

Université Assane Seck de Ziguinchor



UFR Sciences et Technologies

Département Agroforesterie

**SPECIALITE : AMENAGEMENT ET GESTION DURABLE DES ECOSYSTEMES
FORESTIERS ET AGROFORESTIERS (AGDEFA)**

**Effets des extraits des feuilles de *Hyptis suaveolens* (Poit) et
Calotropis procera (Aiton) et d'un insecticide chimique (K-
Optimal) sur les ravageurs et le rendement du maïs**

Présenté par :

M. Mohamadou NIANG

Encadreurs : Dr Ismaïla COLY, Maître de Conférences (UASZ)

M. Siméon BASSENE, Cadre Supérieur Technique (ISRA /CRA, Djibélor)

Soutenu publiquement le 29 Octobre 2022,

Devant le jury composé de :

Président :	M. Ngor NDOUR	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ
Membres :	M. Joseph Saturnin DIEME	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Aly DIALLO	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Siméon BASSENE	Cadre Supérieur Technique	ISRA/CRA/Djibélor
	M. Ismaïla COLY	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ

Année universitaire 2020-2021

DEDICACES

*Je dédie ce travail
à tous ceux qui se
battent pour
préserver
l'environnement*

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de notre stage et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements au Pr Ismaila COLY, Enseignant-chercheur à l'Université Assane SECK de Ziguinchor, notre encadrant qui nous a beaucoup aidés dans la correction du mémoire malgré son calendrier très serré.

Nous remercions tous les Enseignants-chercheurs du département d'Agroforesterie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor à savoir Dr Djibril SARR chef du département d'Agroforesterie, Pr. Ngor NDOUR, Pr Siré Diédhiou, Dr Aly DIALLO, Dr Saturnin DIEME, Dr Boubacar CAMARA, Pr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL, Dr Antoine SAMBOU Dr Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE, Dr Oulimata DIATTA ainsi que tous les docteurs et doctorants du département.

Nous tenons aussi à remercier vivement notre maître de stage M Siméon BASSENE responsable du service de production de semences du CRA de Djibèlor pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont conseillé, et participé à la correction de notre mémoire. Il s'agit notamment de :

- ❖ la 9ieme promotion du département d'agroforesterie ;
- ❖ la famille SOW à Ziguinchor
- ❖ la famille NIANG à Guinguinéo ;
- ❖ Nos amis, frères et sœurs ;

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : carte de localisation du site expérimental	18
Figure 2 : schéma du dispositif expérimental.....	20
Figure 3 : évolution du nombre d'espèces des insectes en fonction des traitements et des inventaires	25
Figure 4 : abondance relative des espèces inventoriées en fonction des traitements appliqués et des inventaires (R)	27
Figure 5 : effet des traitements sur l'espèce <i>Locusta sp</i> (orthoptères)	28
Figure 6 : effet des traitements sur l'espèce <i>Chaetocnema pulicaria</i>	28
Figure 7 : effet des traitements sur le <i>Carabus sp</i>	29
Figure 8 : variation du rendement du maïs en fonction des traitements	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : les phases de développement du maïs	5
Tableau 2 : les principales zones de production du maïs	5
Tableau 3 : Conséquences de l'utilisation des pesticides.....	13
Tableau 4 : les plantes utilisées au Sénégal pour la protection des cultures	14
Tableau 5 : Principes actifs de <i>Calotropis procera</i>	16
Tableau 6 : diversité des insectes dans le site expérimental	24
Tableau 7 : La diversité des espèces en fonction des traitements	26

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : L'altise du maïs (<i>Chaetocnema pulicaria</i>).....	7
Photo 2 : La chrysomèle des racines (<i>Diabrotica virgifera</i>),.....	8
Photo 3 : Puceron du maïs (<i>Rhopalosiphum maidis</i>).....	8
Photo 4 : Cicadelle du maïs (<i>Zyginidia scutellaris</i>),.....	9
Photo 5 : pyrale du maïs (<i>Ostrinia nubilalis</i>) (A) et sa larve (B),	9
Photo 6 : <i>Agrotis ipsilon</i> (A) et sa larve (ver gris noir) (B),	10
Photo 7 : <i>Helicoverpa zea</i> (A) et sa chenille (ver de l'épi du maïs) (B).....	10
Photo 8 : image du <i>Calotropis procera</i> (source : tramil.net).....	15
Photo 9 : image du <i>Hyptis suaveolens</i> (source : indiabiodiversity.org).....	16
Photo 10 : Matériel de préparation des solutions insecticides bio.....	20
Photo 11 : Brouette (A), ficelle (B) et ruban métrique (C).....	21
Photo 12 : pelle (A) et râteau (B)	21
Photo 14 : coton (A) et boîtes avec coton imbibé d'Ether (B), Boîte d'élevage (C) et Pissette à Ether (D)	23

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

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

UASZ : Université Assane SECK de Ziguinchor

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

AGRIDEA : Association suisse pour le développement de l'agriculture et de l'espace rural

GNIS : Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants

ISRA : Institut sénégalais de recherches Agricoles

CRA : Centre de recherche agricole

ANADER : Agence National d'Appui au Développement Rural

NPK : Azote, Phosphore, Potassium

USA : **United** States of America

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES PHOTOS	iii
LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS	iv
RESUME.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1. Généralités sur le maïs.....	3
1.1.1. Systématique, Origine et distribution	3
1.1.2. Exigences édapho-climatiques.....	3
1.1.3. Description botanique	4
1.1.4. Les différentes phases de développement du maïs	5
1.1.5. L'importance socio-économique du maïs	5
1.1.6. Contraintes à la production du maïs.....	6
1.2. Méthodes de lutte contre les ravageurs du maïs	13
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	18
2.1. Présentation du site expérimental	18
2.2. Matériel végétal	19
2.3. Dispositif expérimental.....	19
2.4. Préparation des produits phytosanitaires (extraits des feuilles de <i>H. suaveolens</i> et <i>C. procera</i>)	20
2.5. Conduite de l'essai.....	20
2.6. Collecte des données	22
2.7. Traitement des données	23
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	24
3.1. RESULTATS.....	24
3.1.1. Diversité des insectes inventoriés	24
3.1.2. Effet des traitements sur l'évolution du nombre d'espèces inventoriées.....	25
3.1.3. Diversité des insectes recensés selon les traitements appliqués	25
3.1.4. Abondance des insectes recensés selon les traitements phytosanitaires appliqués.....	26
3.1.5. Effet des traitements sur les principaux ravageurs du maïs	27
3.1.6. Effet des traitements sur le <i>Carabus sp</i> , auxiliaire de la culture du maïs	29

3.1.7. Effet des traitements sur le rendement du maïs	29
3.2. DISCUSSION.....	31
CONCLUSION	33
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	34
ANNEXES	39

RESUME

La culture du maïs est aujourd'hui confrontée à de nombreuses contraintes parmi lesquelles figurent les attaques des ravageurs. Pour pallier cette contrainte, les agriculteurs font souvent recours à différentes méthodes de lutte chimiques ou biologiques. C'est dans cette optique que cette étude s'est fixé comme objectif de contribuer à une production durable du maïs par une évaluation de l'effet des insecticides bio sur les ravageurs du maïs. Pour ce faire, un dispositif expérimental en Blocs Complets Randomisés avec 4 répétitions et un seul facteur (traitements phytosanitaires) a été installé. Ce facteur comporte quatre modalités correspondant aux deux insecticides bio, à un insecticide de synthèse et le Témoin. Quatre inventaires des insectes ont été fait, dont un avant tout application de traitements et chacune des trois autres deux semaines après application des traitements phytosanitaires (à une dose de 200ml/parcelle élémentaire). Vingt-deux (22) espèces d'insectes repartis en 22 familles et 9 ordres ont été recensées. Le traitement T2 (extrait de *Hyptis suaveolens*) ayant permis de réduire l'effectif des ravageurs de 90,9% par rapport au premier inventaire est apparu plus performant. Toutefois, c'est le traitement T1 (Extraits de *Calotropis procera*) qui a l'effet le plus précoce. Ce traitement a réduit l'effectif des insectes de 69,23% au troisième inventaire contre 36,36% pour le traitement T2. Le deuxième inventaire a montré que l'espèce qui a bien résisté à la première application des produits phytosanitaires est *Carabus sp*. Avec une abondance relative allant de 48,84 à 78,57% selon les traitements. Le troisième inventaire a montré que seule l'espèce *Anax imperator* observée au niveau de tous les traitements avec une abondance relative variant de 20,83 à 37,53% semble insensible à tous les traitements. Quant à l'espèce *Carabus sp*, elle semble être insensible au traitement chimique avec une abondance relative de 66,67%. Au quatrième inventaire, *Bombyx disparate* a disparu dans tous les traitements tandis que l'abondance relative de *Anax imperator* a augmentée allant de 27,27 à 100% selon les traitements. En valeur absolue, le traitement T2 est apparu plus efficace contre les ravageurs *Locus sp* et *Chaetocnema pulicaria*. Les traitements appliqués n'ont pas induit d'effet significatif sur le rendement du maïs.

Mots clés : insecte, insecticide, ravageurs.

ABSTRACT

The cultivation of corn is nowadays confronted with many constraints, among which are pest attacks. To overcome this constraint, farmers often use different chemical or biological control methods. It is in this perspective that this study has set itself the objective of contributing to a sustainable production of maize by evaluating the effect of organic insecticides on maize pests. To do this, a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 replications with only one factor (phytosanitary treatments) was installed. This factor includes four modalities corresponding to the two organic insecticides, one synthetic insecticide and the Control. Four insect inventories were conducted, one before any application of treatments and each of the other three two weeks after application of phytosanitary treatments. Twenty-two (22) species of insects divided into 22 families and 9 orders were counted. The T2 treatment (*Hyptis suaveolens* extract), which reduced the number of pests by 90.9% compared to the first inventory, appeared to be more effective. However, the T1 treatment (*Calotropis procera* extract) had the earliest effect. This treatment reduced the number of insects by 69.23% in the third inventory compared to 36.36% for the T2 treatment. The second inventory showed that the species that resisted well to the first application of phytosanitary products was *Carabus sp.* with a relative abundance ranging from 48.84 to 78.57% depending on the treatments. The third inventory showed that only the species *Anax imperator* observed at the level of all treatments with a relative abundance ranging from 20.83 to 37.53% seems insensitive to all treatments. As for the species *Carabus sp.*, it seems to be insensitive to the chemical treatment with a relative abundance of 66.67%. In the fourth survey, *Bombyx disparate* disappeared in all treatments while the relative abundance of *Anax imperator* increased from 27.27 to 100% depending on the treatment. In absolute value, treatment T2 appeared more effective against the pests *Locusta sp* and *Chaetocnema pulicaria*. The applied treatments did not induce a significant effect on maize yield.

Key words: insect, insecticide, pests.

INTRODUCTION

L'augmentation de la population mondiale s'est accompagnée d'une hausse des besoins alimentaires conduisant à une insuffisance alimentaire dans plusieurs parties de la planète (PNUE/FAO, 2005). Ainsi la lutte contre la faim et la mal nutrition a été depuis fort longtemps un défi pour tous les pays du monde.

Malgré les progrès significatifs qui ont été enregistrés, les problèmes persistent toujours dans certaines zones de la planète, notamment les pays intertropicaux. En effet, la prévalence de la sous-alimentation dans le monde est passée de 12,6 à 8,9% de la population entre 2015 et 2019 tandis qu'en Afrique de l'OUEST, elle est passée de 13,8 à 15,2% de la population pendant cette même période, et pourrait atteindre 23% d'ici 2030 (FAO, 2020). Dans ces pays, l'insécurité alimentaire est toujours d'actualité, et la production des cultures de base est souvent faible à cause des contraintes telles que les ravageurs (Mondedji, 2015).

Parmi ces cultures figure le maïs qui est la première céréale cultivée dans le monde en termes de quantité et de surface devant le blé et le riz (Samae, 2021). Dans les pays occidentaux, il est surtout cultivé pour l'alimentation animale et l'industrie alors qu'en Afrique, il sert essentiellement à l'alimentation humaine (Macauley, 2015). Malgré son importance socio-économique, le maïs rencontre des difficultés de production liées surtout aux ravageurs.

Pour faire face à ces ravages, l'utilisation des pesticides de synthèse a été la première option. Ces produits chimiques peuvent aider à réduire voire éliminer les ravageurs afin d'optimiser la production. Cependant ils présentent des conséquences néfastes pour la santé de l'homme et de l'environnement (Agbohessi ; 2012). Au Sénégal, plus précisément dans la zone des Niayes, les résidus de pesticides utilisés pour le maraîchage affectent la nappe phréatique et rendent l'eau impropre à la consommation (Ahouangninou, 2011). Les produits issus de cette culture sont aussi souvent contaminés et peuvent atteindre un niveau de toxicité dépassant les limites fixées par le Codex Alimentarius (Mondedji, 2015). L'exposition aux pesticides est aussi à l'origine de plusieurs problèmes de santé notamment l'apparition d'une dizaine de cancers (Ahouangninou, 2011).

Au vu de toutes ces contraintes, il urge de trouver des stratégies de lutte contre les ravageurs sans porter préjudice à l'homme et à son environnement. Dans cette optique, l'utilisation des plantes biocides constituerait une alternative respectueuse de l'environnement (Boisclair et Estevez, 2010).

En Afrique, ces plantes sont souvent utilisées pour protéger les produits agricoles en stockage. Elles ont aussi montré leur efficacité quant à la protection des cultures au champ (Thiaw et al,

2008). Plusieurs plantes telles que le *Calotropis procera* (Ait.), le *Hyptis suaveolens* (Poir.), l'*Azadirachta indica* (A. Juss), le *Carica papaya* (L.) ... sont utilisées à cet effet (Gueye, 2010).

L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire par la promotion d'une production agricole saine et durable.

Cet objectif se décline en deux objectifs spécifiques à savoir :

- évaluer l'effet des extraits de *Calotropis procera* et *Hyptis suaveolens* sur les ravageurs du maïs.
- évaluer l'incidence des applications des extraits de *Calotropis procera* et *Hyptis suaveolens* sur le rendement du maïs

Ce mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre présente la synthèse bibliographique, le deuxième, le matériel et les méthodes utilisés et le troisième les résultats et leur discussion.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités sur le maïs

1.1.1. Systématique, Origine et distribution

Le maïs (*Zea Mays*) est une plante herbacée tropicale appartenant à la famille des graminées comme le riz, le mil et le sorgho. Il appartient à la sous famille des panicoidées avec le sorgho et la canne à sucre. Le genre *Zea* ne comporte qu'une seule espèce : *Zea mays*. Cette dernière est subdivisée en quatre sous espèces dont le maïs proprement dit et les trois téosintes annuelles (Mémento de l'agronome, 2002).

Le maïs est une plante cultivée par les amérindiens dans la haute vallée du Mexique il y a 9000 ans (Imane, 2017). Il provient de l'évolution du téosinte.

En effet l'évolution naturelle ainsi que la sélection massale effectuée par les agriculteurs ont permis d'obtenir des variétés de moins en moins sauvages et plus productives en termes de graines, aboutissant ainsi au maïs.

Le maïs a été découvert par les européens en 1442 grâce à Christophe Colomb lors de son voyage dans le Caraïbe et sa culture commença au début du 16^{ème} siècle sur la péninsule ibérique. Quant à l'Afrique, il y a été introduit suivant deux voies : en Egypte vers 1540 par la Turquie et la Syrie et dans la région du golfe de Guinée par les portugais (Chastanet, 1998).

La voie empruntée par le maïs pour atterrir au Sénégal n'est toujours pas exactement défini. Néanmoins il est établi qu'il a atteint la vallée du fleuve Sénégal à la fin du 17^{ème} siècle et que les commerçants soninkés l'auraient emporté lors de leurs traites sahariennes et européennes.

Suivant la logique de son accès en Afrique, en passant d'une part par la Guinée et d'autre part par l'Égypte, il faut aussi noter deux voies d'entrées du maïs au Sénégal. En effet le maïs tendre proviendrait de la Guinée et le maïs dur de l'Égypte (Chastanet ;1998).

Il faut aussi noter que le caractère allogame du maïs favorise la mutation, ainsi l'apparition de nouvelles variétés rend beaucoup plus difficile le retracement de ses origines (Pernès ;1986).

1.1.2. Exigences édapho-climatiques

Le maïs est cultivable sur pratiquement tous les types de sols, sauf s'ils sont trop argileux ou trop sableux. En effet les sols trop argileux retiennent trop d'eau pouvant conduire à l'asphyxie de la plante. Et les sols trop sableux ne retiennent pas assez d'eau favorisant ainsi un déficit hydrique. Ce dernier est fatal à la plante de maïs surtout lors des phases de floraison et de fructification. Malgré sa plasticité édaphique, le maïs se développe mieux sur les sols profonds, riches en humus, bien drainés et alluvionnaires (ANADER, 2017 ; Rouanet, 1997).

Le maïs est cultivé sous une large gamme de climat néanmoins il préfère les zones d'une pluviométrie annuelle comprise entre 800 et 1200 mm, d'une température de 10 à 19 °C et d'une altitude ne dépassant pas 1800m (Agridea, 2007).

1.1.3. Description botanique

1.1.3.1. Organes végétatifs

Le maïs est une herbacée pouvant atteindre 5m de hauteur. Mais les variétés souvent cultivées ne dépassent pratiquement pas les 3m de hauteur.

Les racines, du type fasciculé, sont superficielles et ne dépassent pas 50 cm de profondeur. Des racines adventives aériennes ou crampons se forment sur les nœuds de la base des tiges.

La tige est longue de 1,5 à 3,5 m et d'un diamètre variant de 5 à 6 cm. Elle est lignifiée, remplie d'une moelle sucrée, formée de nœuds et d'entre-nœuds (d'une vingtaine de cm chacune). Au niveau de chaque nœud est insérée une feuille de façon alternative sur la tige (Ndiaye, 1987).

Les feuilles sont de grande taille (jusqu'à 10 cm de large et 1 m de long) et engainantes (qui collent à la tige par sa base) avec un limbe plat allongé en forme de ruban à nervures parallèles. Entre le limbe et la gaine, on distingue une petite ligule (Gay, 1984)

1.1.3.2. Organes reproducteurs

On trouve sur un même pied, une inflorescence mâle et des inflorescences femelles séparées. L'inflorescence mâle est une panicule terminale composée d'épillets contenant chacun deux fleurs mâles. Les fleurs mâles sont composées de glumes et glumelles entourant trois étamines. Chaque pied comporte une à quatre inflorescences femelles. Celles-ci 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 un « raffe » sur lequel 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 à l'extrémité supérieure des épis sous forme de stigmates filiformes ou de soies vertes ou rosées. Les fleurs femelles possèdent chacune un ovaire surmonté d'un stylet très long.

Un pied donne naissance à trois ou quatre épis, 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 raffe.

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 150 g à 330 g 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 bactéries.

Les réserves énergétiques représentent 80 à 84 % du poids total du grain frais. Composées de féculés (90 %) et de protéines (7 %), accompagnées par des huiles, des minéraux et d'autres composés, elles fournissent de l'énergie à la plante au cours de son développement. Le germe à l'extrémité inférieure du grain occupe 9,5 à 12 % du volume total de la graine. Le germe contient un pourcentage élevé (35 à 40 %) de l'huile de la graine mature.

1.1.4. Les différentes phases de développement du maïs

Le développement du maïs se fait en quatre phases que sont : la germination, la croissance, la floraison, la maturation. Le temps que dure chacune de ces phases dépend essentiellement des conditions écologiques du milieu et de la variété. Néanmoins on peut retenir des intervalles de temps permettant de juger de la bonne ou mauvaise croissance du maïs (Tableau 1)

Tableau 1 : les phases de développement du maïs
(Semaie-pedagogie.org)

Phases de développement	Durée en jours après semis
Germination	1 à 10
Croissance	10 à 60
Floraison	60 à 75
Maturation	75 à 90

1.1.5. L'importance socio-économique du maïs

Le maïs est la principale céréale produite dans le monde. Sa production a atteint 1 124 millions de tonnes en 2019 et la valeur des exportations a atteint 33,9 millions de Dollars en 2018.

Les principales zones de production du maïs sont les usa, la chine, l'Europe et l'Amérique du sud regroupant ainsi plus de 80% de la production mondiale (Tableau 2).

Tableau 2 : les principales zones de production du maïs
Source (Semaie-pedagogie.org)

Zones	% de production
USA	32
Chine	23
Europe	12
Amérique du sud	15

Malgré sa position sur le classement de la production, l'Union Européenne fait partie des plus grands importateurs de maïs avec comme principal fournisseur l'Ukraine.

En Afrique et dans certains pays asiatiques, la culture du maïs est extensive ou du moins semi intensif et est souvent utilisée pour l'alimentation humaine.

La politique des états africains encourage vivement la culture du maïs. Sa valeur ajoutée est estimée à plus de 2 milliards d'euros. Elle profite principalement aux populations rurales et assure plus de dix millions d'emplois permanents (Baris, 2009).

Au Sénégal pour une question d'habitude alimentaire, le riz occupe toujours la première place sur la consommation. Toutefois un retour progressif des populations vers les produits locaux, notamment le maïs, est noté. Il est principalement produit dans les régions de Fatick, Kaolack, Kolda, Tambacounda et Ziguinchor (Gueye et al, 2012). C'est en 2003 que la production du maïs au Sénégal a atteint son niveau le plus haut car ayant été choisi comme spéculation test pour un vaste programme gouvernemental pour la réalisation de la sécurité alimentaire (Fall et al, 2004).

Le maïs peut se consommer à l'état grain (cuit, bouilli, grillé), mais il est souvent transformé en farine et permet d'obtenir plusieurs produits jouant un rôle important dans l'alimentation humaine.

Au Sénégal, après le mil, le maïs est la deuxième céréale la plus transformée par les entreprises de transformation primaire, soit 13,8 kg de maïs par semaine par unité de transformation (Barro, 2021). À l'instar des transformateurs primaires, le maïs fait partie des principales matières premières des transformateurs secondaires. Les entreprises de transformation semi-industrielle utilisent en moyenne 1207 kg de maïs grain par mois (IPAR, 2021).

Le maïs offre de nombreux débouchés aux différents acteurs des chaînes de valeur agricoles, allant des producteurs, aux transformateurs ainsi qu'aux commerçants.

1.1.6. Contraintes à la production du maïs

En Afrique, particulièrement au Sénégal, le rendement des cultures céréalières est largement en deçà des attentes (Gueye, 2011). Le bilan de la recherche agricole stipule que toutes les cultures sont pratiquement confrontées aux mêmes problèmes : déficits hydrique récurrents, mauvaises herbes, épuisement progressif des éléments nutritifs du sol (...), maladies et ravageurs (Ba *et al.*, 2005 ; Ndiaye *et al.*, 2005). Ces dernières sont en grande partie la cause des pertes. Ce qui pousse Labeyrie (1992) à dire qu'en Afrique les paysans travaillent pour les insectes. Les

ravageurs s'attaquent à toutes les parties de la culture du maïs et à tous les stades de son développement. Le groupe des lépidoptères Hétérocères dont font parties les vers gris, les chenilles légionnaires, les chenilles de l'épi, les foreurs des tiges et les teignes des grains est le plus nuisible au maïs à l'échelle mondiale. Il est suivi du groupe des coléoptères auquel appartiennent les vers des racines, les vers fil de fer, les vers blancs, les foreurs des graines et les charançons puis des insectes qui jouent le rôle de vecteurs d'agents pathogènes (virus, mycoplasmes, bactéries et champignons) parmi lesquels les homoptères suceurs de sève (cicadelles et pucerons) (Ortega,1998).

1.1.6.1. Insectes ravageurs du maïs

❖ L'altise du maïs : *Chaetocnema pulicaria* (Melsheimer.)

Le *Chaetocnema pulicaria* est un insecte Coléoptères de la famille des Chrysomélidés. Cet insecte est le principal vecteur de la bactérie, *Pantoea stewarti*, agent pathogène responsable de la flétrissure de Stewart, maladie endémique des cultures de maïs aux USA.



Photo 1 : L'altise du maïs (*Chaetocnema pulicaria*)

Source : omfra.gov.on.ca

Les attaques des altises du maïs se traduisent par de fines et longues lésions en forme de griffures sur les feuilles. Ces dégâts n'entraînent pas des pertes significatives de rendement, car la feuille est impliquée à 20 % dans le rendement, le grain à 50 % et la tige avec les fleurs à 30 %. Le si peu de feuilles que les altises attaquent n'a pas d'incidence sur les rendements (PRO-AGRO, 2012).

❖ La chrysomèle des racines : *Diabrotica virgifera* (Leconte.)

C'est une espèce d'insecte, de l'ordre des coléoptères, de la famille des Chrysomélidés, probablement originaire d'Amérique centrale. C'est un ravageur des cultures de maïs, présent dans toute la zone de culture intensive du maïs aux Etats-Unis et au Canada, nouvellement apparu en Europe, et repéré en France en 2002 où il est considéré comme une espèce invasive.

L'insecte adulte mesure de 5-6 mm de long et présente des élytres jaune vif ornés de deux lignes noires longitudinales. Il est reconnaissable par ses longues antennes implantées l'une près de l'autre sur le front et rabattues vers l'arrière le long du corps.



Photo 2 : *La chrysomèle des racines (Diabrotica virgifera),*

Source : irrisphytoprotection.qc.ca

Les adultes peuvent se nourrir non seulement sur le maïs, mais aussi sur de nombreuses autres plantes. Ils se nourrissent aussi du pollen de certaines espèces. Les larves, bien plus « nuisibles », attaquent surtout les racines du maïs. Les plants attaqués prennent une allure en « col de cygne » caractéristique (PRO-AGRO, 2012).

❖ **Le puceron du maïs : *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.)**

C'est une espèce d'insecte hémiptère de la famille des Aphididés, à répartition cosmopolite.



Photo 3 : *Puceron du maïs (Rhopalosiphum maidis)*

Source : www7.inra.fr

Ces insectes parasitent diverses plantes, notamment des graminées, le sorgho étant leur hôte préféré. Ils peuvent causer quelques dommages sur les cultures de maïs, notamment du fait du miellat qu'ils excrètent, en particulier quand ce phénomène coïncide avec l'émergence des barbes (Styles) du maïs. Ils sont aussi le vecteur de diverses maladies (PRO-AGRO,2012).

❖ **Cicadelle du maïs : *Zyginidia scutellaris* (Herrich-Schäffer)**

Cette cicadelle est le plus souvent présente sur le maïs durant les années à printemps sec et chaud. Elle entraîne une dépigmentation des feuilles à la base des plantes.



Photo 4 : Cicadelle du maïs (*Zyginidia scutellaris*),
Source : alamyimages.fr

En effet, dès le stade 5-6 feuilles, on observe des ponctuations blanches sur les feuilles de la base des plantes. Les dégâts se propagent verticalement sur les étages foliaires supérieurs.

Dans la majorité des cas, seules les feuilles de la base de la plante sont atteintes et les conséquences économiques sont nulles. On considère que la nuisibilité est significative lorsque la feuille de l'épi commence à porter des traces blanches. En cas de pullulation, les pertes peuvent atteindre 10 à 15 % du rendement. Cette cicadelle ne transmet pas de virus.

L'incidence peut être plus forte si la surface foliaire des plantes est moins importante (PRO-AGRO,2012).

❖ **La larve de la pyrale du maïs : *Ostrinia nubilalis* (Hübner)**

C'est une espèce de lépidoptère de la famille des *Crambidae*. Les chenilles de cette espèce sont connues pour propension à attaquer les cultures de maïs, dont elles sont le principal ravageur, ainsi que d'autres plantes cultivées comme le tournesol, le houblon, le chanvre, les chrysanthèmes, la pomme de terre, etc.



Photo 5 : pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) (A) et sa larve (B),
Source : irrisphytoprotection.qc.ca

La pyrale du maïs est le ravageur aérien le plus fréquemment observé. Sa nuisibilité est cependant très variable selon son abondance et sa biologie. Ces deux éléments sont variables selon les secteurs géographiques (PRO-AGRO, 2012).

La pyrale est susceptible de provoquer des dégâts directs de plusieurs quintaux par la baisse du Poids Mille Grains et par la casse des tiges et des pédoncules. Elle provoque aussi des dégâts indirects, lorsque la seconde génération se développe sur les épis et crée des portes d'entrée au *Fusarium* de la section *liseola*, responsable de la production des fumonisines. Les conséquences en termes de qualité sanitaire sont alors importantes.

❖ **Le ver gris noir de *Agrotis ipsilon* (Hufnagel.)**

La Noctuelle ipsilon ou Noctuelle baignée, *Agrotis ipsilon*, est une espèce de papillon de la famille des *Noctuidae*, de la sous-famille des *Noctuinae* et du genre *Agrotis*, à répartition cosmopolite. La chenille, appelée « ver gris » est, pendant les premiers stades de développement larvaire, un ravageur de nombreuses plantes sauvages et cultivées (PRO-AGRO,2012).

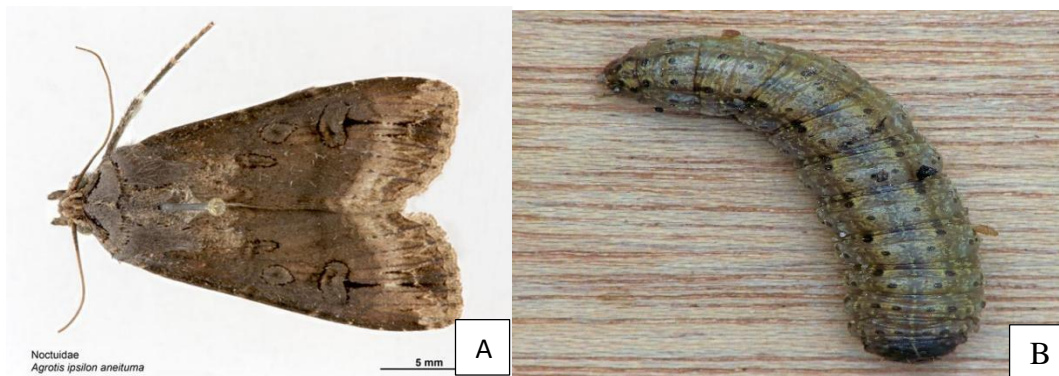


Photo 6 : *Agrotis ipsilon* (A) et sa larve (ver gris noir) (B),
Source : irrisphytoprotection.qc.ca

❖ **Le ver de l'épi du maïs (*Helicoverpa zea*, Boddie)**

C'est une espèce d'insecte lépidoptère de la famille des *Noctuidae* originaire d'Amérique du Nord. La chenille, ou « ver de l'épi du maïs », se nourrit des épis de maïs dans lesquels elle creuse des galeries, ce qui en fait l'un des ravageurs les plus destructeurs des cultures de maïs (PRO-AGRO, 2012).



Photo 7 : *Helicoverpa zea* (A) et sa chenille (ver de l'épi du maïs) (B)
Source : irrisphytoprotection.qc.ca

1.1.6.2. Les maladies du maïs

❖ Le charbon des inflorescences, l'helminthosporiose fusiforme

Il est dû à un champignon qui s'attaque aux épis et tiges provoquant des malformations et des poussières noires : *Helminthosporium turcicum*. L'infection commence par une décoloration jaune ponctuelle sur la ou les feuilles concernées. C'est le point de départ d'une tache qui deviendra fusiforme et verdâtre puis grise. Les taches peuvent avoir au départ un aspect huileux et se développent parallèlement aux nervures. Une poussière noirâtre correspondant à la sporulation du champignon peut se former dessus. Les taches vont ensuite se multiplier et progresser jusqu'à envahir l'ensemble du limbe voire, l'ensemble de l'appareil foliaire. Le plus souvent, c'est après la floraison que les symptômes visuels sont les plus faciles à repérer (PRO-AGRO, 2012).

Suivant le contexte climatique (chaud ou froid, sec ou humide), la maladie peut arrêter de se développer et provoquer des dégâts insignifiants. Ou bien les taches peuvent continuer leur progression entraînant échaudage et perte majeure de rendement.

Dans ce second cas, le développement des taches et leur explosion au tout début de la floraison peut anéantir la production de maïs. Les dégâts sont importants, supérieurs à 20 q/ha voire beaucoup plus lorsque l'attaque est précoce, du fait de l'altération du remplissage du grain (poids de mille grains réduit). Les dégâts s'amenuisent au fur et à mesure que la maladie se déclenche vers la fin de cycle.

Les symptômes de la Rouille du maïs apparaissent sur les feuilles inférieures sous la forme de petites pustules brun rougeâtres (couleur de rouille) poussiéreuses de 1 mm. À maturité, ces pustules deviennent noires et colonisent toutes les parties aériennes de la plante.

❖ La Rouille commune

Elle est causée par une espèce de champignon (*Puccinia sorghii*) infectant le maïs et les espèces du genre végétal *Oxalis*. *Puccinia sorghii* apparaît souvent pour la première fois après l'apparition de soies dans le maïs. Le premier symptôme précoce, comprend des taches chlorotiques sur la feuille. Le signe évident de ce phytopathogène est la présence des pustules ou des bosses brun doré sur la surface aérienne du tissu végétal. Ces bosses sont urédinospores et peuvent se propager à d'autres plantes et provoquer une infection supplémentaire. Bien qu'elles ne mesurent que 1 à 2 mm chacun, ils sont très nombreux avec des fréquences égales sur les surfaces supérieure et inférieure des feuilles.

Avec le temps, ces bosses peuvent passer du brun au noir, passant des urédospores aux téliosporos. L'endroit le plus courant pour trouver ces spores est la surface de la feuille de la plante, mais elles peuvent se développer sur les cosses, les pompons, et les tiges aussi. *P. sorghi* a deux hôtes.

Le maïs et les végétaux du genre *Oxalis* sont les deux hôtes pour *P. sorghi*. L'autre type commun de rouille du maïs (rouille du sud) (*Puccinia polysora*) a une plus grande diversité d'hôtes (maïs, panache d'argent, *Gamagrass oriental*, *Tripsacum lanceolatum*, *T. laxum*, et *T. pilorum*. (PRO-AGRO,2012)).

❖ **L'Anthracnose du maïs**

L'anthracnose du maïs est une maladie cryptogamique qui affecte les cultures de maïs. Elle est due à une espèce de champignon (*Colletotrichum graminicola*) du groupe des ascomycètes. Elle se manifeste d'abord par des taches brunes sur la face inférieure des feuilles. Ces dernières s'étendent dans les tiges et finissent par provoquer la verse de la culture. Un climat chaud, humide et pluvieux favorise l'extension de cette maladie, contre laquelle il n'existe pas de traitement fongicide efficace (PRO-AGRO, 2012).

L'anthracnose du maïs s'attaque à la fois aux feuilles et aux tiges et se manifeste par des taches foliaires et par la pourriture de la tige. Les taches foliaires, ovales ou fuselées, mesurent jusqu'à 15 mm de long, avec un centre de couleur brun clair et un contour brun rougeâtre. Les taches isolées peuvent se rejoindre, formant des stries le long de la feuille ou de la nervure principale. Les tissus proches des zones infectées jaunissent souvent. Ces symptômes apparaissent d'abord sur les feuilles de la base, puis progressivement sur les feuilles supérieures. Dans certains cas, l'extrémité supérieure de la plante peut dépérir et se dessécher.

Sur la tige, les premiers symptômes sont des stries noires linéaires, apparaissant tard dans la saison de croissance. Puis des zones noires plus grandes se développent au niveau des entrenœuds. En ouvrant la tige, on peut observer la moelle qui se colore en brun foncé. Les tiges gravement infectées sont très sujettes à la verse.

❖ **Fusariose de la tige du maïs**

Elle est causée par des champignons (*Fusarium graminearum*, *Gibberella zea*) provoquant des lésions ou taches externes sombres au niveau des nœuds inférieurs. À l'intérieur de la tige, le tissu pourri de la moelle prend une couleur rose saumon.

La pourriture des tiges se manifeste surtout chez les plantes en maturité pour le maïs fourrage et le maïs grain. Elle est causée par des champignons du sol (différentes espèces de la famille

des “*Fusarium*”) qui se développent sur les racines. Il s’agit d’une maladie du vieillissement de la plante entraînant une pourriture des racines. Ces attaques surviennent souvent après un stress tels que période humide et/ou déficit d’insolation. Des conditions sèches et lumineuses ne sont pas propices au développement de ces champignons (PRO-AGRO, 2012).

❖ La striure du maïs

Elle est causée par le Virus de la striure du maïs, ou *Maize Streak Virus* (MSV), qui est une espèce de phytovirus pathogène des cultures de maïs, du genre *Mastrevirus* (dont il est l’espèce type) et de la famille des *Geminiviridea*. Ce virus, transmis par des insectes, est endémique en Afrique subsaharienne.

Le principal vecteur du MSV est une cicadelle, *Cicadilina mbila*, mais d’autres espèces de cicadelles sont également capables de le transmettre, comme *Cicadulina storeyi*, *Cicadulina arachidis* et *Cicadulina dabrowski*.

Les symptômes de cette maladie varient légèrement suivant la variété de la plante et les conditions environnementales. Au premier stade de l’infection, de petites taches chlorotiques et circulaires peuvent être vues à la base des jeunes feuilles. A mesure que la maladie progresse, le nombre de taches augmente et elles tendent à se rejoindre. Chez les variétés plus susceptibles, les taches se développent en stries étroites blanches à jaunes, parallèles aux nervures foliaires. Si l’infection est précoce, les stries recouvrent entièrement la feuille ralentissant la croissance et engendrant un développement incomplet des inflorescences et des épis ainsi qu’un remplissage incomplet des grains (PRO-AGRO, 2012).

1.2. Méthodes de lutte contre les ravageurs du maïs

Face à la menace que constituent les insectes, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l’utilisation des pesticides de synthèses (Gueye et al. 2011). A un certain niveau, ces derniers deviennent nuisibles et leurs conséquences affectent l’environnement et les êtres vivants (Tableau 3).

Tableau 3 : Conséquences de l’utilisation des pesticides

Sur l’environnement	Sur la santé humaine
----------------------------	-----------------------------

Résistance des insectes aux pesticides	Contamination des producteurs
Contamination de la nappe phréatique	Apparition de nouvelles maladies
Contamination des eaux de surface	Intoxication chronique des consommateurs
Contamination des ressources halieutiques	
Contamination des produits agricoles	
Perte de biodiversité...	

Ainsi le défi actuel est de trouver des moyens de lutte moins dommageable pour l'environnement. Depuis très longtemps, les plantes font l'objet de divers usages notamment comme condiments, pour la pharmacopée et pour lutter contre les bioagresseurs. Aujourd'hui, les extraits des plantes sont de plus en plus utilisés.

Suivant le procédé d'extraction (physique ou chimique) nous pouvons avoir des extraits aqueux, alcooliques ou lipidiques. Un extrait végétal est un ensemble composé de molécules volatiles, odorantes, renfermées dans les feuilles et les fleurs, mais également dans les graines, les racines et les écorces des plantes. Ces composés allélochimiques sont impliqués dans la communication interspécifique et sont abondants dans les plantes.

Au Sénégal un bon nombre de plantes est utilisé à cet effet (Tableau 4).

Tableau 4 : les plantes utilisées au Sénégal pour la protection des cultures

Espèces	Famille	Partie utilisées	Références
<i>Azadirachta indica</i>	Méliacées	Feuilles, Graines	Seck, 1993
<i>Boscia senegalensis</i>	Capp aracées	Feuilles, fruits	Seck et al,1994
<i>Calotropis procera</i>	Asclépiadacées	Feuilles	Thiaw et al, 2007
<i>Senna occidentalis</i>	Césalpiniacées	Feuilles, Graines	Seck, 1993
<i>Cymbopogon sp</i>	Poacées	Feuilles	Boeke et al,2004
<i>Hyptis suaveolens</i>	Lamiacées	Feuilles	Boeke et al,2004
<i>Piper guineense</i>	Pipéracées	Feuilles	Keita et al, 2000
<i>Striga hermonthica</i>	Scrophulariacée	Feuilles	Kiendrebeogo et al,2006
<i>Tagetes minuta</i>	Astéracées	Feuilles	Keita et al,2000
<i>Securidaca longepeduncula</i>	Polygalacées	Feuilles, Fruit	Seck, 1993

Le *calotropis procera* et le *Hyptis suaveolens* présentent en particulier des propriétés leur permettant d'aider à la lutte contre les insectes.

❖ Le *Calotropis procera*

Calotropis procera (Aiton) ou pommier de Sodome appartient à la famille des *Asclepiadaceae* et au genre *Calotropis*.

Selon les lieux, le pommier de Sodome est un arbuste nettement divergent à la base, d'environ 2 m de haut, ou un arbre au tronc droit, à cime irrégulière. Il atteint parfois 4m et l'écorce crevassée, beige claire, s'apparente au liège.

Les feuilles simples, larges de 8 à 15 cm, sont coriaces et persistantes. Opposées, sessiles et de forme obovale, elles sont légèrement pointues, parfois à base cordée. Elles ont une couleur vert glauque sur le dessus et plus grisâtre au dos, car elles sont pubescentes.

Les inflorescences en cymes portent de magnifiques fleurs odorantes à cinq pétales, dont la couleur varie du blanc vert au rose pourpre ou mauve.

Les fruits sont de gros follicules renflés ovoïdes, évoquant des pommes vertes, d'où son nom. Ils renferment une quantité de graines aplaties, bien rangées, avec à leur sommet une touffe de soies blanches.

La floraison se fait toute l'année, aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies. La reproduction se fait par les graines (Nacoulma, 1996 cité par Nikiema., 2005).

Le *Calotropis procera* contient un latex blanc toxique, qui s'écoule à la moindre blessure (Benchelah et al., 2006). Le tableau 5 présente quelques groupes de substances et substances isolées de *Calotropis procera* (Hans-Dieter Neuwinger, 1990 Cité par Nikiema, 2005).



Photo 8 : image du *Calotropis procera* (source : tramil.net)

Tableau 5 : Principes actifs de *Calotropis procera* (Nikiema, 2005)

Groupe de substances	Substances isolées	Références
Cardénolides	Calotropine 0,165% Calotropagénine 0,087%	Hesse et Reicheneder (1936)
	Ucharine Ucharidine Calotropine Calotoxine Uzarigénine Acide -19 –calotropine	Brüschweiler (1969)
	Proceroside	Qudrat-I-khuda et Amir (1969)
Polysaccharide	D-glucose +D-arabinose + D-glucosamine +L-rhamnose	Qudrat-I-khuda et Amir (1969)

Parmi les principes actifs très virulents présents dans le latex, on note en particulier la calotropine. (BENCHELAH *et al.*, 2006)

❖ **Le *Hyptis suaveolens***

H. Suaveolens est une plante arbustive, fortement odorante, mentholée et pubescente qui pousse à l'état sauvage en colonies denses le long des rues, dans les jardins et les brousses en régions tropicales. C'est une plante d'environ 2 m de haut qui possède des fleurs axillaires en cymes pauciflores. La corolle de la fleur est bleue et fait 6mm de long. Sa floraison et sa fructification se déroulent en août, septembre et novembre.

Appartenant à la famille des *Lamiaceae* et originaire d'Amérique tropicale, *H. suaveolens* est largement répandue en Afrique, en Asie tropicale et en Australie (Fun & Svendsen, 1990 ; Singh et Handique 1997 et Ahoton *et al.*, 2010).



Photo 9 : image du *Hyptis suaveolens* (source : indiabiobiodiversity.org)

Des études ethnobotaniques réalisées au Kenya sur des plantes traditionnellement utilisées contre les moustiques ont montré qu'un bon nombre de ces plantes chassent efficacement les

moustiques lorsqu'elles sont brûlées la nuit dans les chambres par les populations locales. Parmi ces plantes figure *H. suaveolens* (Seyoum *et al.*, 2002). Duke (2009) a également inscrit *H. suaveolens* dans sa base de données phytochimiques et ethnobotaniques comme une plante insectifuge. L'analyse phytochimique de *H. suaveolens* réalisée par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse, a permis de détecter les principaux composés volatiles contenus dans les feuilles de cette plante. Il s'agit de : β -caryophyllène, bergamotène, terpinolène, l'humulène, sabinène et limonène (Bin Din *et al.*, 1988 ; Peerzada, 1997 et Jaenson *et al.*, 2006). La plupart de ces composés ont été rapportés comme insectifuges et insecticides. Le β -caryophyllène qui est classé en tant que substance insectifuge et parasiticide est, en termes de pourcentage, le composé volatile le plus important identifié dans *H. Suaveolens* (Bin Din *et al.*, 1988 ; Asekun & Ekundayo, 2000 ; Wheeler *et al.*, 2003 ; Malele *et al.*, 2003 ; Jaenson *et al.*, 2006)

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation du site expérimental

L'essai a eu lieu dans la station agricole de l'ISRA / CRA de Djibélor, sur une superficie de 142,5 m². Le Centre de Recherche Agricole (CRA) de Djibélor se trouve dans la commune de Niaguis, département et région de Ziguinchor (figure 1). Le climat de type Sud soudanien-côtier (Sagna, 2007) est marqué par deux saisons : une saison des pluies de courte durée (de juin à octobre) et une saison sèche longue de 7 mois (novembre à mai) avec une pluviométrie moyenne annuelle de 2042 mm en 2020 (ANACIM, 2020). Et la température moyenne annuelle relevée au niveau du site expérimental pour l'année 2014 est de 27°C (ANSD, 2017).

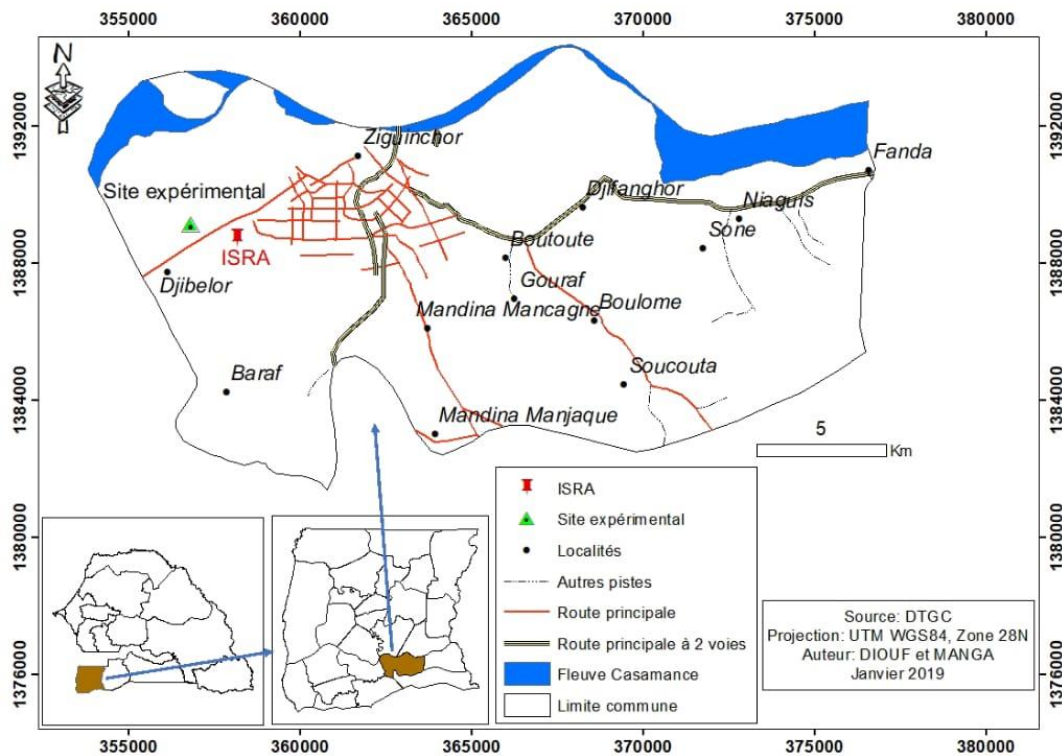


Figure 1: carte de localisation du site expérimental
Source : Manga et Diouf (2019)

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la variété Obatampa du maïs caractérisée par un cycle de maturité variant entre 95 et 100 JAS, un rendement potentiel de 3 tonnes/ha et une hauteur moyenne de 175 cm. L'espèce présente un bon recouvrement des spathes, une bonne résistance à l'Helminthosporiose et à la rouille. Par contre elle présente une mauvaise résistance à la verse et à la cassure des tiges. Les épis sont de forme cylindro-conique avec des grains de type corné-denté (ISRA, 2012).

2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est en Blocs Complets Randomisés ou Blocs de Fisher avec un facteur (type de traitement phytosanitaire). Il est constitué de quatre blocs comportant chacun quatre parcelles élémentaires de 6m² (3m x 2m) correspondant aux différentes modalités du facteur étudié soit un total 16 (4x4) parcelles élémentaires dans l'ensemble du dispositif. Les blocs ou répétitions sont distants de 1m et les parcelles élémentaires de 0,5m. Chaque parcelle élémentaire comporte 5 lignes de 13 plants chacune et la distance entre les lignes est de 0,5 m et celle entre les plants sur la même ligne est de 0,25m.

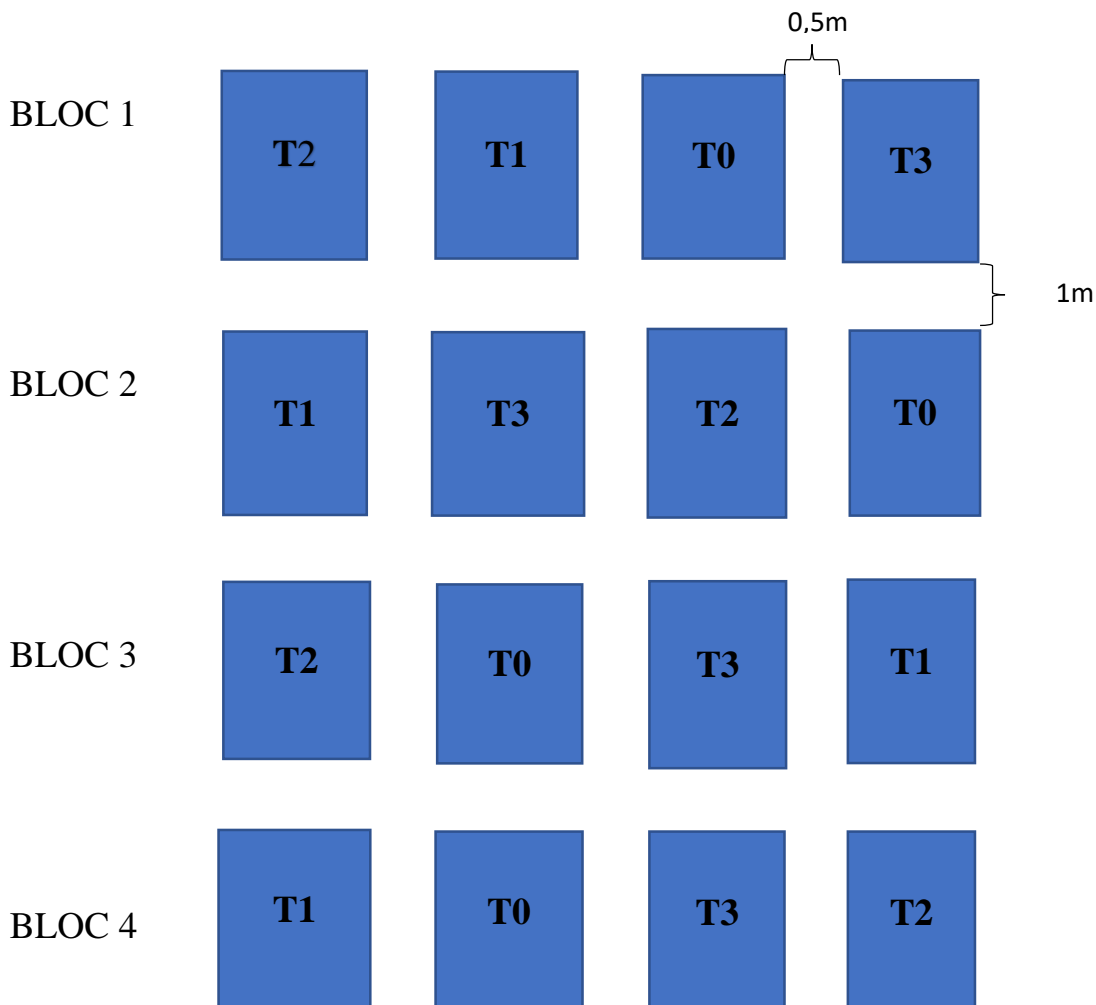


Figure 2 : schéma du dispositif expérimental

Légende :

T0 : traitement témoin

T1 : traitement à base de *Calotropis procera*

T2 : traitement à base de *Hyptis suaveolens*

T3 : traitement chimique (K-OPTIMAL)

2.4. Préparation des produits phytosanitaires (extraits des feuilles de *H. suaveolens* et *C. procera*)

Les extraits des feuilles de *H. suaveolens* et *C. procera* ont été préparés suivant le même procédé. En effet après la récolte des feuilles fraîches, elles ont été découpées en petits morceaux. Puis comme indiqué par Ngom et al. (2020), 400g de feuilles découpées pour chaque espèce ont été broyées à l'aide d'un mixeur. Ensuite, les feuilles broyées ont été mélangés avec un litre d'eau de robinet. Le produit obtenu est filtré à l'aide d'un tissu puis le filtrat est mis dans des bouteilles et gardé au réfrigérateur (Photo 10).



Photo 10 : Matériel de préparation des solutions insecticides bio

2.5. Conduite de l'essai

Après le désherbage et la mise en place du dispositif expérimental, du fumier a été apporté sous forme de fumure de fond dans les parcelles élémentaires en raison d'une brouette soit 57 KG de fumier par parcelle élémentaire. La mise en place du dispositif a été effectuée à l'aide d'un ruban métrique pour la mesure des dimensions et d'une ficelle pour la délimitation des parcelles élémentaires (Photo 11).

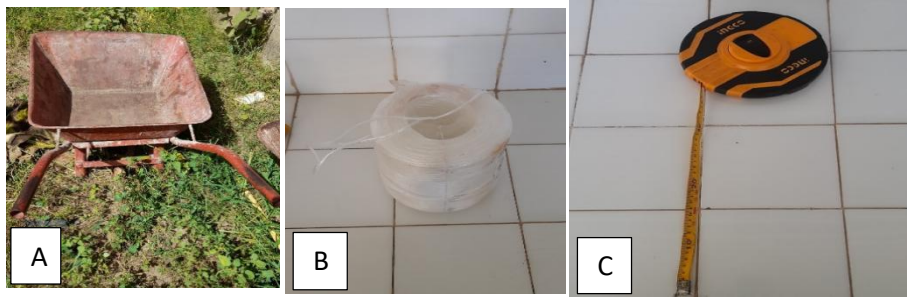


Photo 11 : Brouette (A), ficelle (B) et ruban métrique (C)

Par la suite, pendant une semaine, les parcelles élémentaires ont été arrosées et labourées à l'aide d'une pelle (Photo 12A) en vue d'une homogénéisation du substrat. Elles sont enfin bien nivelées à l'aide d'un râteau (Photo 12B) de telle sorte que la surface de chaque parcelle soit quasiment plane puis le semis a été réalisé le 06 août 2021.



Photo 12 : pelle (A) et râteau (B)

En plus de la fertilisation organique, les plants ont reçu deux doses d'engrais chimiques afin de booster leur croissance. La première dose constituée d'urée et de NPK triple 15 a été apportée à 15 jours après le semis à raison de 200 kg par ha pour chaque produit soit 0,12 Kg par produit et par parcelle élémentaire.

La deuxième dose constituée uniquement d'urée est appliquée au 45ème jour après semis, à raison de 0,12 Kg d'Urée par parcelle élémentaire.

Le buttage a été effectué après l'application de la deuxième dose d'engrais chimique, 45 jours après semis. Ce buttage a consisté à ramener la terre autour des pieds des plants en vue de favoriser l'émission de racines adventives, la croissance de la plante et un port bien dressé.

Le désherbage a été effectué à chaque fois que les mauvaises herbes prolifèrent dans les parcelles.

Afin de protéger les plantes contre les ravageurs, trois produits phytosanitaires ont été utilisés à savoir les extraits de feuilles de *C. procera*, les extraits de feuilles de *H. suaveolens* et un insecticide chimique (K-OPTIMAL). A partir du 25^{ème} JAS, ces produits sont pulvérisés tous les 15 jours à l'aide d'un pulvérisateur de 5L (Photo 13) à une dose de 200ml par parcelle élémentaire pour tous les traitements, suivant les indications du dispositif composé de 4 blocs avec quatre parcelles élémentaires par bloc.



Photo 13 : Pulvérisateur de 5l

2.6. Collecte des données

2.6.1. Données entomologiques

Le premier inventaire des insectes dans les parcelles a été effectué à partir du 25^{ème} JAS. Après cet inventaire, les différentes parcelles élémentaires ont été traitées suivant les indications du dispositif expérimental. Deux semaines après chaque traitement, un nouvel inventaire des insectes a été effectué. Au total, trois traitements phytosanitaires et quatre inventaires ont été effectués au cours de l'essai. Les inventaires ont été effectués la journée (entre 09h et 13h). Les insectes non identifiés directement sont photographiés sur place ou capturés pour une identification au laboratoire du CRA de Djibélor. Ces insectes sont mis dans des boîtes contenant du coton imbibé d'éther (Photo 14B) permettant de les tuer par asphyxie avant de les identifier au laboratoire.

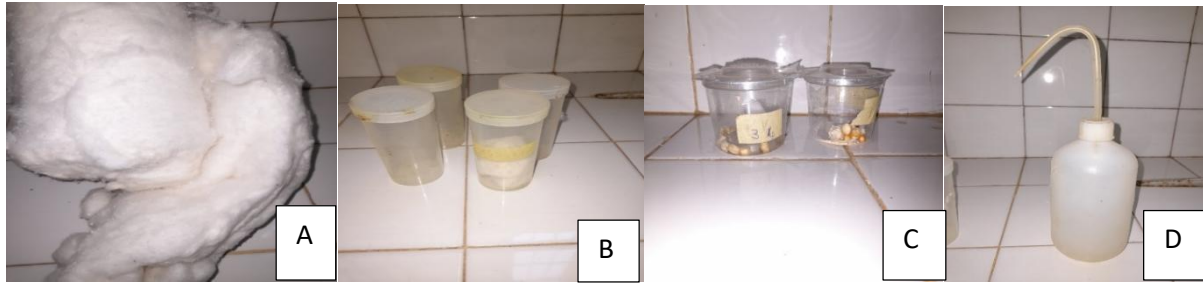


Photo 14 : coton (A) et boîtes avec coton imbibé d'Ether (B), Boîte d'élevage (C) et Pissette à Ether (D)

2.6.2. Données agronomiques

Entre 68 et 75 jours après semis tous les épis de maïs ont atteints la maturité. Ainsi, dans chaque parcelle élémentaire, tous les épis ont été récoltés puis séchés avant d'être pesés à l'aide d'une balance de précision (0,01).

2.7. Traitement des données

Les données collectées ont été saisies à l'aide du tableur Excel qui a permis de calculer certains paramètres de la statistique descriptive (moyenne, fréquence etc.) et d'élaborer les graphiques et tableaux. Les formules suivant ont été utilisées pour évaluer la diversité des insectes dans le site:

- **L'indice de Shannon Weaver (H')**, qui considère à la fois l'abondance et la richesse spécifique, est utilisé pour apprécier la distribution des individus suivant les espèces. Il est compris entre 0 et 4,5. L'indice est minimum quand tous les individus appartiennent à la même espèce. Il est maximal quand chaque individu représente une espèce distincte (Frontier et Pichod-Viale, 1995). Il peut être exprimé en bits et sa formule est :

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

P_i = abondance relative de chaque espèce.

$$P_i = n/N$$

- **L'indice de régularité (E)** qui renseigne sur la distribution des abondances des espèces dans le peuplement. Selon Devineau et al, 1984, cet indice apparait comme un terme de comparaison plus rigoureuse. Il est compris entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand l'ensemble des individus correspond à une seule espèce. Il tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus (Ngom et al., 2018). Cet indice est donné par la formule suivante :

$$E = H'/H_{max}$$

$H_{max} = \log_2(S)$ S = effectif total des espèces.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1. Diversité des insectes inventoriés

L'inventaire des insectes présents dans le site révèle la présence de 22 espèces d'insectes appartenant à 22 genres réparties dans 21 familles et dans 11 ordres (Tableau 6). L'ordre des coléoptères est le plus représenté avec 8 espèces, soit 36,36% des espèces inventoriées.

Tableau 6 : diversité des insectes dans le site expérimental

Ordres	Familles	Genres	Espèces
Coléoptères	Chrysomelidae	Chaetocnema	<i>Chaetocnema pulicaria</i> (F.E. Melsheimer)
	Curculionidae	Strophosoma	<i>Strophosoma melanogrammum</i> (Foster)
	Cerambycidae	Dinoptera	<i>Dinoptera collaris</i> (L.)
	Cantharidae	Rhagonicha	<i>Rhagonicha Fulva</i> (Scopoli)
	Melyridae	Anthocomus	<i>Anthocomus equestris</i> (Erichson)
	Coccinellinae	Coccinella	<i>Coccinella septempunctata</i> (L.)
	Elateridae	Dalopius	<i>Dalopius marginatus</i> (L.)
	Carabidae	Carabus	<i>Carabus sp</i>
Hémiptères	Pentatomidae	Halyomorpha	<i>Halyomorpha halys</i> (Stål)
		<i>Aelia</i>	<i>Aelia accuminata</i> (L.)
	Acanthosomatidea	Elasmucha	<i>Elasmucha grisea</i> (L.)
	Reduviidae	Reduvius	<i>Reduvius personatus</i> (L.)
	Aphrophoridae	Philaenus	<i>Philaenus spumarius</i> (L.)
Blattodea	Blattellidae	Blattella	<i>Blattella germanica</i> (L.)
Dermaptera	Forficulidae	Forficula	<i>Forficula Auricularia</i> (L.)
Mantodea	Mantidea	Mantis	<i>Mantis religiosa</i> (L.)
Lépidoptères	Erebidae	Bombyx	<i>Bombyx disparate</i> (L.)
Odonata	Aeshnoidea	Anax	<i>Anax Imperator</i> (Leach)
Hyménoptères	Formicidea	Formica	<i>Formica sp</i>
Orthoptères	Acrididea	Locusta	<i>Locusta sp</i>
Diptères	Antomyiidae	Anthomyia	<i>Anthomyia sp</i>
Araneae	Eresidea	Eresus	<i>Eresus sp</i>

3.1.2. Effet des traitements sur l'évolution du nombre d'espèces inventoriées

La figure 3 montre que pour quasiment tous les traitements, le nombre d'espèces d'insectes inventoriées décroît du premier inventaire (R1) au quatrième inventaire (R4). Toutefois l'analyse de ce graphique indique que c'est le traitement T2 (extrait de *Hyptis suaveolens*) qui a donné le meilleur résultat. Ce traitement a permis de réduire l'effectif des insectes de 90,9 % par rapport à la situation du premier inventaire. Ce traitement est suivi du traitement T1 (Extraits de *Calotropis procera*) qui a permis de réduire l'effectif des insectes 84,61% (Figure 3). Le traitement T3 (Traitement chimique) a donné un résultat semblable à celui du témoin. En effet, avec le traitement chimique il a été observé une réduction de l'effectif des insectes (53,85%) presque identique à celle observé avec le témoin (55,56%).

Même si le traitement T2 apparaît plus performant, Il est apparu que le traitement T1 (Extraits de *Calotropis procera*) a un effet plus précoce. En effet, le traitement T1 a réduit l'effectif des insectes de 69,23% au troisième inventaire contre 36,36% pour le traitement T2 (Figure 3).

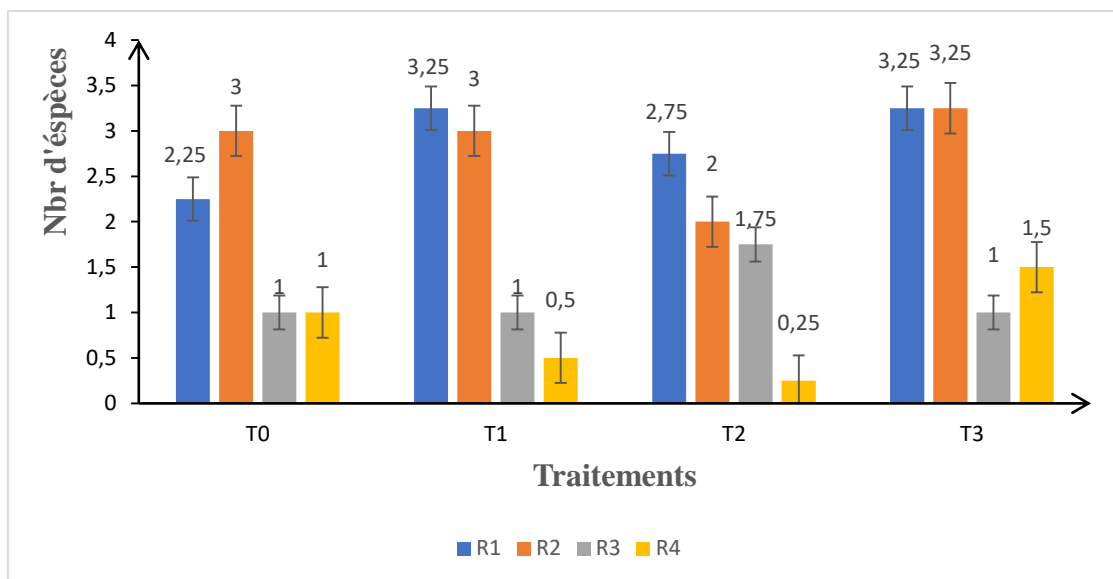


Figure 3 : évolution du nombre d'espèces des insectes en fonction des traitements et des inventaires

3.1.3. Diversité des insectes recensés selon les traitements appliqués

L'analyse de la diversité spécifique en fonction des traitements montre que le milieu est assez diversifié, indépendamment des traitements, avec un indice de Shannon 3,75 et un indice de Pièlou de 0,84. Il est apparu à travers les résultats que les traitements appliqués ont entraîné une baisse de diversité spécifique comparé au témoin. La plus faible diversité est observée avec le

traitement T2 (extrait de *Hyptis suaveolens*) avec un indice de Shannon (H') de 2,95 et indice de Pièlou (E) de 0,66. Il est suivi du traitement chimique, T3 avec un indice de Shannon de 3,36 et indice de Pièlou de 0,75.

Tableau 7 : La diversité des espèces en fonction des traitements

Indice de diversité	Traitements			
	TO	T1	T2	T3
Indice de Shannon (H')	3,75	3,44	2,95	3,36
Indice de Pièlou (E)	0,84	0,77	0,66	0,75

3.1.4. Abondance des insectes recensés selon les traitements phytosanitaires appliqués

D'une manière générale, les espèces sont plus abondantes au relevé R1 correspondant au premier inventaire, qui a eu lieu avant l'application des traitements. Ensuite les espèces deviennent de moins en moins abondantes en passant du relevé 1 (inventaire 1) au relevé 4 (quatrième inventaire). En effet, au premier inventaire avant les traitements, 17 espèces d'insectes ont été inventoriés dans les parcelles. Ensuite, le nombre d'espèces d'insectes est passé de 11 ; 7 et 3 espèces respectivement au relevé 2 ; 3 et 4 (Figure 4). Il apparaît ainsi que les traitements ont entraîné l'absence des certaines espèces. Le relevé 2 a montré que l'espèce qui a bien résisté à la première application des produits phytosanitaires est *Carabus sp.* Cette dernière a présenté une abondance relative allant de 48,84 à 78,57% selon les traitements pour le deuxième inventaire. Le relevé 3 a montré que parmi les espèces inventoriées seule l'espèce *Anax imperator* semble insensible à tous les traitements. En effet, cette espèce a été observée pour tous les traitements avec une abondance relative variant de 20,83 à 37,53% selon les traitements (Figure 4). Quant à l'espèce *Carabus sp.*, elle semble être insensible au traitement chimique avec une abondance relative de 66,67% au relevé 3. Les espèces *Formica sp et Anthomyia sp* sont observées que dans les parcelles ayant reçues un traitement chimique (T3) avec des abondances relatives de 50 et 16,67% respectivement. Le traitement chimique (T3) apparaît donc inefficace pour ces espèces contrairement aux traitements T1 (extrait de *Calotropis procera*) et T2 (extrait de *Hyptis suaveolens*). Les espèces *B. disparate et A. imperator* absentes au relevé 2 sont apparues au relevé 3. Au relevé 4 (inventaire 4), *B. disparate* a disparu dans tous les traitements tandis que l'abondance relative de *A. imperator* a augmentée allant de 27,27 à 100% selon les traitements (Figure 4).

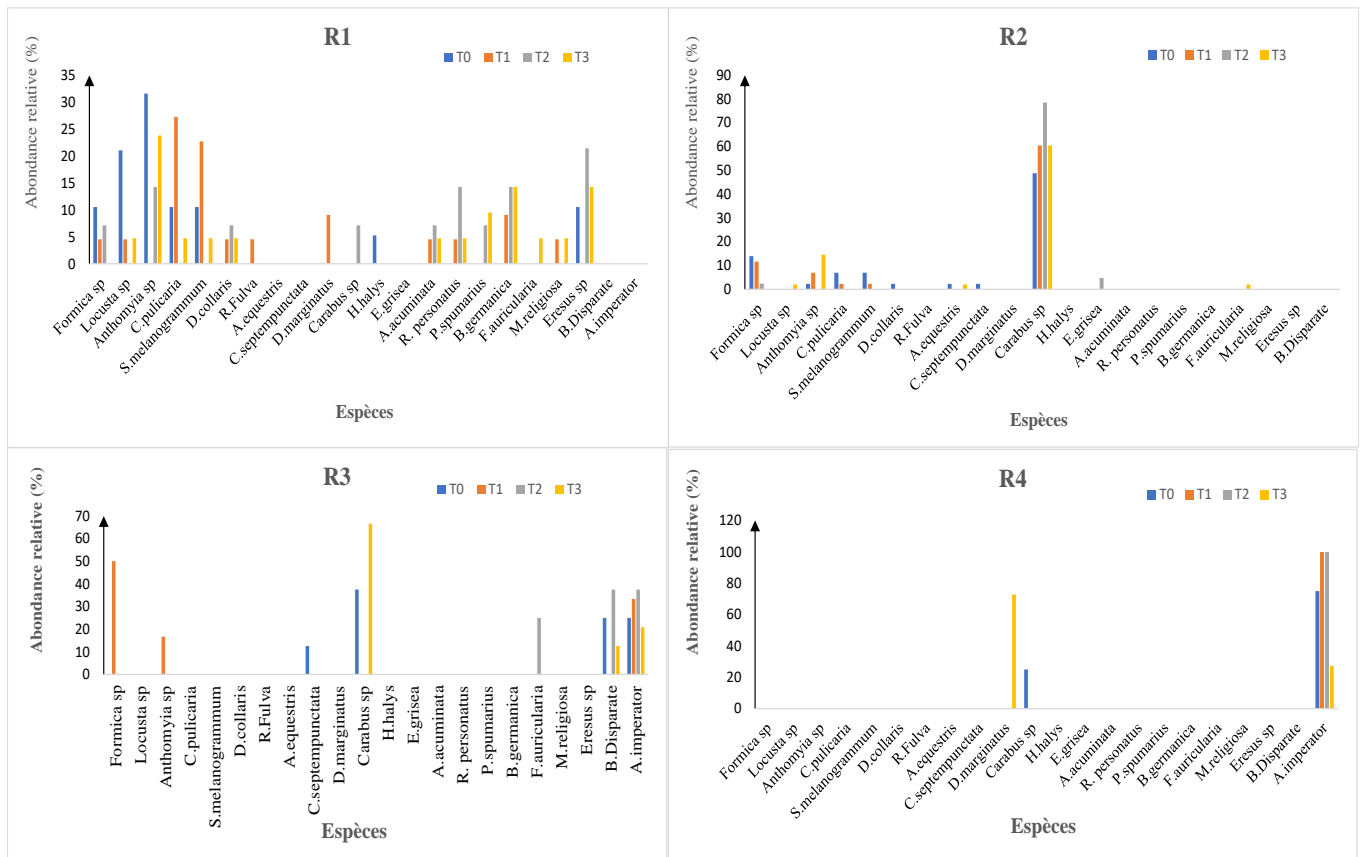


Figure 4 : *abondance relative des espèces inventoriées en fonction des traitements appliqués et des inventaires (R)*

3.1.5. Effet des traitements sur les principaux ravageurs du maïs

❖ *Locusta sp*

L'espèce *Locusta sp* a été observée au niveau de tous les traitements à l'exception du traitement T2 (extrait de *Hyptis suaveolens*) (Figure 5). Toutefois, les traitements n'ont induit aucune différence significative ($P=0,471$) des effectifs de l'espèce *Locusta sp*. Le traitement T2 apparaît en valeur absolue plus efficace contre le *Locusta sp*. Il est suivi par le traitement T1 (extrait de *Calotropis procera*) où il a été observé en moyenne pour les quatre relevés effectués un effectif de ce ravageur de 0,06 individus. Le traitement T3 est apparu moins efficace en valeur absolue comparé aux traitements T1 et T2 (Figure 5).

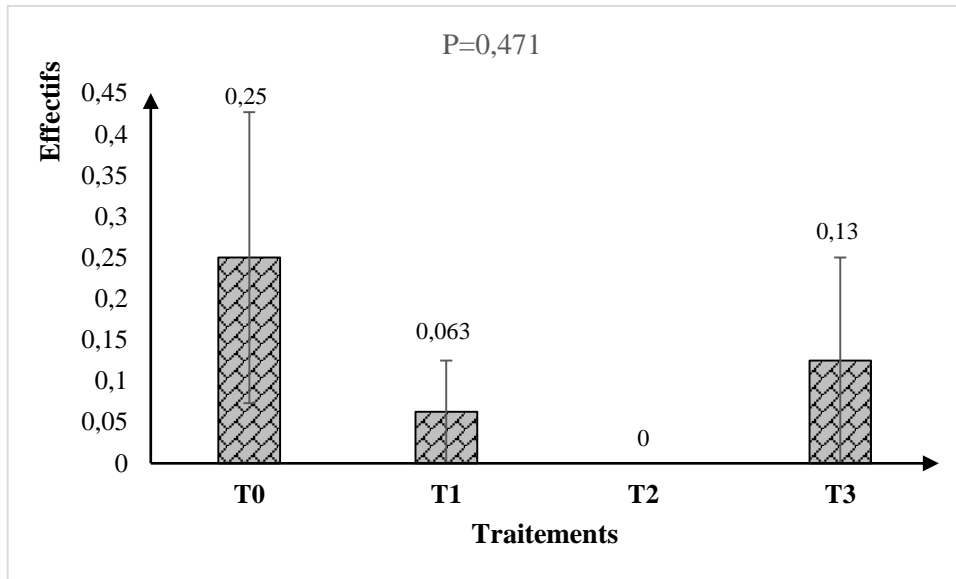


Figure 5 : effet des traitements sur l'espèce *Locusta sp* (orthoptères)

❖ ***Chaetocnema pulicaria***

L'analyse de la figure 6 n'a révélé aucune différence significative de l'effectif de l'espèce *Chaetocnema pulicaria* entre les traitements ($P=0,492$). Cette espèce a été observée au niveau de tous traitements excepté le traitement T2 (extrait de *Hyptis suaveolens*). Ce dernier est apparu donc en valeur absolue plus performant. Il est suivi du traitement chimique T3 où il a été enregistré en moyenne pour les quatre relevés un effectif de 0,006 individus. Le traitement T1 (extrait de *Calotropis procera*) est apparu inefficace contre l'espèce *Chaetocnema pulicaria* avec une incidence du ravageur (0,34 individus) comparable à celle obtenue avec le témoin (Figure 6).

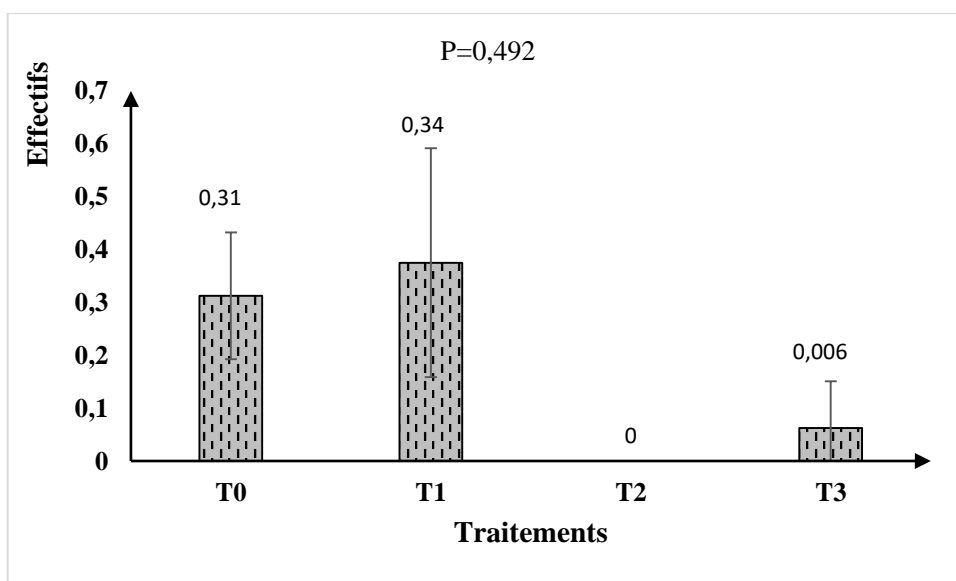


Figure 6 : effet des traitements sur l'espèce *Chaetocnema pulicaria*.

3.1.6. Effet des traitements sur le *Carabus sp*, auxiliaire de la culture du maïs

L'analyse statistique n'a révélé aucun effet significatif des traitements sur l'effectif de l'auxiliaire de la culture de maïs *Carabus sp* (Figure 7). En valeur absolue, l'effectif de l'auxiliaire *Carabus sp* est plus important au niveau des parcelles traitées comparées au témoin. Les traitements sont donc sans incidence sur cet auxiliaire. L'effectif moyen de cet auxiliaire est apparu en valeur absolue plus élevé (3,75 individus) au niveau des parcelles ayant reçues un traitement chimique (Figure 7).

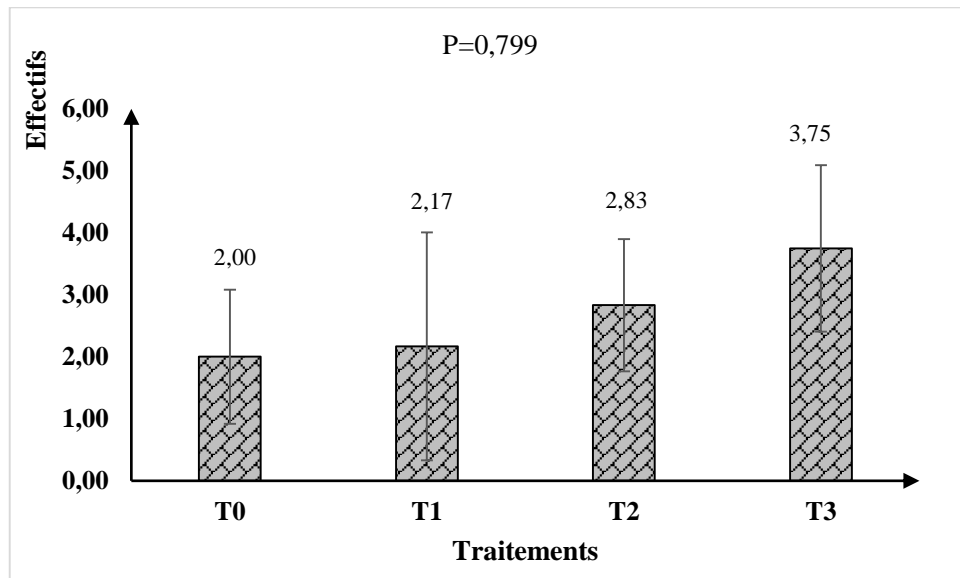


Figure 7 : effet des traitements sur le *Carabus sp*

3.1.7. Effet des traitements sur le rendement du maïs

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative ($p= 0,67$) du rendement du maïs entre les traitements. Les traitements phytosanitaires n'ont donc pas permis d'améliorer le rendement du maïs. Toutefois, en valeur absolue le rendement du maïs le plus important (6250 kg/ha) a été enregistré avec le traitement chimique T3 (Figure 8)

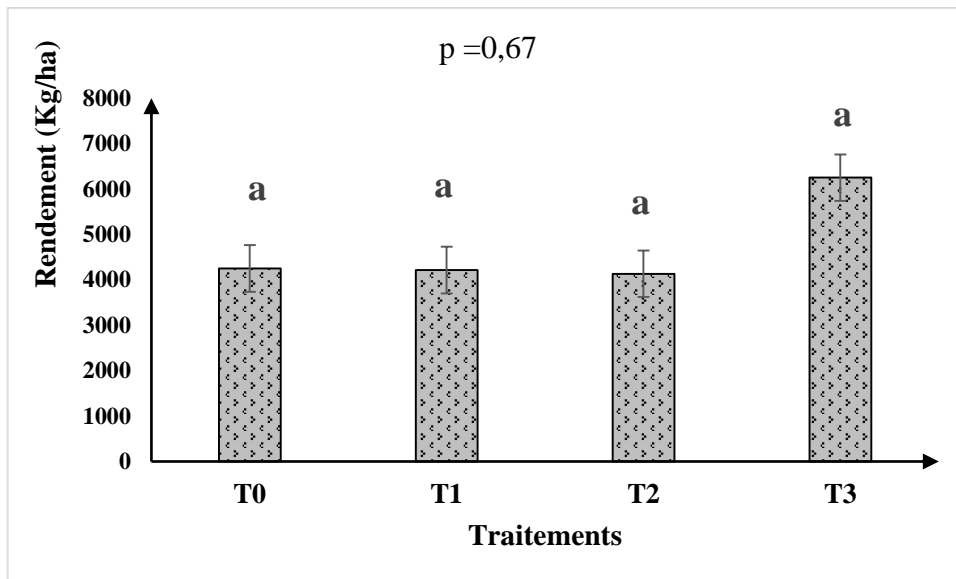


Figure 8 : variation du rendement du maïs en fonction des traitements

3.2. DISCUSSION

Cette étude a permis d'établir la diversité des insectes sur la culture du maïs mais aussi l'impact de différents types de traitements phytosanitaires sur ces derniers. En effet, 22 espèces dont 8 appartenant à l'ordre des coléoptères ont été recensées dans le site. L'ordre des coléoptères avec 36,36% des insectes inventoriés est le plus diversifié. De plus les coléoptères sont les insectes les plus nuisibles au maïs à l'échelle mondiale, mis à part les lépidoptères hétérocères (Talkag,2020). Ceci pourrait justifier leur forte présence dans le site.

Parmi les coléoptères, les carabidés restent les plus représentés dans le champ. Cela pourrait s'expliquer par un travail superficiel du sol. En effet un travail superficiel du sol limite les perturbations et favorise l'installation des carabidés (PRDA biodiversité, 2021).

Les résultats obtenus indiquent une faible présence des ravageurs du maïs dans la parcelle expérimentale. Ce qui pourrait s'expliquer par la forte présence des auxiliaires notamment les carabidés. Ces derniers sont essentiellement carnivores, c'est à dire qu'ils se nourrissent d'autres insectes (INNOPHYT, 2014). En effet près de 73% des espèces de carabidés sont carnivores. A cela s'ajoute la longue période de jachère qu'a subi la parcelle. En effet, la jachère permet de casser le cycle des bioagresseurs pouvant ainsi entrainer la raréfaction voire la disparition de ces derniers dans le long terme (Osseni et al, 1989). Ainsi leurs réinstallations, une fois que leurs hôtes refont surface, se fait progressivement.

Il est apparu à travers les résultats une incidence remarquable de l'orthoptère *Carabus sp* sur la culture. Cela s'expliquerait par le caractère agressif de cet ordre. En effet les orthoptères se constituent souvent en essaim et attaquent toutes les cultures en laissant des dégâts remarquables. Ils sont capables de défolier complètement une culture lorsque leur nombre est élevé (Gourmel, 2014).

L'analyse de l'évolution des insectes montre que le nombre d'espèces est généralement plus important au niveau des relevés R1 et R2. Ceci peut s'expliquer par le fait que le maïs était pendant cette période dans sa phase de végétation active et a commencé même à fleurir. En effet l'abondance des insectes dépend du stade de développement des cultures. La rareté des insectes à partir de R4 n'est pas seulement liée au stade de développement. IL est aussi lié à l'effet des traitements sur les insectes. En effet on peut constater que la chute du nombre d'espèces est visiblement moins drastique sur le témoin T0 comparé aux parcelles traitées.

Les traitements T2 et T1 ont respectivement permis de réduire la richesse spécifique de 90,9% et 84,61%. Tandis que le traitement chimique (T3) à donner des résultats semblables à ceux du

témoin T0. A cela s'ajoute l'inefficacité du traitement chimique sur des espèces telles que *Carabus sp*, *Formica sp* et *Anthomyia sp*. Ceci pourrait s'expliquer par un phénomène de résistance développé par les insectes vis-à-vis du traitement chimique (Schoof, 1959). En effet, le K-OPTIMAL, est depuis longtemps utilisé dans le site à des fins de protection phytosanitaire.

Les ANOVA n'ont révélé aucune différence significative entre les traitements sur l'effectif des espèces *Locusta sp*, *Chaetocnema pulicaria* et *Carabus sp*. Mais en termes de valeur absolue, le traitement chimique est moins efficace sur le *Carabus sp* et le *Locusta sp* et le traitement avec les extraits de *Hyptis suaveolens* est plus efficace sur le *Chaetocnema pulicaria*.

Les produits phytosanitaires bio ont souvent un effet répulsif sur les insectes. En effet leur simple odeur permet de repousser les insectes. Ce qui permet de protéger les parcelles non ciblées des insectes, en plus des parcelles ciblées (Gueye et al, 2010 ; Abagli et al 2020 ; Ngom et al, 2020).

L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative du rendement du maïs entre les traitements même si le traitement T3 (insecticide chimique) a permis d'obtenir en valeur absolue le meilleur rendement. Ceci pourrait être dû au fait que les traitements appliqués n'ont pas influencé significativement l'incidence des principaux ravageurs du maïs. En effet, une différence de l'incidence des ravageurs suivant les traitements se traduirait par une différence en termes de dégâts engendré et donc de rendements obtenus.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet des extraits aqueux de *calotropis procera* et de *Hyptis suaveolens* sur les ravageurs du maïs, en comparaison avec un insecticide de synthèse : le K-OPTIMAL. Cette étude a permis de recensées sur le maïs 22 espèces d'insectes réparties dans 22 genres, 21 familles et 11 ordres.

Le traitement T2 (Extraits de *Hyptis suaveolens*) apparait plus performant, mais le traitement T1 (Extraits de *Calotropis procera*) a un effet plus précoce sur les insectes recensés sur le maïs. La plus faible diversité des insectes après application des traitements est observée avec le traitement T2 (extrait de *Hyptis suaveolens*) suivi du traitement chimique T3.

Il est apparu que les traitements phytosanitaires ont permis de diminuer sensiblement l'abondance des insectes recensés. Toutefois après la première application, l'espèce *Carabus sp* a bien résisté à tous les produits phytosanitaires. A la deuxième application elle n'a pu résister qu'au traitement chimique avec une abondance relative de 66,67%.

Les traitements phytosanitaires n'ont pas permis d'améliorer le rendement du maïs même si en valeur absolue, le rendement le plus important a été enregistré avec le traitement chimique T3.

Il semble toutefois opportun :

- de reconduire cette étude pour infirmer ou confirmer ces résultats
- de tester l'effet des extraits d'autres plantes sur l'incidence des ravageurs et le rendement du maïs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agbohessi, T. P., Toko, I. I., & Kestemont, P. 2012.** État des lieux de la contamination des écosystèmes aquatiques par les pesticides organochlorés dans le Bassin cotonnier béninois. *Cahiers Agricultures*, 21(1), 46–56 (1). <https://doi.org/10.1684/agr.2012.0535>
- Ahoton L. E., Alavo T. B. C., Ahomadegbe M. A., Ahanhanzo C., Agbangla C. 2010.** Domestication du gros baume (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) : techniques de production et potentiels insectes ravageurs au sud du Bénin. *Int J Biol Chem Sci* 4 : 608–614.
- Ahouangninou, C., Fayomi, B. E., & Martin, T. 2011.** Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures*, 20(3), 216–222 (1). <https://doi.org/10.1684/agr.2011.0485>
- Alejandro O. C. 1988** insectes ravageurs du maïs : guide d'identification au champ. Mexico. D.F : CIMMYT. ISBN 968-6127-25-9.
- ANONYME, 2014.** CARABES : auxiliaires des cultures, indicateurs de la biodiversité d'un milieu, INNOPHYT, 4p.
- ANONYME, 2002.** Mémento de l'agronome. Ministère de la coopération française, CIRAD-GRET, Paris, France, 1698 p.
- ANONYME, 2021.** Promotion du consommateur local, à travers la valorisation des céréales locales et la connexion aux marchés. Analyse du marché des céréales locales (mil et maïs) au Sénégal, IPAR, 46p
- Asekun O. T. & Ekundayo O. 2000.** Essential Oil Constituents of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Bush Tea) Leaves from Nigeria. *J. Essent. Oil Res.*, 12, 227-230.
- Abaya Z. Abagli & Thiery B.C. Alavo. 2020** Potentialités insectifuges du gros baume, *Hyptis suaveolens* Poit. (Lamiaceae) : Perspectives pour la lutte contre les moustiques en zones tropicales. *Journal of Applied Biosciences* 149 : 15330 – 15337.
- Barro S., 2021.** Analyse du marché des céréales locales (mil et maïs) au Sénégal. Rapport final IPAR. 46p
- Bauer T. 1979.** The behavioural strategy used by imago and larva of *Noriophilus bigurrurus* F. (*Coleoptera, Carabidae*) in hunting Collembola. *See Ref. 53*, p. 133-42.

- Benchelah A.C., bouziane H., et maka M., 2006**-Arbres et arbustes du Sahara. Voyages au cœur de leurs usages. Ibis Press. Paris.239 p.
- Bin Din L., Zakaria Z., Samsudin M. W., Brophy J. & Toia R. F. 1988.** Composition of the steam volatile oil of *Hyptis suaveolens* Poit. *Pertanika* 11(2) 239-242.
- Boisclair J., Estevez B. 2006.** Lutter contre les insectes nuisibles en agriculture biologique : intervenir en harmonie face à la complexité. *Phytoprotection*, **87** (2) : 83–90. DOI : <https://doi.org/10.7202/013977ar>.
- Boukar I. 2017.** Comportement de quelques variétés importes du maïs vis-à-vis des conditions du milieu de la région D'ADRAR, 44p.
- Chastanet. M. 1998.** Introduction et place du maïs au Sahel occidental (Sénégal - Mauritanie), p. 251-282.
- Devineau J. L., Leordier C. & Vattoux R., 1984.** Evolution de la diversité spécifique du peuplement ligneux dans une succession préforestière de colonisation d'une savane protégée des feux (Lamto, Côte d'Ivoire). *Conservatoire et jardin botanique de Genève*, **39** (1) : 103-133 p.
- Duke J. A. 2009.** Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. ([Http://www.arsgrin.gov/cgi-bin/duke/ethnobot.pl](http://www.arsgrin.gov/cgi-bin/duke/ethnobot.pl)). Consulté le 11/04/2007.
- Fall B. N., Gning A., Diouf P. S., Sarr M., Diouf I., Gaye I., 2004.** Programme national de relance de la filière maïs. Volet transformation - valorisation du maïs / Technologies : Actions et Evaluation Economique. Organisation des Nations-Unies (ONU/ODI)/Ministère de l'Industrie et de l'Artisanat, 109 p.
- FAO, 2020.** L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2020. Transformer les systèmes alimentaires pour une alimentation saine et abordable. **FIDA, OMS, PAM et UNICEF.** <https://doi.org/10.4060/ca9692fr>, 230p.
- FAO 2005.** Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international. Texte avec annexe. Ed. Révisée, 38p.
- Frontier S. et Pichod-Viale D., 1992.** *Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution.* In : *Annales de Géographie*, t. 101, n°565, pp. 343-344.

- Fun C. E and Svendsen A. B. 1990.** The essential oil of *Hyptis suaveolens* Poit. Grown on Aruba. *Flav. Fragr. J.*, 5 : 161-163.
- Gay, J. P., 1984.** Fabuleux maïs : histoire et avenir d'une plante. AGPM, Infocompo, pau, 295p
- Gourmel C., 2014.** Catalogue illustré des principaux ravageurs et auxiliaires des cultures de GUYANE, 78p.
- Guèye M. T., Seck D., Wathelet J.-P., Lognay G. 2010.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2011 15(1), 183-194
- ISRA 2012.** Catalogue officiel des espèces et des variétés cultivées au Sénégal, 2^{ème} édition, 212 p.
- Jeanson T. G. T, Palsson K., Borg-Karlson A. K. 2006.** Evaluation of extracts and oils of mosquito (*Diptera : Culicidae*) repellent plants from Sweden and Guinea-Bissau. *Journal of medical entomology* 43 (1) : 113-119.
- Mahanti V. 2002.** Ecology and management of stored grain pests of maize. PhD Thesis, Acharya N. G. Ranga Agric. Univ., Hyderabad, Andhra Pradesh (India)
- Manga et Diouf 2019.** Evaluation participative de nouvelles variétés de riz (ISRIZ) en riziculture de Bas-fond au CRA de Djibélor (basse Casamance), mémoire de Licence en Agroforesterie, département d'Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor 38 p.
- Malele R. S, Mutayabarwa C. K, Mwangi J. W, Thoithi G. N, Lopez A. G, Lucini E. I, Zygadlo J. A. 2003.** Essential oil of *Hyptis suaveolens* L. (Poit.) from Tanzania : Composition and antifungal activity. *J. Essent. Oil Res.*, 15 : 438-440
- Monedji A. D., Nyamador W. S., Amevoin K., Adéoti R., Abbey J. A., Ketoh G. K. et Glitho I. A. 2015.** Analyse de quelques aspects du système de production légumière et perception des producteurs de l'utilisation d'extraits botaniques dans la gestion des insectes ravageurs des cultures maraîchères au Sud du Togo. Available online at <http://ajol.info/index.php/ijbcs>, 1991-8631.
- Macaulay H. 2015.** Les cultures céréalières : riz, maïs, millet, sorgho et blé, 38p.

- Ndiaye, A., 1987.** La sélection du maïs au Sénégal et étude de la variabilité génétique des populations. Rapport de stage de titularisation. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, 41 p.
- Ngom D., Camara B., Gomis Z. D., Sagna B., 2018.** Cortège floristique, paramètres structuraux et indicateurs d'anthropisation des parcs agroforestiers à *Elaeis guineensis* Jacq. en Basse Casamance, Sénégal. *Journal of animal and plant sciences*. **36**(3) : 5919-5932.
- Ngom S., Diome T., Diop B. et Sembene M. 2020.** Effet des extraits aqueux de *Calotropis procera* sur les principaux ravageurs du chou en culture au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **14**(5) : 1600-1610. Available online at <http://www.ifgdg.org>
- Nikiema W. P. R. 2005** - Propriétés pharmaco-chimiques de *Calotropis procera* Ait. (Asclepiadaceae) récolte au Mali : Etude préclinique des effets anti-inflammatoires et antimicrobiens des extraits des écorces de racines. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Faculté de Médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie, 59 p.
- Osseni B., Diomandé M. 1989.** Importance de la jachère dans les systèmes traditionnels de cultures en Côte d'Ivoire. *Fruits*, **44** (1) : 13-19.
- Peerzada N. 1997.** Chemical composition of the essential oil of *Hyptis suaveolens*. *Molecules* **2** :165–168.
- Pernès. J 1986.** L'allogamie et la domestication des céréales: l'exemple du Maïs (*Zeamays* L.) et du Mil (*Pennisetumamericanum* L.) K. Schum, Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 133:1, 27-34, DOI: 10.1080/01811789.1986.10826777
- PRDA biodiversité, 2021.** Les Carabes, famille des Carabidés, FLASH BIODIVERSITE N°5, 2p
- PRO -AGRO, 2012.** Production et transformation du maïs, 29p. ISBN : 978-92-9081-494-8
- Rice, K. B., Bergh C. J., Bergmann E. J., Biddinger D. J., Dieckhoff C., Dively G., Fraser H., 2014.** Biology, ecology, and management of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera : Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management* **5**(3) : DOI : <https://dx.doi.org/10.1603/IPM14002> [archive], 13p.
- Rouanet G., 1997.** Le maïs. Le technicien de l'agriculture. Maisonneuve et Larose éd., 142 p.
- Sagna P. 2007.** Caractéristiques climatiques. Atlas du Sénégal, Paris, Les éditions J.A., p. 66-69.

- Schoof (H.F.), 1959.** - Resistance in arthropods of medical and veterinary importance. 1946-1958. *Misc. Publ. Ent. Soc. America*, 1, 3-11.
- Seyoum A., Kabiru E.W, Lwande W., Killeen G. F, Hassanali A., Knols B. G. 2002.** Repellency of live potted plants against *Anopheles*. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 01 août 2002, 67(2) : 191-195.
- Singh H. B. and Handique A. K. 1997.** Antifungal activity of the essential oil of *Hyptis suaveolens* and its efficacy in biocontrol measures in combination with *Trichoderma harzianum*. *J. Essent. OilRes.*, 9 : 683-687.
- Thiaw, C. 2008.** Bioactivité des extraits de *Calotropis procera* AIT. et *Senna occidentalis* L. sur *Caryedon serratus* (Ol.), un ravageur des stocks et des graines d'arachide au Sénégal. Thèse 3ème Cycle, FST, UCAD, 182 p.
- Wheeler G., Massey L. M., Southwell I. A. 2003.** Dietary influences on terpenoids sequestered by the biological control agent *Oxyops vitiosa* : effect of plant volatiles from different *Melaleucaquinquenervia* chemotypes and laboratory host species. *J Chem Ecol.*, 29 :189–208.

Webographie

- « Semence Pédagogie » ; Accessible à partir de l'URL <https://www.semae-pedagogie.org/>.
 www.agridea.ch - février 2007 Maïs – Culture ; Source : <http://www.gnis-pedagogie.org/mais-origine-et-caracteristiques.html>).
<https://www.talkag.com/blogafrique>.

ANNEXES

FICHES D'INVENTAIRE

Numéro	Ordre	Famille	Genre	Épithète
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
(...)				
n				

