

# Université Assane Seck de Ziguinchor



**UFR Sciences et Technologies**

\*\*\*\*\*

**Département d'Agroforesterie**

## **Mémoire de Master**

**Spécialité** : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers

**Sujet :**

### **Evaluation du potentiel de prédation de carabidés sur la mouche des fruits : cas de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) en Basse Casamance**

Présenté par :

**Sokhna Maï BADJI**

Encadreurs : **Dr Ousmane NDIAYE** Maitre-Assistant (UASZ) et **Dr Paterne DIATTA**

Chargé de Recherches (ISRA)

Soutenu publiquement le 18 Décembre 2019 devant le jury composé de :

Président	M. Daouda NGOM	Maitre-Conférences	UCAD/Dakar
Rapporteurs	M. Ousmane NDIAYE	Maitre-Assistant	UASZ/Ziguinchor
	M. Paterne DIATTA	Chargé de Recherches	ISRA/Ziguinchor
Examineurs	M. Antoine SAMBOU	Assistant	UASZ/Ziguinchor
	M. Boubacar CAMARA	Assistant	UASZ/Ziguinchor

## **DEDICACES**

A ma très chère famille

A mes amis

## REMERCIEMENTS

Je remercie d'abord le bon DIEU pour l'opportunité de réaliser ce travail. Ce mémoire est le fruit d'un travail collectif qui s'est déroulé au CRA/ISRA de Djibélor. Ces quelques lignes sont une occasion pour moi de remercier les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin et par diverses manières. C'est ainsi que j'exprime ma sincère gratitude :

- ❖ A mon encadreur Dr Ousmane NDIAYE, pour sa disponibilité, sa compréhension et ses conseils tout au long du Stage ;
- ❖ A mes encadreurs du CRA: Dr Paterne DIATTA, Directeur du CRA/Djibélor et le Doctorant Mamadou DIATTA pour leur disponibilité et leurs conseils;
- ❖ Au Chef de Département d'Agroforesterie Pr Mohamed M. CHARAHABIL et tous les enseignants. Je voudrais nommer par-là Dr Ngor NDOUR, Dr Siré DIEDHIOU, Dr Djibril SARR, Dr Ismaïla COLY, Dr Antoine SAMBOU, Dr Aly DIALLO et particulièrement aux Dr Boubacar CAMARA, Dr. Arfang Kémo GOUDIABY, Dr Maurice DASYLVA et Dr Mamadou Abdoul Ader DIEDHIOU pour leur contribution dans ce travail et leur disponibilité ;
- ❖ Au Pr Daouda NGOM (UASZ/UCAD) président du jury et aux vacataires du département d'Agroforesterie de l'Université de Ziguinchor qui ont contribué à ma formation ;
- ❖ A mes camarades de la 7<sup>ème</sup> (2013-2019) promotion d'Agroforesterie ;
- ❖ Aux stagiaires du CRA/Djibélor ;
- ❖ A l'ensemble du personnel administratif du CRA particulièrement au laborantin M. DIASSY pour sa disponibilité et ses conseils.
- ❖ A l'IFAN qui a identifié les espèces ;
- ❖ Au projet SPRMF qui a voulu financé ce travail ;

## Table des matières

Liste des figures.....	v
Liste des sigles et abréviations .....	vi
RESUME .....	vii
ABSTRACT .....	viii
Introduction .....	1
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
1.1    Généralités sur le manguier.....	3
1.1.1    Ecologie du manguier .....	3
1.1.2    Les ennemis et maladies du manguier .....	3
1.2.    Généralités sur les <i>Tephritidae</i> .....	4
1.2.1.    Bioécologie.....	5
1.2.2.    Généralités sur <i>Bactrocera dorsalis</i> .....	6
1.3.    Les méthodes de lutte contre <i>Bactrocera dorsalis</i> .....	9
1.3.1.    La lutte biotechnique.....	9
1.3.2.    La lutte préventive ou mesures prophylactiques.....	10
1.3.3.    La lutte biologique .....	10
1.3.4.    La lutte chimique .....	11
1.4.    Les carabes.....	11
1.4.1.    Systématique et Présentation générale .....	11
1.4.1.1.    Systématique.....	11
1.4.1.2.    Présentation générale .....	12
1.4.1.3.    Morphologie des carabes.....	12
1.4.2.    Biologie, écologie et importance des carabidés .....	13
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES .....	15
2.1. Description de la zone d'étude.....	15
2.2. Inventaire des Tephritidae.....	16
2.3. Mode de capture des prédateurs .....	18
2.4. Tests de prédation.....	18
2.5. Traitement et analyse de données.....	20
CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSION.....	21
3.1. Résultats.....	21
3.1.1.    Variation du nombre de pupes .....	21
3.1.2.    Population de mouches émergées .....	22
3.1.3.    Nombre de pupes par mangue.....	23
3.1.4.    La consommation de pupes par les carabes.....	25

3.1.5.	Variation de la consommation de pupes durant les 24 heures .....	26
3.1.6.	La consommation de larves des carabes .....	27
3.1.7.	Variation de la consommation de larves durant les 24 heures.....	28
3.1.8.	La préférence alimentaire des carabes vis-à-vis des pupes et des larves.....	29
3.2.	Discussion.....	31
Conclusion et perspectives .....		33
Glossaire.....		34

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Bactrocera dosalis (photo Badji CRA/Djibélor, ISRA 2019) .....	8
<b>Figure 2</b> : Cycle de Bactrocera dorsalis .....	8
<b>Figure 3</b> : Morphologie d'un Carabidé (Source : IFAN 2019) .....	13
<b>Figure 4</b> : Cycle de vie des carabes (Schéma réalisé par Mathieu ROUX à partir d'une infographie CIRAD).....	14
<b>Figure 5</b> : Carte de localisation des vergers (photo BADJI CRA/Djibélor, ISRA 2019).....	16
<b>Figure 6</b> : Processus de détermination des mouches à partir des fruits (photo CRA/Djibélor, ISRA 2019).....	17
<b>Figure 7</b> : Pièges à secs (photo CRA/Djibélor, ISRA 2019) .....	18
<b>Figure 8</b> : Dispositif du test de prédation (photo Badji CRA/Djibélor, ISRA 2019).....	19
<b>Figure 9</b> : Tests de consommation des carabes avec les larves et les pupes de Bactrocera dorsalis (photo Badji CRA/Djibélor, ISRA 2019).....	20
<b>Figure 10</b> : Variation du nombre de pupes au sein des mangues en fonction des communes et de la date de récolte .....	21
<b>Figure 11</b> : Taux (%) de populations de mouches des fruits en fonction de la commune et de la date de collecte .....	22
<b>Figure 12</b> : Nombre de pupes moyen par mangue .....	23
<b>Figure 13</b> : Consommation moyenne des pupes en fonction des espèces au bout de 24 heures .....	25
<b>Figure 14</b> : Variation de la consommation des espèces en fonction des heures .....	27
<b>Figure 15</b> : Consommation moyenne des larves en fonction des espèces de carabes .....	28
<b>Figure 16</b> : Variation de la consommation des larves en fonction des heures .....	29
<b>Figure 17</b> : Préférence des espèces vis-à-vis des larves et des pupes.....	30

## **Liste des sigles et abréviations**

**CIRAD** : Centre de coopération internationale en recherches agronomiques pour le développement

**COLEACP** : Comité de Liaison Europe-Afrique- Caraïbes-Pacifique

**CRA** : Centre de recherches agricoles

**FAO** : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

**IFAN** : Institut fondamental d'Afrique noire

**ISRA** : Institut sénégalais de recherches agricoles

**UCAD** : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

**UASZ** : Université Assane Seck de Ziguinchor

**CRA/Djibélor** : Centre de recherches agricoles

**TIS** : Technique de l'insecte stérile

## RESUME

Les auxiliaires des cultures sont des éléments clefs dans la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Le présent travail vise à évaluer la capacité de consommation des carabes régulièrement récoltés à partir des pièges à fosses secs installés dans les vergers de manguiers situés dans la région de Ziguinchor. Cinq pieds de manguiers ont été choisis dans chaque verger étudié et sous chaque manguiers, quatre mangues ont été collectées puis acheminées au laboratoire d'entomologie du centre de recherche de Djibélor pour incubation. Le matériel biologique utilisé, pour les tests de consommation, est constitué de larves et de pupes de *Bactrocera dorsalis*. Les insectes vivants récupérés à partir des pièges ont été placés seuls pendant 24 heures dans les boîtes de pétri contenant les pupes et/ou les larves. Des relevés sont effectués une heure, trois heures, six heures et vingt-quatre heures après le début du test. Les résultats des incubations ont montré que 88% des individus émergés appartiennent à l'espèce *Bactrocera dorsalis*. Les mangues collectées à la date T1 ont été les plus infestées que celles de la date T2 et T3. Cependant, pour la commune de Ziguinchor les mangues de la date T2 ont été plus infestées que celles de la date T3. Il a été retrouvé en moyenne 5 pupes par mangue et par localité. Les mangues de la commune de thionk-essyl étant les plus infestées, on y retrouvait en moyenne 8 pupes. Au sortir des tests de consommation quatre espèces se sont révélées être prédatrices de *Bactrocera dorsalis*. Il s'agit de: *Brachinus bayardi*, *Chlaenius dusaulti*, *Scarites quadripunctatus* et *Galeritiola africana*. *Brachinus bayardi* a consommé plus de pupes que les trois autres espèces (14 pupes) alors que *Chlaenius dusaulti* a consommé plus de larves (43 larves). Cette dernière a présenté avec *Scarites quadripunctatus*, une préférence nette pour les larves. Quant à *Brachinus bayardi* et *Galeritiola africana*, elles ont préféré de loin les pupes. Par ailleurs, une très forte consommation a été constatée pour toutes les espèces durant les premières heures. Une heure après le début du test, l'alimentation de l'espèce même si elle continue demeure très faible entre la 3<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> heure. A partir de cet instant, la consommation du nombre de larves et /ou de pupes augmente de façon significative jusqu'à la 24<sup>ème</sup> heure. Ces tests ont permis de prouver la prédation effective des carabes contre les pupes et /ou larves de *Bactrocera dorsalis*.

Mots clés : *Bactrocera dorsalis*, Carabes, Auxiliaires, Piège à fosse



## ABSTRACT

Natural enemies of insects which devastate the crops are essential elements for the reduction of plant-care products' use. This present work consists in evaluating the harvested carabids consumption's capacity from pits installed in the mango's orchard. In almost every examined orchard and under every mango tree, we chose five mango feet; we collected and brought four mangoes in the entomology laboratory of Djibélor Research Centre for incubation. At the same time, we collected some mangoes to know the flies' population that infest mangoes. The biological equipment used for the consumption's tests is composed of *Bactrocera dorsalis*' larvae and pupae. We put the insects that we retrieved from the pits apart for 24 hours in Petri boxes that contained the pupae and / or the larvae. We checked the boxes every one hour, three hours, six hours and twenty four hours after the beginning of the test. The results we got showed that 88% of the individuals that emerged belonged to the species of *Bactrocera Dorsalis*. The mangoes that we collected for the first (T1) test were more infested than those we collected for the second (T2) and third (T3) test. However, the mangoes collected for the second test in the commune of Ziguinchor were more infested than those of the third test. We found in the locality on average five pupae for every one mango and locality. The mangoes collected in the commune of Thionck-essyl were the most infested. We could notice on average eight pupae for every examined mango. As the consumption tests drew to a close, four species were found out to be *Bactrocera dorsalis* predators: *Brachinus bayardi*, *Chlaenius dusaulti*, *Scarites quadripunctatus* and *Geleritiola Africana*. *Brachinus bayardi* consumed more pupae than the three others species (14 pupae) whereas *Chlaenius dusaulti* consumed more larvae (43). The last-mentioned presented with *Scarites quadripunctatus*, a clear preference for larvae. As for *Brachinus bayardi* and *Geleritiola Africana*, they preferred by far the pupae. Furthermore, we noticed a great consumption from all the species during the first hours. One hour after the beginning of the test, we could see that the way the species fed themselves remained very weak between the third and the sixth hours, even if it continued. From then on, the number of larvae and/or pupae's consumption increased in a significant way until the twenty fourth hours.

Key words: *Bactrocera Dorsalis*, Carabids, Natural enemies, pit

# Introduction

La mangue occupe une place de choix dans l'économie de l'Afrique de l'Ouest. Elle représente, depuis plusieurs années, une chaîne de valeur porteuse pour la plupart des Etats de l'Afrique de l'Ouest (Self et *al.*, 2012). Globalement, la mangue est la deuxième culture la plus commercialisée à l'échelle internationale après l'ananas (Ekesi et *al.*, 2011). Au Sénégal, de toutes les filières qui composent l'horticulture, la mangue est celle qui contribue le plus largement à la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire (Konta et *al.*, 2015). La production nationale s'étend sur trois bassins que sont la Casamance, la Zone Centre (axe Sandiara – Fimla –Toubacouta) et la Zone des Niayes. Malgré sa contribution dans l'économie du pays, cette filière enregistre des contreperformances surtout sur le plan phytosanitaire. En effet, la pression parasitaire liée à la mouche des fruits, *Bactrocera dorsalis* pourrait remettre en question les succès commerciaux engrangés récemment par cette filière. Cette mouche est l'un des principaux ravageurs d'importance économique dans la production de mangues au Sénégal (Vayssières et *al.*, 2009). En Casamance, les pertes sont nettement plus importantes (jusqu'à 80% de la production contre 30-50% dans les Niayes).

Vue l'ampleur des dégâts et le risque de voir les producteurs délaisser la culture de la mangue, il urge de disposer de moyens de lutte efficaces contre ce ravageur. Actuellement, le contrôle des mouches repose en grande partie sur l'utilisation d'insecticides de synthèse. L'utilisation croissante de ces derniers en agriculture, au cours des 40 dernières années, a eu pour conséquence une augmentation régulière du nombre d'espèces résistantes. Ce phénomène, outre de compromettre l'efficacité des mesures de lutte, peut avoir des répercussions préoccupantes sur les plans économique et sanitaire, mais également écologique, par l'accroissement des doses d'insecticides utilisées (Schaller, 2013). L'usage immodéré de produits chimiques a engendré un appauvrissement énorme de la biodiversité agricole et une vulnérabilité des plantes face aux ravageurs. Une perte de la stabilité et de la durabilité des systèmes agricoles en a résulté, avec pour corollaire une moindre sécurité pour les agriculteurs (Brevault et *al.*, 2002). Ce qui conduit à rechercher de nouvelles méthodes de lutte plus respectueuses de l'environnement. Parmi celles-ci, une des voies actuellement envisagées est la lutte biologique. Elle permet d'obtenir des plantes saines en favorisant un équilibre biologique entre les espèces nuisibles et les espèces utiles (Maisonhaute, 2010). Et contre les ravageurs, il existe une faune auxiliaire présente dans l'environnement comme agent de contrôle naturel. Cette faune auxiliaire, qui a un rôle régulateur sur le développement de ces

déprédateurs de cultures, peut être divisée en deux grandes catégories : la faune aérienne et la faune du sol. Au Sénégal, cette faune aérienne, constituée par les parasitoïdes, a été étudiée contrairement à la faune du sol, les prédateurs. Pourtant, la faune prédatrice du sol fournit un large éventail de services indispensables à la fonction durable des agrosystèmes. Les organismes prédateurs protègent les végétaux en régulant les populations nuisibles. Ainsi, de nombreux macro-arthropodes du sol à l'instar des carabes, pourraient avoir un rôle dans le maintien de l'équilibre de la population des mouches.

C'est ainsi que cette étude s'est fixée comme objectif général de contribuer à une meilleure connaissance des carabes, ennemis potentiels de *Bactrocera dorsalis*.

Il s'agit spécifiquement de :

- réaliser un inventaire des Tephritidae infestant dans les mangues.
- identifier les carabes rencontrés sous les manguiers
- et tester la capacité de consommation de ces carabes en conditions de laboratoire

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier concerne la synthèse bibliographique. Le deuxième aborde le matériel et les méthodes utilisés pour l'atteinte des objectifs fixés. Dans le dernier chapitre, les résultats obtenus sont présentés et discutés.

# CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1 Généralités sur le manguier

### 1.1.1 Ecologie du manguier

Le manguier appartient à la famille des Anacardiaceae et au genre *Mangifera*. Arbre à feuilles persistantes, le manguier a un port plus ou moins étalé et mesure entre 10 à 45 mètres de haut. En Casamance sa hauteur moyenne dans les vergers est 8,94 mètres mais avec certains pieds qui peuvent atteindre 17 mètres dans le Blouf (Niabaly et al., 2018). Les feuilles mesurent 8 à 40 cm de long pour 2 à 10 cm de large (Verheij et Coronel, 1991). Les fleurs sont nectarifères et sont pollinisées par des mouches, des thrips et des abeilles. Le manguier dispose d'un système racinaire pivotant avec quelques ramifications pour un bon ancrage au sol, bien adapté à la recherche de nappe phréatique dans des conditions de stress hydrique (FAO, 1999). Il pousse sur des sols sablo-limoneux, bien drainés et ayant un pH compris entre 5,5 et 6,5. Le manguier préfère les sols profonds, assez légers ou de structure moyenne pour assurer une pénétration satisfaisante des racines, une bonne aération et un bon drainage (Rivier et al., 2009). Le fruit du manguier est une drupe. Son poids varie de moins de 100 g à 2,5 kg, en fonction de la variété (Mbaye, 2006). La croissance et la maturation du fruit, après la fin de la floraison, peuvent durer trois à six mois, selon les variétés et les conditions climatiques (Dambreville, 2012).

### 1.1.2 Les ennemis et maladies du manguier

Le manguier fait face à de nombreuses contraintes qui entravent sa production. Parmi ces dernières, il y a les maladies et les ravageurs.

#### **1.1.2.1 Les maladies**

Les maladies les plus répandues chez le manguier sont :

- ✓ L'antracnose qui est une maladie due à un champignon (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz). Ce dernier provoque sur les feuilles de petites taches brunes, d'abord arrondies, qui deviennent rapidement anguleuses en se limitant aux nervures secondaires. Ces taches peuvent rester à ce stade ou devenir coalescentes, occupant ainsi une surface importante du limbe, et même causer le dessèchement total de la feuille. Sur le pourtour de la feuille, le limbe desséché disparaît fréquemment, créant ainsi des échancrures marginales caractéristiques. Sur les fruits, les petites taches brunes analogues à celles des feuilles sont très fréquentes, très peu de fruits en sont indemnes (Sanders, 1999 ; Diedhiou et al., 2007). Dans la plupart des cas, la maladie reste à ce stade, n'empêchant pas la consommation de la mangue. Cependant, au moment de la

maturation, il arrive qu'une ou plusieurs taches deviennent très importantes. La pénétration des hyphes mycéliens vers l'intérieur provoque un brunissement de la pulpe qui gagne jusqu'au noyau et rend le fruit totalement inconsommable (Brun, 1951)

- ✓ La maladie des taches noires ou bactériose est provoquée par une bactérie *Xanthomonas campestris* (Pruvost, 1989) . Bien que les symptômes sur les fruits et les feuilles soient de loin les plus fréquemment observés, cette bactérie peut induire des lésions sur tous les organes aériens du manguier. Les jeunes lésions sont le plus souvent bordées d'une marge d'aspect huileux entourée d'un halo chlorotique. Les vieilles lésions foliaires prennent une teinte brune, puis gris cendré. *Xanthomonas* n'entraîne pas la mort de l'arbre mais induit des baisses de rendement parfois très fortes sur les cultivars.

#### 1.1.2.2 Les ravageurs

Parmi les ravageurs qui causent le plus de dégâts au manguier, il faut noter :

- ✓ Les cochenilles qui inhibent l'activité photosynthétique des feuilles perturbant ainsi l'intensité des floraisons et la production fruitière. Leur contrôle biologique est possible avec des parasitoïdes originaires asiatique (COLEACP, 2007) ;
- ✓ Le charançon du noyau de la mangue, *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) qui est un ravageur spécifique du manguier. Il est classé comme insecte de quarantaine dans de nombreux pays producteurs de mangues où il n'est pas présent ;
- ✓ Les mouches des fruits (*Tephritidae*) : partie développée de façon détaillée dans les parties ultérieures.

## 1.2. Généralités sur les *Tephritidae*

Les *Tephritidae* constituent une famille de ravageurs d'importance économique au niveau mondial car ils s'attaquent à un grand nombre de cultures fruitières et légumières, engendrant des pertes de production considérables (Vayssières et al., 2007 ; Ekesi et al., 2016). Les pertes économiques dues à ces ravageurs ne sont pas toujours chiffrées, ni même estimées avec précision. Les dégâts imputables à ces ravageurs s'inscrivent à l'échelle mondiale sur toutes les zones tropicales mais aussi au niveau des régions tempérées (Rwomushana et al., 2008). *Bactrocera dorsalis* appartient à cette famille des *Tephritidae*. Cette famille d'insectes sera présentée tout d'abord de façon générale; puis, le cas particulier de *Bactrocera dorsalis*, modèle biologique de ce présent mémoire, sera exposé.

### 1.2.1. Bioécologie

La famille des mouches des fruits (*Tephritidae*) comprend un grand nombre d'espèces nuisibles aux cultures fruitières et légumières dans le monde. Cette famille regroupe 4500 espèces à travers le monde, avec une large distribution couvrant les zones tropicales et subtropicales ainsi que les zones tempérées et occupant des habitats variés, allant des forêts humides aux savanes sèches (De Meyer et *al.*, 2019). Dans cette famille de *Tephritidae*, beaucoup d'espèces sont polyphages. A travers les échanges internationaux, elles ont été introduites dans de nombreux pays et sont devenues envahissantes. Comme tous les diptères, les *Tephritidae* sont des insectes holométaboles avec un cycle de développement se déroulant en plusieurs étapes (Sandlund et *al.*, 2001), dont la durée diffère selon les espèces. Les dégâts sur les fruits sont engendrés par les femelles qui déposent leurs œufs sous l'exocarpe. Après la ponte des femelles dans le fruit, les œufs éclosent au bout de 1 à 5 jours, pour donner des larves. Ces dernières se développent en consommant la pulpe du fruit. Ces larves passent par trois stades de développement. Selon l'espèce hôte et le degré de maturité des fruits, les piqûres de mouches engendrent la détérioration et la chute prématurée du fruit par le développement de ces larves ainsi que par l'entrée fortuite d'autres pathogènes (bactéries, champignons...) par les trous de ponte (Ekesi et *al.*, 2011). Au terme de la dernière phase de développement, pour un grand nombre d'espèces, les larves sautent du fruit pour démarrer la pupaison dans le sol. Pour certaines espèces, la pupaison peut se dérouler dans le fruit. Après l'émergence, les adultes ont une maturation sexuelle de plusieurs jours à quelques semaines, ce qui coïncide chez les femelles à l'achèvement de la vitellogénèse. Les mâles peuvent s'accoupler fréquemment, mais deviennent non-réceptifs pendant plusieurs semaines après chaque accouplement (Fay et Meats, 1983; Bateman, 1972). Les adultes ont besoin de se nourrir régulièrement de carbohydrates et d'eau pour survivre. Les femelles ont, de plus, besoin de s'alimenter de protéines indispensables à la maturation de leurs œufs (Christenson et Foote, 1960). Dans la nature, les *Tephritidae* se nourrissent d'une large variété de produits naturels : jus et tissus de fruits endommagés, sève de plantes, nectar de fleurs et fèces d'oiseaux (Warburg et Yuval, 1997). Selon le degré de spécialisation de leur régime alimentaire, ils peuvent être classés en trois catégories: les monophages, les oligophages et les polyphages. Les espèces monophages se nourrissent uniquement de plantes appartenant à une seule espèce, les espèces oligophages sont restreintes à une seule famille de plantes et les polyphages se nourrissent sur des plantes appartenant à plusieurs familles et ordres. C'est de ce dernier groupe que fait partie la mouche *Bactrocera dorsalis*. Elle s'attaque à plus d'une quarantaine d'espèces fruitières, cultivées ou sauvages,

dont le manguier qui en est un hôte primaire (Rwomushana et al.; 2008 ; Goergen et al., 2011; Bota et al., 2018).

## 1.2.2. Généralités sur *Bactrocera dorsalis*

### 1.2.2.1. Systématique

Selon la classification morpho-anatomique, *Bactrocera dorsalis*, nommé également mouche orientale des fruits, appartient :

à l'embranchement des arthropodes;

au sous embranchement des hexapodes;

à la classe des insectes;

à l'ordre des diptères;

à la famille des *Tephritidae* et

au genre *Bactrocera*.

### 1.2.2.2. Origine et historique

Espèce exotique en Afrique, récemment décrite *B. dorsalis* est une espèce asiatique (Schutze et al., 2015). Elle a été signalée pour la première fois en 2003 en Afrique, au Kenya, d'où elle a connu une très grande expansion, aussi bien en Afrique de l'Est, qu'en Afrique de l'Ouest. Elle a très rapidement envahi l'Afrique sub-saharienne de 2004 à 2005 (Drew et al., 2005).

### 1.2.2.3. Description

#### ✓ Les œufs

Les œufs (Figure 2.1) sont généralement lisses, allongés, légèrement incurvés et de couleur blanc crème. Ils mesurent en moyenne 1 mm de longueur et 0,2 mm de diamètre. Leur durée de vie est de 2 à 3 jours. Ces œufs donnent ensuite des larves (Anderson, 1963).

#### ✓ Larves

Les larves (Figure 2.2), encore appelées asticots, sont acéphales, apodes et caractérisées par la présence de crochets buccaux, de stigmates antérieurs et postérieurs dont la morphologie change d'un stade de développement à un autre. Elles sont d'une couleur blanc crème. Elles sont allongées avec une extrémité antérieure rétrécie et incurvée. Le segment caudal est très lisse. Le stade larvaire dure 5 à 10 jours. La larve mature émerge du fruit, tombe au sol et forme un puparium. Cette dernière étape de métamorphose s'appelle la pupaison (Anderson, 1963).

#### ✓ Pupa

L'enveloppe externe de la pupa (Figure 2.3) est issue de la transformation du tégument du dernier stade larvaire. La pupa a la forme d'un tonnelet ; sa couleur est brun-jaunâtre, avec des

stries transversales brunes. La pupaison se déroule dans le sol bien que l'on puisse parfois trouver des pupes dans certains fruits (Anderson, 1963).

✓ Adulte

L'espèce (Figure 1) présente deux lignes jaunes thoraciques et un abdomen de couleur orangée avec un « T » central. Ses ailes sont en majeure partie transparentes et sans taches ou macules particulières mais avec une nervure anale bien distincte (Drew et *al.*, 2005). Son alimentation et sa durée de vie dépendent de la disponibilité de l'eau, de carbohydrates et de protéines (Hendrichs et Prokopy, 1994). La femelle possède un ovipositeur. Elle pond en moyenne 700 œufs et elle (Figure 1) peut vivre environ 3 mois (Drew et *al.*, 2005).





Mâle de *Bactrocera dorsalis*



Femelle de *Bactrocera dorsalis*

**Figure 1 :** *Bactrocera dosalis* (photo Badji CRA/Djibélor, ISRA 2019)



1 : Œuf de *Bactrocera dorsalis*



2 : Larves de *Bactrocera dorsalis*



3 : Pupes de *Bactrocera dorsalis*



4 : Femelle de *Bactrocera dorsalis*

**Figure 2:** Cycle de *Bactrocera dorsalis*

## 1.3. Les méthodes de lutte contre *Bactrocera dorsalis*

La lutte contre les mouches des fruits demeure un problème très préoccupant compte tenu de la gravité et de l'ampleur des dégâts, en plus de la difficulté d'intervention. Plusieurs techniques ont été mises au point sans arriver à éradiquer ces ravageurs très polyphages et multivoltines. Il s'agit, entre autres, de la lutte biotechnique, de la lutte préventive ou les mesures prophylactiques, de la lutte biologique et de la lutte chimique.

### 1.3.1. La lutte biotechnique

Le principe de la lutte biotechnique consiste à utiliser des stimuli physiques et chimiques ou agents qui agissent sur le comportement ou le développement des insectes nuisibles. Plusieurs techniques sont utilisées à savoir :

#### L'annihilation des mâles

C'est une méthode basée sur l'utilisation des attractifs sexuels mélangés avec des insecticides. Ces attractifs attirent les mâles et l'insecticide les tue par contact. En visant sélectivement les mâles, le sexe ratio de la population est perturbé et diminue ainsi le nombre d'œufs fécondés. À cause des problèmes rencontrés par l'utilisation des insecticides, plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude des facteurs biotiques et abiotiques pouvant affecter les populations de mouches via des perturbations des organes olfactifs et visuels. Le piégeage de masse est une technique largement développée qui permet de réduire les populations et de capturer un nombre impressionnant d'adultes. L'utilisation des pièges de type Sentrap contenant un diffuseur d'un attractif à base de méthyl eugénol et une plaquette d'un insecticide, le dichlorvos, permet de comprendre la dynamique de *B. dorsalis* et réduire l'infestation au niveau des vergers (Vayssieres et al., 2011; Virgilio et al., 2011 ; Konta et al., 2015; Liévin et al., 2017). Cette technique est largement utilisée en Basse Casamance.

#### La confusion sexuelle

Le principe de cette technique consiste à diffuser dans le verger des quantités importantes de phéromones sexuelles de synthèse afin de provoquer la désorientation des mâles et empêcher ainsi la rencontre des deux sexes (Stockel et al., 1994). Cette technique présente l'inconvénient du coût élevé de phéromones sexuelles.

#### La Technique de l'Insecte Stérile (TIS)

Elle consiste à lâcher des mâles stériles très compétitifs qui s'accouplent avec des femelles sauvages. Ces dernières ne produisent que des œufs non fécondés, empêchant l'obtention d'une descendance (Ogaugwu et al., 2012). Cette technique s'appuie sur le lâcher en masse de mâles

stérilisés par rayonnements ionisants qui, en transférant un sperme stérile aux femelles sauvages, vont permettre une diminution progressive de la population cible (Oliva, 2012). Les étapes de cette technique sont l'élevage de masse de l'insecte, la stérilisation et la dispersion des insectes stériles compétitifs dans le champ.

### 1.3.2. La lutte préventive ou mesures prophylactiques

Elle consiste à éviter l'infestation ou à briser le cycle de *Bactrocera* par des mesures prophylactiques telles que : Le ramassage des fruits infestés, le désherbage et le sarclage des vergers. Les deux dernières actions permettent d'exposer les pupes hors du sol qui meurent par dessiccation ou consommées par les oiseaux et autres prédateurs (Vayssières et al., 2009). L'épandage du tourteau de neem aussi est classé dans cette catégorie. Toutefois, il a montré des limites par rapport l'effet larvicide attendu non avéré (Balayara et al., 2019).

### 1.3.3. La lutte biologique

C'est utilisation par l'homme d'ennemis naturels tels que des prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes pour contrôler des populations d'espèces nuisibles et les maintenir en dessous du seuil de nuisibilité. Son objectif est d'établir un équilibre durable entre l'agent de lutte et l'espèce cible. Le point le plus délicat est la sélection de l'ennemi (Suty, 2010). Parmi les méthodes existantes, il est possible de citer :

#### Utilisation de prédateurs

Les prédateurs sont des organismes autonomes qui, au cours de leur vie, attaquent, tuent et mangent leurs proies. En effet, *Oecophylla longinoda* est une fourmi qui se nourrit surtout d'insectes et en particulier de ravageurs de cultures tels que les larves de *Tephritidae* (Ekesi et al., 2016). Selon, Rubabura et al. (2019), cette fourmi laisse également des signaux sur les mangues qui masquent ou remplacent l'attrait des fruits et empêchent la ponte des mouches des fruits d'importance économique, telles que *B. dorsalis*. La présence d'*O. Longinoda* sur les arbres réduit la proportion de mangues attaquées par *B.dorsalis* ainsi que le nombre de pupes qui se développent à partir de mangues infestées (Diame et al., 2015). A cette espèce prédatrice, s'ajoute le fait que la majorité des populations d'arthropodes épigés du sol sont des espèces prédatrices et peuvent jouer un rôle dans la régulation de ces ravageurs.

#### Utilisation de parasitoïdes

Les parasitoïdes sont des insectes dont les femelles pondent dans, sur ou à côté de l'insecte hôte et dont les larves issues des œufs se nourrissent à l'extérieur ou à l'intérieur de l'hôte et qui finissent par le tuer au cours de son développement (Waage et Greathead, 1992). Les espèces

de la sous-famille des *Opiinae* (Braconidae) sont le plus souvent utilisées dans le cadre de contrôle biologique classique des mouches des fruits. Parmi les *Opiinae*, *Fopius arisanus* est inféodé aux œufs de mouches des fruits (Appiah et al., 2014). Au Sénégal, ce parasitoïde a été introduit au niveau de certains vergers de Ziguinchor (Ndiaye et al., 2015).

#### ✚ Utilisation de bio-insecticides

L'utilisation des agents microbiens entomopathogènes (les champignons, les bactéries, les nématodes et les virus) comme agents de lutte contre les mouches des fruits est une alternative à l'utilisation des insecticides chimiques (Stibick, 2004). Parmi les bio-insecticides existants, on peut citer le « Success Appat » qui est un mélange comprenant des substances alimentaires et un insecticide à base de spinosad. Le Spinosad est un bio-insecticide dont le principe actif est une toxine produite par une bactérie vivant dans le sol, appelée *Saccharopolyspora spinosa*. Sa découverte a représenté un nouvel outil de gestion des insectes ravageurs (Sagri et al., 2014).

#### 1.3.4. La lutte chimique

Le contrôle des mouches des fruits repose encore trop souvent sur l'utilisation des pesticides, seuls ou mélangés à des attractifs alimentaires (Roessler, 1989). Les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates font partie des différentes classes d'insecticides utilisées (Vontas et al., 2011). Les organochlorés sont des toxiques neurotropes qui altèrent le fonctionnement des canaux de sodium indispensables à la transmission de l'influx nerveux. Leur spectre d'action est très vaste. Le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), par exemple, agit sur l'insecte par contact et ingestion induisant un tremblement généralisé puis une paralysie.

Les pesticides organophosphorés constituent une grande classe de substances chimiques organiques. Leur point commun est un mode d'action sur le système nerveux par inhibition du cholinestérase, qui est bloquée sous une forme inactive de ce fait l'acétylcholine s'accumule au niveau de la synapse, empêchant la transmission de l'influx nerveux et entraînant la mort de l'insecte. Le malathion, le fénitrothion sont exemples d'insecticides organophosphorés.

Les carbamates agissent comme les organophosphorés, en inhibant le cholinestérase. A titre illustratif, il est possible de citer le carbaryl, le propxuxur et le carbofuran (Duvallet et al, 2017).

## 1.4. Les carabes

### 1.4.1. Systématique et Présentation générale

#### 1.4.1.1. Systématique

Les carabes sont une communauté d'auxiliaires bien représentée dans les parcelles agricoles. Cette famille, caractérisée par un très large succès adaptatif appartient :

au règne : Animalia ;

à l'embranchement : Arthropoda ;

au sous Embranchement : Hexapoda ;

à la classe : Insecta ;

à l'ordre : Coleoptera et

à la famille : Carabidae (Derrouiche et Guerfi, 2016 cité par Soheyb, 2017).

#### 1.4.1.2. *Présentation générale*

Les carabes font partie de l'ordre des coléoptères qui regroupe environ les 2/5ème des insectes terrestres (White, 1983), soit plus de 300 000 espèces. Les coléoptères ont des modes d'alimentation et des modes de vie très variés si bien qu'ils ont colonisé tous les types d'habitats, milieux terrestres et milieux aquatiques, exception faite des profondeurs des eaux salées (Hagen, 1999). Ainsi ils sont retrouvés fréquemment dans les écosystèmes agricoles.

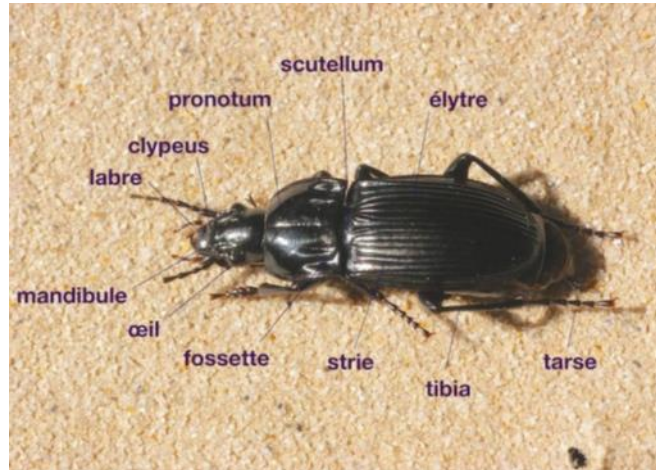
Le nom anglais « ground beetles » reflète bien le mode de vie terricole des carabes puisque les adultes et larves ont souvent une vie nocturne et se retrouvent, la journée, sous des pierres, des feuilles, des débris ou autres objets ou encore courent à la surface du sol (Dessy, 2010).

#### 1.4.1.3. *Morphologie des carabes*

C'est par la diversité des processus éco-physiologiques et le polymorphisme de leurs traits d'histoire, que les carabidés sont aptes à coloniser pratiquement tous les écosystèmes terrestres (Dufrêne , 1992). Les espèces de cette famille sont caractérisées par :

- Un abdomen possédant 6 tergites, le premier tergite abdominal est divisé par les hanches postérieures : sa marge postérieure n'est pas visible entre les hanches.
- de pattes adaptées à la course. Bien qu'un nombre important d'espèces soient fouisseuses, il n'y a pas de réelle adaptation à ce mode de vie en-dehors de variations de longueur des articles.
- de fémurs qui sont identiques aux 3 paires de pattes, ne diffèrent parfois que par leur longueur.
- de protibias qui ont développé une structure, appelée "organe de toilette", car l'animal l'utilise pour le lissage de ses antennes. L'anatomie de l'organe de toilette permet de différencier plusieurs lignées de carabiques.
- de tarsi qui ont toujours 5 articles. Ceux des pattes antérieures et médianes sont souvent élargis chez les mâles.
- de trochanters postérieurs qui sont larges.

- D'antennes qui sont toujours linéaires et composées de 11 articles. Elles sont insérées latéralement entre l'œil et le scrobe mandibulaire.
- de pièces buccales qui sont prognathes et les palpes sont le plus souvent linéaires, mais peuvent se terminer par un dernier article sécuriforme (Roger et *al.*, 2013).



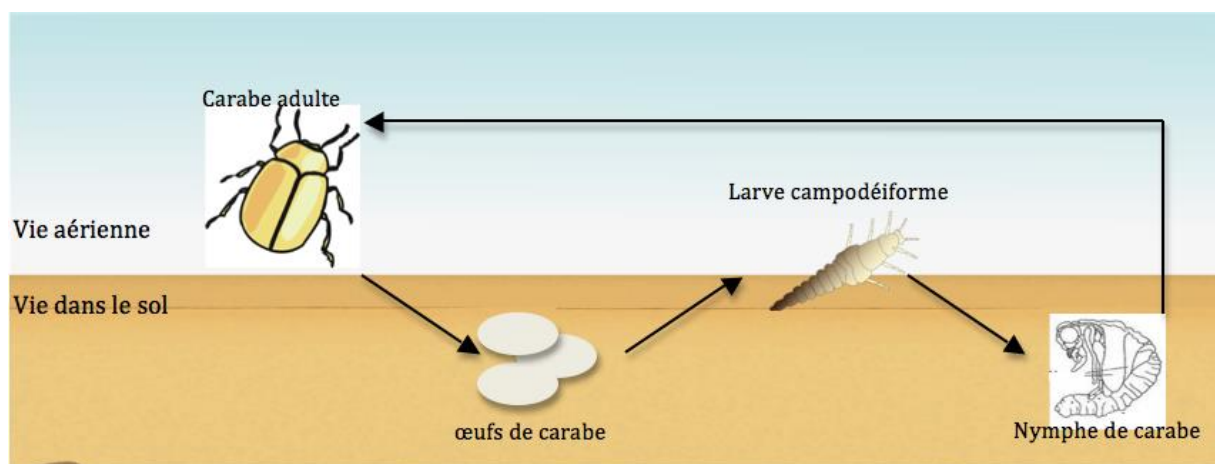
**Figure 3** : Morphologie d'un Carabidé (Roger et *al.*, 2013)

#### 1.4.2. Biologie, écologie et importance des carabidés

Les carabes sont des insectes qui réalisent une métamorphose complète (holométabole). En général, le développement se réalise en quatre étapes : l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago ou adulte. Les carabes pondent habituellement leurs œufs au sol, dans des endroits humides. La femelle choisit soigneusement le site de ponte. Chez certaines espèces, la femelle crée même une petite cavité pour déposer ses œufs. Cette étape dure environ une dizaine de jours avant de se transformer en larves (Lövei et *al.*, 2006). Ces dernières sont le plus souvent mobiles, passant pour la plupart par trois stades de développement avant de se transformer en pupes dans une cavité construite expressément dans le sol. Les larves campodéiformes de carabes sont habituellement très mobiles et elles sont majoritairement prédatrices. Les trois stades larvaires durent chacun une dizaine de jours en moyenne. La larve de troisième stade, plus grande que les autres, cesse de s'alimenter au bout de quelques jours et prépare la loge nymphale (larve en pré-nymphe). La nymphose dure de 15 à 20 jours, les durées étant sous la dépendance des facteurs écologiques. La nymphe est faiblement sclérifiée et de couleur jaunâtre à blanchâtre. Lors de l'émergence, le carabe ténéral est blanchâtre et après quelques minutes, commence à prendre des couleurs plus sombres. Chez la plupart des espèces, le développement dure une année complète (Figure 4). Cependant, le développement peut aller jusqu'à quatre ans dans les climats plus rudes. Les carabes se reproduisent une fois avant de mourir. La plupart des adultes sont des carnassiers, actifs la nuit. Ils utilisent leurs mandibules bien développées pour tuer et



broyer leur proie en morceaux. La plupart des carabes sont très voraces, consommant près de leur propre masse corporelle de nourriture quotidiennement (Trautner et Geigenmüller, 1987). Cette nourriture sert à construire des réserves de graisse, surtout avant la période de reproduction et d'hibernation. La qualité de la ressource alimentaire est un facteur important dans le développement larvaire, dans la détermination de la taille de l'adulte et dans la fécondité potentielle. Une femelle bien nourrie est plus fertile. En tant que prédateurs d'invertébrés, la plupart des carabes sont considérés comme des organismes bénéfiques. Notamment parce qu'ils sont des « *outils de contrôle biologique des ravageurs* ». Leur diversité et nature sont considérées comme bioindicatrices de l'état de la biodiversité dans les champs et les milieux ruraux. L'inventaire ou le suivi de quelques espèces est l'un des moyens d'évaluation environnementale de la qualité « *agroécologique* » d'un milieu cultivé (Thiele, 2012). Les carabes sont souvent classés en deux groupes, en fonction de leur cycle de vie. On retrouve, d'une part, les « reproducteurs printaniers » qui hibernent ou entrent en diapause à l'état adulte, se reproduisent au printemps ou au début de l'été puis, meurent la plupart du temps, et d'autre part, les « reproducteurs automnaux » qui se reproduisent à l'automne avec des larves qui hibernent et deviennent adultes durant la saison estivale suivante (Hagen, 1999).



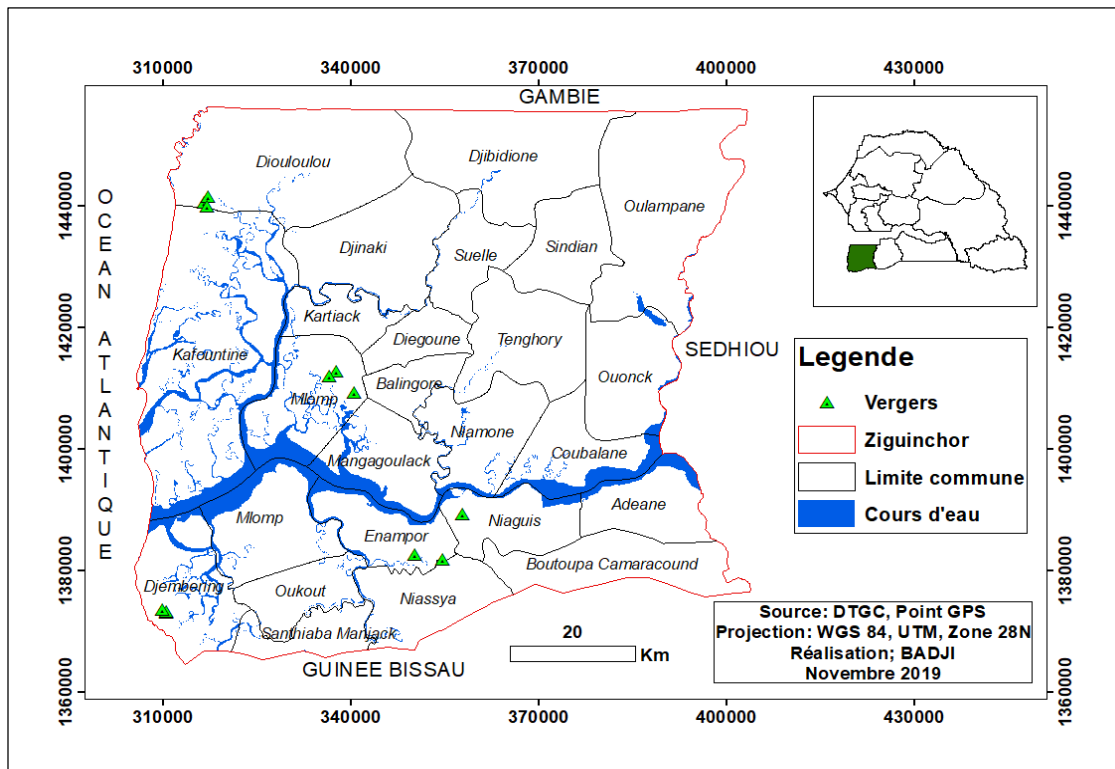
**Figure 4** : Cycle de vie des carabes (Schéma réalisé par Mathieu ROUX à partir d'une infographie CIRAD).

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Présentation de la zone d'étude

Cette étude a été effectuée au niveau de la Basse Casamance (Ziguinchor). Cette dernière est située au Sud-Ouest du Sénégal entre les latitudes 12° 20 et 13° et les longitudes 16° et 16° 50. Elle couvre une superficie de 7,339 km<sup>2</sup>, soit 3,74% de l'ensemble du territoire national. Elle est limitée au Nord par la Gambie, au Sud par la Guinée Bissau, à l'Est par la région de Sédhiou et à l'Ouest par l'Océan Atlantique (Ba, 2004). La Basse Casamance est une région écologiquement favorable pour le développement de l'arboriculture fruitière et particulièrement la mangue : la pluviométrie est relativement bonne (de 700 à plus de 1 200 mm par an) et les sols assez diversifiés. Et malgré les nombreuses contraintes liées à sa production en l'occurrence, à la mouche des fruits *Bactrocera dorsalis*, la mangue casamançaise pourrait avoir un avantage comparatif par rapport à sa disponibilité sur les marchés national, sous régional et international (Konta et *al.*, 2015). Dans le cadre de mémoire, l'étude a été réalisée au niveau des communes de Thionck-Essyl, Kataba 1, Diembéring et Ziguinchor. Trois vergers de manguiers ont été choisis dans chaque commune. Les critères de choix des sites reposent sur la l'accessibilité, la taille du verger qui ne devrait pas mesurer moins d'un 1ha, la distance entre eux (>1km), la collaboration et l'engagement des planteurs à ne pas perturber les piégeages sous aucune forme. Par ailleurs, ces vergers sont constitués majoritairement de variétés tardives : Keitt et Kent (90%) mais on y trouve également d'autres variétés locales telles que Diourou, Boukodiéhal etc. Les vergers rencontrés sont de type traditionnel. Le labour et le désherbage constituent les entretiens mécaniques les plus fréquents et aucun système d'irrigation n'est installé dans ces vergers.





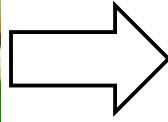
**Figure 5 :** Carte de localisation des vergers (photo BADJI CRA/Djibélor, ISRA 2019).

## 2.2. Inventaire des Tephritidae

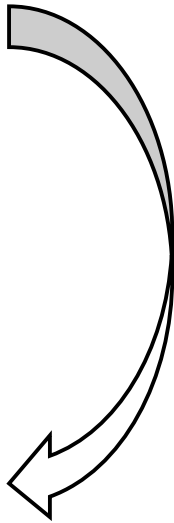
Des collectes de mangues ont été effectuées dans les vergers se trouvant au niveau des quatre communes susmentionnées. Les fruits collectés ont été pesés, comptés et classés par date et localité de prélèvement. Trois vergers ont été choisis sur la base des critères énoncés plus hauts. Au niveau de chaque verger, cinq pieds de manguiers ont été choisis de façon aléatoire. Sous chaque pied, quatre mangues ont été choisies. Cette collecte a été répétée 3 fois et de façon hebdomadaire aux dates suivantes : le 02, 16 et 30 Août correspondant successivement à T1, T2 et T3. Les mangues collectées ont été acheminées au laboratoire d'entomologie du CRA pour incubation. Cette dernière s'est effectuée dans des seaux en plastique contenant du sol tamisé et protégés par des toiles pour empêcher l'évasion des adultes de Tephritidae et l'entrée de certains prédateurs (fourmis, araignées)(Vayssières et *al.*, 2007). Une semaine après incubation, les fruits ont été enlevés des seaux pour procéder à l'extraction des pupes (Figure 6). Ces dernières ont été mises dans des boîtes de Pétri et introduites dans des cages d'élevage. Les mouches émergées sont ensuite récupérées pour procéder au comptage et à leur identification.



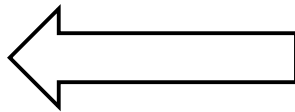
Mise en seau des mangues



Incubation



Comptage des pupes

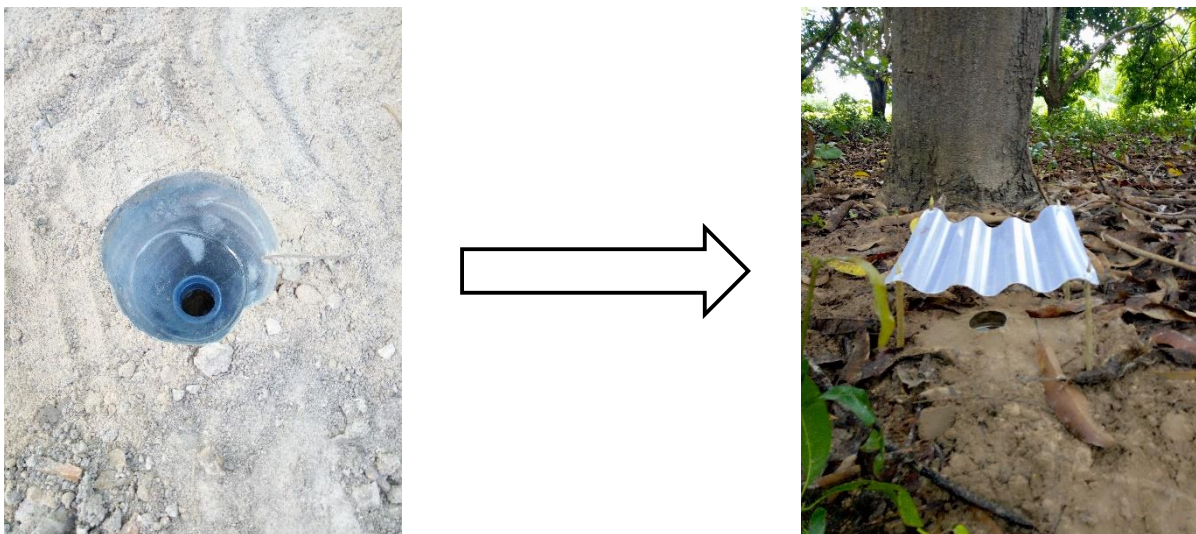


Extraction des pupes

**Figure 6:** Processus de détermination des mouches à partir des fruits (photo CRA/Djibélor, ISRA 2019).

### 2.3. Mode de capture des prédateurs

De par leurs mœurs plutôt nocturnes, les adultes des prédateurs, en particulier les carabes, sont difficiles à observer en pleine journée. Le protocole mis en œuvre est celui du piège d'interception, connu sous le nom de « pièges Barber ». C'est une méthode fréquemment utilisée pour capturer les insectes qui se déplacent à la surface du sol (Traugott, 1998 ; Ricard *et al.*, 2007; Dessy, 2010 ; Maisonhaute, 2010; Lalonde, 2011). Ces derniers ont été installés, dans les vergers de manguiers, du mois de Juillet au mois de Décembre. Il s'agit de gobelets de bouteilles enterrés au ras du sol dans lesquels tombent les carabes et autres prédateurs lors de leurs déplacements nocturnes. Chaque piège est disposé verticalement dans le sol. Ils sont protégés des précipitations par un toit rectangulaire transparent (Figure 7). Dans chaque parcelle suivie, 8 pièges à fosses seront répartis selon 4 emplacements : au niveau de l'inter-rang entre 4 arbres, dans le rang sous la canopée, au niveau de l'inter-rang entre 2 arbres et dans le rang entre deux arbres. Les prises sont relevées chaque 48heurs. Les insectes capturés ont permis de procéder à des tests de consommation.

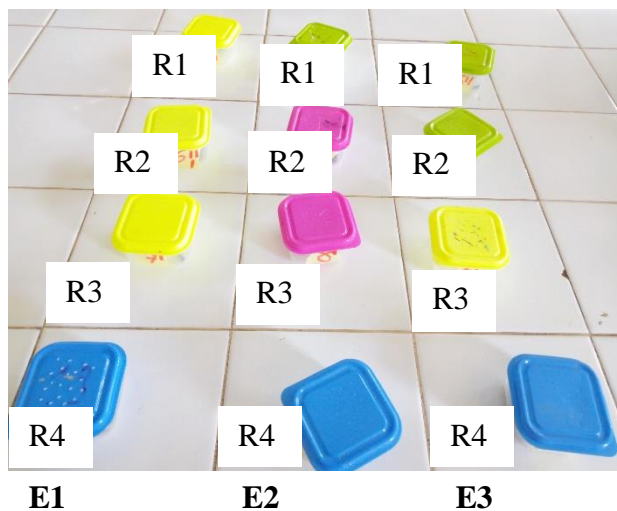


**Figure 7:** Pièges à secs (photo BADJI, 2019)

### 2.4. Tests de prédation

Les tests de prédation ont été effectués avec les larves et les pupes obtenues à partir des mangues incubées au laboratoire. L'exposition des pupes et des larves aux carabidés a nécessité un élevage d'adultes de *Bactrocera dorsalis* au laboratoire. Et au niveau des cages d'élevage, des mangues saines y ont été introduites. Les larves ont été obtenues 4 à 5 jours après introduction. Pour les pupes, il fallait attendre 7 jours avant de procéder à l'extraction. Les insectes récupérés à partir des pièges à sec ont été placés seuls pendant 24 heures dans les boîtes en plastiques

contenant les pupes et/ou les larves. Ces boîtes de pétri sont placées sur la paillasse du laboratoire, à température ambiante. Cette méthode a été adoptée par plusieurs auteurs pour évaluer la capacité de consommation de carabes (Ricard et *al.*, 2007 ; Dessy, 2010). Chaque espèce récoltée, à partir des pièges à sec, est soumise à trois régimes alimentaires (E1 : Larves, E2 : Pupes, E3 : Larves + Pupes). Chaque test de consommation a été répété quatre fois et cela pour chaque espèce (Figure 8 et 9). Les tests de prédation ont été conduits au niveau du laboratoire d'entomologie du CRA/ISRA de Djibélor. Ainsi, pour évaluer la capacité de consommation des espèces, des relevés sont effectués une heure, trois heures, six heures et vingt-quatre heures après le début du test.



#### Légende

E1 : Test avec les larves de *Bactrocera*

E2 : Test avec les pupes de *Bactrocera*

E3 : Test avec les larves et les pupes de *Bactrocera*

**Figure 8:** Dispositif du test de prédation (photo BADJI, 2019)





***Brachinus bayardi***  
Dejean, 1831 (*Bb*)



***Galeritiola africana***  
Dejean, 1825 (*Ga*)



***Chlaenius dusaulti***  
Dufour, 1821 (*Cd*)



***Scarites quadripunctatus***  
Dejean, 1825 (*Sq*)

**Figure 9:** Tests de consommation des carabes avec les larves et les pupes de *Bactrocera dorsalis* (photo Badji CRA/Djibélor, ISRA 2019)

Les spécimens ont pu être identifiés à l'aide de la clé de détermination Roger et *al.* (2013). Et grâce à des spécimens de référence du Laboratoire des Invertébrés Terrestres de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire (IFAN) basé à Dakar.

## 2.5. Traitement et analyse de données

Les données ont été saisies avec le tableur Excel et analysées avec le logiciel Xlsat 2014 version 5.03. L'analyse de variance a été utilisée pour déterminer l'existence ou non d'une différence entre les modalités. Par convention, on dira que la corrélation est :

- très forte si  $R > 0,8$  ;
- forte si  $R$  se situe entre 0,5 et 0,8 ;
- d'intensité moyenne si  $R$  se situe entre 0,2 et 0,5 ;
- faible si  $R$  se situe entre 0 et 0,2 ;
- nulle si  $R = 0$  et parfaite si  $R=1$  (Danielli, 2012)

Les classements des moyennes ont été effectués au seuil de 5% selon le test de Fisher.

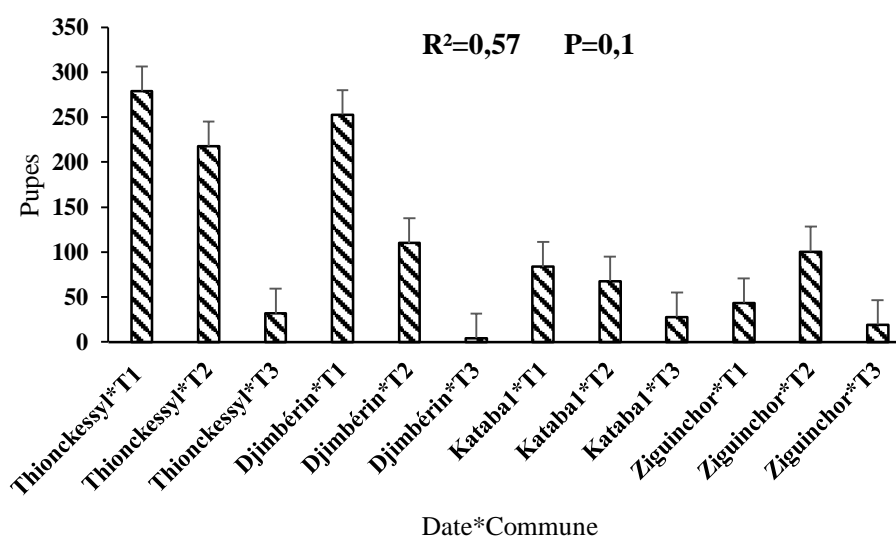
# CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSION

## 3.1. Résultats

Les principaux résultats présentés dans cette partie concernent la gamme de mouches des fruits infestant la mangue ainsi que la capacité de consommation des carabes en condition de laboratoire.

### 3.1.1. Variation du nombre de pupes

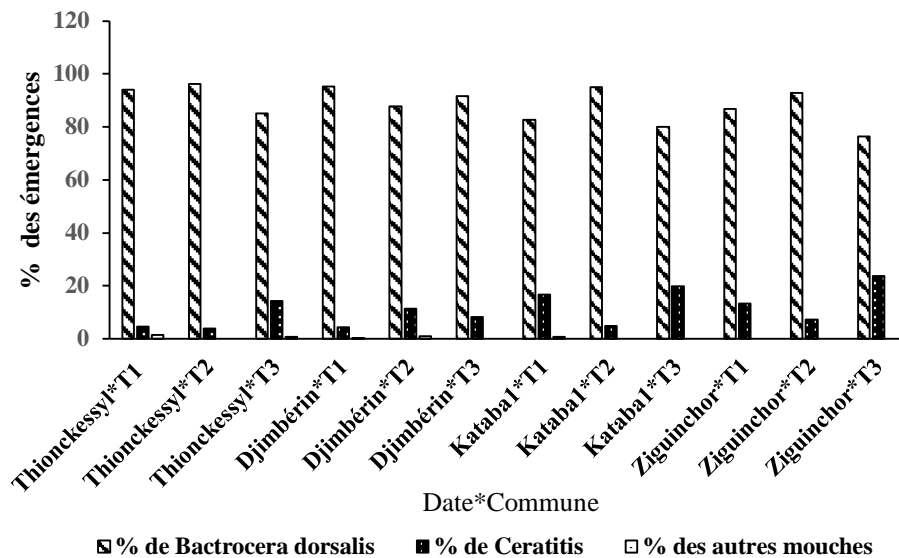
La variation du nombre de pupes pour les différentes dates a été prise en compte (Figure 10). Pour toutes les localités, l'analyse statistique fait apparaître une différence significative entre les différentes dates ( $P < 0,0001$ ). Le nombre de pupes enregistré à la date T1 est supérieur au nombre de pupes enregistré durant les dates T2 et T3 sauf pour la commune de Ziguinchor. Pour cette dernière, le nombre de pupes enregistré à la date T2 est plus important que celui enregistré aux dates T1 et T3. Le plus petit nombre de pupes dans tous vergers a été dénombré à la date T3. Le nombre moyen de pupes est de 95. Par ailleurs, la commune de Thionck-Essyl est la plus infestée, avec 176 pupes en moyenne c'est à dire, trois fois supérieur au nombre de pupes de la commune de Ziguinchor, qui a eu la plus faible infestation (en moyenne de 54 pupes).



**Figure 10:** Variation du nombre de pupes au sein des mangues en fonction des communes et de la date de récolte

### 3.1.2. Population de mouches émergées

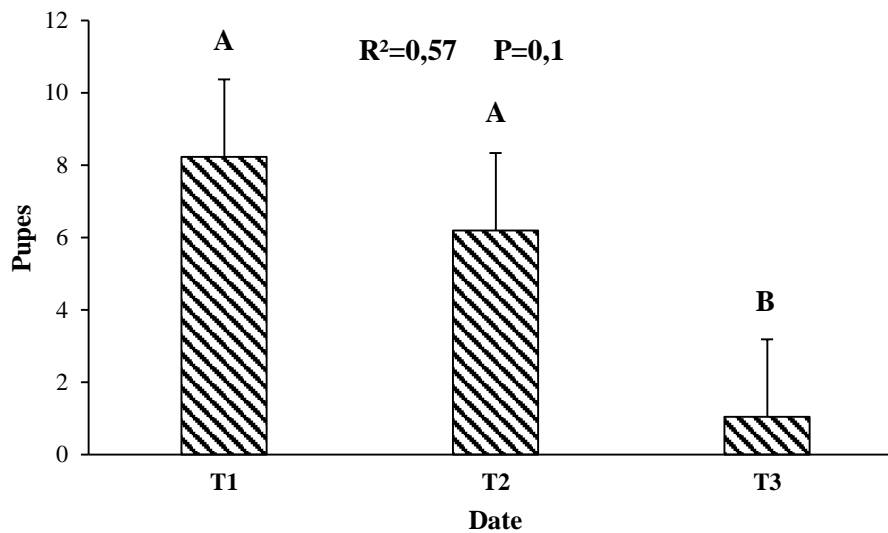
Après l'émergence des mouches, ces dernières ont été identifiées, comptées et rangées par date et par localité (Figure 11). Le prélèvement d'échantillons de fruits dans les vergers de *Mangifera indica* a permis d'identifier la gamme de mouches des fruits infestant la mangue. Il s'agit de l'espèce *Bactrocera dorsalis*, de *Ceratitis* sp et les Mucidae. Les résultats ont montré que parmi les ravageurs notés, *B. dorsalis* infeste plus la mangue avec un nombre d'individu largement supérieur aux deux autres ravageurs que sont *Ceratitis* sp et les Mucidae ( $P < 0,0001$ ) et cela pour toutes les trois dates. Cependant, il est à signaler qu'à partir de la date T3, la population des *Ceratitis* a considérablement augmenté comparée aux dates T1 et T2 et cela pour toutes les communes.



**Figure 11:** Taux (%) de populations de mouches des fruits en fonction de la commune et de la date de collecte

### 3.1.3. Variation du nombre de pupe par mangue

Le nombre moyen de pupe par mangue, durant les différentes dates de prélèvement a été pris en considération (figure 12). L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative en termes de nombre de pupes au sein des mangues entre les dates T1 et T2, attestée par une probabilité  $P > 0,05$ . Cependant il existe une différence significative entre T1 et T3 ( $P = 0,003$ ) mais aussi entre T2 et T3 ( $P = 0,03$ ). De façon globale, les mangues récoltées à la date T1 ont été les plus infestées, viennent ensuite celles de la date T2. Les mangues collectées à la date T3 ont été les moins infestées.

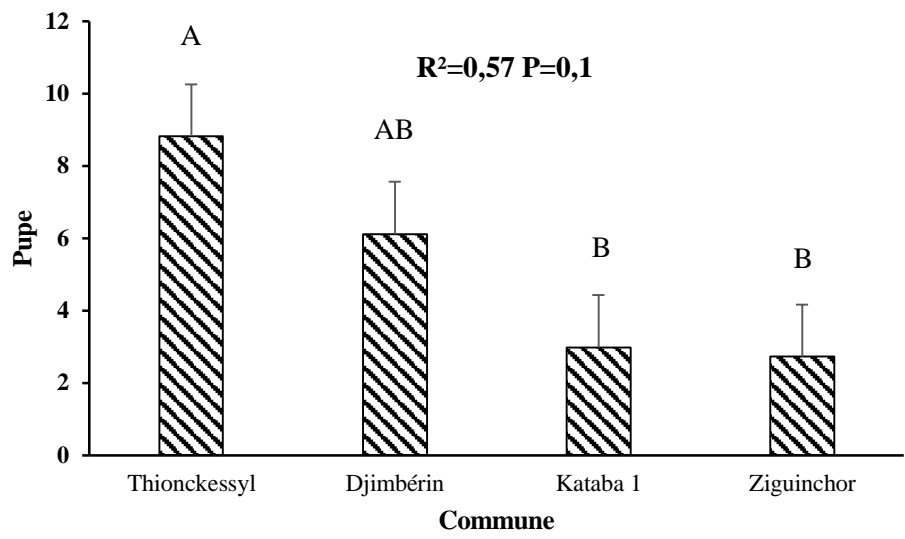


**Figure 12:** Nombre de pupes moyen par mangue

#### Variation du nombre de pupe par mangue et par localité

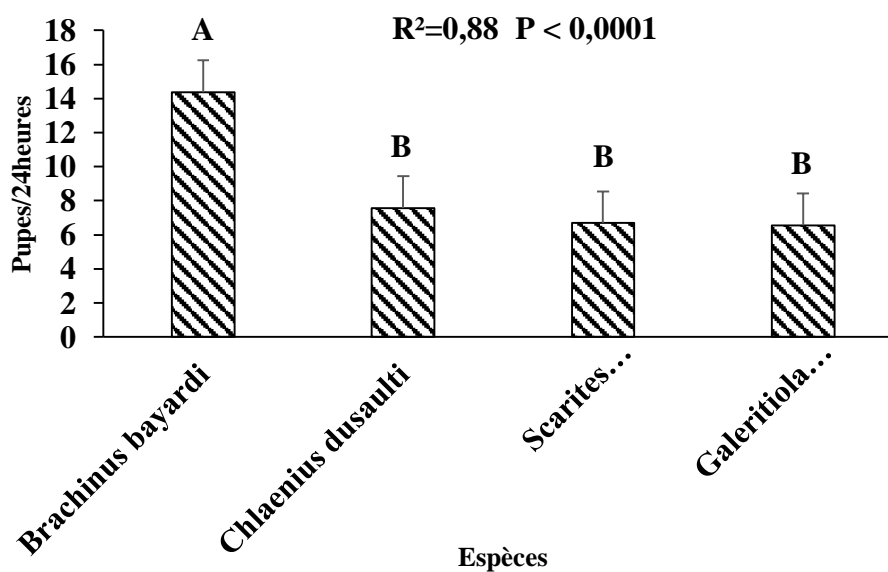
La prise en compte du nombre de pupe par mangue et par localité a permis de constater qu'en moyenne, on retrouvait 5 pupes par mangue. La mangue de la commune de Thionck-Essyl est la plus infestée avec 8 pupes par mangue. Et celle de la commune de Ziguinchor, la moins infestée avec 3 pupes par mangues. Par ailleurs, il n'apparaît pas de différence significative entre les communes de Thionck-Essyl et Djimbéring ( $P = 0,2$ ). Pour ce qui concerne cette dernière commune, le nombre de pupe retrouvé ne diffère pas des autres communes. Néanmoins, Thionck-Essyl diffère des communes de Kataba 1 et Ziguinchor attestée par des lettres de classement différent et une  $P = 0,01$ . Il n'existe pas de différence significative entre les communes de Kataba 1 et Ziguinchor ( $P = 0,9$ ).





### 3.1.4. La consommation de pupes par les carabes

L'analyse statistique de la consommation des pupes par les carabes au bout de 24 heures (figure 13) montre qu'il y'a une différence très hautement significative entre le nombre de pupes consommées par *Brachinus bayardi* et les trois autres espèces ( $p < 0,0001$ ). Cependant, il n'y a pas de différence de consommation significative entre *Galeritiola africana*, *Chlaenius dusaulti* et *Scarites quadripunctatus* ( $P > 0,05$ ). Les carabes ont consommé en moyenne, durant les 24 heures d'observation, 9 pupes. Le plus petit nombre de pupes consommé a été enregistré par *Galeritiola africana* avec 7 pupes en moyenne et la plus grande consommation, par *Brachinus bayardi* avec 14 pupes en moyenne. Cette dernière a consommé un nombre de pupes deux fois supérieur à celui de *Galeritiola africana*. Par ailleurs, le tableau de variance révèle une très forte corrélation ( $R = 0,93$ ) entre le nombre de pupes consommé et l'espèce de carabe.

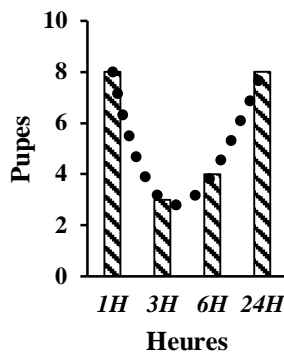


**Figure 13:** Consommation moyenne des pupes en fonction des espèces au bout de 24 heures

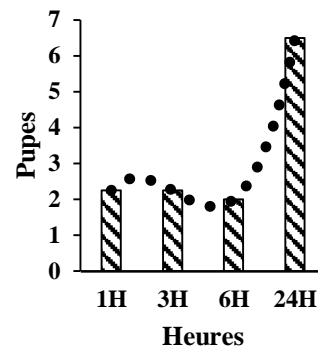
### 3.1.5. Variation de la consommation de pupes durant les 24 heures

La variation du nombre de pupes consommé par les différentes espèces de carabes selon le temps d'exposition a été prise en compte (figure 14).

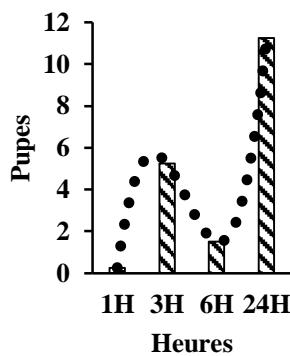
- ✓ Pour *Brachinus bayardi* (1), il y'a une très forte consommation de pupes durant la première heure. Cette consommation diminue ensuite progressivement jusqu'à la 3<sup>ième</sup> heure pour ensuite reprendre de plus bel à la 6<sup>ième</sup> heure. L'analyse statistique montre l'existence d'une différence très hautement significative entre la 6<sup>ième</sup> et la 24<sup>ième</sup> heure et entre la 24<sup>ième</sup> et la 3<sup>ième</sup> heure ( $P < 0,0001$ ). Une heure après le début du test, l'alimentation de l'espèce même si elle continue reste très faible entre la 3<sup>ième</sup> et la 6<sup>ième</sup> heure. A partir de la 6<sup>ième</sup> heure, la consommation du nombre de pupes augmente de façon exponentielle jusqu'à la 24<sup>ième</sup> heure.
- ✓ Pour *Galeritiola africana* (2), on constate une consommation assez faible durant la première heure où l'espèce était en contact avec l'aliment. Cette consommation augmente de façon assez lente jusqu'à la 3<sup>ième</sup> heure. A six heures après le début du test, la consommation de l'espèce diminue de façon non significative pour ensuite évoluer très rapidement jusqu'à la 24<sup>ième</sup> heure. Par ailleurs il n'y a pas de différence significative de consommation de la 1<sup>ière</sup> à la 6<sup>ième</sup> heure ( $P > 0,05$ ). Cette différence de variation est très nette entre ces dernières heures et la 24<sup>ième</sup> heure ( $P < 0,0001$ ).
- ✓ Pour *Chlaenius dusaulti* (3), on remarque une consommation très importante durant la première heure où l'espèce était en contact avec l'aliment. Cette consommation augmente de façon rapide jusqu'à la 3<sup>ième</sup> heure. A six heures après le début du test, la consommation de l'espèce diminue significativement pour ensuite augmenter de façon exponentielle jusqu'à la 24<sup>ième</sup> heure. L'analyse statistique montre l'existence d'une différence très hautement significative entre la 6<sup>ième</sup> et la 24<sup>ième</sup> heure et entre la 24<sup>ième</sup> et la 1<sup>ière</sup> heure ( $P < 0,0001$ ).
- ✓ Avec *Scarites quadripunctatus* (4), on constate une forte consommation durant la première heure où l'espèce était en contact avec l'aliment. Cette consommation augmente de façon rapide jusqu'à la 3<sup>ième</sup> heure. A six heures après le début du test, la consommation de l'espèce diminue de façon non significative pour ensuite augmenter de façon exponentielle jusqu'à la 24<sup>ième</sup> heure. L'analyse statistique montre l'existence d'une différence significative entre les différentes heures où les relevés ont été effectués ( $P < 0,01$ ).



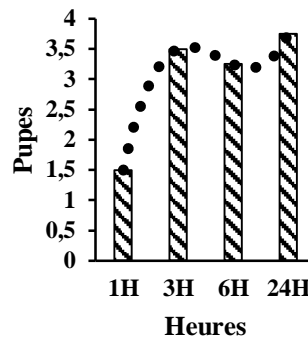
1: *Brachinus bayardi*



2: *Galeritiola africana*



3: *Chlaenius dusaulti*

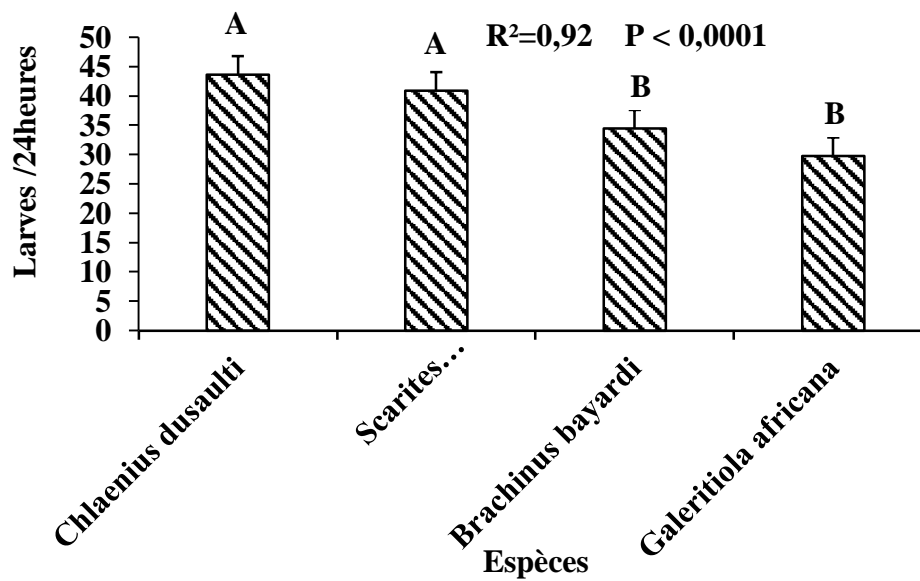


4: *Scarites quadripunctatus*

**Figure 14:** Variation de la consommation des espèces en fonction des heures

### 3.1.6. La consommation de larves des carabes

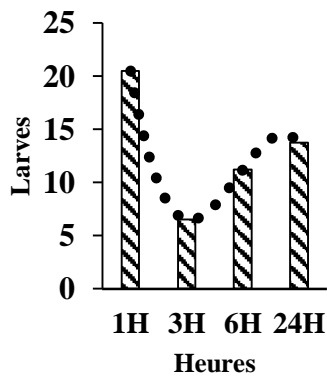
L'analyse statistique de la capacité de consommation des larves des carabes au bout de 24 heures (figure 15) fait apparaître l'existence de deux groupes : *Chlaenius dusaulti* et *Scarites quadripunctatus* appartenant au groupe A, *Galeritiola africana* et *Brachinus bayardi* appartenant au groupe B. Cependant il apparaît une différence de consommation très hautement significative entre les carabes de n'appartenant pas au même classement de lettres ( $P < 0,0001$ ). De façon générale *Chlaenius dusaulti* a consommé le plus grand nombre de larve avec un total de 43,6250 larves. *Galeritiola africana* a eu la consommation la plus faible avec 29,7500 larves. *Chlaenius dusaulti* a consommé un nombre de larve 1,5 fois supérieur à celui de *Galeritiola africana*. Les carabes ont consommé en moyenne, durant les 24h d'observation, 37 larves. Par ailleurs, il existe une très forte corrélation ( $R = 0,95$ ) entre le nombre de larve consommé et le carabe en question.



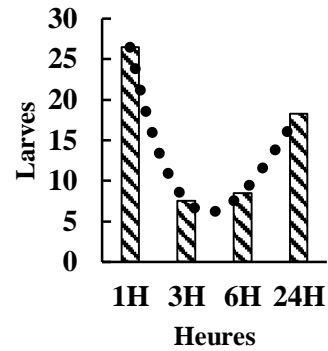
**Figure 15:** Consommation moyenne des larves en fonction des espèces de carabes

### 3.1.7. Variation de la consommation de larves durant les 24 heures

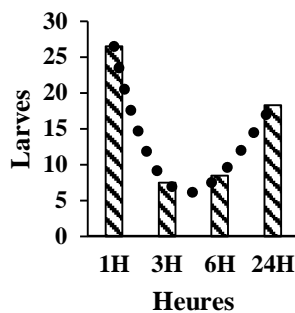
Pendant les 24 heures d'observation, le nombre de larves consommées n'a pas été le même durant les différentes heures où les relevés ont été effectués (figure 16). Il est à constater pour toutes les espèces, une très forte consommation de larves durant la première heure pour toutes les espèces de carabes. Cette consommation diminue ensuite progressivement jusqu'à la 3<sup>ème</sup> heure pour ensuite reprendre de plus bel à la 6<sup>ème</sup> heure. L'analyse statistique montre l'existence d'une différence de consommation très hautement significative entre la 6<sup>ème</sup> et la 24<sup>ème</sup> heure et entre la 24<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> heure ( $P < 0,0001$ ). Une heure après le début du test, l'alimentation de l'espèce même si elle continue reste très faible entre la 3<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> heure. A partir de la 6<sup>ème</sup> heure, la consommation du nombre de pupes augmente de façon exponentielle jusqu'à la 24<sup>ème</sup> heure.



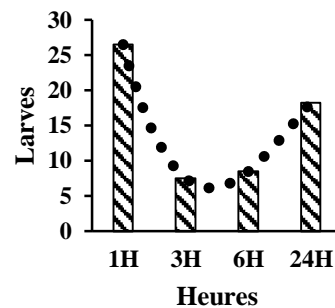
*Brachinus bayardi*



*Galeritiola africana*



*Chlaenius dusaulti*



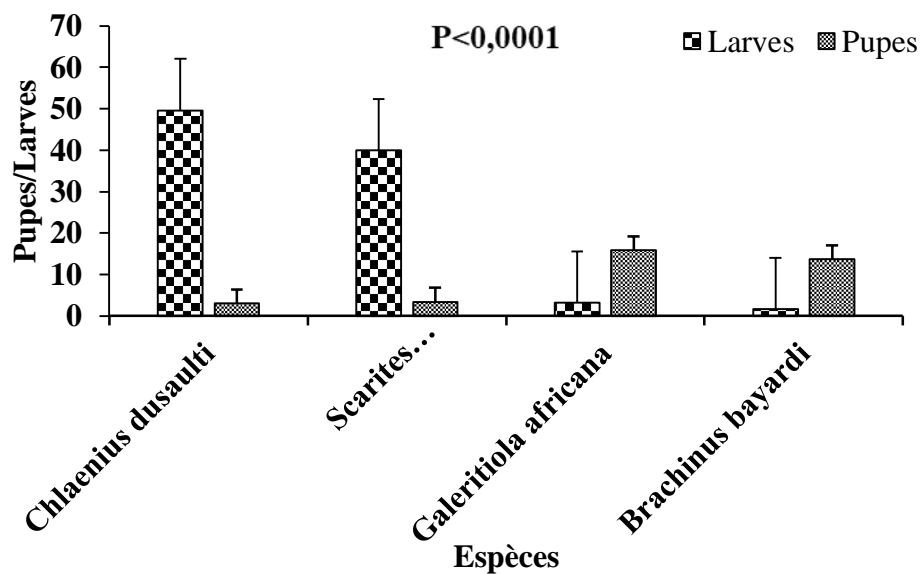
*Scarites quadripunctatus*

**Figure 16:** Variation de la consommation des larves en fonction des heures

### 3.1.8. La préférence alimentaire des carabes vis-à-vis des pupes et des larves

Toutes les espèces de carabes se sont révélées être consommatrices de pupes et de larves. Pour connaître leur préférence vis-à-vis de ces deux régimes alimentaires, elles ont été mises en contact avec des larves et des pupes de *Bactrocera dorsalis* (figure 17). L'analyse statistique de la consommation moyenne de larves et de pupes des carabes selon les espèces montre l'existence d'une différence très hautement significative ( $P < 0,0001$ ) entre les espèces pour ce qui concerne leur capacité de consommation. Il apparaît que *Chlaenius dusaulti* et *Scarites quadripunctatus* ont une préférence nette pour les larves : 16 fois plus de larves que de pupes pour *Chlaenius dusaulti* et 11 plus de larves que de pupes pour *Scarites quadripunctatus*. Tandis que *Brachinus bayardi* et *Galeritiola africana* préfèrent les pupes. *Brachinus bayardi* a consommé 8 fois plus de pupes que de larves et *Galeritiola africana*, 4 fois plus de pupes que de larves.

Par ailleurs, même s'il y a des espèces qui préfèrent les pupes, il est à noter que la vitesse de consommation des larves est plus rapide que celle des pupes. En faisant le rapport des cumuls de consommation des espèces qui ont montré une nette préférence pour les larves (*Chlaenius dusaulti* et *Scarites quadripunctatus*) et les espèces qui ont montré une préférence pour les pupes (*Brachinus bayardi* et *Galeritiola africana*), il apparaît que le nombre de larves consommées journalièrement est 3 fois plus important que celui des pupes.



**Figure 17:** Préférence des espèces vis-à-vis des larves et des pupes

### 3.2. Discussion

Les résultats ont montré que *Bactrocera dorsalis* reste le plus grand ravageur de la mangue parmi les espèces de mouches retrouvées durant le mois d’Août. Il représente 88% des individus de mouches émergées contre 11% pour le genre *Ceratitis* et moins de 1% pour les autres espèces de mouches. Ces résultats sont en phase avec ceux de (Ndiaye et al., 2012) qui ont montré que *B. dorsalis* infeste plus les plantes cultivées et particulièrement la mangue qui est son hôte primaire. Pour ce qui concerne *C. cosyra*, elle infeste plus les plantes spontanées avec les Tephritidae locales dont *C. punctata* et *C. silvestrii*. Mwatawala et al. (2009) ont rapporté que la proportion élevée de *Bactrocera dorsalis* dans les fruits exprime son caractère de ravageur invasif. Les Cératites s’attaquent à une gamme de variété d’espèces fruitières, parmi lesquelles, la mangue est l’une des plus appréciée. Leur faible proportion sur les fruits collectés pourrait s’expliquer par la compétition alimentaire inter larvaire de *Bactrocera dorsalis* envers les autres espèces indigènes (Ekesi et al., 2009). L’échantillonnage des mangues a permis de voir que les mangues de la commune de Thionck-Essyl étaient les plus infestées avec une moyenne de 176 pupes. Les mangues de la commune de Ziguinchor semblent être la moins touchée par les mouches des fruits. Le nombre moyen de pupes extraites à partir des mangues de cette commune était de 54 pupes. Par ailleurs, sur une période d’un mois, il est quasi impossible de mettre en évidence une différence nette entre les communautés pour ce qui concerne le niveau d’infestation des mangues. En effet, divers facteurs non pris en compte dans cette étude agissent sur la dynamique des populations de mouches (charge en fruits sur les plantes hôtes, facteurs climatiques...) et déterminent la densité de ces ravageurs à un moment donné (Faya et al., 2016). L’échantillonnage n’ayant pas pu être poursuivi, il est très difficile de faire un inventaire exhaustif des Tephritidae inféodés aux mangues durant toute la période de production de mangue. Pour ce qui concerne les tests de prédation, il ressort que toutes les espèces testées sont consommatrices de larves et de pupes de *Bactrocera dorsalis*. L’évaluation de la capacité de consommation des carabes a montré que ces prédateurs étaient capables de consommer en moyenne 35 larves en conditions de laboratoire. Des études antérieures ont signalé que les carabes sont capables d’ingérer jusqu’à 3 fois leur masse par jour (Dessy, 2010). Même si le paramètre « Masse » n’a pas été pris en compte, le nombre de larves consommées par jour reste très important. Les carabes ont consommé en moyenne 9 pupes de *Bactrocera* au bout de 24 heures. En effet, certains carabidés en condition de laboratoire ont consommé des pupes de *Bactrocera olea*, principal ravageur de la culture de l’olive (Ricard et al., 2007). Les espèces ont montré des préférences lorsqu’elles avaient le choix entre les pupes et les larves de *Bactrocera dorsalis*. *Chlaenius dusaulti* et *Scarites quadripunctatus* ont préféré les larves



tandis que *Brachinus bayardi* et *Galeritiola africana* ont eu une préférence pour les pupes. Ces résultats sont comparables à ceux de Ricard et al. (2007) qui ont montré que face à une gamme de nourriture proposée (des pupes de *Bactrocera olea*, des graines de Pissenlit et des larves de Carpocapse) aux carabes, certains d'entre eux se sont avérés être très phytophages sauf trois qui ont eu un régime strictement carnivore. Ces derniers ont montré des préférences pour les larves ou les chrysalides de carpocapse lorsqu'elles ont eu le choix. La plupart des espèces appartenant à cette famille sont des prédatrices généralistes, considérées comme des auxiliaires naturels (Garcin et Mouton, 2006). Ils sont généralement carnivores (80% des adultes et 90% des larves) et s'attaquent selon leur taille aux œufs, larves, acariens, pucerons, limaces et escargots....Par ailleurs, *Bactrocera dorsalis* ayant un cycle se déroulant en plusieurs étapes, le régime alimentaire est susceptible d'adaptation à la disponibilité des proies (Loreau, 1983). Néanmoins, bien que les carabidés aient été primitivement considérés comme des prédateurs typiques, de nombreux auteurs ont été amenés à leur attribuer une phytophagie plus ou moins développée (Lindroth, 1949 ; Johnson et Cameron, 1969 ; Hengeveld, 1980). Le présent travail a porté seulement l'évaluation de la consommation de larves et des pupes de *Bactrocera dorsalis* en conditions de laboratoire. Dès lors, on ne peut statuer sur le caractère strictement carnivore des espèces testées. Aucune d'entre elles ne peut être considérée comme un spécialiste tout à fait strict. Le suivi de la consommation des carabes durant les différentes heures a fait apparaître une variation de la consommation entre la 1<sup>ière</sup> et la 24<sup>ième</sup> heure mais aussi entre la 6<sup>ième</sup> et la 24<sup>ième</sup> heure. Il apparaît une très forte consommation de larves et de pupes durant les premières heures de mise en contact avec l'aliment. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les insectes avaient été mis à jeûn durant 24 heures. Par la suite, la consommation a diminué progressivement jusqu'à la 6<sup>ième</sup> heure pour ensuite pour ensuite augmenter de façon exponentielle. Cette variation de la consommation a été signalée par Ricard et al. (2007) qui ont montré à partir de deux espèces de carabes (*Pseudoophonus rufipes* et *Calathus fuscipes*) que le nombre de pupes consommées au bout de 24 heures par un seul individu varie entre six et douze heures, ce qui est considérable. Ce temps de latence pourrait se justifier par le temps nécessaire aux insectes pour digérer la quantité de nourriture consommée.

## Conclusion et perspectives

Les mouches des fruits en particulier *Bactrocera dorsalis* demeurent un problème majeur préoccupant qui touche toute l'Afrique sub-saharienne. La lutte biologique est l'une des méthodes les plus respectueuses de l'environnement surtout à une époque qui voit s'affirmer une agriculture dite durable. Le piégeage à fosse a permis de prouver l'existence d'une communauté d'insectes prédatrice bien représentée dans les vergers de manguiers : les carabes. Au sortir des tests de consommation, quatre espèces de carabes se sont révélées être prédatrices de la mouche *Bactrocera dorsalis*. Ces tests, réalisés au laboratoire ont montré que *Brachinus bayardi* est la plus grande consommatrice de pupes avec 14 pupes en moyenne et *Chlaenius dusaulti* a consommé le plus grand nombre de larves avec une moyenne de 43 larves. *Chlaenius dusaulti* et *Scarites quadripunctatus* ont eu une préférence nette pour les larves : 16 fois plus de larves que de pupes pour *Chlaenius dusaulti* et 11 fois plus de larves que de pupes pour *Scarites quadripunctatus*. *Brachinus bayardi* et *Galeritiola africana* ont préféré les pupes. *Brachinus bayardi* a consommé 8 fois plus de pupes que de larves et *Galeritiola africana*, 4 fois plus de pupes que de larves. Les quatre espèces de carabes récoltées montrent que ces milieux agricoles possèdent des ennemis naturels pouvant contribuer à la lutte biologique. L'échantillonnage des mangues a montré que 88% des populations de mouches émergées appartiennent à l'espèce *Bactrocera dorsalis*. Cette dernière reste donc le ravageur numéro 1 du manguiers durant le mois d'Août. Des méthodes complémentaires de piégeage à fosse semblent donc être importantes pour connaître la variété d'ennemis naturels présents dans nos vergers. Une grande diversité de carabes pourrait garantir une plus grande couverture des ravageurs, à différents stades de leur développement. Il serait donc intéressant de disposer d'un éventail complet des niches alimentaires des espèces de ce peuplement. Et arriver ainsi, à cerner le rôle trophique que ceux-ci jouent dans l'écosystème des vergers de manguiers. Aussi ne serait-il pas important de parvenir à une corrélation entre la présence de ces insectes dans les vergers et le niveau d'infestation lié à la mouche *Bactrocera dorsalis*.

## **Glossaire**

**Carabes** : Les carabes sont des coléoptères prédateurs de nombreux ravageurs.

**Auxiliaire** : Ennemi naturel des ravageurs des **cultures**. Il peut être prédateur, parasite, ou encore agent de certaines maladies qui détruit les nuisibles. C'est aussi un insecte pollinisateur, responsable de la fécondation d'un grand nombre de plantes cultivées.

**Piège à fosse** : C'est un récipient enterré dans le sol et dont l'ouverture affleure au niveau du sol

**Equilibre biologique** : C'est l'équilibre qui se fait naturellement entre les organismes vivants dans un milieu et ce milieu lorsque la répartition y est équitable.



## Références bibliographiques

- Anderson D., 1963.** « The Larval Development of *Dacus Tryoni* (Frogg,) (Diptera : Trypetidae) 1. Larval Instars, Imaginal Discs, and Haemocytes. » *Australian Journal of Zoology* 11 (2): 202. <https://doi.org/10.1071/ZO9630202>.
- Appiah E.F., Ekesi S., Afreh-Nuamah K., Obeng-Ofori D. et Mohamed S.A., 2014.** « African Weaver Ant-Produced Semiochemicals Impact on Foraging Behaviour and Parasitism by the Opiine Parasitoid, *Fopius Arisanus* on *Bactrocera Invadens* (Diptera: Tephritidae) ». *Biological Control* 79 (décembre): 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.08.004>.
- Balayara A., Brewster C. C., Vaughan L.J. et Pfeiffer D.G., 2019.** « Foliar, Fruit, and Soil-Applied Organic Insecticides for Oriental Fruit Fly, *Bactrocera Dorsalis* (Diptera: Tephritidae), in Senegalese Mangoes ». *Plant Health Progress* 20 (3): 187-93. <https://doi.org/10.1094/PHP-10-18-0061-RS>.
- Bateman M. A., 1972.** « The ecology of fruit flies ». *Annual review of entomology* 17 (1): 493-518.
- Bota L.D. et Mwatawala M., 2018.** « Seasonal Abundance of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) on Mango Orchard and Its Relation with Biotic and Abiotic Factors in Manica Province, Mozambique ». *Fruits* 73 (4): 218-27. <https://doi.org/10.17660/th2018/73.4.3>.
- Brevault T., Beyo J., Nibouche S. et Vaissayre M., 2002.** « La résistance des insectes aux insecticides », 6.
- Brun J., 1951.** « L'antracnose du manguier en Guinée: *Glomerella cingulata* (St.) Sp. et Von Schr. » *Fruits* 6 (11): 475-76.
- Christenson L. D. et Foote R.H., 1960.** « Biology of fruit flies ». *Annual review of entomology* 5 (1): 171-92.
- COLEACP., 2007.** *Fiches : maladies et ravageurs*.
- Dambreville A., 2012.** « Croissance et développement du manguier (*Mangifera indica* L.) in natura: approche expérimentale et modélisation de l'influence d'un facteur exogène, la température, et de facteurs endogènes architecturaux ». PhD Thesis.
- Danielli P., 2012.** Principes d'expérimentation planification des expériences et analyses de leurs résultats. Les Presses Agronomiques de Gambroux, A.S.B.L ISBN 978-2-87016-117-3. 414p
- De Meyer M., Jordaens K. et Virgilio M., 2019.** « A review of African Frugivorous Tephritidae Research over the Past 25 Years », 66
- Dessy Robert. 2010.** « De précieux auxiliaires pour les cultures », 2.
- Diame L., Grechi I., Rey J.Y., Sane C.A. B., Diatta P., Vayssières J.F., Yasmine A., De Bon H. et Karamoko D., 2015.** « Influence of *Oecophylla Longinoda* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Formicidae) on Mango Infestation by *Bactrocera Dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in Relation to Senegalese Orchard Design and Management Practices ». *African Entomology* 23: 294-305. [https://doi.org/Influence of](https://doi.org/Influence%20of)

305.<http://dx.doi.org/10.4001/003.023.0207>  
<<http://dx.doi.org/10.4001/003.023.0207>>.

- Diedhiou P. M., Mbaye N., Drame A. et Samb P. I. 2007.** « Alteration of post harvest diseases of mango *Mangifera indica* through production practices and climatic factors ». *African Journal of Biotechnology* 6 (9).
- Drew R A I, Tsuruta K. et White I. M., 2005.** « A New Species of Pest Fruit Fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa » 13 (1): 6.
- Drew R. A. I., Tsuruta K. et White I. M., 2005.** « A new species of pest fruit fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa ». *African Entomology* 13 (1): 149–154.
- Dufrêne Marc., 1992.** « Biogéographie et écologie des communautés de Carabidae en Wallonie ». PhD Thesis, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique.
- Duvallet G., Vincent R. et Didier F., 2017.** *Entomologie médicale et vétérinaire*.  
[https://books.google.com/books/about/Entomologie\\_m%C3%A9dicale\\_et\\_v%C3%A9t%C3%A9rinaire.html?hl=fr&id=ljYoDwAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Entomologie_m%C3%A9dicale_et_v%C3%A9t%C3%A9rinaire.html?hl=fr&id=ljYoDwAAQBAJ).
- Ekesi S. et Samira A., 2011.** « Mass Rearing and Quality Control Parameters for Tephritid Fruit Flies of Economic Importance in Africa ». In *Wide Spectra of Quality Control*, édité par Isin Akyar. InTech. <https://doi.org/10.5772/21330>.
- Ekesi S., Billah M.K., Peterson N.W., Lux S.A. et Rwomushana I., 2009.** « Evidence for Competitive Displacement of *Ceratitis Cosyra* by the Invasive Fruit Fly *Bactrocera Invadens* (Diptera: Tephritidae) on Mango and Mechanisms Contributing to the Displacement ». *Journal of Economic Entomology* 102 (3): 981-91. <https://doi.org/10.1603/029.102.0317>.
- Ekesi Sunday, De Meyer M., Mohamed S.A., Virgilio M. et Christian B., 2016.** « Taxonomy, Ecology, and Management of Native and Exotic Fruit Fly Species in Africa ». *Annual Review of Entomology* 61 (1): 219-38.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023603>.
- FAO., 1999.** « food insecurity: when people must live with hunger and fear starvation ».
- Fay H. A. C. et Meats A., 1983.** « The influence of age, ambient temperature, thermal history and mating history on mating frequency in males of the Queensland fruit fly, *Dacus tryoni* ». *Entomologia Experimentalis et applicata* 34 (3): 273-76.
- Faya Y., Ambiéle B. et Hamidou M., 2016.** « Inventaire des espèces de mouches des fruits (Diptera, Tephritidea) et variation de leurs fréquences selon le site d'étude en zone soudanienne au Mali », 12.
- Garcin A. et Mouton S., 2006.** « Le régime alimentaire des carabes et staphylins ». *Infos CTIFL* 218: 19-24.
- Goergen G., Vayssières J.F., Gnanvossou D. et Tindo M., 2011.** « *Bactrocera Invadens* (Diptera: Tephritidae), a New Invasive Fruit Fly Pest for the Afrotropical Region: Host Plant Range and Distribution in West and Central Africa ». *Environmental Entomology* 40 (4): 844-54. <https://doi.org/10.1603/EN11017>.
- Hagen K.S., 1999.** « Terrestrial arthropod predators of insect and mite pests ». *Handbook of biological control. Principles and applications of biological control*.

- Hendrichs J. et Prokopy R. J., 1994.** « Food foraging behavior of frugivorous fruit flies ». *Fruit flies and the sterile insect technique*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 37–55.
- Hengeveld R., 1980.** « Polyphagy, oligophagy and food specialization in ground beetles (Coleoptera, Carabidae). » *Netherlands Journal of Zoology* 30 (4): 564-84.
- Johnson N.E. et Cameron R.S., 1969.** « Phytophagous ground beetles ». *Annals of the Entomological Society of America* 62 (4): 909-14.
- Konta I.S., Djiba S., Sane S., Diassy L., Ndiaye A. B. et Noba K., 2015.** « Etude de la dynamique de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) dans les vergers de mangues en Basse Casamance : influence des facteurs climatiques ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9 (6): 2698-2715-2715. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.15>.
- Lalonde O., 2011.** « Évaluation de l'abondance relative et de la richesse spécifique des carabes associées à différents systèmes culturaux et travaux de sol ».
- Liévin N., Nzigidahera B. et Theron C.D., 2017.** « Effect of Parapheromones on the Capture of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Burundi ». *Journal of Agricultural Science and Technology A* 7 (6). <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2017.06.007>.
- Lindroth C. H., Wettergren T.A. et Kerber B.R.B., 1949.** « *Die fennoskandischen Carabidae: Allgemeiner Teil.* »
- Loreau M., 1983.** « Le régime alimentaire de huit carabides (Coleoptera) » 4: 331-43.
- Lövei G.L., Magura T., Béla T. et Viktor K., 2006.** « The influence of matrix and edges on species richness patterns of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in habitat islands ». *Global Ecology and Biogeography* 15 (3): 283-89.
- Maisonhaute J.E., 2010.** « Influence de la structure du paysage sur l'assemblage des prédateurs terricoles dans les zones agricoles non cultivées ».
- Mbaye N., 2006.** « Inventaire et caractérisation des champignons phytopathogènes responsables de maladies post-récoltes chez deux variétés de mangues (*Mangifera indica* L.), Kent et Keitt, destinées à l'exportation dans la zone des Niayes du Sénégal ». Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Dakar (Sénégal).
- Mwatawala M.W, White I.M, Maerere A.P., Senkondo F.J. et De Meyer M., 2009.** « A New Invasive *Bactrocera* Species (Diptera: Tephritidae) in Tanzania », 3.
- Ndiaye O., Ba C. T., Ndiaye S., Djiba S. et Sagna A., 2012.** « Plantes hôtes et parasitoïdes de *Bactrocera invadens* et *Ceratitis cosyra*: suivi des lâchers de *Fopius arisanus* en Basse Casamance » 67: 311.
- Ndiaye O., Ndiaye S., Djiba S., Ba C. T., Vaughan L., Rey J.Y. et Vayssières J.F., 2015.** « Preliminary surveys after release of the fruit fly parasitoid *Fopius arisanus* Sonan (Hymenoptera Braconidae) in mango production systems in Casamance (Senegal) ». *Fruits* 70 (2): 91–99.
- Niabaly M., Ndiaye O., Diatta P. et Djiba S., 2018.** « Caractérisation Végétale Et Typologie des vergers de manguiers (*Mangifera Indica* L.) dans la zone du Blouf en Casamance, Sénégal ». In *13th INTERNATIONAL SCIENTIFIC FORUM, ISF 2018*, 479.
- Ogaugwu C., David W., Cobblah M. et Annoh C., 2012.** « Gamma radiation sterilization of *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) from southern Ghana ». *African Journal of Biotechnology* 11 (51): 11315–11320.

- Oliva C.F., 2012.** « Études biologiques et comportementales de deux espèces de moustiques (*Aedes albopictus* et *Anopheles arabiensis*) vectrices de maladies en vue du développement de la Technique de l’Insecte Stérile (TIS) contre ces vecteurs à l’île de la Réunion ». Thesis, Université de la Réunion. Réunion.  
<https://agritrop.cirad.fr/573960/>.
- Pruvost O., 1989.** « La maladie des taches noires de la mangue (*Xanthomonas campestris* pv. *Mangiferaeindicae*): étude bactériologique, biologique, épidémiologique et mise au point des bases d’un système de lutte intégrée dans les confitures de l’Île de la Réunion ». Paris 11.
- Ricard J.M., Garcin A., Damian-Picollet S. et Bousquet L., 2007.** « À la recherche de prédateurs de la mouche de l’olive ».
- Rivier M., Méot J.M., Ferré T. et Briard M., 2009.** *Le séchage des mangues*. Editions Quae.
- Roessler Y., 1989.** « Insecticidal bait and cover sprays ». *World crop pests* 3: 329–337.
- Roger J.L., Jambon O. et Bouger G., 2013** « Clé de détermination des Carabidae, Paysages agricoles du Nord Ouest de la France ».
- Rubabura K. J.A., Chihire B. P et Bisimwa B. E., 2019.** « Diversity and Abundance of Fruit Flies (Family: Tephritidae) in the Albertine Rift Zone, Democratic Republic of the Congo, and Preliminary Prospects for Biological Control », 8.
- Rwomushana I., Ekese S., Gordon I. et Ogol C. K.P.O., 2008.** « Host Plants and Host Plant Preference Studies for *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in Kenya, a New Invasive Fruit Fly Species in Africa ». *Annals of the Entomological Society of America* 101 (2): 331-40. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[331:HPAHPP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[331:HPAHPP]2.0.CO;2).
- Sagri E., Reczko M., Gregoriou M.E., Tsoumani K.T., Zygouridis N.E., Salpea K.D., Zalom F.G., Ragoussis Jiannis et Mathiopoulos Kostas D. 2014.** « Olive Fly Transcriptomics Analysis Implicates Energy Metabolism Genes in Spinosad Resistance ». *BMC Genomics* 15 (1): 714. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-714>.
- Sanders F., 1999.** « A proposed method of surface map analysis ». *Monthly weather review* 127 (6): 945–955.
- Sané T. et Mbaye I. 2007.** « Etat des lieux et étude diagnostique de l’environnement de la Casamance ». In *Annales de la faculté des lettres et Sciences Humaines*, 183-201.
- Sandlund O. T., Schei P. J. et Viken Å., 2001.** *Invasive Species and Biodiversity Management*. Springer Science & Business Media.
- Schaller N., 2013.** « L’agroécologie: des définitions variées, des principes communs ». *Centre d’études et de perspectives* 59.
- Schutze M. K., Mahmood K., Pavasovic A. N. A., Wan B., Newman J., Clarke A. R., Krosch M.N. et Stephen L. C., 2015.** « One and the same: integrative taxonomic evidence that *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) is the same species as the Oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* ». *Systematic Entomology* 40 (2): 472-86.
- Self G., Ducamp M.N., Thauay P. et Vayssières J.F., 2012.** « The Effects of Phytosanitary Hot Water Treatments on West African Mangoes Infested with *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) ». *Fruits* 67 (6): 439-49. <https://doi.org/10.1051/fruits/2012039>.



- Soheyb H., 2017.** « Etude de la diversité des insectes auxiliaires (coléoptères carabiques) dans un verger d'agrumes de la région de Guelma », 71.
- Stibick J.N.L., 2004.** *Natural enemies of true fruit flies (Tephritidae)*. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Serv.
- Stockel J., Schmitz V., Lecharpentier P., Roehrich R., Vila M.T., Neumann U., Brustis J.M. et Pronier V., 1994.** « La confusion sexuelle chez l'eudémis *Lobesia botrana* (Lepidoptera Tortricidae). Bilan de 5 années d'expérimentation dans un vignoble bordelais ». *Agronomie* 14 (2): 71-82. <https://doi.org/10.1051/agro:19940202>.
- Suty L., 2010.** *La lutte biologique: Vers de nouveaux équilibres écologiques*. Editions Quae.
- Thiele H.U., 2012.** *Carabid beetles in their environments: a study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour*. Vol. 10. Springer Science & Business Media.
- Traugott M., 1998.** « Larval and adult species composition, phenology and life cycles of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in an organic potato field ». *European Journal of Soil Biology* 34 (4): 189-97. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(00\)86661-3](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(00)86661-3).
- Trautner J. et Geigenmüller K., 1987.** « Tiger beetles, ground beetles. Illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. » *Tiger beetles, ground beetles. Illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19870543435>.
- Vayssières J.F., Rey J.Y., Lyannaz J.P., Sinzogan A. C., Mana P., Diatta M., Ndiaye O., Ngamo L. et Ladang D., 2009.** « Fluctuations spatio-temporelles des populations de *Bactrocera invadens* (Diptera Tephritidae) au niveau des manguiers du Bénin, du Cameroun et du Sénégal ».
- Vayssières J.F., Rey J.Y. et Traoré L., 2007.** « Distribution and Host Plants of *Bactrocera Cucurbitae* in West and Central Africa. » *Fruits* 62 (6): 391-96. <https://doi.org/10.1051/fruits:2007037>.
- Vayssières J.F., Sinzogan A., Adandonon A., CIRAD, UPR Production fruitière, Montpellier F-34398 France, IITA Cotonou et Bénin. 2009.** « Principales méthodes de lutte intégrée contre les mouches des fruits en Afrique de l'Ouest ».
- Vayssières J.F., Adandonon A., Sinzogan A. et Korie S., 2011.** « Diversity of Fruit Fly Species (Diptera: Tephritidae) Associated with Citrus Crops (*Rutaceae*) in Southern Benin in 2008–2009 ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4 (6). <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i6.64966>.
- Verheij E.W.M. et Coronel R.E., 1991.** « Plant Resources of South-East Asia No. 2: Edible fruits and nuts. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 298-301 | Feedipedia ». 1991. <http://www.feedipedia.org/node/1651>.
- Virgilio M., Backeljau T., Emeleme R., Juakali J.L. et De Meyer M., 2011.** « A Quantitative Comparison of Frugivorous Tephritids (Diptera: Tephritidae) in Tropical Forests and Rural Areas of the Democratic Republic of Congo ». *Bulletin of Entomological Research* 101 (5): 591-97. <https://doi.org/10.1017/S0007485311000216>.
- Vontas J., Hernández-Crespo P., Margaritopoulos J.T., Ortego F., Feng H.T., M. Kostas D. et Hsu J.C., 2011.** « Insecticide resistance in Tephritid flies ». *Pesticide*

*Biochemistry and Physiology* 100 (3): 199-205.

<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.04.004>.

**Waage J. K. et Greathead D. J., 1992.** « Protection Integree contre les ravageurs, Chap. 2 ».

*RH: Manuel de lutte biologique. Premier tome: Principes et application de la lutte biologique. Marjham, 5–15.*

**Warburg M. S. et Yuval B., 1997.** « Effects of Energetic Reserves on Behavioral Patterns of Mediterranean Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) ». *Oecologia* 112 (3): 314-19.

**White R. E., 1983.** *Field guide to the beetles of North America.* Houghton Mifflin Co.