

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: <i>Tuta absoluta</i> adulte .....	4
Figure 2 : Cycle biologique <i>Tuta absoluta</i> .....	6
Figure 3 : Dégâts larves de <i>T. absoluta</i> sur feuillage .....	8
Figure 4 : Dégâts larves de <i>T. absoluta</i> sur fruits.....	9
Figure 5 : Dégâts larves de <i>T. absoluta</i> sur tige .....	9
Figure 6 : <i>Helicoverpa armigera</i> adulte .....	10
Figure 7 : Cycle biologique de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	11
Figure 8 : <i>Crateava religiosa</i> .....	17
Figure 9 : Situation géographique de la zone des Niayes (Fall <i>et al.</i> , 2001).....	18
Figure 10 : Dispositif expérimental.....	19
Figure 11 : Proportion des espèces avant traitement.....	24
Figure 12 : Proportion des espèces après traitement .....	25
Figure 13 : Histogramme Abondance relative et Fréquence d'occurrence des insectes (avant traitement) .....	27
Figure 14 : Histogramme Abondance relative et Fréquence d'occurrence des insectes (avant traitement) .....	27

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Insectes rencontrés .....	24
Tableau II : Abondance et fréquence d'occurrence.....	26
<b>Tableau III : Indices de Diversité des ravageurs.....</b>	<b>29</b>

## **LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES**

**ANDS** : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie ;

**C0** : Parcelle témoin ;

**C 1** : Parcelle traitée à la concentration C1 (200g/l) ;

**C2** : Parcelle traitée à la concentration C2 (150g/l) ;

**C3** : Parcelle traitée à la concentration C3 (100g/l) ;

**H** : Indice de diversité de Shannon-Weaver ;

**E** : Indice d'équitabilité de Piélou ;

**Is** : Indice de diversité de Simpson ;

## RESUME :

La tomate est l'une des spéculations maraichères les plus cultivées au Sénégal. Elle crée de l'emploi et contribue au développement économique du pays. Cependant, sa production est souvent menacée par l'attaque de certains ravageurs tels que *Tuta absoluta*, *Helicoverpa armigera* ou bien encore *Liryomyza sp.* Dans le but de les contrôler, les agriculteurs utilisent différentes pratiques dont la plus importante est l'utilisation d'insecticides chimiques qui hormis leurs conséquences néfastes sur la santé humaine entraînent également une pollution de l'environnement. Afin de proposer des méthodes de gestion intégrée des principaux insectes ravageurs de la tomate, un suivi de 14 parcelles a été effectué soit un total de 56 plants de tomate. Les objectifs étaient de déterminer l'effet des extraits aqueux à base de feuilles de *C. religiosa* sur la diversité de l'entomofaune de la tomate et parallèlement sur les populations de *Tuta absoluta* et *Helicoverpa armigera*. Au total, un seul (01) produit (extrait de feuilles de *Crateava religiosa*) a été utilisé sur les parcelles élémentaires mais avec des formulations différentes (200g/l, 150g/l et de 100g/l). Elles ont été traitées toutes les 2 semaines et une même quantité d'eau pour celles non traitées. Les résultats n'ont montré aucune significativité du traitement ni sur la diversité de l'entomofaune ni sur les principaux ravageurs *Tuta absoluta* et *Helicoverpa armigera* (p-values supérieures à la valeur de référence qui est 0,05). Toutefois les parcelles traitées avec l'extrait aqueux de feuilles de *Crateava religiosa* à 200g/l (C1) présentent une différence notoire sur la moyenne de larves de *Liryomyza sp* comparée aux parcelles témoins non traitées (C0). Il en est de même pour les populations de fourmis ainsi que les larves de *N. tenuis* considérablement réduits par le traitement.

**Mots-clés :** *Helicoverpa armigera*, *Tuta absoluta*, bio-insecticides, Niayes, Sénégal

**ABSTRACT:**

The tomato is one of the most cultivated market garden crops in Senegal. It creates jobs and contributes to the country's economic development. However, its production is often threatened by the attack of certain pests such as *Tuta absoluta*, *Helicoverpa armigera* or even *Liryomyza sp.* In order to control them, farmers use different practices, the most important of which is the use of chemical insecticides which, apart from their harmful consequences on human health, also cause pollution of the environment. In order to propose integrated management methods for the main insect pests of tomatoes, a monitoring of 14 plots was carried out, a total of 56 tomato plants. The objectives were to determine the effect of aqueous extracts made from leaves of *C. religiosa* on the diversity of the tomato entomofauna and at the same time on the populations of *Tuta absoluta* and *Helicoverpa armigera*. In total, only one (01) product (extract of *Crateava religiosa* leaves) was used on the elementary plots but with different formulations (200g / l, 150g / l and 100g / l). They were treated every 2 weeks and the same amount of water for those untreated. The results showed no significance of the treatment either on the diversity of the entomofauna or on the main pests *Tuta absoluta* and *Helicoverpa armigera* (p-values greater than the reference value which is 0.05). However, the plots treated with the aqueous extract of *Crateava religiosa* leaves at 200g / l (C1) show a noticeable difference on the average of *Liryomyza sp* larvae compared to the untreated control plots (C0). It is the same for the ant populations as well as the larvae of *N. tenuis* considerably reduced by the treatment.

Keywords: *Helicoverpa armigera*, *Tuta absoluta*, bio-insecticides, Niayes, Senegal

## TABLE DES MATIERES

DEDICACES .....	i
REMERCIEMENTS .....	iii
LISTE DES FIGURES .....	iv
LISTE DES TABLEAUX .....	v
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES .....	vi
RESUME : .....	vii
ABSTRACT : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
TABLE DES MATIERES .....	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	3
I.1 GENERALITES ET HISTORIQUE SUR LA TOMATE.....	3
I.2 GENERALITE SUR LA MINEUSE <i>TUTA ABSOLUTA</i> .....	3
I.2.1 POSITION SYSTEMATIQUE.....	4
I.2.2 ORIGINE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	5
I.2.3 DESCRIPTION ET CYCLE BIOLOGIQUE.....	5
I.2.3.1 Œufs.....	6
I.2.3.2 Larve.....	6
I.2.3.3 Nymphe.....	7
I.2.3.4 L'adulte.....	7
I.2.4 PLANTES HOTES.....	7
I.2.5 SYMPTOMES ET DEGATS.....	7
I.3 GENERALITES SUR <i>HELICOVERPA ARMIGERA</i> .....	9
I.3.1 POSITION SYSTEMATIQUE .....	10
I.3.2 ORIGINE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	10
I.3.3 LE CYCLE BIOLOGIQUE DE <i>HELICOVERPA ARMIGERA</i> .....	11
I.3.3.1 Œufs.....	11
I.3.3.2 Larve.....	12
I.3.3.3 Nymphe.....	12
I.3.3.4 Adulte.....	12
I.3.4 PLANTES HOTES.....	13
I.4 METHODES DE LUTTE CONTRE <i>TUTA ABSOLUTA</i> .....	13

I.4.1	LUTTE BIOTECHNIQUE .....	13
I.4.2	MESURES CULTURALES.....	13
I.4.3	LUTTE BIOLOGIQUE .....	14
I.4.4	LUTTE CHIMIQUE .....	14
I.5	GENERALITE SUR L'USAGE DES BIO-INSECTICIDES.....	15
I.5.1	GENERALITE SUR <i>CRATAEVA RELIGIOSA</i> .....	15
CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES.....		18
II.1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	18
II.2	MATERIEL BIOLOGIQUE .....	19
II.2.1	EXTRAITS A BASE DE FEUILLES DE <i>CRATAEVA RELIGIOSA</i> .....	19
II.3	DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	19
II.4	SEMIS, PEPINIERE ET REPIQUAGE .....	20
II.5	TRAITEMENT PHYTOSANITAIRE .....	20
II.6	OBSERVATIONS ET INVENTAIRE.....	20
II.7	PARAMETRES AGRONOMIQUES .....	20
II.8.1	PARAMETRE ETUDIES.....	21
II.8.1.1	Abondance relative .....	21
II.8.1.2	Fréquence d'occurrence.....	21
II.8.1.3	Indice de diversités .....	21
II.8.1.3.1	Indice de Shannon .....	22
II.8.1.3.2	Indice de Simpson : .....	22
II.8.1.3.3	Indice de Piélou .....	22
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION .....		24
III.1	RESULTAT .....	24
III.1.1	INVENTAIRE DES ESPECES PRESENTES .....	24
III.1.1.1	Abondance et fréquence d'occurrence des insectes.....	25
III.1.1.2	Diversité des espèces .....	27
III.1.2	EFFET DU TRAITEMENT SUR LES INSECTES .....	30
III.2	DISCUSSION.....	31
CONCLUSION .....		33
REFERENCES.....		34
WEBOGRAPHIE : .....		36



## INTRODUCTION

Au Sénégal, la tomate est la deuxième spéculation maraîchère la plus cultivée derrière l'oignon. Elle représente 22,53% de la production globale de légumes estimée à 710000 tonnes (ANDS, 2013). Elle compte parmi les légumes les plus consommés (Huat et David-Benz, 2000). Cette culture est cependant soumise à de nombreuses contraintes, dont la menace permanente des ravageurs (Mailafiya *et al.*, 2014 ; Choudourou *et al.*, 2012). Au Sénégal, deux Lépidoptères ; la "Noctuelle de la tomate", *Helicoverpa armigera* Hübner, 1808 (Lepidoptera, Noctuidae) et la "mineuse sud-américaine", *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (Lepidoptera, Gelechiidae) sont les ravageurs principaux de la tomate. Les dégâts des chenilles de la noctuelle peuvent atteindre 28% (Diatte *et al.*, 2015). Quant à *T. absoluta*, elle constitue une menace pour la production de tomates depuis sa détection en 2012 au Sénégal (Pfeiffer *et al.*, 2013). *Tuta absoluta* est signalée partout dans les Niayes avec des pertes allant jusqu'à pousser à l'abandon des parcelles par les producteurs de la zone sud (Brévault *et al.*, 2014). Plusieurs facteurs influencent l'infestation des cultures de tomates par ces ravageurs. Il a été également constaté que l'infestation était réduite dans des champs où la tomate était associée avec des céréales, des tubercules ou d'autres légumes et que la plupart des pratiques n'avaient pas d'impact sur l'abondance des insectes ravageurs (Umeh *et al.*, 2002). Au Sénégal, l'utilisation de la fumure organique de cheval et de poisson a entraîné une réduction des dégâts liés à *H. armigera* de 24%, comparé à la fumure organique de mouton (Niassy *et al.*, 2010). Les pratiques culturales sur la tomate peuvent influencer sur la prolifération des insectes ravageurs. Les impacts de ces pratiques dans les systèmes maraîchers en Afrique sont peu connus. Les quelques études réalisées dans ce domaine portent sur les applications d'insecticides, les associations culturales, l'utilisation de fumure organique et leurs impacts sur les insectes ravageurs. Les premières provoquent des conséquences néfastes pour la santé humaine, l'environnement et entraîne la résistance des insectes. Au Cameroun, l'utilisation abusive de matières actives a conduit à une perte de sensibilité des ravageurs (Achaleke *et al.*, 2009 ; Achaleke et Brévault, 2010). Au Nigeria, l'application inappropriée d'insecticides ainsi qu'un mauvais dosage sont à la base des dégâts causés par les insectes. Vue les conséquences de l'usage des pesticides, la recherche d'alternative de lutte contre les bio-agresseurs s'impose. Parmi ces alternatives, il y a l'utilisation des plantes insecticides. Plusieurs études ont utilisé les substances aqueuses à base de feuilles de *C. religiosa* contre les ravageurs du chou (Diome *et al.*, 2019) et ceux de la tomates (Ba *et al.*, 2019 ; Samb, 2020). Ces études ont mis en évidence l'effet de ces extraits sur la réduction des ravageurs, leur incidence et le rendement des cultures. Malheureusement, elles n'ont pas mis en évidence l'effet de ces produits sur la diversité des ravageurs. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui vise

généralement à Contribuer à la maîtrise de la protection biologique de la tomate contre les ravageurs. Cet objectif général est scindé en deux objectifs spécifiques :

- Déterminer l'effet des extraits aqueux à base de feuilles de *C. religiosa* sur la diversité de l'entomofaune de la tomate
- Tester l'efficacité du bio-insecticide à base de feuilles de *Crataeva religiosa* sur les populations de *Tuta absoluta* et *Helicoverpa armigera*

Ce travail est scindé en trois parties. Le premier chapitre est consacré à la revue bibliographique, le second abordera le matériel et les méthodes utilisés tandis que le dernier sera consacré à la présentation des résultats obtenus et la discussion de ces derniers. Ces chapitres seront suivis d'une conclusion générale et des perspectives.

## CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### I.1 Généralités et historique sur la tomate

La tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) est originaire des vallées fertiles du Mexique. Elle a d'abord été cultivée et améliorée par les indiens du Mexique, sous le nom aztèque « *tomatl* », avant d'être ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du sud, dont seulement deux comestibles, la « tomate groseille » (*Solanum pimpinellifolium*) et la « tomate cerise » (*Solanum lycopersicum* var *cesariforme*) qui est l'ancêtre des tomates actuelles (De Broglie et Guérault, 2005 ; Renaud, 2006). En Europe les italiens ont été les premiers à la consommer dès le 16<sup>ème</sup> siècle, notamment en sauce, et c'est sous cette forme qu'elle atteint la France par la Provence au 17<sup>ème</sup> siècle, avant d'être popularisée à Paris lors de la révolution (Schumann, 1996 ; Degioanni, 1997). La tomate a longtemps été considérée comme toxique, et on lui associait tous les types de vertus maléfiques à cause de sa ressemblance avec la mandragore. Elle a donc d'abord été utilisée en tant que plante ornementale, puis en 1778, elle a rejoint le catalogue de semence potagère de Vilmorin-Andrieu (Degioanni, 1997 ; Mikanowski, 1999). Par la suite, la consommation de tomates a connu un essor au 19<sup>ème</sup> siècle lorsque les fruits et légumes dit « primeurs » cultivés dans le sud de la France ont été acheminés dans le nord par les chemins de fer. Une variété de tomates s'appelle d'ailleurs la PLM : Paris-Lyon Marseille. Dans le même temps, la tomate se démocratise en étant cultivée dans les jardins familiaux et ouvriers. Les premières recherches variétales débiteront au 20<sup>ème</sup> siècle, pour produire des tomates plus régulières, plus productives, et plus résistantes aux maladies. Les modes de production évoluent également, la production de tomates sous serre toute l'année, notamment aux Pays-Bas prend de l'ampleur. Aux États-Unis par contre, les cultures restent davantage effectuées en plein champ de façon mécanisée. La production et la consommation mondiales de tomates sont devenues très importantes, et depuis les années 90, les consommateurs se plaignent de la standardisation de ce produit et de la perte de goût de la tomate (Degioanni, 1997). Les recherches actuelles s'orientent donc plus vers une caractérisation et une amélioration de la qualité organoleptique du fruit de tomate.

### I.2 Généralité sur la mineuse *Tuta absoluta*

La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Figure 1) est un insecte originaire de l'Amérique du sud. Elle a été déclarée comme ravageur majeur depuis 1964 en Argentine d'où elle a gagné tout le reste de l'Amérique du sud (Adamou *et al.*, 2016). Depuis lors, son expansion ne s'est pas arrêtée et en 1962, elle a été rencontrée au Japon, puis en 2006 en Espagne. En 2008, cette

chenille a été signalée au Maroc, en Algérie et en France. A partir de 2009, c'est tout le pourtour de la Méditerranée qui a été atteint (Germain *et al.*, 2009 ; Desneux *et al.*, 2010). En Afrique de l'Ouest, c'est le Sénégal qui est le premier à déclarer l'existence du fléau en 2012 (Pfeiffer *et al.*, 2013). Il a été rencontré en Egypte (Saad *et al.*, 2011), au Soudan (Mohamed *et al.*, 2012) et en Éthiopie (Nappo, 2012). La présence de *T. absoluta* a tout récemment (août 2014) été signalée au Kenya par Maroo et Venter (2015).



**Figure 1: *Tuta absoluta* adulte** (Source : blogspot.com)

### I.2.1 Position Systématique

Selon Bourgogne (1951) et Sefta (1999), la position systématique de *Tuta absoluta* a été établie par Meyrick en 1917 comme suit :

Embranchement : Arthropodes

Sous embranchement : Uniramia

Classe : Insecte

Ordre : Lépidoptères

Famille : Gelechiidae

Sous famille : **Gelechiidae**

Genre : *Tuta*

Espèce : *Tuta absoluta*

## **I.2.2 Origine et répartition géographique**

La saisonnalité est un phénomène courant parmi les populations d'insectes (Wolda, 1988). La distribution et l'abondance des populations d'insectes peuvent fluctuer dans le temps pour diverses raisons, notamment les variations des conditions climatiques, la disponibilité et l'accessibilité des ressources, l'abondance et la diversité des ennemis naturels et la concurrence intra ou interspécifique. Le perceur de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera Gelechiidae), principal ravageur de la tomate et originaire de la partie occidentale de l'Amérique du Sud, a envahi le Brésil vers 1980 (Souza et Reis, 1992). C'est maintenant un ravageur dévastateur dans les cultures de tomates en Amérique du Sud, en Europe, en Afrique et en Asie (Tropea *et al.*, 2012 ; Zappalà *et al.*, 2013). La mineuse invasive de tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae), est devenue une menace sérieuse pour la tomate *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), produite dans le monde entier (Desneux *et al.*, 2010). Il a été détecté pour la première fois en Espagne en 2006 (Desneux *et al.*, 2011), puis s'est répandu dans toute l'Europe et le bassin méditerranéen (Guenaoui, 2008 ; Desneux *et al.*, 2010), au Moyen-Orient (Cheraghian & Emamzadeh, 2013 ; Campos *et al.*, 2017) et en Asie (Kalleshwaraswamy *et al.*, 2015 ; Sankarganesh *et al.*, 2017 ; Xian *et al.*, 2017). Le ravageur s'est propagé en Afrique subsaharienne (Biondi *et al.*, 2018), notamment en Érythrée et au Soudan (Mohamed *et al.*, 2012), en Éthiopie (Retta et Berhe, 2015), au Niger (Adamou *et al.*, 2016), au Sénégal (Pfeiffer *et al.*, 2013), au Kenya (Tonnang *et al.*, 2015), en Ouganda (Tumuhaise *et al.*, 2016) et en Tanzanie (Chidege *et al.*, 2016). Il a également été signalé récemment au Burkina Faso (Son *et al.*, 2017), en Afrique du Sud (Visser *et al.*, 2017) et au Nigéria (Borisade *et al.*, 2017). Le ravageur est multivoltin et se dissémine dans les feuilles de parenchyme (minières) à tout stade de développement des plants de tomate, mais ils peuvent aussi creuser des tunnels dans les souches et les fruits (Desneux *et al.*, 2010).

## **I.2.3 Description et cycle biologique**

*Tuta absoluta* a reçu plusieurs appellations *Gnorimoschema absoluta* (Clarke 1962), *Scrobipalpula absoluta* (Povolny) ou *Scrobipalpuloides absoluta* (Povolny), mais a finalement été décrit sous le genre *Tuta* comme *T. absoluta* par Povolny en 1994 (Barrientos *et al.*, 1998). Son cycle de vie comprend quatre stades de développement (Figure 2) : œuf, larve, nymphe et adulte. Les adultes pondent généralement des œufs sur la face inférieure des feuilles ou des tiges et, dans une moindre mesure, sur les fruits. Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent dans les feuilles, les fruits aériens (comme la tomate) ou les tiges, dont elles se nourrissent et se développent. Il existe quatre stades larvaires. Les larves entièrement nourries tombent

généralement au sol sur un fil de soie. La durée du cycle de développement dépend fortement des conditions environnementales, avec un temps de développement moyen de 76,3 jours à 14 ° C, 39,8 jours à 19,7 ° C et 23,8 jours à 27,1 ° C (Barrientos *et al.*, 1998). Cette recherche a servi de base à la détermination des seuils de température et des constantes thermiques de *T. absoluta*.

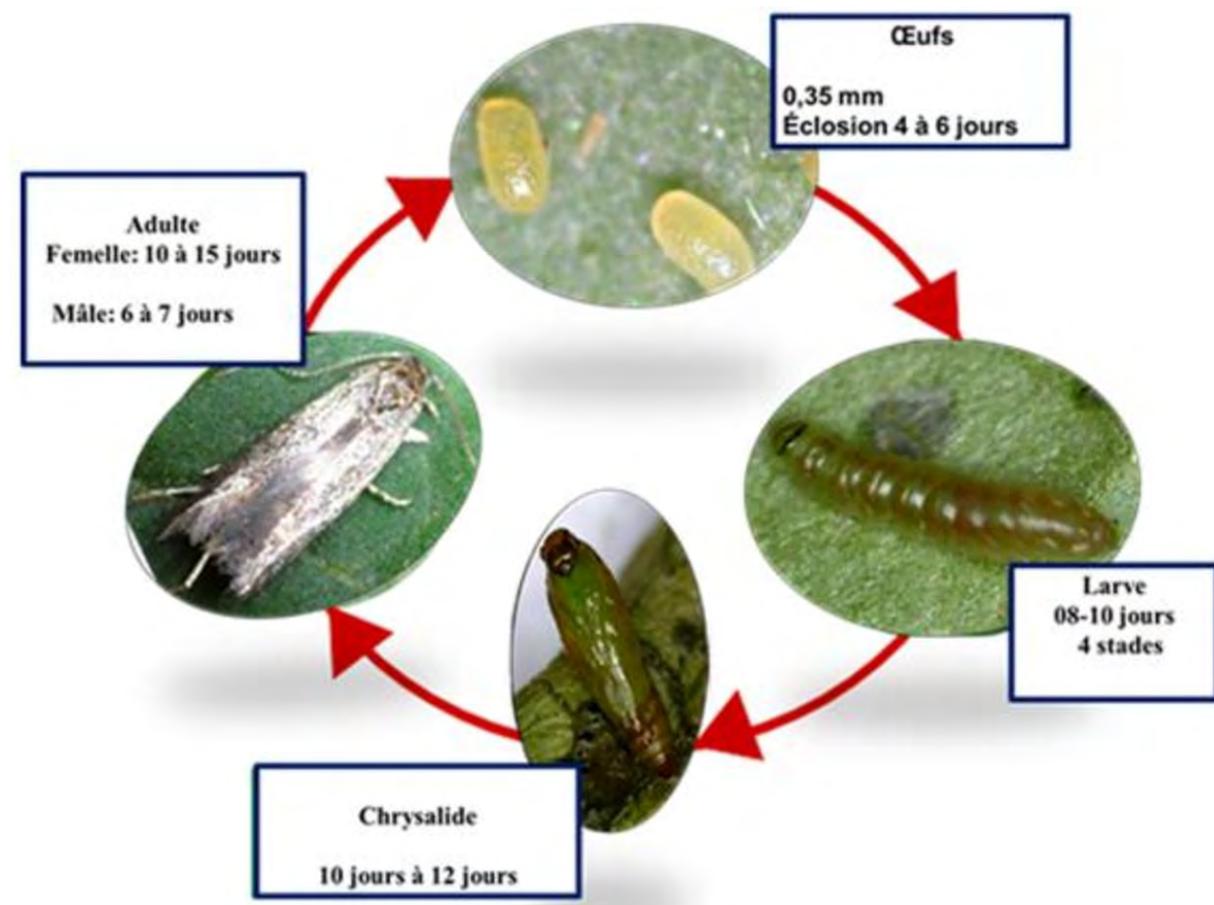


Figure 2 : Cycle biologique *Tuta absoluta* (Source : cloudfront.net)

### I.2.3.1 Œufs

Les œufs de *T. absoluta* sont petits, cylindriques, blanc crème à jaune de 0,35 mm de long. L'éclosion des œufs a lieu 4 à 6 jours après la ponte (Devaiah & Muruvanda, 2012).

### I.2.3.2 Larve

Le développement de *Tuta absoluta* comporte quatre stades larves. Le quatrième stade larvaire (larves entièrement nourries) est généralement laissé tomber au sol par son fil de soie fabriqué dont le stade de pupa commence dans le sol ou les feuilles mortes ou sur les bords intérieurs des pots en plastique des plants de tomates (Desneux *et al.*, 2010).

### **I.2.3.3 Nymphe**

Les nymphes (longueur : 5–6 mm) sont de forme cylindrique et verdâtres lorsqu'elles viennent de se former, devenant de couleur plus foncée à l'approche de l'émergence des adultes (Desneux *et al.*, 2010).

### **I.2.3.4 L'adulte**

En général, les adultes de *T. absoluta* sont nocturnes et se cachent habituellement sous les feuilles de la plante pendant la journée. Tôt le matin, on peut observer les adultes volant parmi le feuillage des tomates (Desneux *et al.*, 2010). Des études au Chili montrent que le taux d'activité des adultes est plus important entre 7 et 11 h du matin. *Tuta absoluta* peut être confondu avec des espèces proches d'intérêt agronomique, appartenant à la famille Gelechiidae et ayant comme plante hôte des Solanaceae :

1. *Tecia solanivora* (Povolny) est un ravageur important de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*). Actuellement, *T. solanivora* n'est pas présent sur le continent africain, mais a été signalé dans les îles Canaries en 1999.

2. La teigne de la pomme de terre *Phthorimaea operculella* (Zeller). Originaires d'Amérique du Sud, l'espèce est présente dans le pourtour du bassin méditerranéen, ainsi qu'en Afrique du Sud et de l'Ouest. Cette espèce se différencie de *T. absoluta* par des pattes noires, et une bande noire beaucoup plus large sur le pronotum des chenilles.

### **I.2.4 Plantes hôtes**

*Tuta absoluta* est un papillon de nuit à feuilles nocif avec une forte préférence pour la tomate (*Solanum lycopersicum*), mais *T. absoluta* peut aussi attaquer la pomme de terre (*S. tuberosum*), les poivrons colorés (*Capsicum annuum*) et d'autres plantes solanacées telles que : pomme épine commune (*Datura stramonium*), les trompettes d'ange (*D. ferox*), le tabac glauque (*Nicotiana glauca*), l'aubergine (*Solanum melongena*), l'ombre de nuit argentée (*S. elaeagnifolium*), et l'ombre noire (*S. nigrum*) (Cherif Asma *et al.*, 2019).

### **I.2.5 Symptômes et dégâts**

Les dommages sur tomate sont causés par les larves de *T. absoluta*, qui peuvent attaquer tous les organes aériens (tige, feuille, fruit et fleur), et entraîner des pertes considérables pouvant atteindre 80 à 100% (INPV, 2008). En l'absence de stratégies de contrôle efficaces, le parasite peut entraîner des pertes de rendement allant jusqu'à 80–100% dans les cultures de tomates (Apablaza, 1992 ; Desneux *et al.*, 2010). Au Sénégal, *T. absoluta* cause des dommages

importants aux cultures de tomates (Brevault *et al.*, 2014). La surveillance sur le terrain tout au long de l'année dans la zone la plus infestée (Niayes) a révélé une très forte incidence des populations de *T. absoluta* à la fin de la saison sèche, de février à juin, suivie d'un déclin important pendant la saison des pluies, de juillet à septembre (Brevault *et al.*, 2014 ; Sylla *et al.*, 2017). Ce ravageur entraîne des pertes par la réduction des rendements avec la destruction des feuilles et bourgeons, et par les dommages au niveau des fruits qui diminuent leur valeur commerciale (Biurrun, 2008).

- ✓ Sur feuillage (Figure 3), les larves pénètrent entre les deux épidermes de la feuille et se nourrissent à partir des cellules du parenchyme à l'aide de leurs crochets mandibulaires entraînant une destruction d'une grande partie de la surface foliaire de la plante (Mihsfeldt et Parra, 1999). Les attaques se manifestent par l'apparition sur les feuilles de galeries blanchâtres, renfermant chacune une chenille et ses déjections. Les mines finissent par se nécroser et brunir faisant penser à une violente attaque de mildiou (Suinaga *et al.*, 2004).



**Figure 3 : Dégâts larves de *T. absoluta* sur feuillage** (Source : google.com)

- ✓ Sur fruits, les chenilles s'attaquent aux fruits verts comme aux fruits mûrs (Figure 4). Les tomates présentent des nécroses sur le calice ou des trous de sorties à leur surface. Ces nécroses peuvent être profondes et rendent les fruits invendables et impropres à la consommation (Ramel et Oudard, 2008).



**Figure 4 : Dégâts larves de *T. absoluta* sur fruits** (Source : agrimaroc.ma)

- ✓ Sur tige, la larve pénètre à l'intérieur des tiges et forme des galeries (Figure 5) et laisse ces déjections (Pereira *et al.*, 2008).



**Figure 5 : Dégâts larves de *T. absoluta* sur tige** (Source : blogspot.com)

### **I.3 Généralités sur *Helicoverpa armigera***

L'espèce *H. armigera* (figure 6), encore appelée « Noctuelle de la tomate », a été décrite par Hübner en 1808 sous le nom de *Noctua armigera*. La première description de l'insecte a été réalisée par Fabricius en 1794, sous le nom de *Noctua barbara* (Nibouche, 1999). Depuis lors,

certain auteurs ont décrit l'espèce sous plusieurs appellations qui ont été par la suite invalidées. Ainsi, NYE (1982) a retracé l'évolution de la nomenclature d'*Helicoverpa armigera*. L'usage du genre *Helicoverpa* a toutefois rencontré certaines réticences (TODD, 1978 ; NYE, 1982 cité par Nibouche, 1999) et ne s'est pas généralisé rapidement. Cet auteur affirme que la validité de la distinction des genres *Heliothis* et *Helicoverpa* a été confirmée par des travaux ultérieurs (Mitter *et al.*, 1993) et cette distinction est désormais largement acceptée.



**Figure 6 :** *Helicoverpa armigera* adulte (Source : aegsf.free.fr)

### **I.3.1 Position systématique**

*Helicoverpa armigera* (Hubner, 1908, cité par Nibouche, 1994) appartient à l'Embranchement des Arthropodes, à la Classe des insectes, à l'Ordre des Lépidoptères, et à la Famille des *Noctuidae*. Cette espèce a été longtemps assimilée à *Heliothis annigera*. Harwick (1965) crée un nouveau genre *Helicoverpa* qui diffère du genre *Heliothis* à la fois par les genitalias mâle et femelle et par la présence d'écailles spécialisées à la face inférieure des profémurs des mâles. Les larves, de couleur variable, se ressemblent et peuvent être confondues.

### **I.3.2 Origine et répartition géographique**

*Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera : Noctuidae) est un ravageur important et polyphage bien connu dans les zones agricoles du monde entier (Liu *et al.*, 2004 ; Mironidis et Savopoulou-Soultani, 2008 ; Krinski et Godoy, 2015). Il est communément appelé le ver de la capsule du coton, le ver de la capsule du vieux monde, le ver de paille bordé rare, le ver des fruits de la tomate, le foreur des gousses de gramme, la tordeuse du tabac, le ver de l'épi du maïs, le ver de la capsule du coton africain et le ver de la capsule d'Amérique (Begemann et

Schoeman, 1999 ; Krinski et Godoy, 2015). Il est largement distribué dans de nombreux pays d'Europe, d'Asie, d'Afrique, d'Australie et de la plupart récemment en Amérique du Sud (Bueno et Sosa-Gomez, 2014 ; Murua *et al.*, 2004).

### I.3.3 Le cycle biologique de *Helicoverpa armigera*

La durée de cycle est de 35 à 45 jours à 25°C et à 70 % d'humidité relative. La chrysalide peut éventuellement entrer en diapause pour passer une période lorsque les conditions lui sont défavorables (Castella, 1996). En général cinq à huit générations se succèdent dans l'année avec un chevauchement dès la deuxième ou la troisième génération. C'est un insecte polyphage et ses plantes hôtes sont des plantes cultivées y compris le coton, le maïs, la pomme de terre, l'aubergine, la tomate. L'évolution de la protection phytosanitaire en culture cotonnière requiert une importance particulière pour notre étude et mérite par conséquent quelques détails.

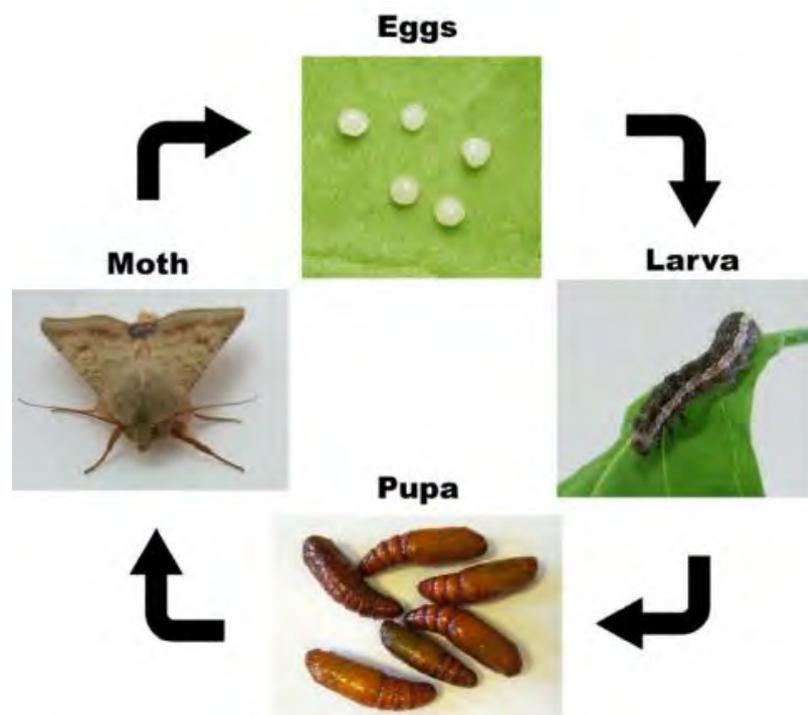


Figure 7 : Cycle biologique de *Helicoverpa armigera* (Source : researchgate.net)

#### I.3.3.1 Œufs

Les œufs nouvellement pondus de *H. armigera* sont blancs et avant l'éclosion, leur couleur tourne de jaunâtre à brunâtre. À température optimale, les larves peuvent éclore après moins de trois jours. Les jeunes chenilles sont vert-pâles, mais aux derniers stades peuvent passer du vert jaunâtre au brun foncé (Rao et Abraham, 1956, Gopalan et Venugopal, 1972).

Les œufs sont pondus dans l'obscurité, soit seuls, soit en grappes, répartis sur toutes les parties des plantes, y compris les fleurs et les fruits en développement et parfois sur les tiges et points

de croissance. Les femelles de *H. armigera* ont tendance à pondre des œufs sur le tiers supérieur des plantes saines et sur des terminaux à croissance vigoureuse.

### **I.3.3.2 Larve**

Les larves de *H. armigera* peuvent atteindre 40 mm (1,57 pouce) de long (Uthamasamy *et al.*, 1988). Données sur les caractères morphologiques des larves, les pupes et les adultes collectés à différents mois ont été bien signalés par Tripathy et Singh (1999). Les larves passent ensuite par quatre ou parfois cinq instars sur une période de trois à quatre semaines. Les chenilles sont des nourrices voraces, parfois carnivores sur d'autres insectes plus petits et, parfois même cannibales. Ils se nourrissent de feuilles, de boutons floraux et de fleurs, de gousses en développement, des fruits et des graines.

### **I.3.3.3 Nymphe**

Au dernier stade, les larves rampent dans le sol pour se nymphoser, généralement non loin de la base de la plante où ils achèvent leur développement. Ces larves creusent un tunnel qui mesure plusieurs centimètres de profondeur et subissent une nymphose ou un stade de « chrysalide ». À ce stade, elles subissent une métamorphose et émergent finalement à l'âge adulte. Pendant l'été la maturation nymphale prend environ 16 jours. Cependant, à mesure que la température baisse et l'hiver approche, les pupes entrent en diapause et passent l'hiver sous forme de chrysalides (Tripathy et Singh, 1999). Bien que ces pupes puissent hiverner si nécessaire, elles ne peuvent pas résister au gel sévère. Dans des conditions favorables, le cycle de vie peut être complété en peu plus d'un mois, ce qui donne de nombreuses générations par saison, en particulier dans les zones plus chaudes. Dans les régions plus chaudes comme les tropiques, où la température en hiver n'est pas très faible, la reproduction se poursuit tout au long de l'année, car les chrysalides ne subissent pas une étape de diapause.

### **I.3.3.4 Adulte**

Les insectes adultes sont de bons voiliers et sont principalement actifs la nuit (nocturne). L'envergure d'un papillon adulte est de 30 à 45 mm chez les femelles, les ailes antérieures sont brunâtres ou brunes rougeâtres tandis que chez les mâles, elles sont verdâtres mates, jaune ou marron clair. Les ailes postérieures sont généralement pâles avec une large marge extérieure sombre et se composent d'une tache pâle près du centre de cette région sombre. Des papillons adultes émergent juste après la tombée de la nuit jusqu'à minuit et rampent sur une plante ou un substrat vertical où leurs ailes sèchent (King *et al.*, 1994). Ces papillons se nourrissent de nectar

et d'environ 4 jours après l'émergence, les femelles libèrent des phéromones sexuelles et l'accouplement se produit (Pearson 1958). La fécondité de *H. armigera* est aussi élevée que 3000 œufs (Shanower et Romeis, 1999).

#### **I.3.4 Plantes hôtes**

La noctuelle de la tomate, *Helicoverpa armigera*, est un ravageur très polyphage, capable de coloniser de nombreuses cultures, mais aussi des plantes sauvages (Nibouche *et al.*, 2007 ; Brevault *et al.*, 2012). Au Sénégal, l'insecte a été observé sur la tomate, le poivron, l'aubergine, le jakhatou, le chou (Diatte *et al.*, 2017) et le gombo (Tendeng *et al.*, 2017). Il est le ravageur le plus présent sur la tomate, avec une occurrence de 91,8% dans les parcelles suivies et des dégâts allant jusqu'à 28% sur les fruits (Diatte *et al.*, 2017).

### **I.4 Méthodes de lutte contre *Tuta absoluta***

Il existe plusieurs méthodes de lutttes contre *Tuta absoluta* dont on peut citer :

#### **I.4.1 Lutte biotechnique**

Elle se base sur le piégeage massif des adultes mâles de *T. absoluta* à l'aide des pièges à phéromones sexuelles, à glue, à eau et des pièges lumineux (Idrenmouche, 2011). Un entretien régulier est indispensable comme le changement des capsules à phéromones, nettoyage du piège, remplacement du liquide. Les pièges sont idéalement repartis de manière homogène au niveau bas des plantes avec un piège/400m<sup>2</sup> (Bodendörfer *et al.*, 2011).

#### **I.4.2 Mesures culturales**

Les techniques culturales sont diverses :

- L'hygiène : l'enlèvement complet d'une culture infectée par la mineuse de la tomate est la condition essentielle pour éviter ou du moins réduire au minimum les risques de ré infestation, d'une récolte à l'autre. Il faut veiller à ce que tous les débris de culture soient parfaitement détruits par incinération ou enfouissement profond. Lorsque les pupes se trouvent enfouies sous au moins 7 à 9 cm de terre, la sortie des adultes sera difficile. Ramassage de la mineuse à la main en inspectant régulièrement la culture dès le début et en détruisant les feuilles infestées. On peut ainsi limiter l'importance des populations (Gillian Ferguson, 2004).
- Désinfection des caisses : veiller à ce que les caisses ou les boites qui ont servi à une opération soient soigneusement désinfectées, avant d'être réutiliser pour l'opération

suivante (Wang *et al.*, 1998). Les adultes, les feuilles infestées ou les fruits laissés dans les caisses peuvent être source d'infestation.

#### **I.4.3 Lutte biologique**

Les résultats d'études menées au centre de recherche sur la culture abutée et industrielle, donnent à espérer que certaines espèces de *Trichogramma* peuvent être de bons auxiliaires de lutte biologique contre la mineuse de la tomate, à condition d'appuyer leur action, par d'autres mesures de lutte (Wang *et al.*, 1998). Selon Torres *et al.*, (2002), en Espagne et en France pour faire face à l'attaque de *T. absoluta*, on a déployé des prédateurs de la mineuse de la tomate qui sont du genre *Machrolophus*, une punaise qui se nourrit abondamment des œufs du papillon. La punaise fait merveille, mais son temps d'installation est de trois mois. Alors pour compléter le dispositif, les professionnels ont utilisé un parasitoïde. Une mini guêpe dont la particularité est de pondre ses œufs à l'intérieur de l'œuf de *T. absoluta*.

#### **I.4.4 Lutte chimique**

La lutte chimique s'effectue grâce à des produits de synthèse d'origine chimique. Diverses familles sont utilisées : les plus importantes sont les organophosphorés, les pyréthriinoïdes et les avermectines (Diatte *et al.*, 2016). Aucune résistance n'a été notée au Sénégal contrairement au Brésil et en Argentine où des formes de résistance ont été signalées. Toutefois les pesticides sont généralement très toxiques et leur application nécessite des normes de sécurité très strictes. De plus l'utilisation quotidienne de ces aliments contaminés avec des pesticides constitue sans doute l'un des principaux facteurs de risque d'intoxication pour les consommateurs (Yarou *et al.*, 2017). Au départ, les seuls insecticides utilisés contre la mineuse de la tomate en Argentine étaient les organophosphorés, qui ont été progressivement remplacés par les pyréthriinoïdes dans les années 1970. Au début des années 80, le cartap, en alternance avec les pyréthriinoïdes, et le thiocyclam ont été introduits, le premier montrant une excellente efficacité à ce moment. Au cours des années 1990, des insecticides dotés de nouveaux sites d'action tels que l'abamectine, les régulateurs de croissance des insectes acylurées, le spinosad, le tébufénozide et le chlorfénapyr ont été introduits (Galarza & Larroque 1984, Polack 1999, Cáceres, 2000). Les rapports sur le développement d'une résistance aux insecticides dans les populations de *T. absoluta* étaient rares. Une diminution de l'efficacité de contrôle des insecticides organophosphorés a été observée en Bolivie et au Chili, qui pourraient être contrôlées de manière satisfaisante par les pyréthriinoïdes (Moore 1983, Larraín 1986). L'existence d'une résistance aux organophosphorés et aux pyréthriinoïdes au Chili (Salazar & Araya 1997 et 2001)

et à l'abamectine, au cartap, au méthamidophos et à la perméthrine au Brésil, a été signalée (Siqueira *et al.*, 2000, 2001). La suspicion sur le développement d'une résistance chez les populations argentines de *T. absoluta* est présente depuis les années 1980, lorsque les producteurs et les conseillers agronomiques ont constaté que certains des composés recommandés pour sa lutte perdaient de leur efficacité sur le terrain.

De plus la comparaison des résultats avec ceux obtenus dans trois pays d'Afrique de l'Ouest (Vaissayre *et al.*, 2002) où la présence d'une résistance aux pyréthriinoïdes est avérée, révèle au Cameroun des niveaux de sensibilité légèrement inférieurs en 1999 et 2000 et comparables en 2001. Même si aucun échec de traitement tangible n'a été enregistré jusqu'à aujourd'hui sur le terrain, les résultats obtenus permettent de soupçonner l'existence de gènes de résistance au sein des populations d'*H. armigera* du Nord Cameroun.

## **I.5 Généralité sur l'usage des bio-insecticides**

Les biopesticides, « organismes vivants ou produits issus de ces organismes ayant la particularité de supprimer ou limiter les ennemis des cultures » sont utilisés depuis des siècles par les fermiers et paysans. De nos jours, ils sont classés en trois grandes catégories selon leur origine (microbienne, végétale ou animale) et présentent de nombreux avantages. Ils peuvent être aussi bien utilisés en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique, certains permettent aux plantes de résister à des stress abiotiques et d'une manière générale, ils sont moins toxiques que leurs homologues chimiques (Deravel *et al.*, 2013). Même s'ils ont souvent la réputation d'être moins efficaces que ces derniers, les biopesticides sont l'objet d'un intérêt croissant de la part des exploitants, notamment dans le cadre de stratégies de lutte intégrée. La mise sur le marché des biopesticides est facilitée dans certaines régions comme les USA, alors que dans d'autres comme l'Europe de l'Ouest, les processus d'homologation sont longs et coûteux. Le développement futur des biopesticides est dépendant de nombreux facteurs, comme les politiques gouvernementales tant en matière de soutien à la recherche que de réglementation, les stratégies des grands industriels du secteur phytosanitaire et l'évolution des choix des consommateurs selon (Deravel *et al.*, 2013)

### **I.5.1 Généralité sur *Crataeva religiosa***

*Crataeva religiosa* est un petit arbre haut de 3 à 10 m appartenant à la famille des Capparidacées (Figure 8). Il présente un fût irrégulier, rarement droit avec des écorces brunes rousses claires à lenticelles bien visibles (Patil *et al.*, 2011 ; Faye, 2015). Les feuilles sont trifoliées, longuement pétiolées, glabres, avec 5 à 20 cm de long. Les folioles obovales, sont longues de

6 à 10 cm et larges de 3 à 4 cm ; les latérales sont asymétriques (Faye, 2015). Les fleurs sont blanchâtres à blanc laiteux mais présentent des étamines violettes finement parfumées. Elles apparaissent quand l'arbre est défeuillé. Le fruit est une baie, globuleuse, parfois oblongue de 4-8cm de diamètre avec une croûte ligneuse. Ils sont suspendus à des pédoncules qui se lignifient de 5 à 6 cm. A maturité le fruit présente une couleur jaune ou orangée et l'intérieur contient une masse blanche, farineuse et fibreuse mais très douce avec 10 à 15 graines réniformes et brun noir (Faye, 2015). *Crataeva religiosa* présente plusieurs synonymies : *Crataeva adansonii* G. E, *Crataeva brownii* Korth., 1870, *Crataeva guineensis* Schumach et Thonn., 1827, *Crataeva hansemannii* K. Schum., 1888. *Crataeva lama* DC., 1824. (Détienne et Jacket, 1999 in Faye, 2015). *Crataeva religiosa* est une plante fréquemment rencontrée au Sénégal (Berhaut, 1974), très utilisée en médecine traditionnelle et en alimentation. En fumigation, les feuilles servent à apaiser les maux de tête, les ictères et la fièvre jaune (Berhaut, 1974). Aux Philippines, les feuilles sont utiles dans la menstruation irrégulière et aussi en stomachiques (Patil *et al.*, 2011) ; écrasées elles sont appliquées sous forme de pâte pour soigner le gonflement des pieds. Les poudres d'écorces et de feuilles sont utilisées comme rubéfiantes (Berhaut, 1974). L'écorce est utilisée comme antidote dans les morsures de serpent. En outre *C. religiosa* est utile dans la guérison des plaies, pour la force et la vigueur, la perte de mémoire, la faiblesse du cœur et des poumons, la faiblesse du système immunitaire et dans le traitement des organes urinaires (Berhaut, 1974 ; Patil *et al.*, 2011). Également utilisé dans la gestion des bioagresseurs *C. religiosa* s'est révélé efficace dans la protection des denrées stockées notamment contre *Dermestes sp* et *Callosobruchus maculatus* (Mbaye *et al.*, 2014 ; Faye *et al.*, 2015). Plusieurs auteurs ont mis en évidence le rôle ethnobotanique de cette plante ainsi toutes les parties sont utilisées : les feuilles, l'écorce du tronc et l'écorce des racines.



**Figure 8 :** *Crateva religiosa* (Source : flickr.com)

## CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

### II.1 Présentation de la zone d'étude

La commune d'arrondissement de Malika est située dans la zone péri-urbaine à 22 Km de Dakar. Elle possède une bande côtière de deux lacs (Wouye et Mbeubeuss) et une superficie d'environ 10 Km<sup>2</sup>. C'est une zone constituée d'un sol à majorité sablonneux avec des points élevés situés sur une dune vers le nord et des zones de basses altitudes 0 à 0,6 mètre qui se dispersent à l'Est le long du lac Mbeubeuss. A l'Ouest du Daara de Malika, une zone dépressionnaire abrite le lac Wouye avec des altitudes ne dépassant pas 1 mètre. Cette zone est caractérisée d'une part par un climat relativement doux lié à la forte présence de l'alizé maritime et d'autre part par la prédominance de sols hydromorphes propices à l'agriculture.



Figure 9 : Situation géographique de la zone des Niayes (Fall *et al.*, 2001).

## II.2 Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour la réalisation de ce travail est constitué de :

- Tomate (*lycopersicum esculentum Mill*) variété Mongal choisie du fait qu'elle est adaptée à la saison sèche fraîche, à la saison sèche chaude et à l'hivernage. Elle est fournie par TROPICASEM.
- Les insectes ravageurs de la tomate
- Des extraits de feuilles de *Crataeva religiosa* qui servent de bio-insecticide.

### II.2.1 Extraits à base de feuilles de *Crataeva religiosa*

Après la récolte, les feuilles ont été broyées au mélangeur (formulation fraîche) ou séchées pendant une dizaine de jours à l'ombre et broyées puis la poudre a été conservée dans des bocaux en verre (formulation sèche). Pour préparer les extraits de la formulation sèche, deux cent grammes (200 g) de feuilles ont été macérées dans 1 litre d'eau pour la concentration de C1. Le mélange a été filtré à l'aide d'un tamis et d'un tissu. Le même procédé a été utilisé pour obtenir des concentrations C2 et C3 avec respectivement 150 g et 100 g de poudre de feuilles de *C. religiosa*.

## II.3 Dispositif expérimental

Pour mettre en place la culture, une parcelle de 59,8 m<sup>2</sup> a été délimitée et divisée en 2 blocs espacés de 2,6 m. Ce dernier se composait de 14 parcelles élémentaires (7 parcelles par bloc) d'une superficie de 1,69 m<sup>2</sup> chacune (Figure 10). La parcelle élémentaire portant 4 pieds de tomates a été divisée en deux rangées de cultures espacées de 0,70 m. Un total de 56 plants de tomates a été obtenus. La distance entre les parcelles élémentaires était de 0,40 m. Le nom du traitement appliqué est attribué à chaque parcelle.

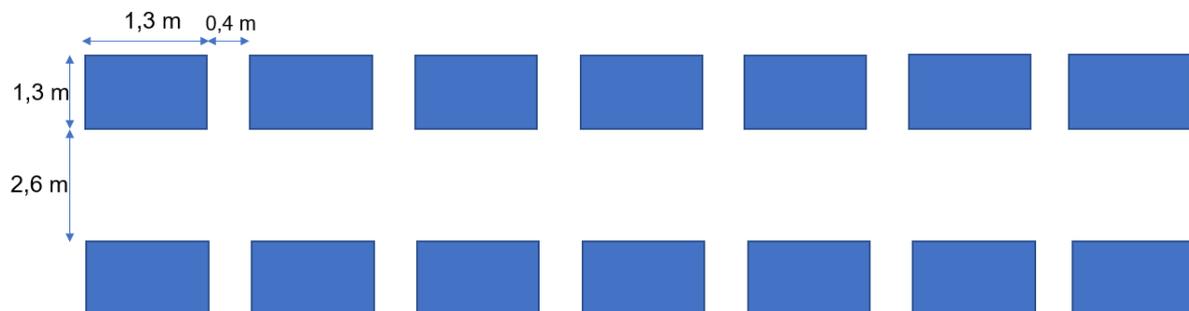


Figure 10 : Dispositif expérimental de Fisher

#### **II.4 Semis, pépinière et repiquage**

La pépinière a été mise en place dans la zone péri-urbaine de Dakar sur un sol aménagé trois jours avant. La surface couverte par la pépinière était de 3 m<sup>2</sup> (2 m x 1,5 m). Ensuite elle a été labourée puis arrosée une fois par jour. Des tracés à la raie ont été effectués sur le sol afin de placer les semences de tomate à une profondeur de 2 cm et recouverte de terre. Avant arrosage, un voile blanc était étalé sur la pépinière. La levée avait eu lieu 3 jours après le semis. Les plants de 15 à 25 cm de hauteur avec 3 à 6 feuilles ont été repiqués à la main. Chaque parcelle a reçu 4 plants de tomate espacés de 0,70 m. L'arrosage se faisait tôt le matin par le maraicher.

#### **II.5 Traitement phytosanitaire**

Après avoir traité le sol avec de l'engrais pour le fertiliser, le traitement a été appliqué avec le produit, deux semaines après le repiquage. Au total, un seul (01) produit a été utilisé sur les parcelles élémentaires traitées toutes les 2 semaines et une même quantité d'eau pour celles non traitées. Des désherbages étaient effectués à chaque fois que besoin se faisait sentir.

- C0 : Parcelle non traitée
- C1 : Parcelle traitée avec l'extrait de feuilles de *Crateava religiosa* (200g/l)
- C2 : Parcelle traitée avec l'extrait de feuilles de *Crateava religiosa* (150g/l)
- C3 : Parcelle traitée avec l'extrait de feuilles de *Crateava religiosa* (100g/l)

#### **II.6 Observations et inventaire**

Suivi de l'entomofaune dans la culture : sur 10 plantes entières dans chaque parcelle élémentaire nous avons inventorié les insectes présents :

- ✓ nombre de mines ;
- ✓ nombre de feuilles minées ;

#### **II.7 Paramètres agronomiques**

Observations des dégâts sur fruits : dès les premiers dégâts, comptage et pesée des fruits récoltés avec dégâts de *Tuta*

#### **II.8 Analyses statistiques**

Le traitement des données a été effectué à l'aide du tableur Microsoft office Excel 2016 pour classer les données obtenues au terrain et son tableau de dynamique croisée pour générer les histogrammes. L'analyse des résultats a été faite avec le logiciel R version (3.5.3). Pour évaluer l'effet du traitement, le test de Kruskal-wallis a été utilisé, l'analyse a porté sur la population moyenne d'insectes observée sur les plantes avant et après pulvérisation. Avant tout analyse le

test de normalité Shapiro-Wilk a été appliqué sur nos données. La différence entre deux valeurs est considérée comme significative lorsque la p-value est inférieure à 5% ( $p < 0,05$ ).

### **II.8.1 Paramètre étudiés**

Afin d'évaluer l'effet biocide des extraits de feuilles, des relevés ont été effectués avant et après traitement. Les relevés portaient sur le dénombrement des insectes présents sur le site de la culture de tomate. Ces observations ont permis de déterminer les paramètres suivants :

- Abondance des larves
- La fréquence d'occurrence

#### **II.8.1.1 Abondance relative**

Elle est définie comme étant le rapport entre l'effectif de l'espèce  $i$  par exemple ( $n_i$ ) et l'effectif total des individus des différentes espèces du peuplement ( $N$ ) :

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

#### **II.8.1.2 Fréquence d'occurrence**

Appelée aussi indice de constance au sens de DAJOZ (1976), la fréquence d'occurrence ( $C\%$ ) est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le nombre de relevés ( $P_i$ ) où l'on trouve l'espèce ( $i$ ) et le nombre total de relevés réalisés ( $P$ ) dans une même station. Elle est calculée par la formule :

$$C (\%) = 100 \times P_i/P$$

En fonction de la valeur  $C (\%)$ , nous qualifions les espèces de la manière suivante :

$C = 100 \%$  -espèce omniprésente

$100 > C > 75\%$  -espèce constante

$75 > C > 50\%$  -espèce fréquente

$50 > C > 25\%$  -espèce commune

$25 > C > 5\%$  -espèce accessoire

$C < 5\%$  -espèce rare. (BENAISSA HAYAT, 2017)

#### **II.8.1.3 Indice de diversité**

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces.

### II.8.1.3.1 Indice de Shannon

C'est un indice intra biotope, indice de diversité microcosmique, la fonction de Shannon, est une dérivée de la théorie de l'information.

$$H'(\alpha) = - \sum p_i \log_2 p_i$$

(cf. Shannon CE, Weaver W 1963; Frontier 1983 ; Aflie 1999). Cette fonction fournit une bonne expression de la diversité organique d'un peuplement.

$$0 \leq H'(\alpha) \leq \text{Log}_2 S$$

$H'(\alpha) = - \sum p_i \log_2 p_i$  représente la diversité observée. Une communauté sera d'autant plus diversifiée que l'indice  $H'(\alpha)$  sera plus grand.

### II.8.1.3.2 Indice de Simpson :

Cet indice a été proposé par Simpson en 1965. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. L'expression ci-après permet de faire varier l'indice dans le même sens que la diversité : plus la diversité spécifique est élevée plus l'indice est fort :

$$I_s = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

$P_i$  : abondance relative

$0 \leq I_s \leq s$  avec

$I_s = 0$  : Effectif concentré à 1 seule espèce

$S$  : richesse spécifique

### II.8.1.3.3 Indice de Pielou

L'équitabilité de Pielou ( $E$ ) correspond au rapport entre la diversité obtenue et la diversité maximale. Il exprime la régularité ou l'équitable répartition des individus au sein des espèces. Il est donné par la formule :

$$E = \frac{H}{\text{Log}_2 S}$$

$S$  désigne la richesse spécifique

L'équitabilité est faible lorsque  $E < 0,6$  ; moyenne quand  $E$  est compris entre 0,6 et 0,8 et élevée si  $E \geq 0,8$ . Si  $E$  est faible, on conclut que peu d'espèces concentrent la majorité des individus du milieu. Lorsque  $E$  est élevé, on déduit que le milieu n'est pas spécialisé et donc

les individus sont bien répartis au sein des espèces. Si H et E sont faibles, alors le milieu est homogène et spécialisé. Si H et E sont élevés, alors le milieu est isotrope

### **II.8.2 Tests statistiques**

Les données étaient saisies à l'aide du tableur Excel qui a permis à l'aide du tableau dynamique croisé de construire les diagrammes circulaires et d'effectuer les calculs des indices de diversité. Pour les données quantitatives, la normalité a été vérifiée et un test non paramétrique (Kruskal Wallis) a été effectué pour déterminer la significativité du traitement au seuil de 5%.

## CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION

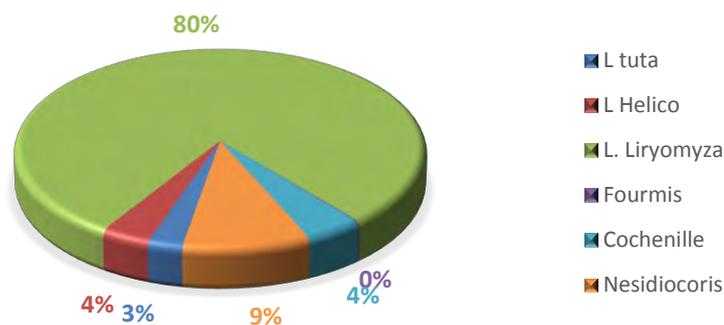
### III.1 Résultat

#### III.1.1 Inventaire des espèces présentes

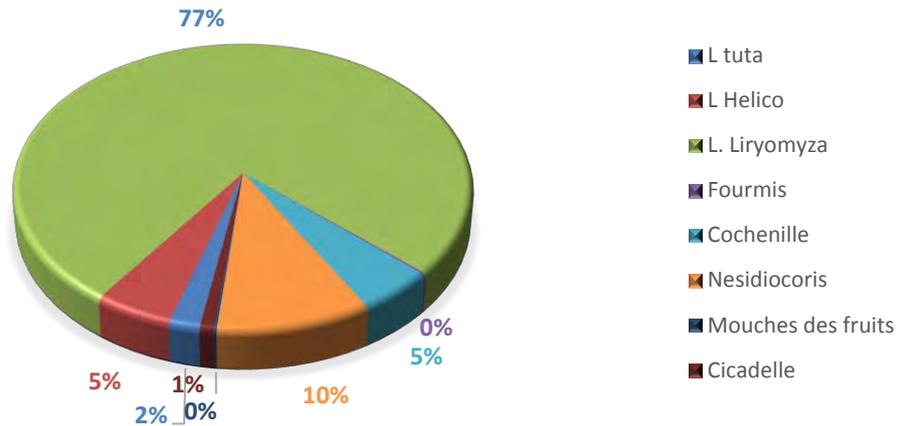
La faune entomologique rencontrée durant la mise en place de la culture de tomate fait état de huit (08) espèces réparties essentiellement dans quatre (4) ordres : les lépidoptères, les hyménoptères, les diptères et les hémiptères. Ils sont répertoriés dans le tableau suivant selon qu'ils soient ravageurs ou auxiliaires. La majorité des ravageurs appartient à l'ordre des diptères. Ces insectes répertoriés au cours de notre essai se manifestaient selon le stade phénologique de la plante. Dans la pépinière, *Liriomyza sp*, présent au deuxième relevé, était l'espèce la plus fréquente avant et après traitement. Les ravageurs *T. absoluta* et *H. armigera* étaient rencontrés 21 jours après le premier relevé. Les mouches des fruits et les cicadelles n'ont été rencontrées qu'après l'arrêt du traitement.

**Tableau I : Insectes rencontrés**

Groupe	Ordre	Famille	Nom scientifique ou Vernaculaire	Hôtes
Ravageurs	Lépidoptères	Gelechidae	<i>Tuta absoluta</i>	Tomate
		Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i>	Tomate
	Diptères	Tephritidae	Mouche des fruits	Tomate
		Agromizydae	<i>Liriomyza sp</i>	Tomate
	Hémiptères	Coccoidea	Cochenilles	Tomate
Auxiliaires	Hyménoptères	Cicadellidae	Cicadelles	Tomate
		Formicidae	Fourmis	Tomate
	Hémiptères	Miridae	<i>Nesidiocris tenuis</i>	Tomate



**Figure 11 : Proportion des espèces avant traitement**



**Figure 12 : Proportion des espèces après traitement**

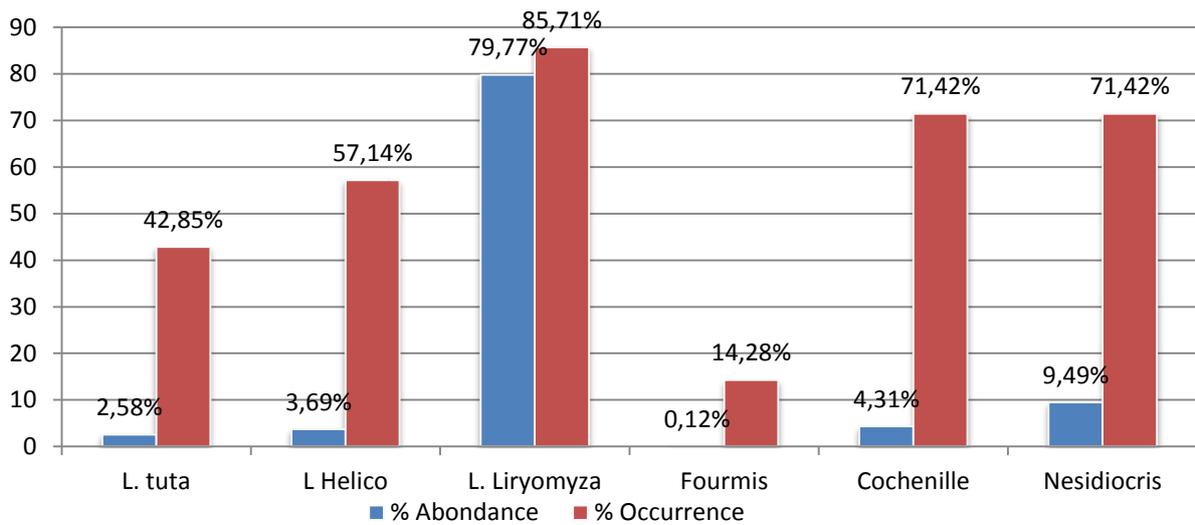
### III.1.1.1 Abondance et fréquence d'occurrence des insectes

Les valeurs obtenues sur l'abondance, à la période où nos relevés ont été faits, montrent que les larves de *Liryomyza* sp étaient majoritaires dans ce milieu avec une abondance qui passe de 79,77% avant traitement à 76,45% après traitement, suivies respectivement du prédateur *Nesidiocris tenius* (9,49%), des cochenilles (4,31%) et des chenilles de *Helicoverpa armigera* (3,69%). Par contre, on note une augmentation non significative de ces valeurs chez ces derniers après traitement, 10,0365 ; 4,92701 ; 5,10949 respectivement. Cette tendance est inverse chez les larves de *Tuta absoluta* chez qui, l'abondance chute de 2,58% à 2%. Par ailleurs, on remarque l'apparition de la mouche des fruits et de la cicadelle après le traitement avec des pourcentages respectifs de 0,18% et de 1,09%.

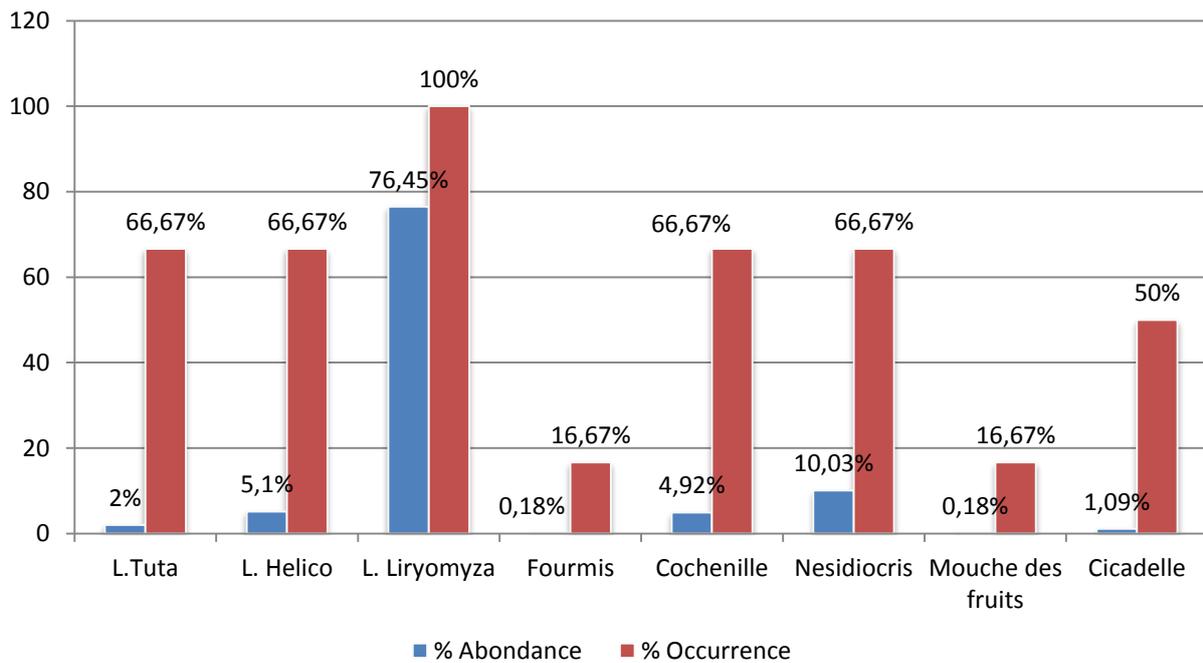
D'autre part les fréquences d'occurrence calculées à partir des relevés montrent que les larves de *Liryomyza* sp passent d'espèce constante (85,71%) à omniprésente. Le prédateur *Nesidiocris tenius*, les cochenilles et les chenilles de *Helicoverpa armigera* demeurent des espèces fréquentes. Les larves de *Tuta absoluta* quant à elles passent d'espèce commune avec une fréquence d'occurrence de 42,85% avant traitement à fréquente avec 66,67% de pourcentage. Les autres insectes tels que les fourmis, les mouches des fruits et les cicadelles se présentent sous formes d'espèce rares.

Tableau II : Abondance et fréquence d'occurrence

ESPECES	Abondance relative Pi (%)		Nombre total de relevés		Nombre de relevés avec présence de l'espèce		Fréquence d'occurrence (%)	
	Avant T.	Après T.	Avant T.	Après T.	Avant T.	Après T.	Avant T.	Après T.
<i>L. T. absoluta</i>	2,5894	2,0073	7	6	3	4	42,85	66,67
<i>L. H. armigera</i>	3,69914	5,10949			4	4	57,14	66,67
<i>L. Liryomyza</i>	79,77805	76,45985			6	6	85,71	100
Fourmis	0,1233	0,18248			1	1	14,28	16,67
Cochenille	4,31566	4,92701			5	4	71,42	66,67
Nesidiocris	9,49445	10,0365			5	4	71,42	66,67
Mouche des fruits		0,18248				1		16,67
Cicadelle		1,09489				3		50



**Figure 13 : Histogramme Abondance relative et Fréquence d'occurrence des insectes (avant traitement)**



**Figure 14 : Histogramme Abondance relative et Fréquence d'occurrence des insectes (avant traitement)**

### III.1.1.2 Diversité des espèces

L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) est de 1,10 avant traitement qui est inférieure à la diversité maximale ( $H_{max}$ ) dont la valeur est de 2,58 ce qui veut dire que le peuplement des espèces est faiblement diversifié. La valeur de l'équitabilité de Piélou étant de 0,42 confirme

cette théorie et indique un faible équilibre et que peu d'espèces concentrent la population dans le milieu. Celle de Simpson ( $I_s$ ) est de 1,53 et varie entre 0 et S (richesse spécifique), nous indiquant ainsi une distribution inégale de l'effectif. Ce qui se justifie par le fait qu'il existe une espèce, en l'occurrence *Liryomyza sp*, qui est la mieux représentée dans le peuplement. On remarque une faible augmentation de ces valeurs de diversités après traitement ce qui se traduit par une légère hausse de l'équilibre et la distribution des espèces.

**Tableau III : Indices de Diversité des ravageurs**

Espèces	Effectifs		S		Pi=ni/N		Log <sub>2</sub> (Pi)		Pi*log <sub>2</sub> (Pi)	
	Avant T.	Après T.	Avant T.	Après T.	Avant T.	Après T.	Avant T.	Après T.	Avant T.	Après T.
<i>L. tuta</i>	21	11	6	8	0,0258	0,0200	-5,271	-5,638	-0,136	-0,113
<i>L. Helico</i>	30	28			0,036	0,051	-4,756	-4,290	-0,175	-0,21
<i>L. Liryomyza</i>	647	419			0,797	0,764	-0,325	-0,387	-0,260	-0,296
Fourmis	1	1			0,001	0,001	-9,663	-9,098	-0,011	-0,016
Cocheni lle	35	27			0,043	0,049	-4,534	-4,343	-0,195	-0,213
<i>Nesidioc ris</i>	77	55			0,094	0,100	-3,396	-3,316	-0,322	-0,332
Mouche des fruits		1				0,001		-9,098		-0,016
Cicadell e		6				0,010		-6,513		-0,071
<b>TOTAL</b>	<b>811</b>	<b>548</b>								
Indice de Shannon H' = $-\sum Pi \cdot \log_2 (Pi)$									1,102	1,279
					1,539	1,665				

Indice de Simpson $I_s = 1/\sum P_i^2$									
Indice de Pièlou $E = H'/\log_2 S$			0,4265	0,4266					

### III.1.2 Effet du traitement sur les insectes

Le test de Kruskal-Wallis n'a montré aucune significativité du traitement sur les insectes *Tuta absoluta*, *Helicoverpa armigera*, *Liryomyza sp*, *Nesidiocris tenius* (p-values supérieures à la valeur de référence qui est 0,05).

### III.2 Discussion

L'essai mené dans la zone de Malika consistait à déterminer l'effet des extraits aqueux à base de feuilles de *C. religiosa* sur la diversité de l'entomofaune de la tomate et évaluer l'efficacité de ce bio-insecticide sur les populations de *Tuta absoluta* et *Helicoverpa armigera*.

A l'issue de l'inventaire, des insectes ont été répertoriés sur la culture de tomate : huit (08) espèces réparties en cinq (05) ordres et huit (08) familles. L'analyse de ces résultats révèle une faune assez variée dans le site de culture. Les ravageurs appartiennent pour la plupart à l'ordre des diptères. A cela s'ajoute une présence très marquée des auxiliaires en particuliers les prédateurs tels que *N. tenuis* et les fourmis. Ces résultats sur la biodiversité entomologique sont en adéquation avec les observations de Mochiah et al. (2011) qui stipulent que l'application des extraits de plantes permet de maintenir un équilibre écologique entre ravageurs et auxiliaires.

Les résultats obtenus sur les paramètres de biodiversité révèlent que l'espèce *L. sp.* était largement prédominante par rapport aux autres insectes. Elle était omniprésente avec une fréquence d'occurrence de 100% ; suivi des espèces fréquentes *N. tenuis*, *H. armigera* et la cochenille. L'espèce *Liriomyza sp.*, apparue une semaine après le premier relevé, est un ravageur qui ne doit pas être négligé. Il peut avoir une grande incidence sur les cultures avec des pertes allant jusqu'à 41% et une densité moyenne de 111 asticots par plant (Coly et al., 1993). Le ravageur *Tuta absoluta* quant à elle passent d'espèce commune avec une fréquence d'occurrence de 42,85% avant traitement à fréquente avec 66,67% après traitement. Les autres insectes tels que les fourmis, les mouches des fruits et les cicadelles se présentent sous formes d'espèce accidentelles (rares).

La noctuelle de la tomate, *H. armigera* est un ravageur très polyphage, apparue vingt et un jours après le premier relevé, il est capable de coloniser de nombreuses cultures, mais aussi des plantes non cultivées (Nibouche et al, 2007 ; Brevault et al., 2012). Au Sénégal, l'insecte a été observé sur la tomate, le poivron, l'aubergine, le jakhatou et le chou. Il est le ravageur le plus présent sur la tomate, avec une occurrence de 91,8% dans les parcelles suivies et des dégâts allant jusqu'à 28% sur les fruits (Diatte et al., 2016).

A l'instar de la noctuelle, la mineuse *T. absoluta* est apparue sur les parcelles un mois après le repiquage soit dans la première moitié du mois de janvier. Nos résultats sont en accord avec les ceux de Sylla et al. (2017) qui ont montré que l'incidence de la mineuse des feuilles était très faible au début de la saison sèche (octobre à janvier). Cette même conclusion est obtenue avec l'étude d'Allache et al. (2012) en Algérie, qui selon eux la population de *T. absoluta* avaient est faible pendant cette période.

Les résultats des indices de diversité indiquent des indices de Shannon-Weaver (1,279 < 2,58) et d'équitabilité (0,4266 < 0,6) relativement faibles, ce qui montre la dominance d'une espèce en l'occurrence *Liryomyza sp.* De même que l'indice de Simpson (1,665) assez faible devant la richesse spécifique confirme cette distribution inégale de l'effectif du peuplement.

Cependant, malgré la non significativité du test, la parcelle traitée avec l'extrait aqueux de feuilles de *Crateava religiosa* à 200g/l (C1) présente une différence notable sur la moyenne de larves de *Liryomyza sp.* comparée à la parcelle témoin non traitée (C0). Cette même remarque peut s'appliquer sur les fourmis ainsi que les larves de *N. tenuis* qui voient leurs effectifs considérablement réduits. Par contre, une légère augmentation du nombre de larves de *T. absoluta* et de *H. armigera* a été décelée sur la parcelle C1.

Sur celles traitées avec la concentration de 150g/l (C2), cette tendance est revue légèrement à la hausse. En effet, le nombre de larves de *Liryomyza sp.* a considérablement augmenté. Cette croissance reste tout de même moindre chez les autres espèces. En revanche sur la parcelle C3 (traitée avec la concentration de 100g/l), la valeur de l'effectif spécifique à chaque variété d'insectes relevée sur C2 a doublé.

## CONCLUSION

La résistance face aux insecticides observée sur le ravageur *T. absoluta* et la noctuelle *H. armigera* conjuguée aux effets néfastes de ces produits de synthèses sur l'homme et l'environnement impliquent l'adoption de nouvelles méthodes. L'étude a permis d'une manière générale de déterminer l'effet des extraits aqueux à base de feuilles de *C. religiosa* sur la diversité de l'entomofaune de la tomate et évaluer l'efficacité de ce bio-insecticide sur les populations de *Tuta absoluta* et *Helicoverpa armigera*. Les concentrations testées n'ont montré aucune significativité ni sur la diversité des espèces ni sur les populations de *H. armigera* et *T. absoluta*. De par ces résultats notre étude propose d'augmenter les concentrations de ce bioinsecticide afin de trouver une concentration efficace contre la mireuse de la tomate *T. absoluta* et de la noctuelle *H. armigera* considérées comme menace majeure pour la production de la tomate.

## REFERENCES

1. **Abbas S., Colazza S.** Tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) 2010/2011. *The Old and New Challenge*. 118p.
2. **Achaleke J., Brévault T.** 2010. Inheritance and stability of pyrethroid resistance in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Central Africa. *Pest Manag. Sci.*, 66(2) : 137–141.
3. **Achaleke J., Martin T., Ghogomu R.T., Vaissayre M., Brévault T.** 2009. Esterase-mediated resistance to pyrethroids in field populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from Central Africa. *Pest Manag. Sci.*, 65(10):1147– 1154.
4. **Adamou H., Garba, M., Mairo M. D., Adamou B., Gourari B., Kimba A., Abou M. & Delmas P.** (2017). Distribution géographique de la chenille mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera. Gelechiidae) au Niger. *Scholars Academic Journal of Biosciences (SAJB)*. 8p.
5. **Allache F. & Demnati F.** (2012) « Population Changes of *Tuta Absoluta* (Gelechiidae) and Fruit Loss Estimates on Three Tomato Cultivars in Greenhouses in Biskra, Algeria ». *Environmental and Experimental Biology*, 2017.
6. **Allache F., Demnati F., Houhou M. A.** Population Changes of *Tuta Absoluta* (Gelechiidae) and Fruit Loss Estimates on Three Tomato Cultivars in Greenhouses in Biskra, Algeria. *Environmental and Experimental Biology EEB 2017*. 8p.
7. **BA A. R.** (2018), Protection des cultures maraichères contre les lépidoptères déprédateurs : utilisation de substance biocides végétales à base de *crataeva religiosa* contre *tuta absoluta* (lepidoptera: gelechiidae) ravageur des cultures de tomates *Mémoire de Diplôme de Master en Biologie Animale Spécialité : Entomologie*. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). 30p.
8. **BA A. R., DIOME T., DIA C. A. K. M., Sembene M.** use of plant biocidal substances based on *Crataeva religiosa* against *Tuta absoluta* (lepidoptera: gelechiidae) devastator of tomato crops. *Int. J. Eng. Tech. Mgmt. Res.* **2020**, 6 (8), 63–71.
9. **Barrientos R., Apablaza J., Norero A. & Estay P.** (1998). Threshold temperature and thermal constant for the development of the South American tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Cienciae Investigacion Agraria* (Chile). 25(3) : 133-137.
10. **Bénard C.** 2009. Étude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Nancy Université – INRA Agronomie et Environnement École doctorale RP2E. 265.
11. **G. H. Berhaut J.** — La Flore illustrée du Sénégal. Préf. de L. Sédar Senghor. In: *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, vol. 21, n°7-9, Juillet-août-septembre 1974. pp. 269-270.
12. **Biondi A., Zappalà L., Di Mauro A., Tropea Garzia G., Russo A., Desneux N., Siscaro G.** Can Alternative Host Plant and Prey Affect Phytophagy and Biological Control by the Zoophytophagous Mirid *Nesidiocoris Tenuis* *BioControl* **2016**, 61 (1), 79–90.
13. **Brévault T., Beyo J., Nibouche S., Vaissayre M.** La résistance des insectes aux insecticides : *problématique et enjeux en Afrique centrale*. **2002**, 7p.
14. **Desneux N., Luna M. G., Guillemaud T., Urbaneja A., 2011.** The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in AfroEurasia and beyond: the new threat to tomato world production. *J. Pest Sci.*, 84 : 403-408.
15. **Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K. A. G., Burgio G., Arpaia S., Narvaez-Vasquez C. A., Gonzalez-Cabrera J., Ruescas D. C., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., Cabello T., Urbaneja A.** 2010. Biological invasion of European tomato

- crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *J. Pest Sci.*, 83 :197-215.
16. **Diatte M., Brévault T., Sall-Sy D., et Diarra K.** « Des pratiques culturales influent sur les attaques de deux ravageurs de la tomate dans les Niayes au Sénégal ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10, n° 2 (12 septembre 2016): 681.
  17. **Djégo J., Gibigaye M., Tente B., Sinsin B.** Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. *Int. J. Bio. Chem. Sci* **2012**, 6 (2), 705–713.
  18. **Faye A.** (2015). Activité biocide des feuilles d'*Azadirachta indica* A. Juss, de *Crataeva religiosa* Forst et de *Senna occidentalis* L. contre *Callosobruchus maculatus* Fabricius, principal ravageur des stocks de niébé au Sénégal. Thèse de Doctorat Unique en Chimie et Biochimie des Produits Naturels, Université Cheikh Anta Diop (Sénégal). 155p.
  19. **Fezzani S., Zghal F., Amor Z. B.** Étude systématique et écologique de la faune associée aux moules : **2001** *Bull. Institut National des Sciences et Technologie de la Mer, Salammbô, Tunisie, Vol.28*, 9p.
  20. **Germain J. F., Lacordaire A. I., Cocquempot C., Ramel, J. M. & Oudard E. (2009).** A new tomato pest in France: *Tuta absoluta*. *PHM Revue Horticole*. 512: 37-41.
  21. **Grall J., Coïc N., 2006** Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT \_ Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. 91p.
  22. **Idrenmouche S. (2011).** *Biologie et écologie de la mineuse de la tomate Tuta absoluta (Meyrick, 1917) Lepidoptera. Gelechiidae dans la région de Boumerdes.* Mémoire de diplôme de Master en Sciences Agronomiques Spécialité : Ecologie des communautés Biologiques. Alger: Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie EL-HARRACH. 103p.
  23. **Mbaye N. N., Sarr M., Gueye-Ndiaye A., Samb A., Sembene M.** « Repulsive and Biocide Activities of Leaves Powder of *Crataeva Religiosa* (Forst) on Dermestes Spp. Associated with the Salty Smoked-Dried Fish ». *International Journal of Biosciences (IJB)*, 2 janvier 2014, 306-12.
  24. **Mochiah M. B., Banful B., Fening K. N., Amoabeng B. W., Bonsu K., Ekyem S., Braimah H. & Owusu-Akyaw M. (2011).** Botanicals for the management of insect pests in organic vegetable production. *J Entomol Nematol* 3:85-97. *Journal of Entomology and Nematology*. 3. 85-97.
  25. **Mokhtar Y. B., Lakhdar B., Miloud B., Seddik B. B., Mohamed B., Abdellah B.** Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ; Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate ». 200p.
  26. **Niassy S., Diarra K., Niang Y., Niang S., Pfeifer HR. 2010.** Effect of organic fertilizers on the susceptibility of tomato *Lycopersicon esculentum*: Solanaceae to *Helicoverpa armigera* Lepidoptera: Noctuidae in the Niayes area Senegal. *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 6 (6): 708–12.
  27. **Patil, Udaysing. (2011).** Medicinal Profile of a Sacred Drug in Ayurveda: *Crataeva religiosa*. *J. Pharm. Sci. & Res.* 3. 923-929.
  28. **Pfeiffer D. G., Muniappan R., Sall D., Diatta P., Diongue A., and Dieng E. O.** "First Record of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Senegal," *Florida Entomologist*, 96 (2), 661-662, (1 June 2013).
  29. **Povolony D. (1975).** On three neotropical species of *Gnorimoschemini* (Lepidoptera: Gelechiidae), mining Solanaceae. *Acta Universitatis Agriculturae*. 56(4): 410-419.
  30. **Ramel J. M. & Oudard E. (2008).** *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917): Éléments de reconnaissance. L.N.P.V. Station d'entomologie, S.R.P.V. Avignon. 2p.
  31. **Silva D.B., Bueno V.H.P., Jr J.C.L., Lenteren J.C.V., n.d.** Life history data and population growth of *Tuta absoluta* at constant and alternating temperatures on two tomato lines (2015). *Bulletin of Insectology*. 10p.

32. **Siqueira H. Á. A., Guedes R. N. C., Picanço M. C. 2000.** Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agric. For. Entomol.*, 2(2): 147–153.
33. **Sylla S., Brévault T., Bal A. B., Chailleux A., Diatte M., Desneux N., Diarra K.** Rapid Spread of the Tomato Leafminer, *Tuta Absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), an Invasive Pest in Sub-Saharan Africa. *Entomologia* 2017, 36 (3), 269–283.
34. **T. Brévault, S. Sylla, M. Diatte, G. Bernadas, and K. Diarra** "*Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae): A New Threat to Tomato Production in Sub-Saharan Africa," *African Entomology* 22(2), 441-444, (1 July 2014).
35. **Yarou B. B., Silvie P., Komlan F. A., Mensah A., Alabi T., Verheggen F., et Francis F.** « Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique) ». *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2017, 17p.

#### WEBOGRAPHIE :

1. Photo de *Tuta absoluta* adulte  
[https://4.bp.blogspot.com/-ZFs4cyhC0u0/Wb-24Emo-4I/AAAAAAAAAEZQ/qXwc0tkIm440F0-Qm9h61r09f79qPWbUwCLcBGAs/w680/4cbe5a4d62ac3d1f64d2237c5c401d67\\_480x0.jpg](https://4.bp.blogspot.com/-ZFs4cyhC0u0/Wb-24Emo-4I/AAAAAAAAAEZQ/qXwc0tkIm440F0-Qm9h61r09f79qPWbUwCLcBGAs/w680/4cbe5a4d62ac3d1f64d2237c5c401d67_480x0.jpg)
2. Photo cycle de *T. absoluta*  
<https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/508dd3a3a95da12bfc643b0a2cdfa2ddd8b2cb3e/250px/43-Figure5-1.png>
3. Photo Dégâts de *T. absoluta* sur feuillages  
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.nursery.how%2Fen%2Ftuta-absoluta-lepidoptera%2F&psig=AOvVaw0aLMLz0I2CBzm7zM1BWSV0&ust=1616440008308000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKjWhZuMwu8CFQAAAAAdAAAAABAJ>
4. Photo Dégâts de *T. absoluta* sur fruits  
<https://www.agrimaroc.ma/mineuse-tomate-benzoate/>
5. Photo Dégâts de *T. absoluta* sur tige  
<http://4.bp.blogspot.com/-bzAjYgH85Ok/TteARztqy6I/AAAAAAAAATU/VVNzuQCzaNw/s320/tuta+absoluta3.jpg>
6. Photo *Helicoverpa armigera* adulte  
[http://aesgsf.free.fr/V5/\\_media/img/small/helicoverpa-armigera-photo-eric-sylvestre.jpg](http://aesgsf.free.fr/V5/_media/img/small/helicoverpa-armigera-photo-eric-sylvestre.jpg)
7. Photo cycle de *H. armigera*  
<https://www.researchgate.net/profile/Kerry-Dunse/publication/255704043/figure/fig1/AS:297838966788104@1448021751632/Helicoverpa-armigera-life-cycle.png>
8. Photo feuilles de *Crateva religiosa*  
<https://www.flickr.com/photos/jbfriday/28349854048>