l'analyse de variance montre que la variation de la longueur des fruits n'est pas significative ($p = 0.2557\text{ns}$) entre les différents traitements. La comparaison des moyennes permet de les regrouper dans une seule classe homogène **a**

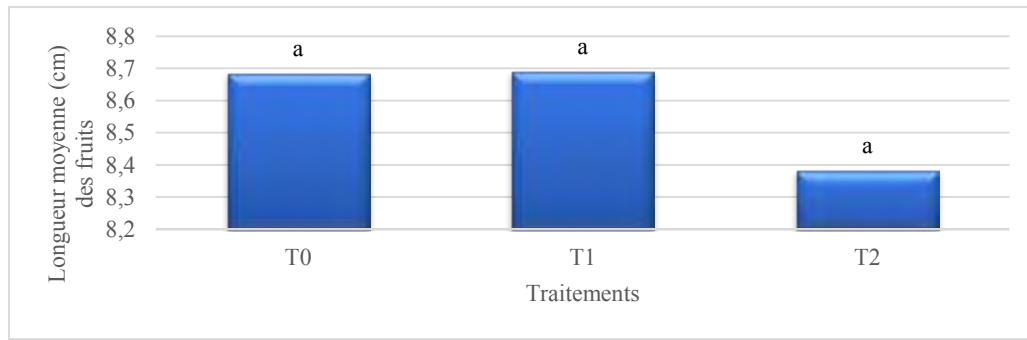


Figure 15. Variation de la longueur des fruits de gombo en fonction des différents traitements

III.1.2.2.3. Grosseur des fruits

Tout comme sur leur longueur, une variabilité a été notée sur la grosseur des fruits de gombo issus des différents traitements. Ainsi, les plus gros fruits ont été obtenus chez le traitement de référence absolu T0 avec un diamètre moyen de 19,87 mm Les traitements T1 et T2 ont cependant fourni des fruits moins gros avec respectivement 19,56 et 19,57 mm de diamètre (Figure 17).

D'après l'analyse statistique de variance, la variation du diamètre des fruits de gombo est non significative ($p = 0.1951\text{ns}$) entre les différents traitements. La comparaison des moyennes les regroupe dans une seule classe homogène **a**.

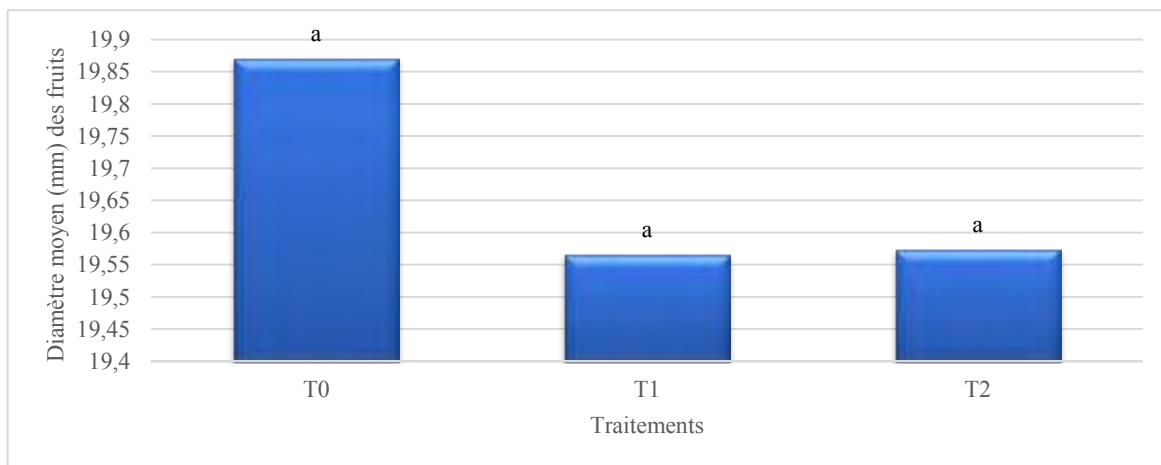


Figure 16. Variation du diamètre des fruits de gombo en fonction des différents traitements

III.2. Discussion

Aujourd’hui, les systèmes horticoles doivent évoluer pour augmenter leur productivité tout en limitant les risques pour la santé des populations humaines et de l’environnement. Pour ce faire, la maîtrise des bioagresseurs sans recours aux pesticides de synthèse constitue une voie privilégiée. Selon Choudourou *et al.* (2012), l’étape préliminaire pour réussir la protection des cultures est la connaissance des ravageurs. À cela, il faut associer la connaissance de la faune auxiliaire qui participe à la régulation des nuisibles.

Dans notre expérimentation, les différents traitements biologiques appliqués se sont avérés d’influence sur le développement et la productivité des plantes de gombo ainsi que sur les populations et l’activité de l’entomofaune associée à la culture.

En effet, nos résultats montrent que la fumure organique de fond associée à l’insecticide biologique Piol a permis d’obtenir le meilleur rendement, suivie du traitement au biostimulant Lalitha 21. En revanche, les parcelles non traitées (témoin absolu) ont fourni un rendement relativement plus faible.

La pratique d’épandage de fumures de fond est une pratique traditionnelle très connue des producteurs agricoles (FAO, 2011), tandis que l’utilisation de bioproduits fertilisants et ou pesticides est une nouvelle pratique émanant de la recherche et qui gagne de plus en plus de terrain (Agritrop-Cirad, 2016). Dans nos conditions expérimentales, l’association des 2 méthodes s’avère prometteuse pour booster la production du gombo. En effet, l’ISRA recommande une fumure organique de fond en utilisant 30t/ha de fumier de cheval pour la plupart des cultures horticoles et céréalières. Outre les éléments nutritifs apportés, la fumure améliore la structure du sol : augmentation des capacités de rétention en eau, augmentation des capacités d’absorption (fixation) et de libération des éléments minéraux, aération du sol (amélioration de la porosité), augmentation de l’activité biologique du sol (micro et macro faune). Elle apporte les éléments nutritifs nécessaires à la culture et compense les exportations des cycles culturaux précédents (Agrisud international, 2010). Ces résultats sont toutefois à relativiser car les terres à la DPV sont souvent exploitées par des ouvriers qui utilisent habituellement des intrants chimiques. C’est le cas de notre parcelle expérimentale qui avait précédemment abrité une culture d'oignon ayant reçu un insecticide chimique, du NPK 10-10-20 et de l’urée. A cela s’ajoute le faible écartement

(1 m de distance) entre les parcelles élémentaires correspondant aux différents traitements, ce qui favoriserait des échanges d'éléments entre elles.

Sur l'entomofaune associée à la culture du gombo, nos résultats ont révélé la présence de 51 familles d'insectes appartenant à 13 ordres ainsi qu'une famille d'acariens. Au total, 8806 insectes appartenant à 13 ordres, au moins 51 familles et au moins 95 espèces ont été collectés sur le site d'étude. Cette diversité de l'entomofaune s'expliquerait par les conditions écologiques favorables qu'offre le gombo. En effet, avec ces larges feuilles, le gombo créerait un microclimat qui pourrait être favorable à la pullulation de bon nombre de groupes d'insectes. Nos résultats sont en conformité avec ceux obtenus en Côte d'Ivoire par Claudine *et al.*, 2017, qui ont pu répertorier 3422 individus répartis en 9 ordres, 38 familles et 53 espèces. Les variations notées peuvent être expliquées par les différences écologiques qui existent entre les 2 sites et par les conditions expérimentales qui ne sont pas les mêmes.

Des analyses de notre étude, il est ressorti que l'entomofaune du gombo est largement dominée par les Hémiptères. Ce constat corrobore les résultats de Lozano *et al.*, 2013 obtenus en Chine et qui soutiennent la dominance de cet ordre, malgré de fortes variations des paramètres climatiques (températures, pluviométrie, vents) entre les 2 sites d'étude.

L'utilisation du bioinsecticide Piol dans notre expérimentation ne s'est pas révélée d'effet significatif sur la réduction de la population de ravageurs, mais n'a également pas réduit celle des auxiliaires. Ceux-ci ont même été plus nombreux dans l'ensemble de la parcelle expérimentale. Ces résultats sont en adéquation avec ceux obtenus à Mboro par Samb, 2009 selon qui les plus importantes populations d'auxiliaires ont été enregistrées chez le témoin absolu T0 et chez les traitements T2 (Piol) et T3 (Plantsain). En revanche, ces espèces bénéfiques pour les cultures se sont révélées plus vulnérables aux produits chimiques Dimethoate (Tr1) et Emacot (Tr2). Ceci serait dû au fait que ces insecticides chimiques ont une toxicité et une persistance plus élevées que les produits biologiques de synthèse Piol, Plantsain et Limosain.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Satisfaire les besoins alimentaires des personnes durant toute l'année est un pari difficile que tente de réaliser la plupart des pays en voie de développement. De plus, la production agricole, et particulièrement maraîchère est, partout dans le monde, confrontée à plusieurs contraintes. Au Sénégal, les insectes ravageurs des cultures provoquent des baisses de productivité et une dégradation de la qualité des produits récoltés, incitant ainsi les producteurs à l'utilisation souvent abusive de pesticides chimiques qui sont néfastes à l'environnement et à la santé des consommateurs. De ce fait, la recherche d'alternatives aux insecticides chimiques nous a conduits à tester l'efficacité des 2 bioproduits, un biostimulant à base de microorganismes dénommé Lalitha 2 (T2), et un bioinsecticide à base d'extraits de plantes nommé Piol associée à la fumure de fond recommandée par l'ISRA (T) .

Nos résultats montrent que la croissance des plantes ainsi que leur rendement ont été meilleurs chez l'association de la fumure organique de fond avec l'insecticide biologique Piol que chez le biostimulant Lalitha 21 et les parcelles non traitées (témoin absolu T0). A l'issu de l'inventaire réalisé sur les insectes capturés dans la parcelle expérimentale, nos résultats montrent que les principaux ravageurs rencontrés sur les différents organes des plants et au niveau du sol appartiennent aux familles des Cicadellidae, des Aphididae, des Pseudococcidae et des Grillotalpidae, par ordre de fréquence décroissant. Les familles les moins représentatives sont les Chrysopidae, les Anisoptera et les Blattidae. Concernant les auxiliaires, une présence plus élevée des Armadillidiidae a été constatée, suivie des Carabidae, des Arachnidae et des Formicidae. Un accent particulier a toutefois été noté chez les Armadillidiidae avec une forte abondance (5290 individus collectés, soit 60,07 % de toutes les espèces recensées). Parmi les ravageurs, ont été décelés des défoliateurs, des mineuses, des piqueurs suceurs, des foreurs de feuilles et des foreurs de fruits.

Le bioinsecticide Piol ne s'est avéré d'effet toxique sur l'entomofaune auxiliaire, quoiqu'il n'ait permis d'enregistrer une différence significative sur la population de ravageurs avec les autres traitements.

Les résultats ont montré que l'utilisation des produits biologiques contribue à améliorer le rendement et aussi à diminuer la population de ravageurs dans notre parcelle expérimentale. Ce qui nous permet de donner les conseils qui suivent :

- L'autonomie en semences et en intrants devient une exigence pour ce type d'agriculture;
- Les autorités doivent promouvoir et appuyer les recherches sur les auxiliaires des cultures pour pouvoir montrer aux producteurs l'importance de ceux-ci;
- Nous devons réfléchir sur les pratiques agroécologiques et les interactions entre l'homme, la plante, le sol, l'animal, l'eau et le paysage pour pouvoir répondre aux sollicitations des producteurs en ce qui concerne les attaques.

Dans la perspective d'une poursuite de ce travail, il serait intéressant de :

- Reproduire les tests dans d'autres sites agroécologiques du pays en tenant compte des variations pédoclimatiques et saisonnières ;
- Elargir les tests à d'autres spéculations horticoles et céréalières d'importance alimentaire au Sénégal ;
- Tester d'autres produits biologiques sur la fertilité des sols et le contrôle des insectes ravageurs des cultures en vue d'une comparaison d'efficacité avec Piol et Lalitha 21.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Archana Singh, S. K. (2014).** Biopesticides for Integrated Crop Management : Environmental and Regulatory Aspects. Journal of Biofertilizers & Biopesticides, vol. 05, n° 01. <http://doi.org/10.4172/2155-6202.10000e121>.
2. **Adom, K.K., Dzogbefia, W.O., Ellis, Simpson, B.K. (1996).** Séchage solaire des effets de gombos de certains matériaux d'emballage sur la stabilité au stockage. International Food Research, vol. 29, n° 7: 589–593.
3. **Adom, K.K., Dzogbefia, Ellis, W.O. (1997).** Effet combiné du séchage temps, épaisseur de la tranche sur le séchage solaire du gombo. Journal des sciences Food Agri, vol. 29, n° 7 : 589–593.
4. **Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, ANSD (2014).** Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE), 372p.
5. **Agrisud international (2010).** L'agroécologie en pratiques, 88p.
6. **Agritrop-Cirad (2016).** Agriculture biologique et sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rapport Cameroun 2016, 49p.
7. **Aishwarya Ray & Btc Cars IGKV Bilaspur (2018).** Studies on insect-pests of okra (*Abelmoschus esculentus*) with special reference to seasonal incidence and bio-rational management of okra shoot and fruit borer (*Earias spp.*), n° 75.
8. **Aladele, S.E., Ariyo, O.J. & Lapena, R. (2008).** Genetic relationships among West African “Okra” (*Abelmoschus caillei*) and Asian genotypes (*Abelmoschus esculentus*) using RAPD Indian. Journal of Biotechnology, vol.7, n°10: 1426-1431.
9. **Aykroud, W.R. & I.C.M.R (1963).** Special Report series, n°42: 12-15.
10. **Behle, R, & Birthsel, T. (2014).** Production de masse d'organismes utiles. Invertébrés et entomopathogènes. Chapitre 14 - Formulations d'entomopathogènes comme bioinsecticides. p, 483 à 517.
11. **Bello, O. B., Aminu D., Gambo A., Azeez A. H., Lawal, M., Ali I., & Abdulhamid U. A. (2015).** Genetic diversity, heritability and genetic advance in okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]. Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics, vol. 28, n° 2: 25-38. <https://doi.org/10.3329/bjpb.v28i2.29960>.
12. **Benkhelil, L.M. (1992).** Les techniques de récoltes et de piégeage utilisés en entomologie terrestre. Edition office: Pub.Univ, Alger, 60p.
13. **Boorman, J. (1970).** West African butterflies and moths. London: Longman.
14. **Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J., & Grant, W. P. (2011).** The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, vol. 366, n°1573 : 1987-1998.
15. **Charrier, A. (1983).** Les ressources génétiques du genre *Abelmoschus* Med. (Gombo). Conseil International des Ressources Phytogénétiques Ed. CIRPG, FAO, Rome, 61p.

16. **Choudourou, D.C., Agbaka, A., Adjakpa, J.B., Koutchika, R.E. & Adjalian, E.J.N. (2012).** Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la Commune de Djakotomey au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol., 6, n°4: 1798-1804. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i4.34>.
17. **Claudine, A.M.N., Mauricette, S.O., Sorho, F. & Kone, D. (2017).** Distribution of insects according to the phenological stages of okra (*Abelmoschus esculentus*) and phytosanitary practices in Anna (Bingerville, Côte d'Ivoire). ARPN (Asian Research Publishing Network) Journal of Agricultural and Biological Science, vol. 12, n°5, (ISSN 1990-6145), 174-181.
18. **Delobel, A., & Tran, M. (1993).** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Orstom, Paris: Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA), 442p. (ISBN 2-7099-1130-2).
19. **De Schutter, O. (2010).** Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation. Nations Unies. Assemblée générale. Conseil des droits de l'homme. 6e session. Point, .
20. **Déclert, C. (1990).** Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale. In Cultures de Côte d'Ivoire. Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. Collections Didactiques. Editions de l'ORSTOM, Paris, 98-102 et 123-133.
21. **Dhankhar, B.S. & Mishra, J.P. (2009).** Origine, histoire et distribution. In : Dhankhar, B.S., Singh, R., Okra Hand Book sur la production, la transformation et l'amélioration des cultures dans le monde, Nouveau York, NY: Éditions HNB, 10-24.
22. **Doumbia, M. & Seif, A. A., 2008.** Itinéraire technique gombo (*Abelmoschus esculentus*). Programme PIP (pour un développement durable du secteur fruits et légumes ACP), 68p.
23. **Doreddula, S. K., Bonam, S. R., Gaddam, D. P., Desu, B. S. R., Ramarao, N. & Pandy, V. (2014).** Phytochemical analysis, antioxidant, antistress, and nootropic activities of aqueous and methanolic seed extracts of ladies finger (*Abelmoschus esculentus* L.). In Mice. Scientific World Journal. Disponible sur «<https://doi.org/10.1155/2014/519848>».
24. **Eshiet, A. J. & Brisibe, E. A. (2015).** Morphological Characterization and Yield Traits Analysis in Some Selected Varieties of Okra (*Abelmoschus Esculentus* L. Moench). Advances in Crop Science and Technology, vol. 4, n°1: 197. doi: 10.4172/2329-8863.1000197.
25. **Faurie, C., Ferra, C., Medori, P. & Devaux, J. (2003).** Ecologie-approche scientifique et pratique. Ed. Tec & Doc, Paris, 399p.
26. **Fondio, L., Djidji, H., Kouame, C. & Traore, D. (2009).** Effet de la date de semis sur la production du gombo (*Abelmoschus spp.*) dans le centre de la Cote d'Ivoire. Agronomie Africaine, vol. 15, n°1:13-27. <https://doi.org/10.4314/aga.v15i1.1626>.
27. **Gnago, J. A., Danho, M., Agneroh, T.A., Fofana, I.K. & Kohou, A.G. (2010).** Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol. 4, n°4: 953-965.
28. **Gemedé, H. F. (2015).** Nutritional Quality and Health Benefits of “Okra” (*Abelmoschus esculentus*) : A Review. International Journal of Nutrition and Food Sciences, vol., 4, n°2. Disponible sur «<https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20150402.22>».

29. **Gerrano, A. S. (2018).** Agronomic Performance, Nutritional Phenotyping and Trait Associations of Okra (*Abelmoschus esculentus*) Genotypes in South Africa. Rediscovery of Landraces as a Resource for the Future. Disponible sur «<https://doi.org/10.5772/intechopen.70813>».
30. **Glitho, I.A., Ketoh, G.K., Nuto, P.Y., Amevoine, S.K. & Huignard, J. (2008).** Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest. In : Regnault R., Philogène B.J.R., Vincent C., Biopesticides d'Origine Végétale. 2nd ed. Lavoisier, 207-217.
31. **Gourmel, C. (2014).** Catalogue illustré des principaux insectes ravageurs et auxiliaires des cultures de Guyane. Coopérative BIO SAVANE. 78p.
32. **Hinimbio, T.P. (2016).** Agroécologie et gestion durable des sols en Afrique soudano-sahélienne. L'Harmattan, Paris, 222p. (ISBN 978-2-343-08774-0).
33. **Holser, R., & Bost, G. (2004).** Hybrid Hibiscus seed oil compositions. Journal of the American Oil Chemists' Society, vol. 8 , n° 8: 795–797.
34. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) (1983).** Manuel d'identification des insectes nuisibles au sorgho. Orstom, Inde: Teetes G.L., Seshu Reddy K. V., Leuschner K. & House L.R., 123 p, (ISBN 2-7099-1130-2).
35. **Jain, N., Jain, R., Jain, V. & Jain, S. (2012).** Un examen sur: *Abelmoschus esculentus*. Pharmacia, vol. 1, n° 3: 84-89.
36. **Jayaseelan C., Ramkumar R., Rahuman A. A. & Perumal P. (2013).** Green synthesis of gold nanoparticles using seed aqueous extract of *Abelmoschus esculentus* and its antifungal activity. Industrial Crops and Products, n° 45, 423-429. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.019>.
37. **Kochhar, S.L.** Cultures tropicales : un manuel de Botanique économique. 1re édition, Londres, Royaume-Uni : MacMillan Publishers, 1986, 256 p.
38. **Koundal, K.R. & Rajendran, P. (2003).** Protéines végétales et leurs insecticides potentiels pour développer des transgéniques résistants aux insectes ravageurs. Indian Journal Biotechnol 2: 110-120.
39. **Kumar, D. S., Tony, D. E., Kumar, P., Kumar, K. A., Rao, D. B. S. & Nadendla, R. (2013).** A Review on : *Abelmoschus Esulentus* (Okra). International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences (IRJPAS), vol. 3, n° 4: 129-132.
40. **Latouche, S. (2003).** Pour une société de décroissance. Le monde diplomatique, n° 11 : 18–19.
41. **Lozano, D. P. et al (2013).** Evaluation de l'entomofaune en cultures maraîchères dans l'est de la Chine. Entomologie faunistique - Faunistic Entomology, n° 66 : 27-37.
42. **Lee, K.H, Cho, C.Y. & ST Yoon, S.K. (2009).** L'effet de l'engrais azoté, de la plante densité et date de semis sur le rendement du gombo. Journal coréen de la science des cultures, n° 35: 179-183.
43. **Leterme, P. (2010).** Mieux valoriser la ressource organique dans le cadre de l'intensification écologique. In : Morvan, T. Colloque de l'Académie Agriculture de France: Elevages intensifs et environnement. Les effluents: menace ou richesse ? 2009/04/28, Paris (France), p.101-118.
44. **Majanbu, I.S., Ogunlela, V.B., Ahmed, M.K. & Olarewaju, J.D. (1985).** Réponse de deux variétés de gombos (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) aux engrains: rendement et

- composants de rendement sous l'influence d'azote et de phosphore. Fertilizer Research, vol. 6, n°3 : 257-267.
45. **Makondy, A. E. R. (2012).** Contrôle de la qualité des denrées alimentaires traitée avec les pesticides: Cas de la tomate. Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du diplôme de professeur de l'enseignement secondaire deuxième grade. Yaoundé : Université de Yaoundé I, 70 p.
 46. **Muhammad, R. S., Muhammad A., Khurram, Z., Muhammad, M.J., Saeed, A., Qumer, I. &Aamir, N. (2013).** La croissance, le rendement et la production de graines de gombo sont influencés par la croissance régulatrice. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, vol. 50, n° 3: 387–392.
 47. **Nahry, FI EL, Ghorab, MI EL & Younes, R. (1978).** Valeur nutritive du produit local variétés de gombos frais et séchés (*Abelmoschus esculentus* L.). Qualitas Plantarum-Plant Foods Humain Nutrition, vol. 28, n° 3 : 227–231.
 48. **Nawaz, M., Mabubu, J. I., & Hua, H. (2016).** Current status and advancement of biopesticides : Microbial and botanical pesticides. Journal of Entomology Zoology and Studies, vol. 4, n° 2 : 241–246.
 49. **Ndiaye, M. (2014).** Manuel sur les principaux ravageurs et maladies des cultures maraîchères dans la zone des Niayes. Dakar, 100 p.
 50. **Nzikou, J., Mvoula-Tsieri, M., & Matouba, E. (2006).** A study on gumbo seed grown in Congo Brazzaville for its food and industrial applications. African Journal of Biotechnology, vol. 5, n° 24: 2469-2475.
 51. **Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, FAO (2011).** La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques pour l'Afrique subsaharienne. 241p.
 52. **Pendre, N. K., Nema, P. K., Sharma, H. P., Rathore, S. S., & Kushwah, S. S. (2012).** Effect of drying temperature and slice size on quality of dried okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). Journal of Food Science and Technology, vol. 49, n° 3: 378-381. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0427-8>.
 53. **Rawat, R.R. & Sahu, H.R. (1973).** Estimation of losses in growth and yield of okra due to Earias spp. Indian Journal of entomology, 35: 252-254.
 54. **Reichholz-Riehm, H. (1985).** Les insectes. Paris: Solar, 288 p, (ISBN 978-2-263-00884-9).
 55. **Roy, A., Shrivastava, S. L., & Mandal, S. M. (2014).** Functional properties of Okra *Abelmoschus esculentus* L. (Moench) : Traditional claims and scientific evidences. Plant Science Today, vol. 1, n° 3 :121–130. <https://doi.org/10.14719/pst.2014.1.3.63>.
 56. **Saifullah, M. & Rabbani, M.G. (2009).** Évaluation et caractérisation des génotypes du gombo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.). SAARC Journal of Agricultural, vol.7, n°1: 92–99.
 57. **Samb, T. (2019).** Comparaison de l'efficacité de deux bio pesticides (PIOL et PLANTSAIN) et de deux pesticides chimiques de synthèse (EMACOT et DIMETO) sur *Bemisia tabaci* et *Agrotis ipsilon* ravageurs du piment à Mboro (Sénégal). Mém UCAD/FST; 28 p.

58. **Sanjeet, K., Sokona, D., Adamou, H., Alain, R., Dov P., & Christophe, K. (2010).** “Okra” (*Abelmoschus spp.*) In West and Central Africa: Potential and progress on its improvement. African Journal of Agricultural Research, vol. 5, n° 25: 3590-3598.
59. **Sanner, E.A., Bouville, R., Sarthou, V. (2018).** Agriculture biologique : Définition. Dictionnaire d'Agroecologie, <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agriculture-biologique/>.
60. **Sathish, D. & Eswar, A. (2013).** Un examen sur : *Abelmoschus esculentus* (okra). Recherche internationale. Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences, n° 3 : 129-132.
61. **Siemonsma, J. S. (1982).** La culture du gombo (*Abelmoschus spp.*) : Légume fruit tropical avec référence spéciale à la Côte d'Ivoire. Thèse. Pays Bas : Université agricole de Wageningen, 297 p.
62. **Smith, S.E. & Read, D. (2008).** «Les symbioses formant des mycorhizes arbusculaires», dans *Mycorrhizal Symbiosis*, 3e éd., Éd. SE Smith et D. Read. Londres: Academic Press, 13–41. doi: 10.1016 / B978-012370526-6.50003-9.
63. **Tano, D. K. C., N'depo, O. R., Tra Bi, C. S., Kouassi, K. A. & Obodji A. (2019).** Entomofauna associated with the crop of okra, *Abelmoschus esculentus* L. Moench according to the phenological stages and evaluation of the damage caused by insect pests (Daloa, Côte d'Ivoire). International Journal of Biosciences, vol. 15, n°4 :134-143 (ISSN: 2220-6655).
64. **Tilman, D., Cassman, K.G. & Matson, P.A. et al. (2002).** Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, vol. 418, n° 6898: 671-677.
65. **Tindall, H.D. (1983).** Légumes sous les tropiques. Londres, Royaume-Uni: Macmillan Education Limited.
66. **Vimal, S.R., Singh, J.S., Arora, N.K. & Singh, S. (2017).** Interactions sol-plante-microbe dans la gestion agricole stressée: un examen. Pédosphère 27, 177–192. doi: 10.1016 / S1002-0160 (17) 60309-6.
67. **Trabelsi, M. (2017).** Comment mesurer la performance agroécologique d'une exploitation agricole pour l'accompagner dans son processus de transition? (PhD Thesis). Université Paul Valéry-Montpellier III.
68. **Winsters, H. F. & Miskimen, G. W. (1967).** Vegetable gardening in the Caribbean area. United States Department of Agriculture (USDA), Agriculture Handbook, Washington D.C., n° 323, 124p.

WEBOGRAPHIE :

1. **Bonny S. (2010).** L'intensification écologique de l'agriculture : voies et défis. In : Innovation And Sustainable Development (IASD) [en ligne]. Disponible sur: «<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00522107v2/document>» (consulté le 11/11/2019).4.
2. **Agence de protection de l'environnement des États-Unis, EPA, 2012.** <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/whatarebiopesticides.htm> (2012) Updated May 9.
3. **Hequet, V., Le corre, M., Rigault, F. & Blanfort, V. (2010).** Les espèces exotiques envahissantes de Nouvelle-Calédonie. IRD, AMAP, Nouméa. 87p. [en ligne]. Disponible sur: «http://horizon.documentation.ird.fr.exl-doc/pleins_textes/drivers12-08/010052239.pdf» (consulté le 09/12/2019).
4. **Lim, T.K. (2012).** Plantes médicinales et non médicinales comestibles. In : Springer Science [en ligne]. Disponible sur «http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-2534-8_21» (consulté le 21/11/2019).

ANNEXES

Annexe 1 : Autres matériels utilisés

L'appareil photo avec deux caméras d'un smartphone de marque SAMSUNG GALAXY A 0S numéro du modèle SM-A 07F DS avec la version d'Android 9 a été utilisée pour la prise de vue, le logiciel COSTAT Version 7.2 (analyse de variance (ANOVA) et comparaison des moyennes), stylos, crayon, bloc-notes, feuilles blanches, Airbox-ECBF (pour la connexion à internet), One drive et Dropbox (cloud) pour ne pas perdre des données importantes en cas de perte de la machine ou en cas de panne, le logiciel Zotero pour les références bibliographiques scientifiques. Word, Excel et PowPoint sous office 2013, respectivement pour la rédaction du mémoire, l'exploitation des données et la projection de notre travail via un ordinateur portable de marque Lenovo, de rame 500G0, 64bits sous Windows 10, Le Grand Robert dictionnaire français pour la définition de certains mots.

Annexe 2 : fiches d'enquête sur la connaissance des paramètres agronomiques

Date:					
traitements	Répétitions	plant	hauteur (cm)	vigueur	diamètre (mm)
T0	RI	1			
T0	RI	2			
T0	RI	3			
T0	RI	4			
T0	RI	5			
T0	RI	6			
T0	RI	7			
T0	RI	8			
T0	RI	9			
T0	RI	10			
T0	RII	1			
T0	RII	2			
T0	RII	3			
T0	RII	4			
T0	RII	5			
T0	RII	6			
T0	RII	7			
T0	RII	8			
T0	RII	9			
T0	RII	10			
T0	RIII	1			
T0	RIII	2			
T0	RIII	3			
T0	RIII	4			
T0	RIII	5			
T0	RIII	6			
T0	RIII	7			
T0	RIII	8			
T0	RIII	9			
T0	RIII	10			

Date:					
traitements	Répétitions	plant	hauteur (cm)	vigueur	diamètre (mm)
T1	RI	1			
T1	RI	2			
T1	RI	3			
T1	RI	4			
T1	RI	5			
T1	RI	6			
T1	RI	7			
T1	RI	8			
T1	RI	9			
T1	RI	10			
T1	RII	1			
T1	RII	2			
T1	RII	3			
T1	RII	4			
T1	RII	5			
T1	RII	6			
T1	RII	7			
T1	RII	8			
T1	RII	9			
T1	RII	10			
T1	RIII	1			
T1	RIII	2			
T1	RIII	3			
T1	RIII	4			
T1	RIII	5			
T1	RIII	6			
T1	RIII	7			
T1	RIII	8			
T1	RIII	9			
T1	RIII	10			

Date:					
traitements	Répétitions	plant	hauteur (cm)	vigueur	diamètre (mm)
T2	RI	1			
T2	RI	2			
T2	RI	3			
T2	RI	4			
T2	RI	5			
T2	RI	6			
T2	RI	7			
T2	RI	8			
T2	RI	9			
T2	RI	10			
T2	RII	1			
T2	RII	2			
T2	RII	3			
T2	RII	4			
T2	RII	5			
T2	RII	6			
T2	RII	7			
T2	RII	8			
T2	RII	9			
T2	RII	10			
T2	RIII	1			
T2	RIII	2			
T2	RIII	3			
T2	RIII	4			
T2	RIII	5			
T2	RIII	6			
T2	RIII	7			
T2	RIII	8			
T2	RIII	9			
T2	RIII	10			

Annexe 3 : Conception expérimentale et plantation de cultures

Annexe 3a : Préparation du terrain

Elle sera entamée par un défrichement et un labour à l'aide d'hilaires, suivis d'un nivellation à l'aide de râteaux. Les parcelles élémentaires seront délimitées à l'aide d'un ruban-mètre, d'une corde et de piquets, selon le dispositif décrit ci-haut. Après 3 jours de pré-irrigation, ces parcelles seront rayonnées aux écartements du semis, à l'aide d'un traceur gradué.

A la préparation du sol, 20 ha de fumure organique (recommandation de l'ISRA) a été appliquée aux parcelles élémentaires ayant les traitements T1.

Annexe 3b : Semis

Les semences de gombo seront semées directement sur les lignes tracées, à raison de 3 graines par poquet (7 à 10 kg de semences par hectare), à une profondeur de 2 à 3 cm environ. La distance entre lignes et entre poquets d'une même ligne sera de 50 cm, celle entre la limite d'une parcelle et le premier poquet sera de 20cm ; ce qui fera une densité de 45 plants par parcelle élémentaire.

Annexe 3c : Suivi-entretien des plants

Deux semaines après le semis, un démariage à un plant par poquet sera effectué, avec un repiquage de remplacement pour combler les poquets manquants. En l'absence de pluie, un arrosage d'appoint sera également effectué. Toutes les parcelles élémentaires seront régulièrement binées et désherbées.

Annexe 4 : Demande d'autorisation de procéder à l'importation de Lalitha 21 dans le territoire sénégalais.

Central Business Connection
2019

Dakar le 09 juillet

6 nouvelle route des Niayes
Etage 4/gauche, Grand-Yoff Léona (Dakar)
Mail : centralebusinessconnexion@gmail.com

A l'attention du Directeur de la protection des végétaux

Madame, Monsieur le Directeur,

Dans le cadre de mon désir d'apporter une solution bio d'amélioration du rendement des sols pour l'agriculture sénégalaise, je souhaiterais importer une découverte révolutionnaire appelée « Lalitha 2 » .

Celui-ci entrant dans la catégorie des produits nécessitant une analyse et autorisation d'importation de votre service, je vous demande par la présente l'autorisation de procéder à son importation dans le territoire. Vous trouverez ci-dessous les caractéristiques du produit concerné :

Désignation : Lalitha 2 Quantité : Echantillon Nom ou raison sociale de l'exportateur : Acéla Biotek
Pays d'origine : États-Unis d'Amérique Nom ou raison sociale de l'importateur : Central Business Connection

Vous trouverez également en joint tous les documents nécessaires à mon dossier de demande d'autorisation.

Dans l'attente, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Mr Ndour Célestin

Annexe 5 : Fiche de collecte de données entomologiques

ABSTRACT

The Niayes area, considered as the main market gardening area in Senegal, has been overexploited for a long period. In addition, this ecosystem is threatened with extinction due not only to land speculation in the area, but also to agricultural practices not conform to good management and environmental protection. Then, ecosystems are constantly in decline. In this study, it was the subject to evaluate the impact of 2 organic products (Lalitha 21 and Piol associated with the basic manure recommended by ISRA) on agronomic and entomological parameters in a variety of okra (Clemson) experimented at the experimental station of the Directorate of Vegetable Protection (DPV) in Dakar. It is a biofertilizer (LALITHA 21) based on bacteria and fungi that promote plant growth, and a bioinsecticide (PIOL) based on chili, garlic and onion extracts. To do this, the evolution of the development of the plants was followed during 2 months of cultivation by measuring their height, diameter at the collar and their vigour using a graduated ruler, a sliding and a "greenseeker" respectively. In addition, the abundance of insects was assessed in the different treatments using trapping techniques (snare in hand, mower net, buried and sticky traps), and then the specific diversity of the entomofauna determined in the laboratory using identification keys. As a result of trapping and insect identification, 51 families, including 21 auxiliaries, 18 pests, 05 mixed (including pests and auxiliaries) and 07 indeterminate families were identified in all elementary plots. The Order of Hemiptera was the most represented with at least 14 families identified, followed by Beetles, Orthopters and Dipteras. However, Arachnids, Neuroptera, odonates, Blattopteras and Isopods were less present. In terms of agronomic parameters, plant growth and yields varied little depending on treatment. The results obtained in this study could be a step in the development of a database that can serve as a guide to decision-making for better control of insects associated with horticultural crops in Senegal.

Keywords: Organics products, impacts, insects, okra, Senegal.

RESUME

Impacts de deux produits biologiques sur l'entomofaune et les paramètres agronomiques du gombo, *Abelmoschus esculentus*, L. (Moench, 1794) au Sénégal.

Présenté et soutenu le 20 juillet 2020 à 09h par

Mlle Ndoumbé KA

MEMBRES DU JURY :

Président : M. Cheikh Tidiane BA, Professeur titulaire, FST/UCAD

Membres: Mme Aïbatou DIOP, Maître assistante, FASTEF/UCAD

M. Abdoulaye FAYE, Chargé de recherches, DPV

M. Abdoulaye Baïla NDIAYE, Directeur de l'IFAN

M. Papa Ibnou NDIAYE, Maître de conférences, FST/UCAD

La zone des Niayes, considérée comme la zone de production maraîchère par excellence du Sénégal, est pendant longtemps surexploitée. En outre, cet écosystème est menacé de disparition du fait non seulement de la spéculation foncière, mais aussi des pratiques agricoles non conformes à une bonne gestion et à la protection de l'environnement. Dans cette étude, il a été sujet de tester l'impact de deux produits biologiques (Lalitha 21 et Piol associé à la fumure de fond recommandée par l'ISRA) sur l'entomofaune et les paramètres agronomiques chez une variété de gombo (Clemson) expérimentée à la station expérimentale de la Direction de la Protection des Végétaux (DPV) de Dakar. Il s'agit d'un biofertilisant (LALITHA 2) à base de bactéries et de champignons promoteurs de croissance végétale, et d'un bioinsecticide (PIOL) à base d'extraits de piment, d'ail et d'oignon associé à la fumure de fond recommandée par l'ISRA. Ainsi, nous avons suivi l'évolution du développement des plantes pendant 2 mois de culture en mesurant leur hauteur, leur diamètre au collet et leur vigueur à l'aide respectivement d'une règle graduée, d'un pied à coulisse et d'un « green seeker ». Par ailleurs, l'abondance des insectes a été évaluée avec les différents traitements grâce à des techniques de piégeage (collette à la main, filet fauchoir, pièges enterrés et englués), puis la diversité spécifique de l'entomofaune déterminée en laboratoire en utilisant des clés d'identification. A l'issu des piégeages et de l'identification des insectes, 5 familles, dont 2 d'auxiliaires, 8 de nuisibles, 05 de mixtes (comprenant des nuisibles et des auxiliaires) et 07 familles indéterminées ont été répertoriées dans l'ensemble des parcelles élémentaires. L'ordre des Hémiptères a été le plus représenté avec 14 familles, suivi des Coléoptères, des Orthoptères et des Diptères. Les Arachnides, les Neuroptères, les odonates, les Blattoptères et les Isopodes ont été peu représentés. En ce qui concerne les paramètres agronomiques, la croissance des plantes ainsi que les rendements obtenus ont peu varié en fonction des traitements. Les résultats obtenus dans cette étude pourraient constituer une étape dans la mise en place d'une base de données qui peut servir de guide à la prise de décisions pour un meilleur contrôle des insectes associés aux cultures horticoles au Sénégal.

Mots-clés : produits biologiques, impacts, insectes, gombo, Sénégal.