UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Diversité et dynamique des populations des mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) dans les vergers de manguiers de la commune Mukaza en mairie de Bujumbura

Ndayizeye, Liévin; Sous la direction de : Professeur Nduwarugira Déogratias

2024-05
UB, FS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2009

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

MASTER EN BIOLOGIE DES ORGANISMES ET ECOLOGIE

DIVERSITE ET DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE MOUCHES DES FRUITS (DIPTERA : TEPHRITIDAE) DANS LES VERGERS DE MANGUIERS DE LA COMMUNE MUKAZA EN MAIRIE DE BUJUMBURA

Par :

NDAYIZEYE Liévin

Mémoire

présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie des Organismes et Ecologie

Spécialité: Gestion des Paysages et Ecosystèmes Terrestres

Sous la direction de :

Professeur NDUWARUGIRA Déogratias

Bujumbura, Mai 2024

MEMBRES DU JURY

Prof. Anastasie GASOGO : Président

Prof. Déogratias NDUWARUGIRA : Directeur

Msc. Dieudonné NTAKIRUTIMANA : Secrétaire

DEDICACE

A mes parents ;

A mes enfants ;

A ma chère Epouse ;

A mes frères et sœurs ;

A Madame Odette MANIRAKIZA ;

A tous mes amis et connaissances ;

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, mes remerciements s'adressent à toute l'équipe pédagogique du Master en Biologie des Organismes et Ecologie de l'Université du Burundi, pour la formation intellectuelle qu'ils m'ont donnée. Je remercie en particulier Professeur NDUWARUGIRA Déogratias du Département de Biologie de la Faculté des Sciences pour avoir accepté de diriger ce mémoire avec dévouement, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

En deuxième lieu, j'aimerais vivement remercier ma famille, particulièrement mon épouse qui m'a soutenu durant toute la période de la formation au cycle master.

Je tiens également à remercier Messieurs Abel TUYISENGE et Alfred NSHIMIRIMANA de l'ISABU pour leur participation effective dans la collecte des données de terrain et dans les travaux de laboratoire.

A toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin jusqu'à l'aboutissement de ce travail, surtout mes camarade-étudiants de Master en Biologie des Organismes et Ecologie, je témoigne ma gratitude et je dis merci du fond du cœur.

NDAYIZEYE Liévin

RESUME

La mangue est un fruit d'une importance socioéconomique indéniable pour la population mondiale. Cependant, sa production fait face aux attaques de mouches des fruits qui rendent les fruits impropres à la consommation et à la commercialisation. Cette étude a été réalisée dans deux vergers de la ville de Bujumbura de novembre à janvier 2023, dans le but de contribuer à la connaissance des mouches ravageuses des mangues dans la zone d'étude afin de promouvoir la production des fruits de qualité répondant aux standards internationaux en matière de commerce et de consommation. La collecte des échantillons de mouches des fruits a été faite par le piégeage à appâts alimentaires et l'incubation des fruits des variétés Kent, Boribo, Sindano et Valencia. Comme résultats, 4322 spécimens ont été collectés dont 3361 par appâts alimentaires et 961 par incubation des fruits. Les espèces collectées par appâts alimentaires étaient *Bactrocera dorsalis, B. latifrons* et *B. bigutulla, Ceratitis cosyra, Dacus bivittatus, D. punctantifrons* et *Zeugodacus cucurbitae*. *B. dorsalis* fut la seule espèce capturée via l'incubation des fruits mais aussi la plus abondante dans la zone d'étude. La période de fructification compte beaucoup de captures, suivie par la phase de mûrissement et la phase post-récolte. La variété Boribo est la plus infestée avec une infestation globale de 42,28 mouches des fruits/kg, puis vient la variété Valencia avec 35,31 mouches des fruits/kg. Les variétés Sindano et Kent viennent en dernier lieu avec respectivement 22,58 et 11,22 mouches des fruits/kg. Les niveaux de destruction sont respectivement de 95% pour Boribo, Kent et Valencia et de 65% pour Sindano. Tant pour le niveau d'infestation que pour le niveau de destruction, il n'y a pas statistiquement de différence significative entre les fruits récoltés et les fruits tombés. Les résultats de cette étude montrent que les phases phénologiques ont une influence sur les populations des mouches des fruits. Toutes les quatre variétés sont attaquées et les pertes sont énormes.

Ce travail a permis de fournir une base de données sur la dynamique des populations des mouches des fruits pour de futures recherches ainsi que la mise en place d'un programme de gestion intégrée de ces mouches ravageuses des fruits.

Mots clés *:* Mangue, mouches des fruits, niveau d'infestation, niveau de destruction, appâts alimentaires, incubation

ABSTRACT

Mango is a fruit of undeniable socio-economic importance for the world's population. However, its production faces attacks from fruit flies, which render the fruit unfit for consumption and marketing. This study was carried out in two orchards in the city of Bujumbura from November to January 2023, with the aim of contributing to knowledge of mango fly pests in the study area in order to promote the production of quality fruit meeting international trade and consumption standards. Fruit fly samples were collected by food-bait trapping and incubation of fruit of the Kent, Boribo, Sindano, and Valencia varieties. As a result, 4,322 specimens were collected, of which 3,361 by food bait and 961 by fruit incubation. The species collected by food bait were *Bactrocera dorsalis*, *B. latifrons* and *B. bigutulla*, *Ceratitis cosyra*, *Dacus bivittatus*, *D. punctantifrons*, and *Zeugodacus cucurbitae*. *B. dorsalis* was the only species caught during fruit incubation but also the most abundant in the study area. The fruiting period accounted for a large number of captures, followed by the ripening and post-harvest phases. Boribo variety is the most infested, with an overall infestation of 42.28 fruit flies per kg, followed by Valencia variety with 35.31 fruit flies per kg. Sindano and Kent come last, with 22.58 and 11.22 fruit flies/kg, respectively. Destruction levels are 95% for Boribo, Kent, and Valencia and 65% for Sindano. For both infestation and destruction levels, there was no statistically significant difference between harvested and fallen fruit. The results of this study show that phenological phases have an influence on fruit fly populations. All four varieties were attacked, and losses were enormous.

This work has provided a database on fruit fly population dynamics for future research and the implementation of an integrated management program for these pests.

Key words: mango, fruit flies, infestation rate, destruction rate, protein bait, rearing

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACE ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX ..... **viii**
SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **ix**
AVANT-PROPOS ..... **x**
INTRODUCTION **1**
1. Contexte et justification 1
2. Problématique 2
3. Objectifs de l'étude 4
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE MANGUIER ET LES MOUCHES DES FRUITS **6**
I.1. Etat des connaissances sur le manguier 6
I.1.1. Description 6
I.1.2. Position systématique 6
I.1.3. Origine et distribution 7
I.1.4. Climat et sol 7
I.1.5. Importance du manguier 7
I.1.6. Cycle de développement du manguier 9
I.1.7. Composition et stade de développement de la mangue 11
I.1.8. Maladies et ravageurs de la mangue 12
I.1.9. Situation de la filière de la mangue au Burundi 12
I.2. Etat des connaissances sur les mouches des fruits 14
I.2.1. Description des mouches des fruits 14
I.2.2. Position systématique et classification des mouches des fruits 14
I.2.3. Biologie des mouches des fruits 15
I.2.4. Ennemis naturels des mouches des fruits 18
I.2.5. Mœurs et activités des mouches des fruits 19
I.2.6. Distribution des mouches des fruits dans le monde, en Afrique et au Burundi 19

I.3. Méthodes de lutte 20
CHAPITRE II. ZONE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES 23
II.1. Zone d'étude 23
II.2. Collecte de données 24
II.2.1. Piégeage par appâts alimentaires 24
II.2.2. Collecte des mouches de fruits via l'incubation des fruits 26
II.2.3. Identification des échantillons 26
II.2.4. Analyse des données 26
CHAPITRE III. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS 28
III.1. Diversité spécifique et abondance des mouches des fruits dans les sites d'étude 28
III.2. Influence de la phénologie des manguiers sur l'abondance des mouches des fruits ... 30
III.3. Niveau d'infestation des différentes variétés des mangues dans la zone d'étude 32
III.3.1. Analyse du niveau d'infestation des mangues 32
CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS 35
IV.1. Diversité spécifique des mouches des fruits dans les sites d'étude 35
IV.2. Influence de la phénologie du manguier sur les mouches des fruits dans les sites d'étude 37
IV.3. Niveau d'infestation des variétés des mangues dans la zone d'étude 39
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES 41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 43
ANNEXES 65

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figures

Figure 1: Cycle de développement du manguier (Torgbor et al., 2023) 10

Figure 2: Aile d'une mouche Tephritidae. FH : Fracture Humérale, F SC : Fracture de la nervure sous-costale, SC : Nervure sous costale (Delvare et Aberlenc, 1989).... 14

Figure 3: Cycle de vie des mouches des fruits (Piper et al., 2019) 17

Figure 4: Localisation des sites d'échantillonnage 24

Figure 5: Illustration d'un dispositif Tephri Trap. A : Levure Torula, B : Préparation de la solution, C : Piège Tephri trap suspendu sur un manguier (Photos Ndayizeye, 2023)..... 25

Figure 6: Abondance des espèces des mouches des fruits dans les deux sites d'étude 28

Figure 7: Abondance des mouches des fruits par variété dans les deux sites d'étude 29

Figure 8: Abondance des espèces de mouches des fruits selon les variétés dans le site 1..... 30

Figure 9: Abondance des espèces de mouches des fruits selon les variétés dans le site 2..... 30

Figure 10: Influence des phases phénologiques du manguier sur les captures dans le milieu d'étude 31

Figure 11: Influence des phases phénologiques sur les captures dans le milieu d'étude..... 32

Figure 12: Niveau d'infestation des quatre variétés par des mouches des fruits 33

Figure 13: Niveau d'infestation selon le type de fruits 34

Tableaux

Tableau 1: Valeur alimentaire pour 100 g de la pulpe d'une mangue mûre 9

Tableau 2: Ravageurs et maladies suivant le stade de développement du manguier..... 12

SIGLES ET ABREVIATIONS

ANOVA : Analyse de la Variance

FAO : Food Agriculture Organization

FAOSTAT : Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

FH : Fracture Humérale

Fig. : Figure

FSC : Fracture de la nervure Sous-Costale

GPS : Global Positionning System

HR : Humidité Relative

IAEA : International Atomic Energy Agency

IPM : Integrated Pest Management

ISABU : Institut des Sciences Agronomiques du Burundi

MAT : Male Annihilation Technique

SC : Nervure sous costale

TI : Taux d'Infestation

AVANT-PROPOS

Ce travail de mémoire qui s'intitule « *Diversité et dynamique des populations des mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) dans les vergers des manguiers de la commune Mukaza* » est le résultat des travaux de recherche menés sous la supervision du Professeur NDUWARUGIRA Déogratias de la Faculté des Sciences, Département de Biologie à l'Université du Burundi.

Cette recherche est née du constat que les mangues sont menacées par des ravageurs en l'occurrence les mouches des fruits. Or, ces fruits contribuent énormément à l'alimentation et au développement socioéconomique de la population.

L'objectif de cette recherche était de contribuer à la connaissance de la diversité spécifique et de la dynamique des populations des mouches des fruits dans la ville de Bujumbura afin de booster la production des mangues de qualité répondant aux standards internationaux en matière de commerce et de consommation des fruits.

Les données de cette recherche couvrent une période de 3 mois correspondant aux phases phénologiques de la mangue (fructification, maturation/mûrissement, stade post récolte).

INTRODUCTION

1. Contexte et justification

La mangue (*Mangifera indica* L.) ou roi des fruits est un fruit tropical et subtropical considéré comme l'un des produits fruitiers les plus populaires dans les zones tropicales et de plus en plus dans les pays développés à travers le monde (Tharanathan et al., 2006 ; Diedhiou et al., 2007). En raison de sa riche saveur aromatique, son goût succulent et délicieux, elle est classée parmi les meilleurs fruits sur le marché international. Le manguier est devenu une culture fruitière essentielle et d'une grande importance socio-économique en Asie, en Amérique du Sud et en Amérique du Nord (Arauz, 2000 ; Sivakumar et al., 2011 ; Shoba et al., 2020).

La production des mangues contribue à la sécurité alimentaire par l'approvisionnement en vitamines A, B, C et sels minéraux dont l'homme a besoin pour sa santé (Talcott et al., 2005, Nigam et al., 2007). Elle constitue par ailleurs une source de revenus et d'emplois tant pour les producteurs que pour les commerçants et les entreprises de transformation alimentaire (Maússe & Bandeira, 2007 ; Vayssières et al., 2008 ; Chay et al., 2019). Pour couvrir la demande, les agriculteurs doivent produire des fruits de qualité et en quantité suffisante. Les fruits de qualité doivent notamment avoir de bonnes caractéristiques physiques et chimiques qui satisfont les attentes du consommateur (Ayyaz et al., 2023).

Bien qu'inégalement répartie sur le territoire burundais, le manguier est depuis longtemps cultivé à des fins de subsistance procurant des revenus non négligeables aux ménages. La mangue africaine (*Invingia gabonensis*) est la variété la plus retrouvée dans les ménages, mais moins compétitive sur le marché en raison de sa chair fibreuse (Bandi et al., 2021). La grande production en mangues provient de l'ouest du pays avec de vastes étendues de vergers dont les superficies varient d'un hectare à 15 hectares. Une enquête menée en 2023 dans le cadre du programme de recherche en biodiversité de l'OBPE auprès de 40 propriétaires des vergers des provinces Cibitoke, Bujumbura et Rumonge a montré que la mangue génère 1 125 000 à 1 750 000 francs burundais par hectare, par saison et par producteur. Chaque propriétaire de plantations embauche environ 7 familles avec un revenu compris entre de 85 700 à 150 000 francs burundais par saison, ce qui contribue au développement socioéconomique des communautés rurales.

2. Problématique

Bien que la production de mangues soit largement répandue à travers le monde, avec une superficie couverte et une production annuelle estimées respectivement à 3,69 millions d'hectares et 35 millions de tonnes (FAO, 2010), seuls 5 % environ de cette production sont exportés, les mouches des fruits étant citées comme le principal problème de cette disparité (Vayssières et al., 2005, Baltazari et al., 2020). Les mouches des fruits causent des dommages directs suite au développement de leurs larves à l'intérieur des fruits ainsi que d'autres dommages secondaires résultant du développement de microorganismes pathogènes autour des points/trous de ponte des femelles (Vayssières et al., 2015). En effet, ces dernières pondent des œufs à l'intérieur des fruits mûrs en parfaite condition les rendant impropres à la consommation et à la commercialisation (Christenson & Foote, 1960 ; Ekesi et Billah, 2007). Une seule piqûre peut causer des dommages internes considérables, laissant des tunnels aux larves et des déjections très visibles. Un certain nombre d'agents pathogènes, entre autres les bactéries, peuvent alors également accélérer les dommages causés aux fruits (Vayssières et al., 2008 ; Badii et al., 2015). Plus encore, des mesures de quarantaine sont imposées aux exportateurs des fruits et légumes abritant des mouches des fruits par les pays importateurs comme mesure de prévention contre toute possible introduction de ces ravageurs sur leurs territoires (Lloyd et al., 2010 ; José et al., 2013), occasionnant des pertes énormes pour les exportateurs et du coup sur les producteurs (Cugala et al., 2011 ; Ekesi et al., 2016).

Les pertes directes dues aux mouches des fruits sur la mangue avoisinaient 40% de la production en Afrique dans les années 2003 (Lux et al., 2003 ; Muriithi et al., 2016). Avec l'arrivée des espèces invasives dont *Bactrocera dorsalis*, les pertes se sont élevées à plus de 50% (Lux et al., 2003 ; Vayssières et al., 2014) interférant indirectement avec les efforts stratégiques visant à atteindre les Objectifs 1 ; 2 ; 3 et 8 du Développement Durable des Nations Unies dans de nombreux pays ou territoires (Heve et al., 2021). Les pertes directes et indirectes respectivement attribuées aux mouches des fruits et aux mesures de quarantaine sur la mangue sont élevées (Cugala et al., 2011 ; José et al., 2013 ; Kibira et al., 2015). A titre illustratif, au Mozambique, les pertes sur la mangue suite aux mouches des fruits varient de 36,7% à 92,7% ; tandis que des mesures de quarantaines imposées par l'Afrique du Sud à ce pays en 2008 ont entraîné des pertes d'environ 2.5 millions de dollars américains (José et al., 2013).

Des études ont déjà été réalisées pour évaluer les fluctuations saisonnières des populations des mouches des fruits dans les vergers des mangues en Ouganda (Mayamba et al., 2014), au Mexique (Aluja et al., 1996), en Inde (Sarada et al., 2001), en Malaisie (Tan & Serit, 1994), en Chine (Chen et al., 2006), en Tanzania (Mwatawala et al., 2006), au Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Guinée, Mali, Sénégal et Togo (Vayssières et al., 2014). En général, les populations de ces mouches montrent des fluctuations tout le long de l'année, mais les facteurs qui influencent leur saisonnalité ne sont pas pleinement compris étant donné qu'ils varient d'une région à une autre. En plus, la plupart des recherches ont utilisé des paraphéromones qui ne peuvent pas fournir des données précises sur les fluctuations des populations qui s'opèrent au niveau du milieu d'étude vu que ces produits peuvent attirer des mouches situées à plus de 2 km du verger (Bota et al., 2018). Pour rappel, les paraphéromones sont des substances attractives d'origine industrielle fabriquées sur imitation des phéromones sexuelles émises par les femelles chez les insectes (FAO/IAEA, 2013, Tan et al., 2014).

Comme ailleurs dans le monde, les propriétaires des vergers font face à des défis majeurs dont les principaux sont les pertes encaissées avec environ 30 sacs de mangues jetés chaque saison. Selon les agriculteurs, à part le vent et les pluies diluviennes qui font tomber les mangues, les autres fruits sont abimés par des piqûres d'insectes (voir questionnaire d'enquête en annexe I). Face à cette situation, les agriculteurs font recours aux pesticides dès la floraison jusqu'à la récolte des derniers fruits. Bien que considéré comme un outil économique et efficace pour lutter contre les ravageurs et booster la production agricole (Damalas et Eleftherohorinos, 2011), l'usage des pesticides peut avoir des effets graves sur des organismes non cibles, la chaîne alimentaire et la biodiversité, ce qui présente des risques élevés sur la santé humaine et l'environnement (Macharia et al., 2009 ; Tudi et al., 2021) mais peut aussi entraîner le développement d'une résistance des parasites à certains pesticides (Vontas et al., 2011 ; Gautam et al., 2017). En outre, l'utilisation accrue d'insecticides sur les fruits réduit leur qualité marchande sur les marchés mondiaux en raison des niveaux élevés de résidus phytosanitaires (Donkor et al., 2016, Mac Loughlin et al., 2018).

Au Burundi, des recherches sur les mouches des fruits ont déjà recensé 34 espèces dont 3 exotiques (Liu et al., 2011 ; Ndayizeye et al., 2017 ; Ndayizeye et al., 2019) s'attaquant à une gamme variée de fruits cultivés dont la mangue. Chez cette dernière, les dégâts se traduisent par des fruits à maturité présentant des points de piqûres et finissant par tomber, des fruits qui pourrissent sur des points de vente ou chez les consommateurs et à l'intérieur desquels on trouve parfois des larves vivantes.

Les pertes associées aux mouches des fruits chez la mangue ne sont pas jusqu'à ce jour chiffrées au pays. Leur estimation devrait s'appuyer sur l'inventaire des mouches des fruits inféodées à ce fruit. Or, ces dernières restent mal connues. Sans la connaissance de cette biodiversité, il serait impossible de suivre la dynamique de ses populations nuisibles à la mangue ainsi que les facteurs abiotiques et biotiques entrant en jeu. Mwatawala et al. (2006) ont montré que la variété et le stade de développement des fruits de la mangue influencent les fluctuations des populations des mouches des fruits. Au niveau phénologique, c'est la période de fructification des manguiers et la période de maturation des fruits qui ont une influence majeure sur les populations des mouches ravageuses (Canhanga et al., 2020).

Les fluctuations des populations de mouches des fruits chez la mangue ne sont pas encore clarifiées et méritent une attention particulière puisqu'elles ont un lien direct avec la distribution et l'abondance des fruits des plantes hôtes (Duyck et al., 2004 ; Facon et al., 2021). En effet, toute fluctuation des populations des mouches sur des fruits suppose l'infestation de ces derniers par ces diptères. Peu d'informations sont connues sur le niveau d'infestation des différentes variétés des mangues cultivées au Burundi. Chaque espèce des mouches des fruits peut avoir des préférences pour l'une ou l'autre variété de fruit ce qui réduit ou augmente la sévérité de leurs attaques (Ekesi et Billah, 2007, Rwomushana et al., 2008 ; Birke et Aluja, 2018). Il serait plus important de déterminer les niveaux d'infestations des variétés appréciées sur le marché local et du coup source de revenus pour la population pour identifier les variétés résistantes aux attaques des mouches ravageuses.

Bien que les fluctuations des populations des mouches des fruits chez la mangue soient liées aux variétés de fruits, il s'avère important de connaitre la relation entre ces fluctuations et les stades phénologiques des différentes variétés de manguiers.

3. Objectifs de l'étude

L'objectif global de ce travail était de contribuer à la connaissance de la diversité spécifique et de la dynamique des populations des mouches des fruits sur des manguiers observés au pays pour une production des mangues de qualité répondant aux standards internationaux pour le commerce et la consommation (Annexe V).

Plus spécifiquement, dans la zone d'étude, la présente étude vise à : (i) recenser les espèces et évaluer l'abondance des mouches des fruits dans les vergers des manguiers ; (ii) déterminer le niveau d'infestation des fruits des différentes variétés de manguiers, et (iii) analyser l'influence de la phénologie des manguiers sur l'abondance des espèces des mouches des fruits.

Les résultats de cette étude permettront d'enrichir la base des données déjà existante sur les mouches des fruits pour amorcer un programme de lutte contre leurs populations inféodées aux mangues dans le pays.

Ce travail s'articule autour des principaux chapitres suivants :

Le premier chapitre porte sur la revue de la littérature sur la mangue et les mouches des fruits.
Le deuxième chapitre présente le matériel et méthodes.

Le troisième chapitre porte sur les résultats.

Le quatrième chapitre se focalise sur la discussion des résultats.

Enfin, le travail se clôture par une conclusion et des recommandations.

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE MANGUIER ET LES MOUCHES DES FRUITS

I.1. Etat des connaissances sur le manguier

I.1.1. Description

Le manguier, *Mangifera indica* L., appartient à la famille des Anacardiacées qui pousse en un arbre vivace de taille moyenne à grande, avec une cime symétrique. Les arbres matures peuvent atteindre 40 m de haut ou plus et survivre plusieurs centaines d'années (Mukherjee & Litz, 2009). Le diamètre du tronc varie de 60 à 120 cm (Sukonthasing et al, 1991). Les fleurs sont produites en panicules d'environ 25 à 30 cm de longueur. La fleur est hermaphrodite.

Le fruit de la mangue naît en panicule et appartient au sous-type des drupes indélicates. Le fruit est gros, charnu et diffère en taille, forme, couleur, teneur en fibres, arôme, saveur et goût selon les cultivars. Il peut être rond, ovale ou obovale avec une longueur variant de 25 à 30 cm selon la variété avec une projection conique caractéristique dite "bec". Le fruit immature a une peau verte qui, à mesure qu'il mûrit, devient progressivement jaune, orange, violette, rouge ou combinaisons de ces couleurs. Les fruits mûrs ont un parfum caractéristique et une peau lisse, fine et dure (Mukherjee et Litz, 2009).

I.1.2. Position systématique

Selon Yadav et Singh (2017), la classification botanique du manguier est ainsi libérée :

Règne	: Plantae
Sous règne	: Tracheobionta
Super division	: Spermatophyta
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Sous classe	: Rosidae
Ordre	: Sapindales
Famille	: Anacardiaceae
Genre	: Mangifera L.
Espèce	: *Mangifera indica* L.

I.1.3. Origine et distribution

La culture des manguiers est devenue une culture fruitière majeure dans les régions tropicales et subtropicales, en particulier en Asie, où elle a toujours été la plus importante et considérée comme le « roi des fruits » (Yadav et Singh, 2017 ; Purseglove, 1972). Elle est actuellement pratiquée dans la région tropicale et subtropicale à des fins commerciales et comme arbre de jardin ou d'ombrage pour le bétail. L'espèce la plus cultivée, *M. indica*, est originaire d'Inde et de la Birmanie (Tharanathan et al., 2006 ; Das et al., 2019).

I.1.4. Climat et sol

Le manguier prospère bien dans les climats tropicaux et subtropicaux. Il peut être cultivé du niveau de la mer jusqu'à une altitude d'environ 1 400 m. La plage de température optimale est de 24°C à 27°C. Cependant, il peut tolérer jusqu'à 48°C pendant le développement des fruits avec des irrigations régulières, ce qui améliore sa taille, sa qualité et la maturité de ses fruits. Les basses températures (13°C-19°C) sont propices à la différenciation des boutons floraux. Le manguier nécessite des sols profonds et bien drainés et des précipitations de 500 à 1 000 mm. Il ne supporte pas des conditions salines. Le pH optimal est de 5,5 à 7,0 (Griesbach, 2003).

I.1.5. Importance du manguier

La mangue, fruit du manguier, regorge de vitamines, de sels minéraux et d'antioxydants et contient, comme tous les fruits, très peu de protéines, de graisses et de calories (Tableau 1). La consommation régulière de la mangue rend le teint clair et la peau douce et brillante. Ses fibres alimentaires ont un effet protecteur contre les maladies dégénératives, notamment cardiaques ; aident à prévenir certains types de cancer et à réduire le taux de cholestérol sanguin. On pense également que la mangue aiderait à arrêter les saignements, à renforcer le cœur et serait bénéfique au cerveau (Tharanathan et al., 2006). Les feuilles, les fleurs et l'écorce du manguier ainsi que la pulpe, la peau et les graines de ses fruits contiennent également des nutriments essentiels (Jahurul et al., 2015).

Plus de 1 365 espèces de manguiers sont cultivées dans le monde et réparties sur 100 pays. L'espèce *Mangifera indica* L. vient en tête avec une production mondiale de 40 millions de tonnes et une productivité moyenne d'environ 8 tonnes par hectare sur 5,4 millions d'hectares (Mahajan et al., 2021, FAOSTAT, 2021).

La valeur économique annuelle mondiale des exportations de la mangue en 2020 a dépassé 20 milliards de dollars américains, les pays africains y contribuant respectivement à plus de 10 % et 11 % pour de fruits fraîs et transformés (Okorley et al., 2014 ; Altendorf, 2017).

Les variétés commerciales prédominantes cultivées dans le monde sont Tommy, Atkins, Keitt et Kent. Elles sont préférées pour leurs caractéristiques agronomiques supérieures, notamment leur faible sensibilité aux maladies et aux infestations par des ravageurs, leur capacité à résister aux dommages pendant le transport, ainsi que leur attrait sensoriel et visuel (Evans et al., 2017 ; Litz, 2009).

- **Les principaux pays producteurs des mangues**

En 2022, les grands producteurs de la mangue dans le monde étaient l'Inde (16 337 400 tonnes, soit 42,2%), la Chine (4 351 593 tonnes, soit 11,2%), la Thaïlande (2 550 600 tonnes, soit 6,5%), le Pakistan (1 784 300 tonnes, soit 4,6%), le Mexique (1 632 650 tonnes, soit 4,2%), l'Indonésie (1 313 540 tonnes, soit 4,1%), le Brésil (1 188 910 tonnes, soit 4%), le Bangladesh (1 047 850 tonnes, soit 3,9%), les Philippines (823 576 tonnes, soit 3.6%) et le Nigeria (790 200 tonnes, soit 3%). Les autres pays producteurs de la mangue en 2021 sont Egypte, Soudan, Kenya, Malawi, Vietnam, Mali, Haïti, Tanzanie, Cuba, Yémen, Peru, Colombie, Népal, Madagascar, République Démocratique du Congo, Niger et Guinée. Selon Gerbaud (2009), les grands exportateurs de la mangue dans le monde sont Mexique (23%), Brésil (14,3%), Pakistan (3,2%), Peru (10,3%) et l'Inde (9,71%), essentiellement vers l'Europe (34%), les USA (20%), la Péninsule arabique (14%) et l'Asie (27%).

Tableau 1: Valeur alimentaire pour 100 g de la pulpe d'une mangue mûre

Calories	62,1-63,7 cal
Eau	78,9-82,8 g
Protéine	0,36-0,40 g
Graisses	0,30-0,53 g
Glucides	16,20-17,18 g
Fibres	0,85-1,06 g
Matière sèche	0,34-0,52 g
Calcium	6,1-12,8 mg
Phosphore	5,5-17,9 mg
Fer	0,20-0,63 mg
VitamineA (Carotène)	0,135-1,872 mg
Thiamine	0,020-0,073 mg
Riboflavine	0,025-0,068 mg
Niacine	0,025-0,707 mg
Acide ascorbique	7,8-172,0 mg
Tryptophane	3-6 mg
Méthionine	4 mg
Lysine	32-37 mg

Source : Gopalan et al., (1977)

I.1.6. Cycle de développement du manguier

Selon Delgado et al. (2011) et Rajan et al. (2011), le développement du manguier comprend 5 étapes principales à savoir : (1) la floraison/nouaison, (2) le développement du fruit (3), la maturité/récolte, (4) la taille et (5) la dormance.

La durée de chaque étape dépend des conditions météorologiques, de l'emplacement, de la variété, de l'âge des arbres et de l'entretien des cultures (Whiley, 1993 ; Ramirez et al., 2014) (Fig. 1).

a) La floraison/nouaison : l'arbre produit environ 1000 inflorescences composées chacune de 500 à 6000 fleurs avec des couleurs allant du blanc au rouge brunâtre. Moins de 10% de ces fleurs sont transformés en fruits (Siddiq et al., 2017). En effet, toutes les fleurs ne sont pas fécondées par les pollinisateurs ou peuvent être emportées par le vent ou les pluies. Il faut une

à trois semaines pour quitter la floraison à la nouaison, stade de formation des fruits (Litz, 2009) ;

b) Le développement des fruits dure de 3 à 5 mois et environ 0,1%-0,25% arrivent au stade de récolte (Siddiq et al., 2017) ;

c) La maturité/récolte : la récolte a lieu lorsque le fruit est jugé physiologiquement mature mais encore dur et vert pour garantir un délai suffisant entre la récolte et le transport vers le marché (Van Melle et Buschmann, 2013) ;

d) La taille est généralement effectuée après la récolte pour éliminer les vieilles branches, améliorer l'interception de la lumière et permettre l'apparition de feuilles fraîches, qui est un processus d'initiation de la croissance végétative des bourgeons au repos sur les branches de la canopée d'un arbre (Ramirez et al., 2014) ;

e) La dormance est une période de 2 à 3 mois pendant laquelle la croissance du manguier s'arrête. Techniquement, à ce stade, les tiges individuelles non en croissance sont au repos, rendant les bourgeons apicaux ou latéraux dormants (Ramirez et al., 2014). A ce stade, le manguier a besoin d'un approvisionnement optimal en eau provenant des précipitations ou de l'irrigation (Torgbor et al., 2023).

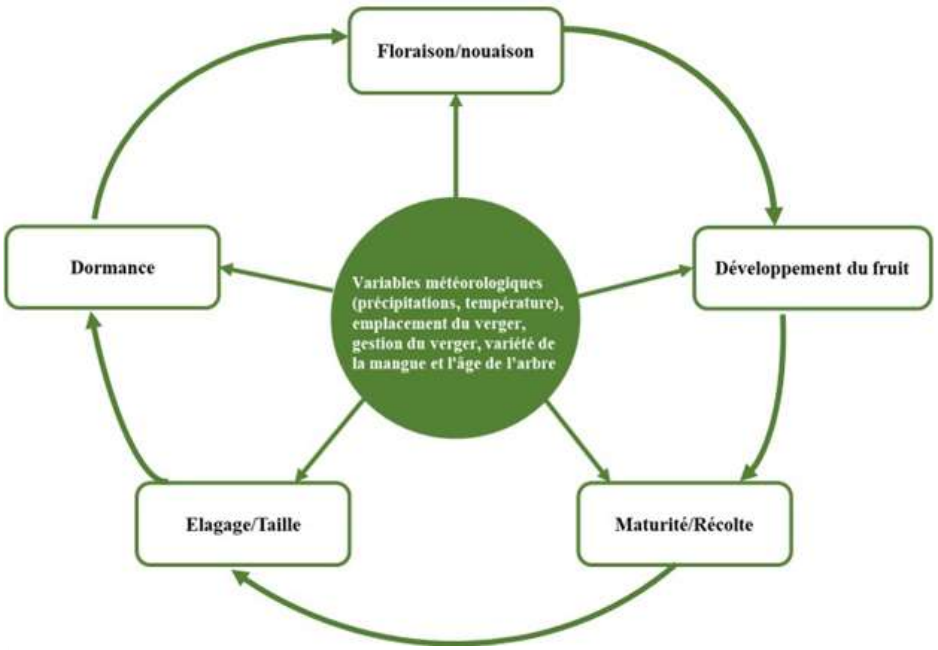


Figure 1: Cycle de développement du manguier (Torgbor et al., 2023)

I.1.7. Composition et stade de développement de la mangue

A. Composition de la mangue

La chair des mangues mûres est jaune pâle à orange, juteuse, sucrée et parfois fibreuse. La graine se trouve au centre du fruit qui pèse environ 0,453 kg à 1,360 kg (Mukherje et Liz, 2009).

Le fruit peut être subdivisé en trois parties :

- **L'exocarpe** : c'est la partie qui protège le fruit. Il est d'abord vert puis devient jaune, rougeâtre ou orangé en fonction du cultivar et du stade de maturation, et la cire. Avec l'avancement du stade de maturité et de maturation, sa teneur en chlorophylle diminue et les caroténoïdes et/ou les anthocyanes ont tendance à augmenter (Tharanathan et al., 2006).
- **Le mésocarpe :** c'est la partie charnue comestible ou la pulpe. Il est toujours jaune en raison de la présence de caroténoïdes (Ornelas-Paz et al., 2007 ; Ornelas-Paz et al., 2008). La partie comestible contient principalement du glucose, du fructose et du saccharose ; et la teneur totale en sucre peut varier de 11,5 à 25 % selon le type de mangue et le stade de maturité. Différents acides organiques tels que les acides oxalique, citrique, malique, succinique, pyruvique, adipique, galacturonique, glucuronique et mucique ont également été signalés, l'acide citrique étant principal (Jain et al., 1959).
- **L'endocarpe :** c'est l'enveloppe épaisse, résistante et coriace de la graine. Le fruit contient une seule graine au centre, qui est grande, plate ou de forme ovoïde-oblongue.

B. Stade de développement de la mangue

Le développement du fruit du manguier peut être divisé en 4 différentes étapes :

1. Stade juvénile qui compte jusqu'à 21 jours depuis la formation du fruit conduisant à une rapide croissance des cellules ;
2. Stade de croissance maximale (21 à 49 jours) qui entraîne un élargissement et une maturité cellulaire ;
3. Stade de maturation et de mûrissement (49-77 jours) : selon la variété et les conditions environnementales, les mangues mettent généralement 6 à 10 jours pour mûrir à température ambiante et deviennent trop mûres et gâtées dans les 15 jours suivant la récolte (Vazquez-Salinas et Lakshminarayana, 1985) ;
4. Stade de sénescence (à partir du 77ème jour) est l'étape post-maturation, sujette aux attaques microbiennes suivies de la mort et de la pourriture (Kalra et Tandon, 1995).

I.1.8. Maladies et ravageurs de la mangue

Le manguier souffre de plusieurs maladies mais aussi des attaques des ravageurs à tous les stades de sa vie. Toutes les parties de la plante, le tronc, la branche, le rameau, la feuille, le pétiole, la fleur et le fruit, peuvent être touchées par un certain nombre de pathogènes, y compris des champignons, des bactéries et des algues ; elles peuvent également être infestées par divers insectes nuisibles (Veerish, 1989). Parmi les infections de la mangue, on peut citer l'anthracnose causée par *Colletotrichum gloeosporioides*, la pourriture alternarienne (*Alternaria alternata*) et l'oïdium (*Oidium mangiferae* et *Oidiopsis* spp.) (Tharanathan et al., 2006).

Au niveau mondial, la culture est attaquée par 492 espèces d'insectes, 17 espèces d'acariens et 26 espèces de nématodes. Parmi les insectes ravageurs on peut citer, entre autres, les cicadelles (*Amritodus atkinsoni, Idioscopus clypealis* et Idioscopus spp.) (Baldaniya et al., 2022), le foreur de la tige (*Batocera rufomaculata*), le charançon du noyau du manguier (*Sternochetus mangiferae*), la cochenille de la mangue (*Drosicha mangiferae*), la pyrale des graines de la mangue (*Nozorda albizonalis*), la mouche de la galle des feuilles (*Procontarinia matteiana* Kieffer & Cecconi), les charançons, les fourmis et les mouches des fruits (Raut et al., 2018).

Une récente étude de Canhanga et al. (2021) a fait une synthèse des maladies et ravageurs du manguier suivant le stade de son développement (Tableau 2).

Tableau 2: Ravageurs et maladies suivant le stade de développement du manguier

Stade de développement	Ravageurs	Maladies
Semis	Chenilles, termites	Chancre bactérien (*Xanthomonas campestris*)
Stade végétatif	Termites	Oïdium, rouille et oïdium
Fructification	Mouches des fruits, charançons des semences, insectes, cochenilles	-
Stade de maturation	Mouches des fruits	Anthracnose

I.1.9. Situation de la filière de la mangue au Burundi

Les premières introductions des arbres fruitiers datent du début du 20ème siècle, principalement par des missionnaires européens et des commerçants arabes. La propagation s'est faite par voie

générative avec semis des graines ou noyaux après consommation du fruit (CHSB, 2014). Ainsi, les variétés de fruitiers cultivées sont mal connues, à l'exception de quelques introductions récentes de manguiers dans la région de l'Imbo.

Le manguier est cultivé dans les plaines de basse altitude, les escarpements occidentaux et les dépressions de l'est et du nord-est du pays. La grande production provient des plaines de basse altitude, notamment des provinces Cibitoke et Rumonge. La variété la plus répandue dans les ménages est la mangue africaine *Irvingia gabonensis*. Le nombre de plants varie entre 3 et 250 (cas isolés de Cibitoke) par ménage. En 2000, la filière du manguier a été renforcée par la plantation de variétés nouvelles (Kent, Valencia, Boribo, Sindano, Tommy, Aktins, etc.) introduites dans la province de Cibitoke par des privés, notamment FRUITO et MA FERMETTE (CHSB, 2014 ; Nimpagaritse, 2019). La variété la plus répandue dans les vergers est Kent et cela pour des raisons commerciales.

La variété Kent se présente comme un arbre grand et vigoureux, avec une canopée dense et dressée. La forme de son fruit est ovale et régulière avec une base arrondie et souvent avec deux légers becs et une longueur moyenne de 12,4 cm, et une largeur de 9,7 cm. Son poids est compris entre 600 et 700 g. La peau est épaisse et coriace. C'est un gros fruit jaune verdâtre avec un rouge ou un cramoisi sur l'épaule (Figure de l'annexe II, B). La chair est juteuse, fondante. Cette variété est originaire des Etats Unis d'Amérique.

La variété Valencia est un descendant de la mangue Haden. Son fruit est juteux, sucré et délicieux et allongé, et pèse entre 600 et 900 g avec une saveur tropicale très aromatique et une consistance lisse et crémeuse, presque sans fibres (Figure de l'annexe II, D). Comme Kent, elle est originaire des Etats Unies d'Amérique.

La variété Boribo est originaire du Kenya. Son fruit est grand et oblong, de dimensions moyennes 11,5 cm de long sur 7,8 cm de large, et un poids compris entre 430 et 640 g. Les épaules ne sont que légèrement incurvées et le bec est obscur. Le fruit est en outre vert olive pâle à la floraison et jaune-abricot à maturité (Figure de l'annexe II, A). La chair est d'une couleur orange foncé, pratiquement exempte de fibres, juteuse et d'une saveur typique de mangue très prononcée.

Enfin, la variété Sindano est originaire d'Inde où elle est connue sous le nom de Kesar. C'est un fruit de taille moyenne avec une peau fine et une chair sucrée et juteuse. Le fruit a une couleur vert jaunâtre lorsqu'il n'est pas mûr, mais devient jaune doré avec une teinte orange à pleine maturité (Figure de l'annexe II, C) (Griesbach, 2003).

I.2. Etat des connaissances sur les mouches des fruits

I.2.1. Description des mouches des fruits

Les mouches des fruits sont des diptères généralement colorées appartenant à la famille des Tephritidae. Elles mesurent en général de 3 mm à 1 cm et s'attaquent aux fruits en parfaite condition contrairement aux drosophiles qui se nourrissent des fruits en décomposition. Leurs adultes sont caractérisés par des ailes presque toujours tachetées avec une nervure sous costale coudée à son extrémité (Fig. 2), une présence d'ocelles, un arista bien développé et l'abdomen formé de 5 ou 6 segments visibles et se terminant par un ovipositeur chez la femelle.

Sans ignorer les autres parties, l'aile est le seul organe qui permet de différencier, en premier lieu, les mouches des fruits des non-mouches des fruits (Ekesi et Billah, 2007 ; Ouedraogo, 2007).

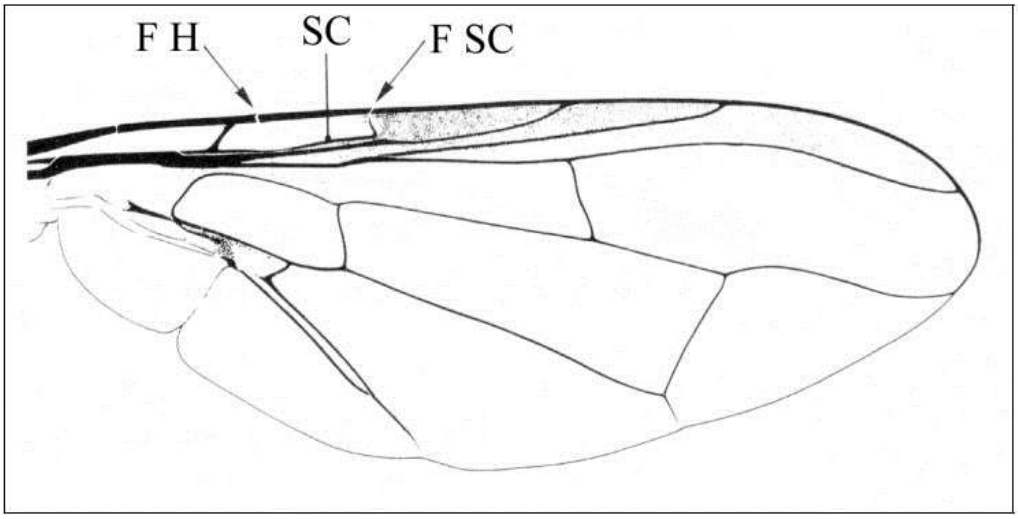


Figure 2: Aile d'une mouche Tephritidae. FH : Fracture Humérale, F SC : Fracture de la nervure sous-costale, SC : Nervure sous costale (Delvare et Aberlenc, 1989).

I.2.2. Position systématique et classification des mouches des fruits

A. Position systématique

Selon Korneyev (1999), la classification des mouches des fruits se présente comme suit :

Règne : Animal ;

Embranchement : Invertébrés ;

Sous embranchement : Arthropodes ;

Classe : Insectes ;

Ordre : Diptères ;

Sous-ordre : Brachycères ;

Infra-ordre : Muscomorpha (Cyclorrhapha) ;

Section (Division) : Schizophora ;

Super famille : Tephritoidae ;

Famille : Tephritidae

B. Classification

Elles sont classées en six sous-familles, 29 tribus, 500 genres et plus de 5000 espèces décrites dont approximativement 1000 sont originaires de la région Afrotropicale (Doorenweerd et al., 2018 ; Papadopoulos et al., 2024).

I.2.3. Biologie des mouches des fruits

A. Reproduction

La durée de l'accouplement chez les mouches des fruits varie d'une espèce à une autre (Bateman, 1972 ; Fletcher, 1989). Par exemple, *Bactrocera tryoni* ne s'accouple que pendant environ 30 minutes au crépuscule (Meats et al., 2003). Les femelles peuvent s'accoupler une ou plusieurs fois. Elles sont plus susceptibles de s'accoupler encore une fois en cas d'inconfort durant le premier accouplement (Loyau et al., 2012 ; Spiess, 1982 ; Nöbel et al., 2022). Les femelles peuvent stocker le sperme d'un seul accouplement pendant des semaines et l'utiliser pour féconder leurs œufs tout au long de leur vie (Twig et Yuval, 2005 ; Thomas et al., 2018). Une fois que la femelle s'est accouplée, elle cherche les fruits d'une plante hôte appropriée pour pondre ses œufs.

Les fruits doivent généralement être mûrs, mais les mouches peuvent pondre dans des fruits non mûrs si aucune plante autre hôte n'est disponible ou si les populations sont élevées. En outre, les femelles ne pondent que dans des fruits attachés, ceux déjà pourris ou au sol ne sont pas attrayants (Christenson & Foote, 1960 ; Bateman, 1972). Il ne faut que 2 à 5 minutes à une

femelle pour pondre un lot d'au moins six et jusqu'à 20 œufs dans le fruit hôte (Christenson & Foote, 1960 ; Fletcher, 1987). Les fruits infestés ayant commencé à pourrir se détachent parfois de la plante (Papadopoulos et al., 2001). Les vergers avec beaucoup de fruits tombés peuvent s'avérer être des foyers de populations de mouches des fruits (Papadopoulos et al., 1996 ; Umeh et al., 2008).

La femelle adulte trouve l'hôte pour pondre à l'aide d'indices olfactifs, visuels et de contact tels que la couleur, la taille, la forme et l'odeur du fruit hôte, et tous ces facteurs influencent pour choisir le meilleur hôte pour sa progéniture (Drew et Romig, 2013). Les décisions concernant le fruit de ponte sont normalement basées sur l'adéquation de ce dernier aux performances des progénitures des mouches des fruits (Joachim-Bravo et al., 2001). Le comportement de préférence de ponte est notamment crucial chez les femelles de *B. dorsalis* qui doivent déterminer l'hôte le plus approprié pour la ponte afin d'assurer le développement maximal de leur progéniture et que les larves reçoivent suffisamment de nutriments essentiels (Salmah et al., 2017).

B. Développement

Les mouches des fruits passent par différents stades de développement : œuf, larve (trois stades), pré-nymphe, nymphe et adulte (White et Elson Harries, 1992). La femelle adulte pond des œufs par groupes de 4 à 5 sous la peau des fruits à l'aide d'un ovipositeur (tube de ponte situé à l'extrémité de l'abdomen) en forme d'aiguille. En perforant le fruit, elle pousse les bactéries de la peau dans la chair. Ces bactéries provoquent la décomposition du fruit dont les larves se nourrissent (Drew et Lloyd, 1989 ; Fletcher, 1987). Le rôle de ces bactéries est complexe et n'est pas encore complètement compris, et de nombreux auteurs considèrent leur rôle comme symbiotique bien que cela soit mis en doute par d'autres (Drew et Lloyd, 1989 ; Howard, 1989). Les œufs éclosent après 1 à 2 jours dans des conditions tropicales (24-27°C, 70% d'humidité relative) (Sauers-Muller, 1991) et produisent des larves qui se nourrissent de la chair des fruits, ce qui provoque plus de pourriture et, dans certains cas, la chute prématurée des fruits. Au cours de leur développement, les larves creusent des tunnels dans le fruit, font macérer les tissus et ingèrent les tissus dégradés et les bactéries associées.

Dans les fruits plus gros, elles se déplacent vers le centre, ce qui peut offrir une certaine protection contre les parasites et certains prédateurs. La larve augmente de taille en muant deux fois ce qui définit trois stades larvaires. Elle se développe dans le fruit pendant environ 6 à 9 jours (Sauers-Muller, 1991). Au dernier stade larvaire, la larve s'échappe du fruit, tombe sur le

sol, s'enfonce dans ce dernier ou dans la matière organique sur une courte distance, sa peau s'épaissit et se durcit pour former une coquille appelée puparium à l'intérieur de laquelle elle se transforme en adulte (White et Elson-Harris, 1992 ; Andrew et Anthony, 2006 ; Frias et al. 2006 ; Daniel et al. 2009). Les mouches adultes sortent du puparium et creusent un chemin qui leur permet de sortir du sol ou de la matière organique. Peu après l'émergence, les femelles recherchent un repas protéiné pour la maturation de leurs œufs. Des études ont montré que les bactéries de la surface des plantes sont une source très importante de nutriments pour les mouches femelles (Drew et Lloyd, 1989). Au cours de cette phase, les mouches peuvent se disperser sur de grandes distances à la recherche de sources protéiniques. Les femelles s'accouplent dans les 7 à 10 jours après l'émergence et sont prêtes à pondre des œufs lorsque ceux-ci deviennent matures (Fig. 3).

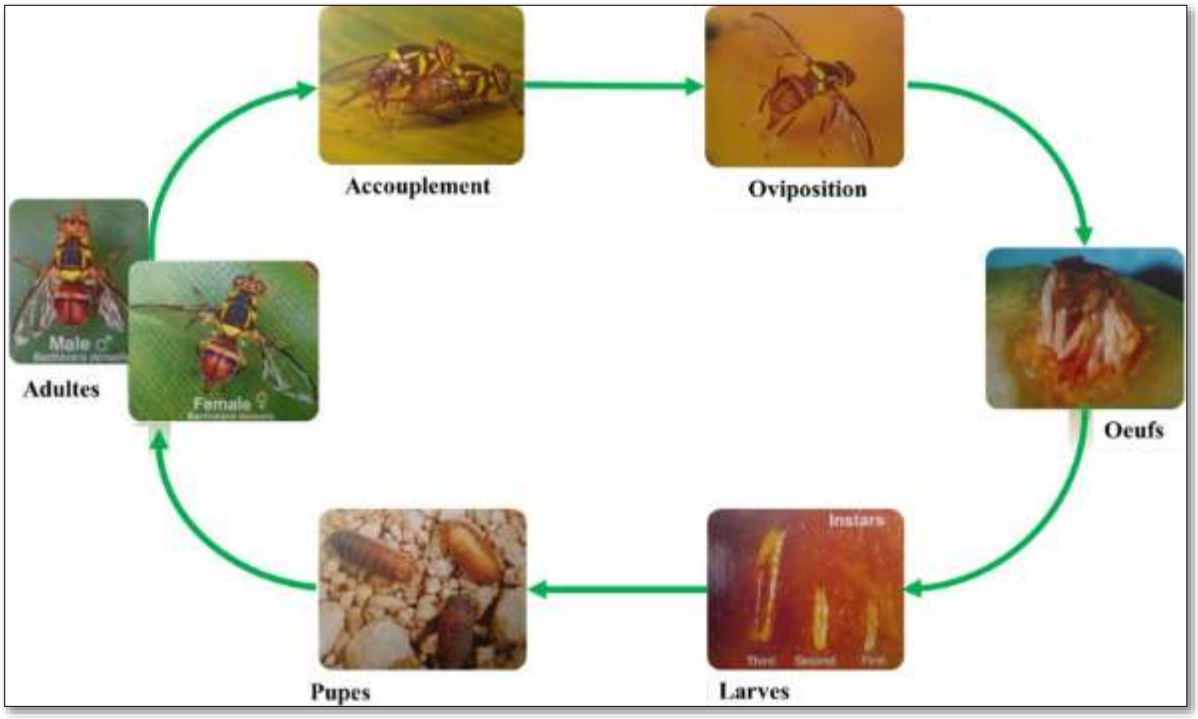


Figure 3: Cycle de vie des mouches des fruits (Piper et al., 2019)

C. Alimentation des mouches des fruits

Les mouches des fruits ont besoin d'une alimentation riche en acides aminés, vitamines, sels minéraux, glucides et eau pour survivre et se reproduire (Tsiropoulos, 1977). Elles se nourrissent de miellat, d'exsudats végétaux, de nectaires extrafloraux, de pollen, de jus de fruits,

de fruits mûrs, de micro-organismes et de fientes d'oiseaux se trouvant sur les plantes hôtes et non-hôtes (Bateman, 1972 ; Tsiropoulos, 1977). Les mâles et les femelles ont tous besoin de se nourrir de protéines pour devenir sexuellement matures. Plus la femelle peut trouver de protéines, plus elle sera capable de pondre des œufs viables. En cas de rareté des sources protéiniques comme c'est le cas sous les tropiques, les mouches dépendent des bactéries présentes à la surface des feuilles des plantes dont l'approvisionnement peut être intermittent (Fletcher, 1987 ; Hendrichs et Prokopy, 2019).

I.2.4. Ennemis naturels des mouches des fruits

Les larves de la plupart des mouches des fruits sont attaquées par des parasites hyménoptères, notamment ceux de la famille des Braconidae (Wharton & Gilstrap, 1983). Les larves des espèces qui se reproduisent sur des hôtes commerciaux échappent normalement au parasitisme, car les guêpes ne peuvent pas les atteindre dans les gros fruits (Vargas et al., 2012 ; Zamek et al., 2012). D'autres insectes agissent également comme leurs prédateurs. Les plus importantes sont les fourmis qui éliminent les larves des fruits et des pupes du sol ou de la matière organique (Kapatos & Fletcher, 1986). Des perce-oreilles (*Forficula auricularia* L.) ont été observés en train de retirer des fruits les larves de *Dacus ciliatus* (Fletcher, 1987) et de *D. musae* (Smith, 1977). Les staphylinidés et les carabidés se nourrissent de larves et de pupes présentes dans le sol (Fletcher, 1987 ; Ekschmitt et al., 1997 ; Nourmohammadpour-Amiri et al., 2022), et les araignées capturent certains adultes (Fletcher, 1979). Les vertébrés peuvent également provoquer une mortalité élevée des stades immatures. Les oiseaux frugivores consomment des olives infestées par *D. oleae* en Crète (Bigler & Delucchi, 1981), et les pigeons frugivores sont une cause majeure de mortalité des larves de *D. cacuminatus* dans les fruits de *Solanum mauritianum* au Queensland (Fletcher, 1979). Dans les forêts tropicales, les mammifères vivant au sol et les grands oiseaux comme le casoar mangent une grande partie des fruits tombés contenant des larves tandis que certains rongeurs brisent les fruits de *Planchonella australis* et enlèvent les larves de *D. halfordiae* (Fletcher, 1979). Des agents pathogènes microbiens, notamment des champignons et des bactéries ont souvent été associés à des larves et des pupes mortes, mais il n'est pas toujours possible de déterminer si l'infection est la cause du décès (Fletcher, 1987).

À Hawaï, un champignon du genre *Mucor* a été identifié comme l'un des principaux facteurs de mortalité des larves de *B. dorsalis* dans des fruits en décomposition (Newell & Haramoto, 1968). Une mortalité importante causée par des micro-organismes a également été signalée chez

d'autres espèces, notamment les larves de *D. opiliae* (Fitt, 1981) et les pupes de *D. zonatus* (Bateman, 1972).

I.2.5. Mœurs et activités des mouches des fruits

Les mouches des fruits sont des insectes diurnes et se reposent le jour ou la nuit sur le dessous des feuilles des plantes hôtes ou d'autres arbres (Inskeep et al., 2021). Leurs activités diurnes peuvent être subdivisées en cinq fonctions principales : l'alimentation, la reproduction, la ponte, la dispersion et le repos (Fletcher, 1987). La durée de chaque activité est fonction de nombreux facteurs dont l'âge, le sexe, la présence d'hôte(s), des accouplements et des conditions climatiques. Pendant le jour, les mouches des fruits sont en perpétuel déplacement entre les plantes hôtes et la végétation pour des raisons d'accouplement/ponte, alimentation et repos. Ce comportement a notamment été observé chez les espèces *Zeugodacus cucurbitae, Dacus ciliatus, D. frontalis, D. vertebratus* et *D. bivittatus* qui pénètrent dans les parcelles contenant des fruits de cucurbitacées à des moments assez précis de la journée pour pondre, puis retournent dans la végétation voisine pour se nourrir et se reposer (Bateman, 1972 ; Matanmi, 1975 ; Steffens, 1983). Les mouches des fruits sont en outre connues pour leur grande adaptation au vol (Kounatidis et al. 2008) et peuvent parcourir de longues distances à la recherche de nouvelles plantes hôtes lorsque ces dernières viennent à manquer dans leurs milieux. Durant ces périodes, certains individus peuvent parcourir de grandes distances en quelques semaines. Il a par exemple été observé que *Z. cucurbitae*, *B. dorsalis*, *D. tryoni*, *D. zonatus* peuvent faire respectivement 200 km (Miyahara & Kawai, 1979), 65 km (Steiner et al., 1962), 90 km (MacFarlane et al., 1987) et 40 km (Qureshi et al., 1975). Lorsque les hôtes sont nombreux dans une zone, les mouches matures ont tendance à limiter leurs mouvements aux vols de recherche de nourriture, d'eau et de sites de ponte ; les mouvements globaux sont non dispersifs (Bateman, 1972). Chez certaines espèces, les mâles matures et les femelles vierges matures présentent des pics d'activité locomotrice et d'autres comportements sexuellement associés, notamment la stridulation des mâles, la libération et la réponse aux phéromones sexuelles au crépuscule (Fletcher & Giannakakis, 1973 ; Tychsen & Fletcher, 1971).

I.2.6. Distribution des mouches des fruits dans le monde, en Afrique et au Burundi

Les Tephritidae constituent l'une des plus grandes familles de diptères avec une grande diversité et une large répartition mondiale. Elles comprennent 250 espèces d'importance économique classées en six genres principaux à savoir *Anastrepha, Bactrocera, Ceratitis, Dacus, Rhagoletis et Zeugodacus* (Li et al., 2013a, b). Seuls les genres *Bactrocera, Ceratitis, Dacus* et *Zeugodacus*

se retrouvent sur le continent africain. Cinq espèces sont partagées entre l'Afrique et les régions Asie-Pacifique : *B. oleae*, *B. dorsalis*, *B. latifrons*, *D. ciliatus* et *Z. cucurbitae*. Certaines espèces sont devenues envahissantes en dehors de leur aire de répartition d'origine. C'est le cas de *B. dorsalis*, *B. latifrons* et *Z. cucurbitae* d'Asie introduites en Afrique même au Burundi et dans diverses îles du Pacifique, *B. zonata* introduite d'Asie vers les îles de l'océan Indien et le Moyen-Orient y compris l'Égypte et *B. carambolae* d'origine asiatique qui a envahi les Guyanes et le nord du Brésil en Amérique du Sud. Deux espèces envahissantes sont originaires d'Afrique : *B. oleae* introduite dans la région méditerranéenne, en Asie occidentale, en Californie et dans le nord-ouest du Mexique et en Amérique du nord, et *D. ciliatus* introduite au Moyen-Orient et le sous-continent indien (Vargas et al. 2015).

Au Burundi, la liste complète des mouches des fruits n'a pas encore été établie mais on en compterait environ 34 espèces sur le territoire national (Ndayizeye et al., 2017 ; Ndayizeye et al., 2019).

I.3. Méthodes de lutte

Les zones infestées par les mouches des fruits doivent être gérées afin d'éviter que la population augmente au point de provoquer des pertes totales de récolte (Rössler et al., 2000).

Diverses méthodes de contrôle existent pour maîtriser et surveiller les populations de mouches des fruits :

- **Lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) :** Elle est recommandée comme alternative efficace et durable à l'utilisation conventionnelle de pesticides synthétiques (Norton et al., 1999, Midingoyi et al., 2019). L'approche de la lutte intégrée contre les ravageurs implique la gestion des ravageurs en utilisant une combinaison de stratégies de lutte biologique, culturale et physique. L'approche s'appuie sur une gamme d'outils de gestion visant à utiliser les techniques les moins perturbatrices sur le plan écologique pour gérer les ravageurs de manière à maintenir leurs dégâts à des niveaux économiquement acceptables (Muriithi et al., 2020) permettant aux cultures environnantes de survivre (Githiomi et al., 2019). Ces outils comprennent les pièges appâtés, le contrôle des plantes hôtes (élimination ou dépouillement des fruits), l'assainissement, le contrôle biologique classique par des libérations accrues de parasitoïdes et la technique de l'insecte stérile (Blomefield et al., 2015). Ces pratiques ont été testées et se sont révélées efficaces dans la gestion de l'espèce de mouche des fruits la plus destructrice, *B. dorsalis* (Hendel), dans les conditions tropicales d'Afrique (Ekesi et al., 2016).

- **Parasitoïdes :** Cette composante de la lutte intégrée contre des mouches des fruits implique une lutte biologique classique en utilisant deux espèces exotiques d'hyménoptères Braconidae : *Fopius arisanus* (Sonan) et *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Ekesi et al., 2016, Liang et al., 2018). Les parasitoïdes une fois libérés s'établissent dans l'environnement et attaquent les mouches des fruits en pondant leurs œufs dans les œufs ou les larves du ravageur, provoquant la mort de l'hôte.
- **Hygiène du verger utilisant l'augmentorium** : L'augmentorium est une structure en forme de tente où les fruits infestés sont placés après leur collecte dans un(e) verger/plantation. Il est fait d'un matériau de filet durable avec une taille de maille qui séquestre les mouches adultes qui émergent des fruits infestés tout en permettant aux guêpes parasitoïdes de s'échapper vers l'environnement. Il remplit le double rôle d'assainissement du verger et de conservation des parasitoïdes (Klungness et al., 2005).
- **Biopesticide** : Le composant biopesticide à base du champignon *Metarhizium anisopliae* cible les larves de mouches des fruits en phase de nymphose et les stades nymphaux. Il est appliqué par arrosage du sol à raison d'environ 200 ml pour 250 arbres, et mélangé à raison de 15 ml pour 20 litres d'eau et pulvérisé sous la canopée (Ekesi et al., 2005).
- **Male Annihilation Technique** (MAT) : cette technique implique le déploiement de stations de piégeage à haute densité composées d'un attractif sexuel (paraphéromones) combiné à un poison (malathion, diclorvos) pour attirer et tuer les mouches des fruits mâles et elles sont remplacées toutes les quatre semaines. Des blocs d'attractifs sont installés dans des pièges Lynnfield, Tephri trap avec une recommandation d'environ un piège pour 20 arbres (Ekesi & Billah, 2007).
- **Appât alimentaire** (Food Bait) : L'appât alimentaire consiste en un appât combiné à un insecticide (spinosad) et dilué avec de l'eau à une concentration de 7 %, qui est appliqué en pulvérisation localisée à raison de 50 ml de solution sur 1 m^2 de canopée de manguier (soit 3,5 ml par arbre). L'application démarre lorsque les mangues sont au stade juvénile et se poursuit jusqu'à la fin de la récolte. Les mouches des fruits adultes mâles et femelles sont attirées par la zone pulvérisée d'appâts sur la canopée du manguier (Bota et al., 2018, FAO/IAEA, 2018). Les mouches des fruits ingèrent l'appât et le toxique, les tuant avant d'infester les fruits (Ekesi, 2015).

Les appâts alimentaires sont fabriqués sur imitation des protéines recherchées par les mouches des fruits et qui rentrent dans leur alimentation (Ekesi et Billah, 2007 ; Ekman, 2015). Ces appâts sont recommandés pour des études de la dynamique des populations pour un milieu

donné. En effet, ils ont la particularité d'attirer uniquement les mouches des fruits se trouvant dans le milieu où ils sont installés et cela est dû à leur faible pouvoir d'attraction variant de 0 à 30 m. Les appâts alimentaires peuvent être utilisés sous forme de pulvérisation localisée ou dans les stations d'appâtage. Les mouches des fruits peuvent détecter les appâts alimentaires sur de courtes distances, jusqu'à 10 m (Agrinatura, 2019).

CHAPITRE II. ZONE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

II.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans deux vergers (ou sites) de l'ISABU situés dans la zone Rohero, commune Mukaza en Mairie de Bujumbura.

Le « Site 1 » (03,39171°S ; 029,36274°E) est bordé au nord par le Lycée Municipal de Rohero, au sud par la rue menant vers le Grand Séminaire de Bujumbura, à l'ouest par le Boulevard du Japon et à l'est par des champs s'étendant jusqu'au Grand Séminaire de Bujumbura. Sa superficie est de 0,35 ha.

Le « Site 2 » (03,39190°S ; 029,36233°E) est situé en bas de la Cathédrale Régina Mundi entre le building du Ministère des Finances et le service légumier et fruitier de l'ISABU. Il a une superficie de 0,41 ha.

Quatre variétés de manguiers étaient observées dans les deux vergers : Kent, Valencia, Boribo et Sindano (Figures de l'annexe II, A, B, C et D). N'étant représentées que dans le Site 2 seulement avec un pied d'arbre chacune, les variétés Tommy, Aktins et Mauve n'ont pas été tenues en compte au cours de cette étude. La variété Kent était la plus représentée avec respectivement 6 et 8 pieds dans le site 1 et le site 2.

Le choix du milieu d'étude a été guidé par la composition variétale, l'accès aux vergers et aux fruits à incuber, l'état phénologique des mangues et la non utilisation des pesticides (Fig. 4). La végétation de ce milieu est composée par les arbres fruitiers notamment *Citrus sinensis* L., *Psidium guajava* L., *Theobroma cacao*, *Carica papaya* L, *Citrus limon*, *Citrus muricata*, etc. Egalement, des arbres servant d'ombrage et de brise-vent se retrouvent dans la zone d'étude, notamment *Terminalia catappa* L, *Markhamia lutea*, etc.

En ce qui concerne le climat, le milieu d'étude est situé dans la plaine de l'Imbo qui jouit d'un climat tropical de type Aw4S dans la classification de Koppen. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 23,2^{o} C pendant quatre mois (juin, juillet, août et septembre). Les précipitations mensuelles restent inférieures à 50 mm (Reekmans, 1980). L'altitude y est comprise entre 774 et 1200 m (De Cliff et Harerimana, 2013).

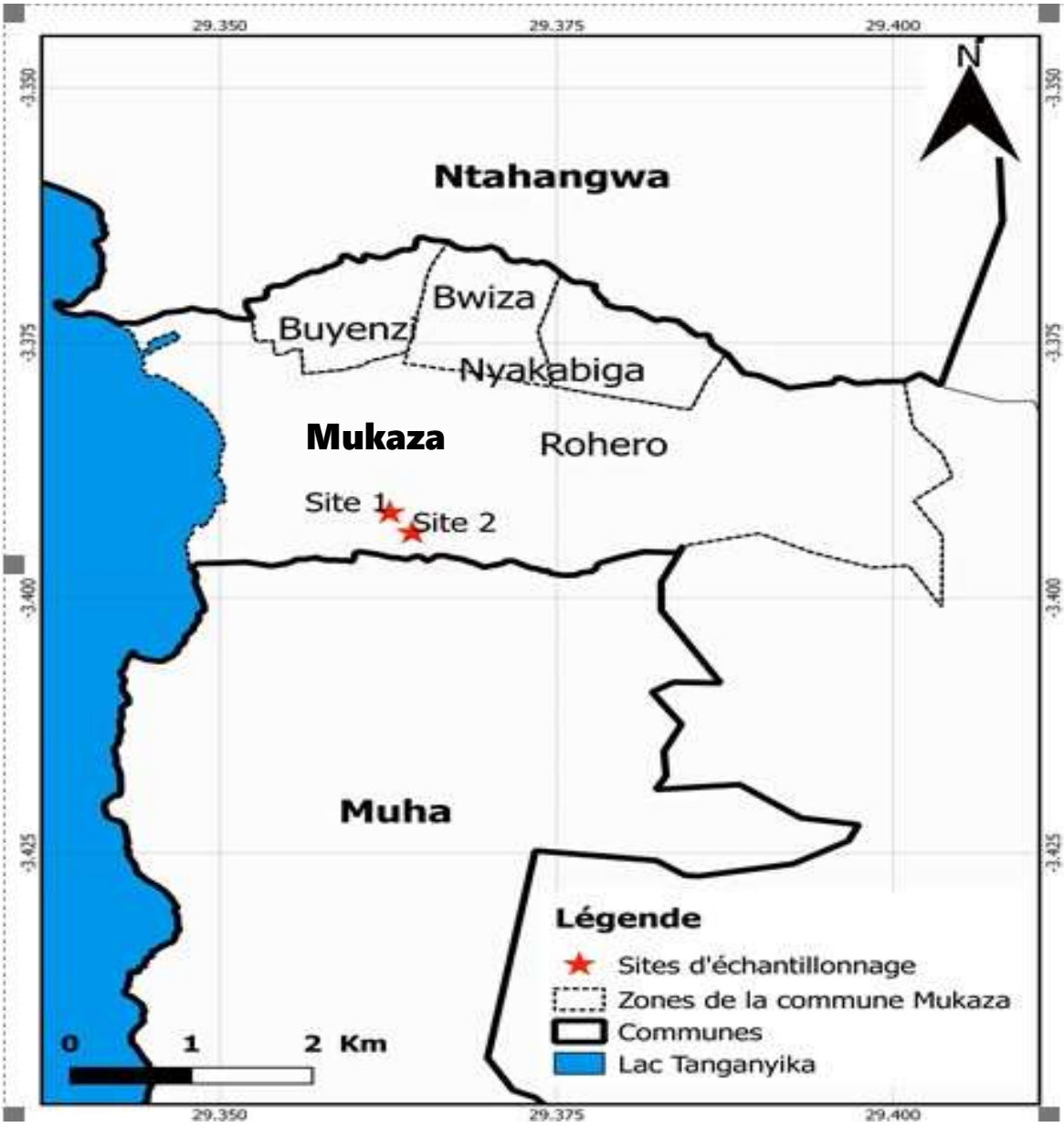


Figure 4: Localisation des sites d'échantillonnage

II.2. Collecte de données

La collecte de données a combiné deux méthodes : le piégeage avec appâts alimentaires et l'incubation des fruits.

II.2.1. Piégeage par appâts alimentaires

Les pièges Tephri Trap ont été utilisés avec des appâts de type levure Torula (Torula Yeast, *Candida utilis*, une espèce de levure souvent cultivée sur les sucres du bois laissés après la production de papier).

Ce sont des dispositifs en plastique constitués de deux parties essentielles à savoir un couvercle et un récipient opaque de couleur jaune. Ils sont dotés de petites extensions perforées sur la partie en blanc dans lesquelles passent les ficelles servant à leur suspension.

Ces pièges ont été choisis comme représentatifs des différents types d'appâts attrayants pour les mouches des fruits utilisés par les producteurs (Ekesi et Tanga, 2016 ; Mangan et al., 2006 ; Ekesi et al., 2016 ; Piñero et al., 2017). Les pièges McPhail Trap sont recommandés pour les attractifs d'appâts alimentaires liquides (FAO/IAEA, 2018, McPhail, 1939) (Fig. 5).

Un total de 16 pièges a été installé dans le milieu d'étude à raison de 8 pièges par site c'est-à-dire 2 pièges sur deux pieds d'arbre de chacune des variétés Kent, Boribo, Valencia et Sindano. Les pièges étaient suspendus à 1.30 m du sol à l'aide d'une ficelle (FAO/IAEA, 2018) et les coordonnées de chaque piège prises à l'aide d'un GPS MAP 63 CSX (6C7000803).

Selon FAO/IAEA (2018), la densité de piégeage dépend du type ce dernier et des objectifs de l'étude. Elle est grande (2 à 20 pièges/km^2) quand il vise la suppression d'une espèce déjà installée ; elle est petite quand il vise la détection ou l'étude d'une population (0.2 à 0.5 pièges/km^2). Ce dispositif a été utilisé par Bota et al. (2018, 2020), avec de légères modifications, dans leurs études au Mozambique où 52 pièges ont été placés dans une plantation de 10 ha (5,2 pièges/ha).

Au cours de notre étude, la densité a été de 8 pièges sur une superficie de moins d'un hectare.



A **B** **C**

Figure 5: Illustration d'un dispositif Tephri Trap. A : Levure Torula, B : Préparation de la solution, C : Piège Tephri trap suspendu sur un manguier (Photos Ndayizeye, 2023)

La solution de l'appât alimentaire dans chaque piège a été filtré et les individus de mouches des fruits capturés mis dans un flacon propre contenant de l'alcool à 70%. Après chaque collecte,

les pièges ont été lavés avec de l'eau propre et du savon indolore pour enlever tous les dépôts solides pouvant contaminer la solution de la levure (Bota et al., 2018). La collecte des mouches des fruits a été réalisée chaque semaine de novembre 2022 à janvier 2023, cette période correspondant à la fructification (fructification et grossissement des fruits), la maturation (mûrissement), la récolte et la période post-récolte chez le manguier.

II.2.2. Collecte des mouches de fruits via l'incubation des fruits

L'incubation est une méthode qui permet de faire émerger les mouches des fruits à partir des fruits susceptibles d'être infestés par des femelles. Ces derniers présentent des points de piqûre entourés par un halo jaune et de la sève séchée. La partie autour des points de piqûre est molle (Christenson & Foote, 1960 ; Ekesi et Billah, 2007).

Un total de 80 fruits a été collecté dans les deux vergers d'étude à raison de 20 fruits pour chacune des variétés étudiées (Annexe II). A peine récoltés, les fruits ont directement été acheminés au laboratoire d'entomologie de l'ISABU pour être lavés, pesés et placés dans des récipients en plastique contenant du sable fin et stérile suivant les directives d'Ekesi & Billah (2007). Puis, les récipients ont été fermés par un couvercle avec une étiquette mentionnant le nom de la variété, la date de récolte, le site ainsi que le poids des fruits. Une surveillance régulière a été effectuée lors du processus d'incubation. Les individus émergés ont été collectés à l'aide d'un aspirateur à bouche puis placés dans des flacons contenant de l'alcool à 70%.

II.2.3. Identification des échantillons

Les échantillons des mouches des fruits récoltés ont été identifiés à l'aide d'un stéréo microscope LEICA EZ4HD et des clés d'Ekesi et Billah (2007), Piper et al. (2019) et Virgilio et al. (2014).

II.2.4. Analyse des données

Les données ont été enregistrées dans un fichier Excel et les analyses ci-après ont été faites :

a) Niveau d'infestation : Le taux d'infestation des mangues a été obtenu à l'aide de la formule de De Souza et al. (2016) et Mwatawala et al. (2015) tel que

TI = Nombre de mouches émergées / poids des fruits incubés.

L'étude n'ayant pas pris en compte les pupes en raison du manque de dispositifs adaptés pour les maintenir dans des conditions de développement normal, le TI a été obtenu en utilisant le rapport entre le nombre de mouches qui ont émergé et le poids des fruits incubés pour chaque site.

b) Incidence des mouches des fruits : L'incidence des mouches des fruits ou niveau de destruction des fruits a été déterminée par variété/cultivar, comme le rapport des fruits positifs (fruits endommagés) par rapport au nombre total de fruits échantillonnés (Mwatawala et al., 2009).

Différents tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel R version 4.3.1 (R Core Team, 2021) notamment l'ANOVA, le test de Student, le test de Tukey, le test de Friedman et le test de Conover. Le test d'ANOVA et le test de Friedman ont été utilisés pour comparer l'abondance des mouches des fruits par rapport aux différents stades de développement du manguier, aux différentes variétés et aux niveaux d'infestation. Pour spécifier la phase phénologique ayant beaucoup d'individus, le test de Tukey et de Conover ont été utilisés. Le test de Student a été utilisé pour confirmer la significativité des résultats. Le degré de significativité était de 5%.

CHAPITRE III. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

III.1. Diversité spécifique et abondance des mouches des fruits dans les sites d'étude

Quatre mille trois cent vingt-deux (4322) spécimens de mouches de fruits appartenant à quatre genres, réparties en sept espèces, ont été collectées dans les deux sites d'étude dont 3361 par appâts alimentaires et 961 par incubation des fruits. Les appâts alimentaires ont permis de collecter toutes les espèces qu'on a identifiées. Ces espèces sont notamment *Bactrocera dorsalis, B. latifrons, B. bigutulla, Ceratitis cosyra, Dacus punctantifrons, D. bivittatus, Zeugodacus cucurbitae* (Annexe III). Seule l'espèce *B. dorsalis* a été capturée via l'incubation des fruits.

L'espèce *B. dorsalis* dominait dans les deux sites avec 2217 et 957 individus, respectivement dans le site 1 et le 2. Elle était suivie par les espèces *C. cosyra, D. bivittatus, D. punctatifrons* et *Z. cucurbitae* avec de faibles effectifs (Fig. 6) (Tableau de l'annexe IV, A).

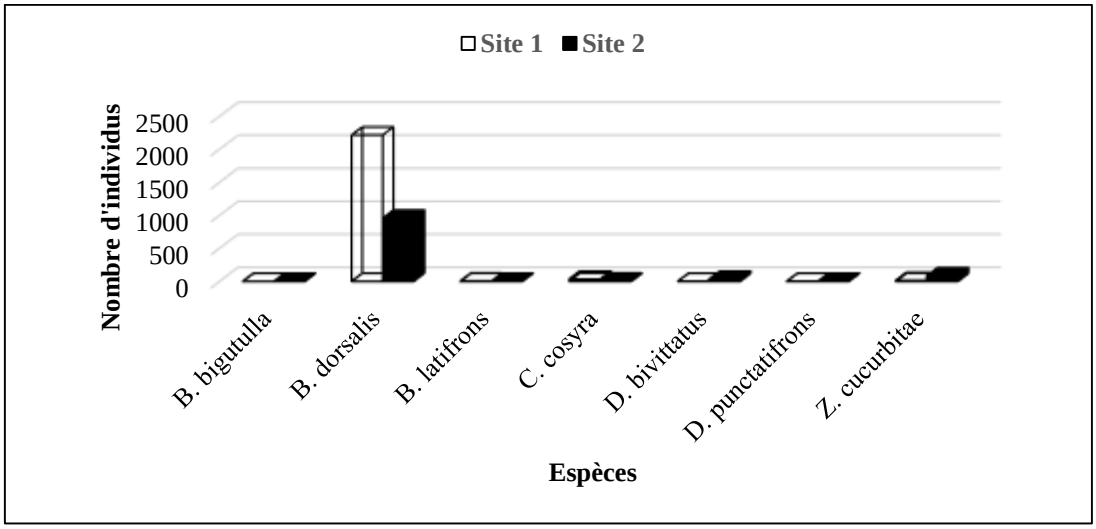


Figure 6: Abondance des espèces des mouches des fruits dans les deux sites d'étude

Au niveau des variétés de manguiers, c'est Valencia qui a enregistré beaucoup de mouches de fruits suivie successivement de Kent, Boribo et Sindano (Fig. 7).

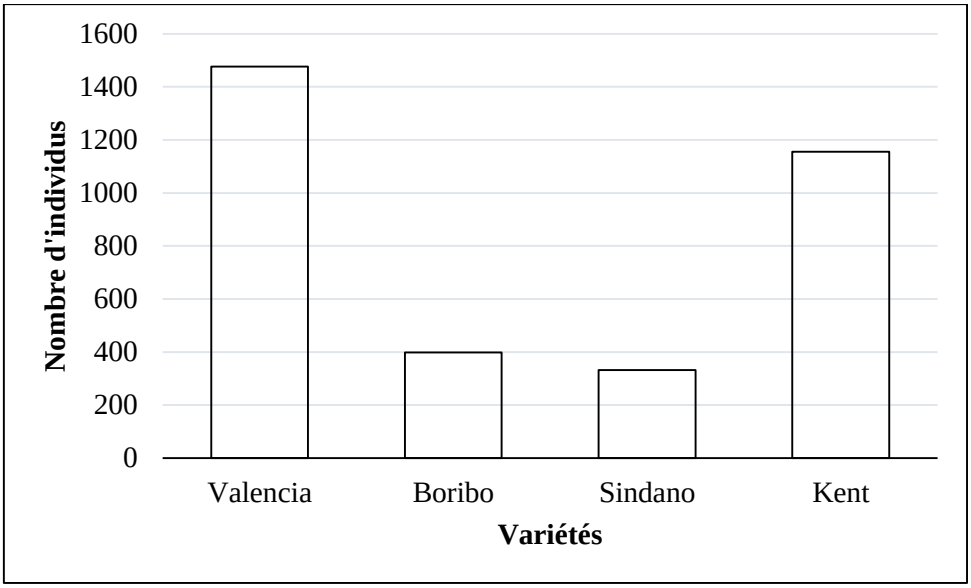


Figure 7: Abondance des mouches des fruits par variété dans les deux sites d'étude

Au site 1, l'espèce *B. dorsalis* est la seule espèce qui domine sur toutes les quatre variétés avec un effectif élevé sur la variété Valencia (1191 individus) suivi par Kent avec 561 individus. Boribo et Sindano compte respectivement 273 et 191 individus. Pour *C. cosyra*, Valencia compte 25 individus, Kent et Boribo 3 individus respectivement et enfin Sindano 2 individus (Fig. 8) (Tableau de l'annexe IV, B).

Au site 2, c'est la même espèce *B. dorsalis* qui domine sur toutes les quatre variétés mais cette fois-ci avec un effectif élevé sur la variété Kent qui comptait 550 individus suivi par Valencia avec 204 individus pour *B. dorsalis*. Boribo et Sindano comptaient respectivement 105 et 98 individus. Toutes les autres espèces étaient faiblement représentées (Fig. 9) (Tableau de l'annexe IV, C).

Il y a des différences significatives dans l'abondance des espèces de mouches des fruits entre les quatres variétés ($P<0,05$). En guise d'exemple, pour la variété Valencia, l'ANOVA montre qu'il y a une différence significative entre les espèces de mouches quant à leur abondance ($P<0,05$). Cela est confirmé par le test post hoc de Tukey qui montre qu'il y a une différence significative entre les effectifs de *B. dorsalis* et ceux des espèces *C. cosyra*, *D. bivittatus*, *D. punctatifrons* et *Z. cucurbitae* ($P<0,05$) (Annexe VI, A).

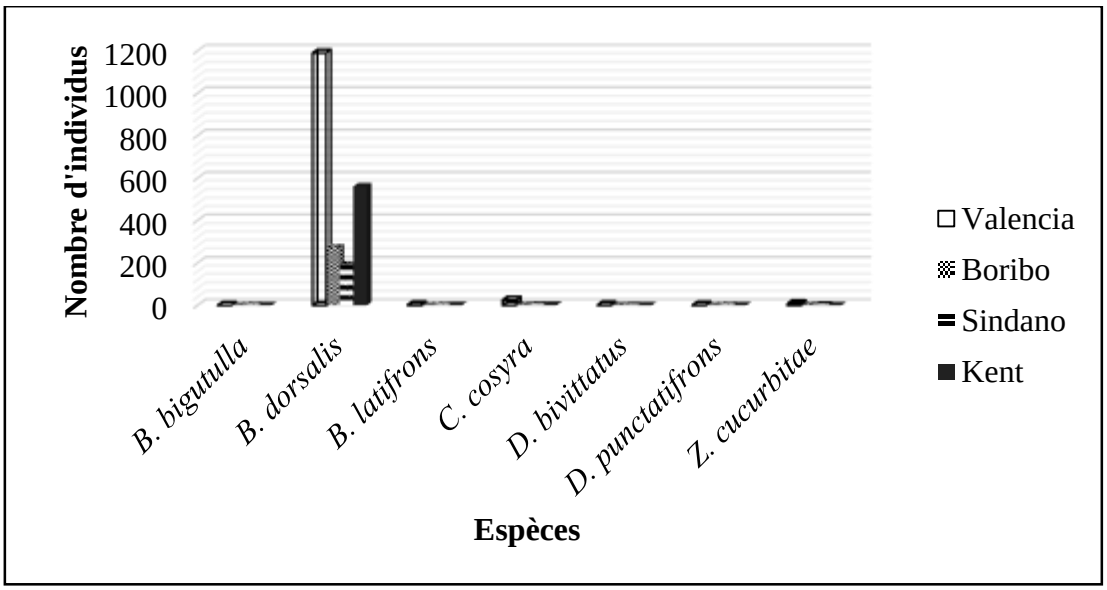


Figure 8: Abondance des espèces de mouches des fruits selon les variétés dans le site 1

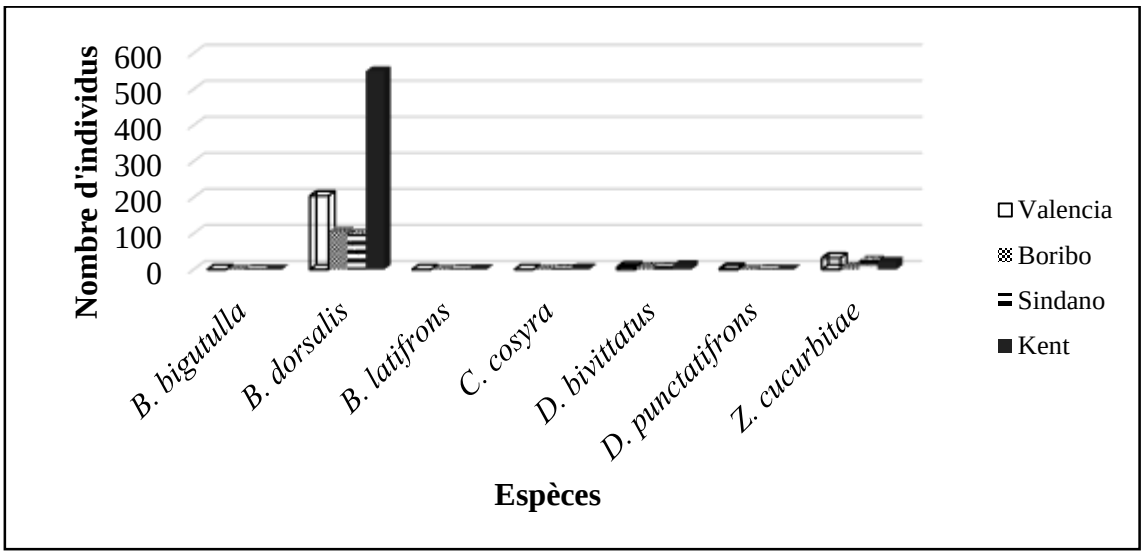


Figure 9: Abondance des espèces de mouches des fruits selon les variétés dans le site 2

III.2. Influence de la phénologie des manguiers sur l'abondance des mouches des fruits

De façon générale, sur les 3361 individus capturés dans les deux vergers, la phase fructification vient en première position avec 2188 individus, suivie par la phase mûrissement avec 803 individus et enfin la phase post récolte avec 370 individus (Fig. 10).

Il a été observé des différences significatives entre les trois phases phénologiques (test de Friedman avec $P<0,05$ confirmé par le test de post hoc de Conover où $P<0,05$).

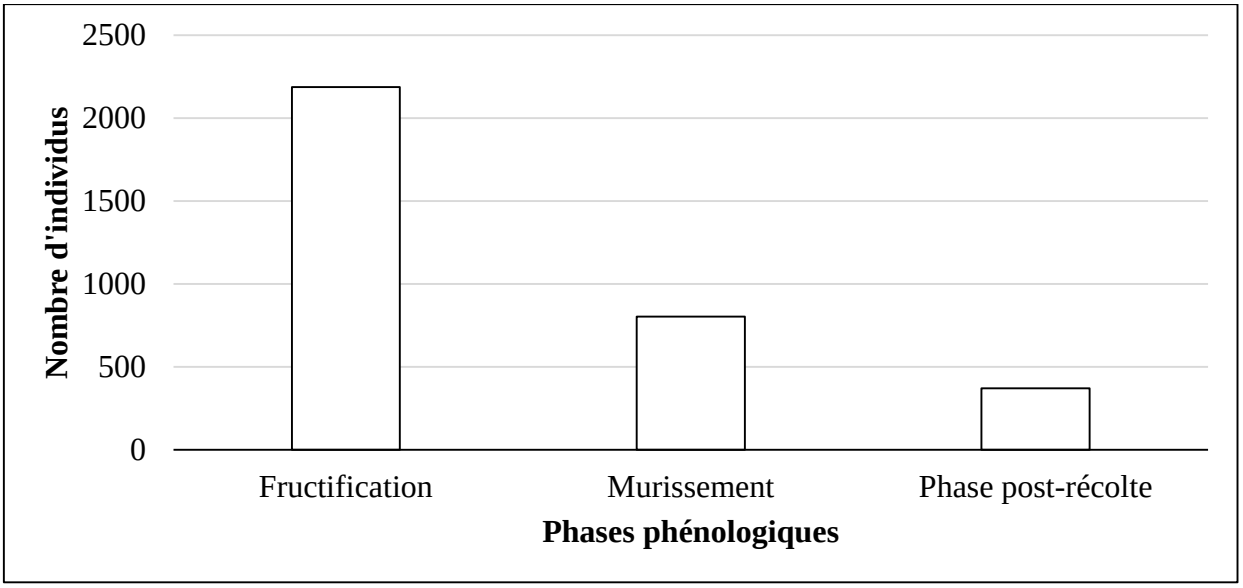


Figure 10: Influence des phases phénologiques du manguier sur les captures dans le milieu d'étude

Lorsqu'on compare les deux sites d'étude, on constate qu'il y a une abondance de mouches de fruits lors de la phase de fructification par rapport aux deux autres phases car le test de Friedman ($P<0,05$) et le test de post hoc de Conover ($P<0,05$) en considérant le nombre de mouches des fruits à chacune de ces deux phases.

Au niveau du site 1, c'est la phase fructification qui compte beaucoup de captures (1322 individus) suivie par la phase de mûrissement (647 individus) et enfin la phase post récolte (306 individus) (Fig. 11). Le test de Friedman a montré qu'il existe une différence statistiquement significative du nombre de mouches entre les phases phénologiques ($P<0,05$). En plus, le test de post hoc de Conover (P-value$<0,048$) confirme qu'il y a des différences statistiquement significatives entre la phase de fructification et la phase de post récolte.

De même, au niveau du site 2, la phase fructification comptait beaucoup d'individus (866) par rapport aux phases mûrissement (156 individus) et post récolte (64 individus) (Fig. 11). Par le test de Friedman, il a été observé une différence significative entre les phases phénologiques ($P<0,05$). Des différences significatives ont été enregistrées entre la phase de fructification et la phase de post récolte. La P-value qui relie ces deux phases était inférieure à 5% ($P<0,05$) selon le test de post hoc de Conover (Annexe VI, B).

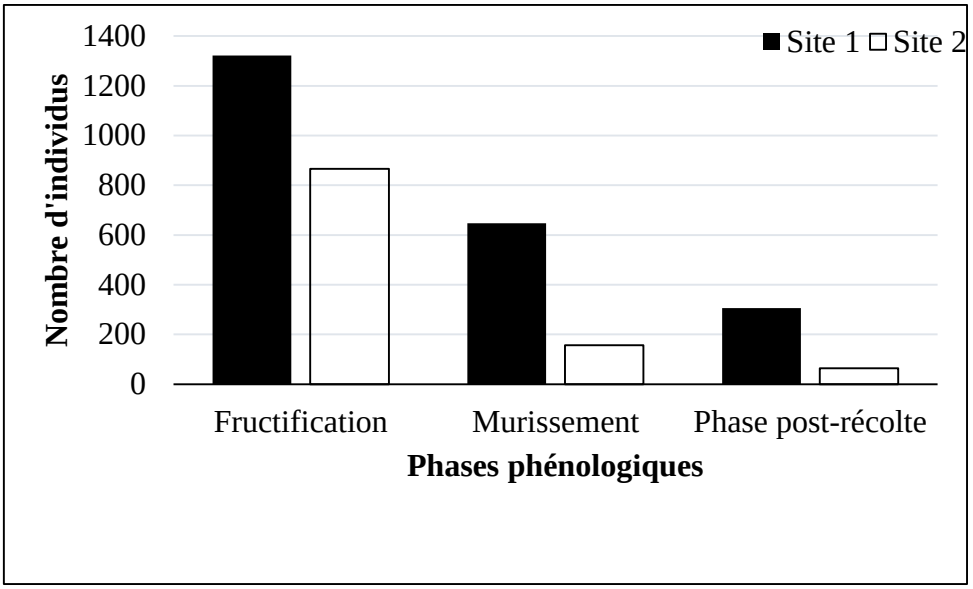


Figure 11: Influence des phases phénologiques sur les captures dans le milieu d'étude

III.3. Niveau d'infestation des différentes variétés des mangues dans la zone d'étude

III.3.1. Analyse du niveau d'infestation des mangues

Sur 80 fruits incubés, 961 mouches ont émergé, tous appartenant à l'espèce *B. dorsalis*. Les fruits tombés d'eux-mêmes ont fourni beaucoup d'individus contrairement à ceux récoltés avec respectivement 654 individus (soit 68.05%) et 307 individus (soit 31,95%).

Au niveau variétal, Boribo a connu plus de mouches émergées avec 433 individus (soit 45,05%) avec 42,28 mouches des fruits/kg suivie par Valencia avec 260 individus (soit 27,05%) avec 35,31 mouches des fruits/kg (Fig. 12). Les variétés Sindano et Kent ont un niveau d'infestation de 22,58 mouches de fruits/kg et 11,22 mouches des fruits/kg. (Tableau de l'annexe IV, D). Lorsqu'on considère tous les fruits pour chaque variété, le niveau d'infestation variait de 2,10 à 304,15 mouches des fruits/kg pour Boribo, 4,48 à 136,15 mouches des fruits/kg pour Sindano, 3,14 à 661,65 mouches des fruits/kg pour Valencia et enfin 1,30 à 97,51 mouches des fruits/kg pour Kent (Tableau de l'annexe IV, E)

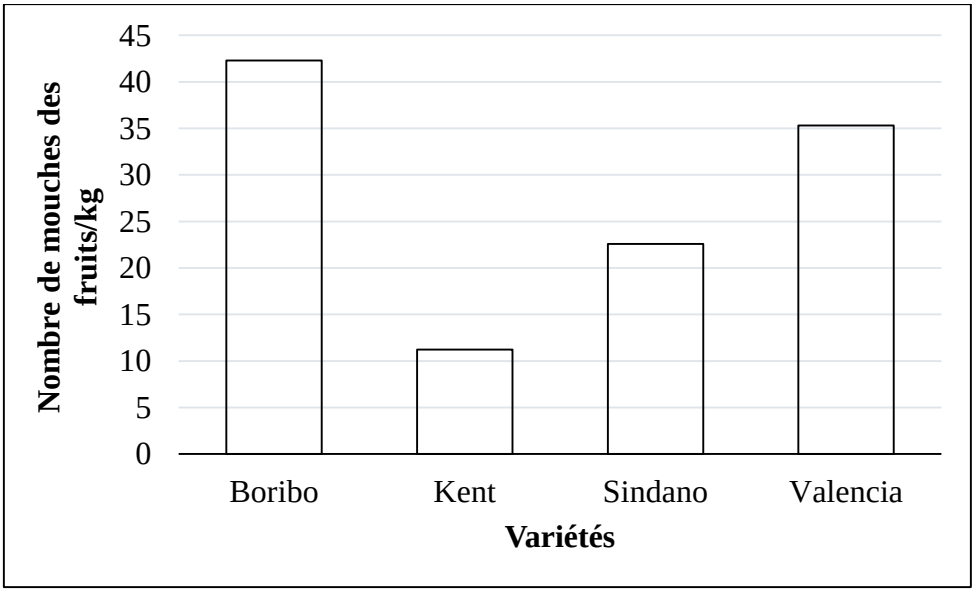


Figure 12: Niveau d'infestation des quatre variétés par des mouches des fruits

Quand on fait une analyse du niveau d'infestation suivant le type de fruits incubés, on constate que de façon globale les fruits tombés ont un niveau d'infestation de 38,17 mouches des fruits/kg par rapport aux fruits récoltés (16,69 mouches des fruits/kg).

Lorsqu'on considère les fruits récoltés à part, la variété Boribo affiche un niveau d'infestation élevé de 28,31 mouches des fruits/kg, suivi par Valencia avec un niveau d'infestation de 19,50 mouches des fruits/kg. Au niveau des fruits tombés, ce sont les mêmes variétés Valencia et Boribo qui affichent des niveaux d'infestation élevés respectivement de 58,92 mouches des fruits/kg et 57,26 mouches des fruits/kg (Tableau de l'annexe IV, F). La variété Kent a des niveaux d'infestations faibles tant pour les fruits tombés (15,11 mouches des fruits/kg) que pour les fruits récoltés (7 mouches des fruits/kg) (Fig. 13). Bien qu'il s'observe des différences en termes d'effectifs, l'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les niveaux d'infestation des différentes variétés d'une part et entre les fruits tombés et les fruits récoltés d'autre part (P-Value>0,05) (Annexe VI, C).

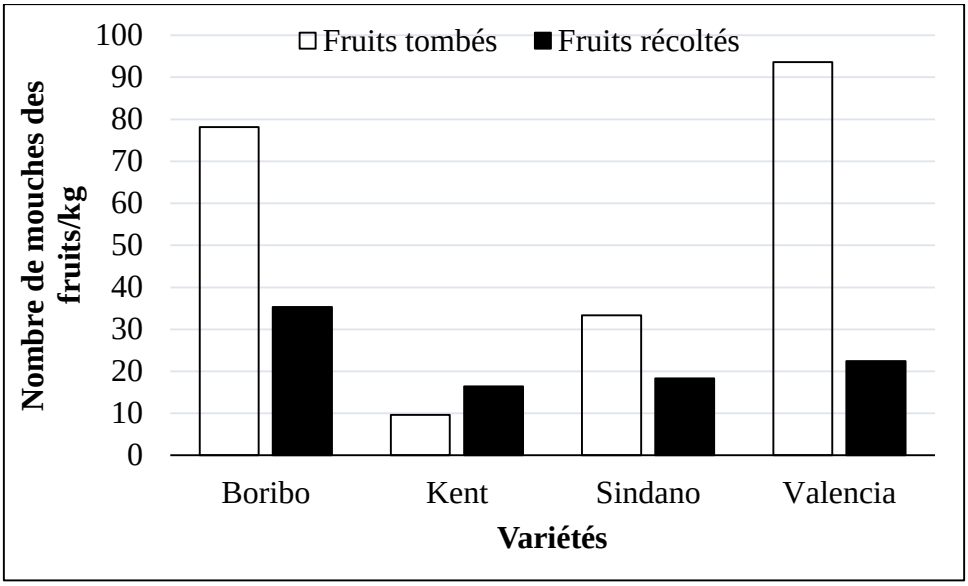


Figure 13: Niveau d'infestation selon le type de fruits

III.3.2. Analyse du niveau de destruction des mangues

De façon générale, le niveau de destruction des mangues s'élève à 87,5% c'est-à-dire que sur 100 fruits 87,5 ne sont propres ni à la consommation ni à la commercialisation. Les variétés Boribo, Kent et Valencia sont détruites à hauteur de 95%. La variété Sindano affiche un niveau d'infestation faible de 65%.

CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS

IV.1. Diversité spécifique des mouches des fruits dans les sites d'étude

Au cours de cette étude, sept espèces de mouches des fruits dont des ravageuses de la mangue, *Bactrocera dorsalis* et *Ceratitis cosyra*, ont été recensées dans la zone d'étude. Dans une étude réalisée dans des vergers de manguiers au Bénin, 25 espèces de mouches des fruits ont été trouvées et parmi ces espèces, il y avait *B. dorsalis*, *C. cosyra*, *Dacus bivittatus*, *D. punctatifrons* et *Zeugodacus cucurbitae* observées dans cette recherche. Dans cette étude, on signale une abondance particulière de *B. dorsalis* suivi par *C. cosyra* (Vayssières et al., 2015). Des résultats similaires ont également été notés au Mozambique par Bota et al. (2018, 2020). Bien que *B. bigutulla, B. latifrons, Dacus punctantifrons, D. bivittatus et Zeugodacus cucurbitae* aient été capturées, elles ne sont pas des ravageuses de la mangue. En effet, *B. latifrons, D. bivittatus* s'attaquent aux plantes de la famille des cucurbitaceae, des solanaceae pour *D. punctatifrons, B. latifrons* (Liquido et al., 1994 ; Mziray et al., 2010) et des oleaceae pour *B. bigutulla* (Mkize et al. 2008). La présence des espèces de mouches des fruits non ravageuses de la mangue dans les pièges serait accidentelle étant donné que les appâts alimentaires utilisés contiennent des protéines. Les mouches des fruits se déplacent constamment à la recherche des protéines, surtout les femelles, pour leur maturation sexuelle et le développement des ovaires (Christenson et Foote, 1960 ; Manrakhan & Lux, 2006). D'autre part, elles auraient été attirées par leurs plantes hôtes sauvages ou cultivées dans les vergers ou leurs environs notamment les solanacées (Fletcher, 1987).

Selon Bota et al. (2020), l'abondance et la dominance de *B. dorsalis* sur *C. cosyra* dans les vergers de manguiers ont déjà été documentée notamment au Kenya où *B. dorsalis* déplacerait *C. cosyra* (Ekesi et al. 2009 ; Rwomushana et al. 2009). Selon ces auteurs, deux mécanismes favorisent ce phénomène, à savoir la compétition dans l'exploitation des ressources alimentaires par les larves et les comportements agressifs. En effet, les mâles et les femelles de *B. dorsalis* réagissaient agressivement à la présence de *C. cosyra* en s'élançant sur l'adversaire, interrompant le processus d'atterrissage sur une source de nourriture protéique ou d'oviposition sur une mangue expérimentale, et le niveau d'agression de leurs femelles était encore plus prononcé que celui des mâles. D'une manière générale, *B. dorsalis* est un concurrent supérieur à *C. cosyra* (Moquet et al., 2021). Duyck et al. (2006) semble confirmer que toutes les espèces du genre *Bactrocera* ont tendance à être compétitivement supérieures aux espèces de *Ceratitis*.

En effet, ces espèces réduisent la survie des larves, la masse des nymphes ainsi que le potentiel d'augmentation de la population de l'espèce moins compétitive.

Fletcher et Prokopy (1991) ont stipulé que chez *B. dorsalis* l'agression des femelles, en particulier pour la défense des sites d'oviposition, est fréquemment intense même entre congénères en raison de l'absence de phéromones de marquage du fruit hôte. Shelly (1999) montre que les femelles de *B. dorsalis* défendent les sites d'oviposition sur le manguier contre les femelles conspécifiques en s'élançant sur les adversaires et en les chassant. En outre, il a été observé que les mâles de *B. dorsalis* étaient également très agressifs envers les deux sexes de *C. cosyra*. Chez les espèces du genre *Bactrocera*, on a signalé que les mâles réagissaient de manière agressive pour défendre des sites contenant des ressources vitales pour leurs femelles, augmentant ainsi leurs possibilités d'accouplement (Fletcher 1987). Ces résultats sont en accord avec les conclusions de Duyck et al. (2006) et Keiser et al. (1974) qui ont déclaré que les espèces du genre *Bactrocera* ont tendance à être compétitivement supérieures aux espèces de *Ceratitis*.

En dehors des deux mécanismes mentionnés ci-dessus, il y aurait probablement plusieurs autres raisons pour lesquelles *B. dorsalis* a pu s'adapter si rapidement dans la région envahie et a pu supplanter *C. cosyra*. Il s'agit notamment du taux de croissance rapide, la territorialité, le potentiel reproductif plus élevé, l'arrivée précoce et l'absence d'ennemis naturels (Welma et al., 2017 ; Jaffar et al., 2023 ; Fiaboe et al., 2021).

La grande capacité de reproduction de *B. dorsalis* lui permet d'atteindre une taille de population énorme. En effet, une femelle *B. dorsalis* a un taux de fécondité de 1056,8 œufs contre 356 pour *C. cosyra* (Ekesi et al. 2006). Au fil du temps, l'avantage numérique de *B. dorsalis* peut réduire la probabilité que les individus de *C. cosyra* aient accès aux ressources disponibles. Deuxièmement, *B. dorsalis* est très mobile, et le fait d'arriver la première à une ressource et son pouvoir de dispersion lui confèreraient probablement une supériorité compétitive sur *C. cosyra*. Chez les mouches des fruits et d'autres espèces d'insectes, l'arrivée précoce peut résulter soit d'une émergence saisonnière précoce, soit d'une colonisation rapide (Denno et al. 1995 ; Vargas et al. 1995). Troisièmement, comme beaucoup d'organismes envahissants dans des environnements nouveaux, *B. dorsalis* est libéré des effets nocifs de ses ennemis naturels coévolués (Ekesi et al., 2009). Par exemple, il a été prouvé que les parasitoïdes spécifiques de l'hôte peuvent influencer les résultats de la compétition entre les espèces des mouches des fruits (Clarke et al. 2005).

Même si le déplacement de *C. cosyra* par *B. dorsalis* est une évidence, les facteurs abiotiques et biotiques jouent un rôle non négligeable dans ce processus. En effet, plus le temps est chaud dans une zone donnée, plus la capacité de *B. dorsalis* à maintenir sa population est élevée. Comme *C. cosyra* aime le temps chaud, l'augmentation de la population de *B. dorsalis* couplée à ses mécanismes de déplacement entraîne une diminution de la population de *C. cosyra* (Duyck et al., 2004 ; Motswagole et al., 2019 ; Mutamiswa et al., 2021). Dans les endroits plus frais, les populations de *B. dorsalis* sont très faibles contrairement à celles de *C. cosyra*. Selon (Vargas et al., 1983, Wong et al. 1985, Harris et al. 1986 ; Ekesi et al., 2006), on pense que *B. dorsalis* réside dans les plaines. Au Kenya, des études ont montré que *B. dorsalis* a déplacé *C. cosyra* à Nguruman, une zone de plaine située à une altitude de 700 m. Contrairement à Embu, situé à une altitude plus élevée, *C. cosyra* était dominant par rapport à *B. dorsalis*, ce qui était probablement dû à sa faible tolérance aux basses températures (Ekesi et al., 2006). Le même phénomène a été signalé à Hawaï (Vargas et al., 1995) et aux Comores (Hassani et al., 2016) où *B. dorsalis* a supplanté *Ceratitis capitata*.

En dehors des facteurs abiotiques, les plantes hôtes ont également une influence sur la dominance de *B. dorsalis* sur *C. cosyra*. En effet, *B. dorsalis* dispose d'une large gamme d'hôtes par rapport à *C. cosyra* avec environ 250 plantes hôtes (Wei et al. 2017). Au Kenya, *B. dorsalis* a été observée sur 14 espèces de plantes alors que *C. cosyra* n'a été noté que sur neuf (Rwomushana et al., 2008 ; Copeland et al., 2006). Enfin, la mangue émettrait des substances volatiles qui attirerait *B. dorsalis* (Cheseto et al., 2023).

IV.2. Influence de la phénologie du manguier sur les mouches des fruits dans les sites d'étude

Les résultats montrent une différence significative dans l'abondance des mouches des fruits entre les phases de fructification, mûrissement et post récolte pour la mangue. Ce constat rappelle celui de Vayssières et al. (2015) qui ont trouvé des différences significatives en termes d'individus capturés pour ces trois phases phénologiques au Benin. Dans cette étude, la phase de maturation comptait beaucoup d'individus suivie respectivement par la phase de fructification et le stade post récolte. Ces différences seraient dues au faite que la phase de fructification incarne la formation des fruits et leur développement, les fruits étant disponibles au niveau des vergers alors qu'en phase de mûrissement ils sont récoltés constamment et progressivement. Cela entraînerait une diminue constante des fruits et du coup une diminution des effectifs des mouches des fruits qui visitent les vergers.

Au Sénégal, une étude menée sur la mangue dans trois zones agroécologiques a montré que les mouches des fruits étaient abondantes pendant les phases de fructification et de mûrissement. La phase phases végétatif et de floraison comptaient peu d'individus (Dieng et al., 2019). Au Ghana, des résultats similaires ont été notés par Awarikabey et al. (2023) où les captures abondaient dans les phases de maturation et de développement respectivement mais faibles pour la phase post récolte. La faible abondance des mouches des fruits durant la phase post récolte serait due au faite que les fruits sont infestés avec une grande probabilité que les œufs ou les larves aient été détruites durant la récolte, le transport ou même pendant la consommation. En effet, les populations de ces mouches abondent dans les vergers lorsqu'il y a présence des fruits hôtes (Gnanvossou et al., 2017 ; Zida et al., 2020), leur abondance devra impérativement diminuer au stade post récolte ou stade végétatif.

Le degré de mûrissement joue un rôle important sur le niveau d'infestation des fruits. Au Kenya, il a été noté que les mangues étaient plus susceptibles et attractives aux mouches des fruits au stade de mûrissement (Materu et al., 2014). Au Mozambique, il a été constaté que c'est ce stade que les fluctuations des populations de *B. dorsalis* affichaient une abondance maximale, infligeant beaucoup d'attaques aux mangues mûres (Canhanga et al., 2020).

L'infestation augmente significativement avec le niveau de maturation des fruits. Dans une étude à la Réunion par Grechi et al. (2021), le pourcentage des fruits infestés était bas (4%), à l'état vert, vert-mature et les premières étapes du point jaune, puis a augmenté de 10-11% au deuxième et troisième stades du point jaune et a atteint 14-16% au stade de mûrissement et au stade de mûrissement avancé tendant vers la pourriture. Le stade de mûrissement est le plus favorable aux attaques des mouches des mouches des fruits (Vayssières et al., 2008). Le stade d'infestation des mangues à l'état vert (fruit de 4 à 10 semaines après fructification) a été également observé en Guinée. Néanmoins, la plupart des pontes des femelles mouches des mouches chez la mangue ont lieu aux stades de pré-maturation et de maturation, tant pour les mouches des fruits du genre *Ceratitis* que pour le genre *Bactrocera* (Vayssières et al., 2008). Le degré de maturation des mangues est intimement lié aux substances volatiles émises par les fruits. Plus la mangue est mûre plus les substances volatiles qui attirent les mouches des fruits sont abondantes (Theron et al., 2023). Vayssières et al., (2008) montrent que parmi les facteurs intrinsèques qui influencent l'infestation figurent (i) les complexes kairomonaux, (ii) la couleur du fruit qui dépend du stade de maturation, (iii) la période de maturation (variétés précoces, variétés saisonnières, variétés tardives).

A part ces facteurs ci-haut cités, l'épaisseur de l'épiderme de la mangue jouent influence également le niveau infestation. En effet, la douceur du fruit (Aluja et al., 2014 ; Rattanapun et al., 2009) ainsi que la présence de fissures ou blessures pourrait faciliter la perforation de l'épiderme de la mangue par les mouches et l'acceptation de l'hôte (Grechi et al., 2021). Même si la mangue est un hôte privilégié, la ténacité du péricarpe empêche la ponte par *B. dorsalis* (Hendel) quel que soit le niveau de maturité (Cornelius et al., 2000 ; Rattanapun et al., 2009).

IV.3. Niveau d'infestation des variétés des mangues dans la zone d'étude

Au cours de cette étude, seule *Bactrocera dorsalis* a émergé des quatres variétés de mangue étudiées. En Tanzanie, la mangue peut être attaquée par plusieurs espèces de mouches, notamment *C. cosyra*, *C. rosa*, *C. capitata* et *Z. cucurbitae* (Mwatawala et al. 2006, 2009) ; au Bénin par *C. quinaria, C. sylvestrii, C. bremii* et *C. fasciventris* (Vayssières et al., 2009) et par *Ceratitis anonae* en Ouganda (Mayamba et al., 2014). Ces études ont montré que *B. dorsalis* était dominante suivie par *C coysra* (Vayssières et al., 2009 ; Mwatawala et al., 2006).

Le niveau d'infestation global trouvé était de 27,05 mouches des fruits/kg pour toutes les variétés de mangue avec un niveau de destruction global de 87,5%. Cela pourrait être dû au faite qu'aucun programme de lutte contre les mouches des fruits n'est pratiqué dans les sites d'étude. En Malaisie, Salmah et al. (2017) ont trouvé un niveau de destruction de 91% proche de celui trouvé dans notre étude. Au Mozambique, José et al. (2013) ont trouvé un niveau de destruction de 56,5%. Au Sudan, Ali et al. (2014) ont observé un taux de destruction de 31%. Au Sénégal, les pertes variaient de 30 à 50% dans la zone du Niayes et de 60% en Casamance (Ndiaye et al., 2012). A l'île de la Réunion, Moquet et al. (2021) ont noté un niveau d'infestation de 38,4 mouches des fruits/kg et un niveau de destruction de 45,5%. Adebayo et al. (2014) et Lux et al. (2003) affirment que le niveau de destruction des mangues varie de 5 à 100% d'un pays à l'autre et d'une saison à une autre. Ces différences des niveaux d'infestation et de destruction peuvent être liés à l'existence des ennemis naturels, un programme de lutte intégré fonctionnel ainsi qu'aux variétés de mangues (Muriithi et al., 2016 ; Vayssières et al., 2009 ; Canhanga et al., 2020). Piñero et al. (2009) confirme que l'abondance des populations des mouches des fruits en l'occurrence *B. dorsalis* dépend directement de la variabilité des niveaux de gestion des vergers. L'hygiène des vergers contribue à maintenir le niveau d'infestation à des niveaux très bas tel qu'observé dans les vergers à caractère commercial en Afrique du Sud (Theron et al., 2017).

Bien que nos résultats aient montré qu'il n'y avait pas de différence significative dans l'infestation ou la destruction des fruits par les mouches entre les variétés d'étude, les recherches faites ailleurs ont abouti à des résultats contraires. Au Mozambique, Canhanga et al. (2020) ont noté que la variété Kent était la plus attaquée à 60.71%. Cela était dû au faite que la variété Kent a une maturation et un mûrissement tardifs par rapport aux autres variétés qui se trouvait dans le site d'étude. Ainsi, les fruits de Kent se retrouvaient seuls dans le site et étaient bien sûr la cible des attaques des mouches des fruits.

Selon Balagawi et al. (2005), l'épaisseur et la dureté du péricarpe du fruit sont des facteurs majeurs qui réduisent son attractivité aux mouches des fruits. Ainsi, les cultivars tardifs jaunes à peau fine (comme Alphonse et Brooks) sont plus attrayants que les cultivars précoces verts à peau plus épaisse (comme Gouverneur). Dans notre étude, les variétés Kent et Valencia (connues comme des variétés améliorées) avaient des fruits avec un épiderme mince alors que celles de Sindano et Boribo avaient des épidermes épais et durs, le plus dur étant celui de la variété Sindano.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

1. Conclusion

La présente étude a porté sur la dynamique des populations des mouches des fruits dans les vergers des manguiers de la commune Mukaza en mairie de Bujumbura. Elle s'inscrivait dans la logique d'augmenter la production des mangues de qualité, compétitives sur les marchés locaux, régionaux et internationaux.

Ce travail a permis de recenser sept espèces de mouches des fruits avec dominance de *B. dorsalis* qui serait due à la disponibilité de la mangue, son hôte préférée et l'absence d'un programme de lutte.

L'abondance des mouches des fruits a varié en fonction des phases phénologiques et d'une variété à une autre. Elles étaient nombreuses pendant la phase de fructification et diminuaient sensiblement au cours de la phase post récolte. Bien que toutes les variétés étudiées aient été attaquées par des mouches des fruits, Valencia et Kent en comptaient beaucoup par rapport à Boribo et Sindano.

Le niveau d'infestation élevé se retrouvait chez Boribo (42,28 mouches/kg) et le plus bas chez Kent (11.22 mouches/kg). Le niveau de destruction était très élevé chez les variétés Kent, Valencia et Boribo comparativement à la variété Sindano.

Les résultats de cette recherche serviront de guide aux services chargés de la gestion des ravageurs pour une mise en place d'un programme intégré de lutte contre les mouches des fruits. L'utilisation des appâts alimentaires, couplée avec l'hygiène des vergers et la destruction des fruits infestés pourraient contribuer à réduire significativement les populations des mouches des fruits. La tenue en compte des phases phénologiques pourrait également permettre une lutte contre les mouches des fruits en temps réel et de limiter des pertes des ressources nécessaires à cette tâche.

Les difficultés rencontrées au cours de ce travail ont été notamment l'insuffisance des fonds pour l'achat du matériel d'incubation des fruits et l'insuffisance des données chiffrées sur la filière mangue au Burundi.

2. Recommandations et perspectives

Sur base des résultats de cette recherche, il s'avère nécessaire de suggérer ;

- **Aux propriétaires des vergers de :**

- Pratiquer l'hygiène des vergers en ramassant tous les fruits tombés et l'enlèvement des mauvaises herbes pour réduire les pertes énormes sur la production des mangues de qualité et en quantité suffisante.

- Réduire l'utilisation des pesticides dans les vergers par l'utilisation des attractifs sexuels et des appâts alimentaires.

- Adopter la variété Kent très productive permettant d'avoir des revenus considérables.

- **Aux chercheurs de :**

- Etudier l'influence des facteurs abiotiques (température, humidité) et biotiques (compétition, prédation, parasitisme) sur la dynamique des populations de *B. dorsalis* dans les vergers des mangues ;

- Faire un inventaire complet des plantes hôtes et des parasitoïdes de *B. dorsalis* dans les vergers de l'ouest du Burundi ;

- **Au gouvernement de :**

- Mettre en place un programme de lutte intégré des mouches des fruits dans les vergers des mangues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adebayo, R.A., & Akinbola, S.T. (2014). Distribution pattern and host preference of African invader fly, Bactrocera invadens (Drew, Tsuruta and White) [Diptera: Tephritidae] in Akure and its environs. *Molecular Entomology*, *5*(1).

2. Ali, S.A.I., Mohamed, S.A., Mahmoud, M.E.E., Sabiel, S.A.I., Ali, S., & Ali, A. (2014). Monitoring of Tephritidae of fruit trees and their level of infestation in South Kordofan State, Sudan. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, *2*(5), 687-693.

3. Altendorf, S. (2017). Major Tropical Fruits Market Review; FAO: Rome, Italy, 2019; p. 10.

4. Aluja, M., Arredondo, J., Diaz-Fleischer, F., Birke, A., Rull, J., Niogret, J., & Epsky, N. (2014). Susceptibility of 15 mango (Sapindales: Anacardiaceae) cultivars to the attack by *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) and the role of underdeveloped fruit as pest reservoirs: management implications. *Journal of Economic Entomology*. 107, 375-388.

5. Aluja, M., Celedonio, H., Liedo, P., Cabrera, M., Castillo, F., Guillém, J., & Rios, E. (1996). Seasonal population fluctuations and ecological implications for management of Anastrepha fruit flies (Diptera: Tephritidae) in commercial mango orchards in southern Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 89, 654-667.

6. Aluja, M., Sivinski, J., Van Driesche, R., Anzures-Dadda, A., & Guillén, L. (2014). Pest management through tropical tree conservation. *Biodiversity and Conservation*, *23*, 831-853.

7. Andrew, D.H & Anthony, R.C. (2006). The influence of soil type and moisture on pupal survival of *Bactrocera tryoni* Frogatt (Diptera: Tephretidae). *Australian Journal of Entomology*. 45: 16-19.

8. Arauz, L. (2000). Mango anthracnose: Economic impact and current options for integrated management. *Plant Disease*, 84, 600-611.

9. Awarikabey, E.N., Afun, J.V.K., Osekre, E.A., & Billah, M.K. (2023). Mango phenology and fruit fly population dynamics in the transition zone of Ghana. *Bulletin of Entomological Research*, *113*(2), 169-179.

10. Ayyaz, S., Bonney, L.B., & Adhikari, R. (2023). Consumers' insight and behaviour towards mango quality and safety attributes: implications for integrated value chain development. *British Food Journal*, *125*(12), 4518-4538.

11. Badii, K.B., Billah, M.K., Afreh-Nuamah, K., Obeng-Ofori, D., & Nyarko, G. (2015). Review of the pest status, economic impact and management of fruit-infesting flies (Diptera: Tephritidae) in Africa, *African Journal of Agricultural Research*, Vol 10(12), pp. 1488-1498.

12. Balagawi, S., Vijaysegaran, S., Drew, R.A.I., & Raghu, S. (2005). Influence of fruit traits on oviposition preference and offspring performance of Bactrocera tryoni (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) on three tomato (Lycopersicon lycopersicum) cultivars. *Australian Journal of Entomology*. 44, 97-103.

13. Baldaniya, A.M. Patel, N.B. Raghunandan, B.L. & Pavan, J.S. (2022). Influence of Weather Parameters on the Seasonal Incidence of Mango Hopper, Idioscopus nitidulus Walker in Middle Gujarat. *Biological Forum-An International Journal*, 14(3): 1531-1534

14. Baltazari, A., Mtui, H., Chove, L., Msogoya, T., Kudra, A., Tryphone, G., Samwela, J., Paliyathd, G., Sullivand, A., Subramaniand, J. & Mwatawala, M. (2020). Evaluation of post-harvest losses and shelf life of fresh mango (Mangifera indica L.) in Eastern zone of Tanzania. *International Journal of Fruit Science*, *20*(4), 855-870.

15. Bandi, I.I., Yahaya, S., Bature, H.B., Dabai, M.U., Adamu, S.S., Shehu, I., Atiku, F.A & Adiya, Z.I.S.G. (2021). Physiochemical properties of biodiesel produced from ogbono (Irvingia gabonesis) seed oil. *Bio-Research*, *19*(1), 1210-1216.

16. Bateman, M.A. (1972). The ecology of fruit flies. *Annual Review of Entomology* 17: 493-518.

17. Bigler, V.F., & Delucchi, V. (1981). Wichtigste MortiiIitatsfaktoren wiihrend der priipupalen Entwicklung der Olivenfliege, Dacus oleae Gmel. (Dipt., Tephritidae) auf Oleastern und Kultivierten Oliven in Westkreta, Griechenland. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, *92*(1-5), 343-363.

18. Birke, A., & Aluja, M. (2018). Do mothers really know best? Complexities in testing the preference-performance hypothesis in polyphagous frugivorous fruit flies. *Bulletin of Entomological Research*, *108*(5), 674-684.

19. Blomefield, T.L., Barnes, B.N. & Giliomee, J.H. (2015). Deciduous fruit and nut trees and olive. In Insects of cultivated plants and natural pastures in Southern Africa, by Prinsloo, G.L. & Uys, V.M. (eds.). Entomological Society of South Africa, Hatfield, South Africa, pp. 329-331.

20. Bota, L.D., Fabião, B.G., De Meyer, M., Manuel, L., Mwatawala, M., Virgilio, M., Canhanga, L. & Cugala, D. (2020). Fine-scale infestation pattern of *B. dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in a mango orchard in Central Mozambique, *International Journal of Tropical Insect Science* 40, 943-950.

21. Bota, L.D., Fabião, B.G., Virgilio, M., Mwatawala, M., Canhanga, L., Cugala, D.R. & De Meyer, 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), 218-227.

22. Cadre stratégique pour le développement de l'horticulture au Burundi (CSHB) (2014), Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage et la FAO-Burundi, 100pages. ISBN 978-92-5-208445-7.

23. Canhanga, L., De Meyer, M., Cugala, D., Virgilio, M., Bota, L. & Mwatawala, M. (2020) Perception of fruit farmers on the occurrence of the oriental fruit fly B. dorsalis (Diptera: Tephritidae) and its associated economic impact in Manica province, Mozambique, *Fruits* 76(6), 295-302.

24. Chay, K.G., Workeneh, A., & Shifera, B. (2019). A review on production and marketing of mango fruit. *World Journal of Agriculture and Soil Science, 2*(2), 1-7.

25. Chen, P., Ye, H., & Liu, J. (2006). Population dynamics of B. dorsalis (Diptera Tephritidae) and analysis of the factors influencing the population in Ruili, Yunna Province, China. *Acta Ecologica Sinica* 26, 2801-2808.

26. Cheseto, X., Rering, C.C., Broadhead, G.T., Torto, B., & Beck, J.J. (2023). Early infestation volatile biomarkers of fruit fly Bactrocera dorsalis (Hendel) ovipositional activity in mango (Mangifera indica L.). *Phytochemistry, 206*, 113519.

27. Christenson, L.D., & Foote R.H. (1960). Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 5(1), 171-192.

28. Clarke, A.R., Armstrong, K.F., Carmichael, A.E., Milne, J.R., Raghu, S., Roderick, G.K., & Yeates, D.K. (2005). Invasive phytophagous pests arising through a recent evolutionary radiation: the *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 50: 293-319.

29. Copeland, R.S., Wharton, R.A., Luke, Q., De Meyer, M., Lux, S., Zenz, N., Machera, P & Okumu, M. (2006). Geographic distribution, host fruit, and parasitoids of African fruit fly pests *Ceratitis anonae*, *Ceratitis cosyra*, *Ceratitis fasciventris*, and *Ceratitis rosa* (Diptera: Tephritidae) in Kenya. *Annals of the Entomological Society of America*, *99*(2), 261-278.

30. Cornelius, M.L., Duan, J., & Messing, R.H. (2000). Volatile host fruit odors as attractants for the oriental fruit fly (Diptera: Tephrtidae). *Journal of Economic Entomology*, 93, 93-100.

31. Cugala, D., De Meyer, M. & Mansell, M. (2011). *Bactrocera invadens* surveys in Mozambique. Fighting fruit flies regionally in Sub-Sahara Africa. No. 1. p. 3.

32. Damalas, C.A., & Eleftherohorinos, I.G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *8*(5), 1402-1419.

33. Daniel, F.L, Vicente, H.O & Liliana, L.M. (2009). Description of the third instar of Anastrepha leptozona Hendel (Diptera: Tephretidae). *Neotropical Entomology* 38: 491-496.

34. Das, S.C., Datta, M., Ray, P., Singh, S.K., Jena, R.K., Das, B., & Ray, S.K. (2019). Mango (Mangifera indica) Cultivation in North-Eastern Region of India. *Advanced Agricultural Research Technology Journal*, *3*, 54-66.

35. De Cliff, S., & Harerimana, P.C. (2013). Extraction de l'Huile Essentielle Complète des Fleurs de *Cananga odorata* de la Plaine de l'Imbo : Vers la Vulgarisation d'une Nouvelle Filière de Plante Industrielle au Burundi. *Revue de l'Université du Burundi-Série Sciences Exactes N° 28*, 18pages.

36. De Souza, E.O., Florence, M., Bokonon-Ganta, A.H. & Micheline, V. (2016). Infestation naturelle de Murraya paniculata L. Jack, (Rutaceae) par les mouches Tephritidae nuisibles aux fruits dans la commune de Porto-Novo (Sud-Est Bénin), *Journal of Applied Biosciences*, vol. 105, pp. 10111-10119.

37. Delgado, P.M.H., Aranguren, M., Reig, C., Galván, D.F., Mesejo, C., Fuentes, A.M., Saúco, V.G., & Agustí, M. (2011). Phenological growth stages of mango (Mangifera indica L.) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae* 130, 536-540.

38. Delvare, G. & Aberlenc. H.P. (1989). Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. PRIFAS-CIRAD Département GERDAT Laboratoire de faunistique, France.

39. Denno, R.F., McClure, M.S. & Ott. J.R. (1995). Interspecific interactions in phytophagous insects-competition re-examined and resurrected, *Annual Review of Entomology*, 40: 297-331.

40. Diedhiou, P.M., Mbaye, N., Drame, A., & 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), 1087-1094.

41. Dieng, E.O., Ndiaye, S., Faye, P.D., Balayara, A., Badji, K., & Sembéne, P.M. (2019). New inventory of the diversity and seasonal abundance of Tephritid fruit fly species on mango orchards in Senegal. *Journal of Entomology and Zoological. Studies 7*(6), 975-986.

42. Donkor, A., Osei-Fosu, P., Dubey, B., Kingsford-Adaboh, R., Ziwu, C., & Asante, I. (2016). Pesticide residues in fruits and vegetables in Ghana: a review. *Environmental Science and Pollution Research, 23*, 18966-18987.

43. Doorenweerd, C., Leblanc, L., Norrbom, A.L., San Jose, M., & Rubinoff, D. (2018). A global checklist of the 932 fruit fly species in the tribe Dacini (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys*, (730):19-56.

44. Drew, R.A.I. & Romig, M.C. (2013). Tropical Fruit Flies of South-East Asia. Wallingford UK: CAB International.

45. Drew, RAI & Lloyd, AC. (1989). Biology and Physiology; nutrition; bacteria associated with fruit flies and their host plants, In: Robinson AS and Hooper, GHS (eds). Fruit flies: Their biology, Natural Enemies and Control. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. *World Crop Pests*. 3(A). pp. 131-140.

46. Duyck, P.F., David, P., & Quilici, S. (2006). Climatic niche partitioning following successive invasions by fruit flies in La Réunion. *Journal of Animal Ecology, 75*(2), 518-526.

47. Duyck, PF., David, P., & Quilici, S. (2004). A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecological Entomology*, 29(5), 511-520.

48. Ekesi, S. & Billah, M. (2007). A field guide to the management of economically important tephritid fruit flies in Africa. ICIPE Science Press: Nairobi, Kenya; ISBN 92 9064 209, 47 pages.

49. Ekesi, S. (2015). Field infestation and suppression of the invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Drew, Tsuruta and White) on citrus in Kenya. *Acta Horticulturae* 1065, 1019-1026.

50. Ekesi, S., Billah, M.K., Nderitu, P.W., Lux, S.A., & 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), 981-991.

51. Ekesi, S., De Meyer, M., & Malacrida, A. (2015). Taxonomy, Bioecology, and Management of Native and Exotic Fruit Fly Species in Africa. *Annual Review of Entomology*, 61, 219-238.

52. Ekesi, S., Maniania, N.K., Mohamed, S.A. & Lux, S.A. (2005). Effect of soil application of different formulations of Metarhizium anisopliae on African tephritid fruit flies and their associated endoparasitoids. *Biological Control*, 35(1), 83-91.

53. Ekesi, S., Meyer, M.D., Mohamed, S.A., & Virgilio, M., Borgemeister, C. (2016). Taxonomy, ecology, and management of native and exotic fruit fly species in Africa. *Annual Review of Entomology* 61, 219-238.

54. Ekesi, S., Nderitu, P.W., & Rwomushana, I. (2006). Field infestation, life history and demographic parameters of the fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in Africa. *Bulletin of entomological research, 96*(4), 379-386.

55. Ekesi, S., Tanga, C.M. (2016). Waste brewer's yeast as an alternative source of protein for use as a bait in the management of tephritid fruit flies. In Fruit Fly Research and Development in Africa-Towards a Sustainable Management Strategy to Improve Horticulture; Ekesi, S., Mohamed, S., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, pp. 293-306. ISBN 9783-3-319-43224-3.

56. Ekman, J (2015). Fruit Fly Management for Vegetable Growers, Horticulture Innovation Australia Limited, 31 pages.

57. Ekschmitt, K., Weber, M., & Wolters, V. (1997). Spiders, carabids, and staphylinids: the ecological potential of predatory macroarthropods. In *Fauna in soil ecosystems* (pp. 321-376). CRC Press.

58. Evans, E.A., Ballen, F.H., & Siddiq, M. (2017) Mango production, global trade, consumption trends, and postharvest processing and nutrition. In Handbook of Mango Fruit; John Wiley & Sons: Chichester, UK, pp. 1-16.

59. Facon, B., Hafsi, A., Charlery de la Masselière, M., Robin, S., Massol, F., Dubart, M., Chiquet, J., Frago, E., Chiroleu, F., Duyck, P.F., & Ravigné, V. (2021). Joint species distributions reveal the combined effects of host plants, abiotic factors and species competition as drivers of species abundances in fruit flies. *Ecology Letters*, 24(9), 1905-1916.

60. FAO (2010). The Statistical Division (FAOSTAT) of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Production and trade 2010. http://faostat.fao.org.

61. FAO/IAEA (2013). Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes. (Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency. Insect Pest Control Section, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture), TG/FFP-2013.

62. FAO/IAEA (2018). Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes, Second edition, by Enkerlin, W.R. and Reyes- Flores, J. (eds). Rome, Italy. 65 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. https://doi.org/10.3897/zookeys.428.7366.

63. FAOSTAT (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAO Statistic Database; FAOSTAT: Rome, Italy.

64. Fiaboe, K.K., Kekeunou, S., Nanga, S.N., Kuate, A.F., Tonnang, H.E., Gnanvossou, D., & Hanna, R. (2021). Temperature-based phenology model to predict the development, survival, and reproduction of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*. *Journal of Thermal Biology*, *97*, 102877.

65. Fitt, G.P. (1981). The Ecology of Northern Australian Dacinae (Diptera: Tephritidae) I. Host Phenology and Utilization of *Opilia amentacea* Roxb. (Opiliaceae) by *Dacus* (*Bactrocera*) *opiliae* Drew & Hardy, with notes on some other species. *Australian Journal of Zoology*, *29*(5), 691-705.

66. Fletcher, B.S. (1987). The biology of dacine fruit flies. *Annual Review of Entomology, 32*(1), 115-144.

67. Fletcher, B.S. (1989). Life history strategies of tephritid fruit flies, pp. 195-208. In A. S. Robinson and G. Hooper [eds.], Fruit flies: their biology, natural enemies, and control, vol. 3B. Elsevier, Amsterdam.

68. Fletcher, B.S., & Prokopy. R.J, 1991. Host location and oviposition in tephritid fruit flies, p. 140-171, In W. J. Bailey and J. Ridsdill-Smith, eds. Reproductive Behaviour of Insects. Chapmann & Hall.

69. Fletcher, B.S. (1979). The over-wintering survival of adults of the Queensland fruit fly, *Dacus tryoni*, under natural conditions. *Australian Journal of Zoology* 27:403-11.

70. Fletcher, B.S., & Giannakakis, A. (1973). Factors limiting the response of females of the Queensland fruit fly, *Dacus tryoni*, to the sex pheromone of the male. *Journal of Insect Physiology* 19:1147-55.

71. Frias, L.D, Hernandez-Ortiz, V, Vaccaro N, Bartolucci, A. & Salles L.A. (2006). Comparative morphology of immature stages of some frugivorous species of fruit flies (Diptera: Tephretidae). *Israel Journal of Entomology* 37: 536-545.

72. Gautam, S., Schreinemachers, P., Uddin, M.N., & Srinivasan, R. (2017). Impact of training vegetable farmers in Bangladesh in integrated pest management (IPM). *Crop Protection* 102, 161-169.

73. Gerbaud, P. (2009). Close-Up Mango. *FruiTROP, Paris, 164*, 7-39.

74. Githiomi, C., Muriithi, B., Irungu, P., Mwungu, C.M., Diiro, G., Affognon, H., Mburu, J., & Ekesi, S. (2019). Economic analysis of spillover effects of an integrated pest management (IPM) strategy for suppression of mango fruit fly in Kenya. *Food Policy*, 84, 121-132.

75. Gnanvossou, D., Hanna, R., Goergen, G., Salifu, D., Tanga, C.M., Mohamed, S.A., & Ekesi, S. (2017). Diversity and seasonal abundance of tephritid fruit flies in three agro-ecosystems in Benin, West Africa. *Journal of Applied Entomology, 141*(10), 798-809.

76. Gopalan, C., Rama Shastri, B.V., & Balasubramanian, S.C. (1977). Nutritive value of Indian foods; National Institute of Nutrition: Hyderabad, India, 204 pages.

77. Grechi, I., Preterre, A.L., Caillat, A., Chiroleu, F., & Ratnadass, A. (2021). Linking mango infestation by fruit flies to fruit maturity and fly pressure: A prerequisite to improve fruit fly damage management via harvest timing optimization. *Crop Protection*, *146*, 105663.

78. Griesbach, J. (2003). *Mango growing in Kenya*. World Agroforestry Centre, 123 pages.

79. Harris, E.J., Takara, J.M. & Nishida, T. (1986). Distribution of the melon fly, Dacus cucurbitae (Diplera: Tephnttdae), and host plants on Kauai, Hawaiian Islands. *Environmental Entomology*, 15: 488-493.

80. Hassani, I.M., Raveloson-Ravaomanarivo, L.H., Delatte, H., Chiroleu, F., Allibert, A., Nouhou, S., Quilici, S & Duyck, P.F. (2016). Invasion by Bactrocera dorsalis and niche partitioning among tephritid species in Comoros. *Bulletin of Entomological Research*, *106*(6), 749-758.

81. Hendrichs, J., & Prokopy, R.J. (2019). Food foraging behavior of frugivorous fruit flies. In *Fruit flies and the sterile insect technique* (pp. 37-56), CRC Press.

82. Heve, W.K., Adjadeh, T.A., & Billah, M.K. (2021). Overview and future research needs for development of effective biocontrol strategies for management of *B. dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae) in sub-Saharan Africa. *Pest Management Science*, 77(10), 4224-4237.

83. Howard, D.J. (1989). Biology and physiology, nutrition; the symbionts of Rhagoletis, In: Robinson AS and Hooper GHS (eds), Fruit flies, their biology, natural enemy and control. *World Crop Pests* 3, 121-129.

84. Inskeep, J.R., Allen, A.P., Taylor, P.W., Rempoulakis, P., & Weldon, C.W. (2021). Canopy distribution and microclimate preferences of sterile and wild Queensland fruit flies. *Scientific Reports*, 11(1), 13010.

85. Jaffar, S., Rizvi, S.A.H., & Lu, Y. (2023). Understanding the invasion, ecological adaptations, and management strategies of *Bactrocera dorsalis* in China: A Review. *Horticulturae*, *9*(9), 1004.

86. Jahurul, M.H.A., Zaidul, I.S.M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F.Y., Nyam, K.L., Norulaini, N.A.N., Sahena F. & Omar, A.M. (2015). Mango (Mangifera indica L.) by-products and their valuable components: A review. *Food chemistry*, *183*, 173-180.

87. Jain, N.L., Krishnamurthy, G.V., & Lal, G.C. (1959). Non-volatile organic acids in unripe pickling mangoes and salted mango slices by paper chromatography. *Food Science*, 3, 115-118.

88. Joachim-Bravo, I.S., Fernandes, O.A., Bortoli, S.A., & Zucoloto, F.S. (2001). Oviposition behavior of Ceratitis capitata Wiedemann (Diptera: Tephritidae): association between oviposition preference and larval performance in individual females. *Neotropical Entomology, 30*, 559-564.

89. José, L., Cugala, D., and Santos, L. (2013). Assessment of invasive fruit fly infestation and damage in Cabo Delgado Province, Nothern Mozambique, *African Crop Science Journal*, Vol. 21, No.1, pp. 21-28.

90. Kalra, S.K., & Tandon, D.K. (1995). Mango. In *Handbook of Fruit Science and Technology* (pp. 139-186). CRC Press.

91. Kapatos, E.T., & Fletcher, B.S. (1986). Mortality factors and life-budgets for immature stages of the olive fly, Dacus oleae (Gmel.) (Diptera, Tephritidae), in Corfu. *Journal of Applied Entomology*, *102*(1-5), 326-342.

92. Keiser, I., Kobayashi, R.M., Miyashita, D.H., Harris, E.J., Schneider, E.L., & Chambers, D.L. (1974). Suppression of Mediterranean fruit flies by Oriental fruit flies in mixed infestations in guava. *Journal of economic entomology*, *67*(3), 355-360.

93. Kibira, M., Affognon, H., Njehia, B., Muriithi, B., Mohamed, S., & Ekesi, S. (2015). Economic evaluation of integrated management of fruit fly mango production in Embu County, Kenya. *African Journal of Agricultura and Resource Economics*, 10(311-2016-5642), 343-353.

94. Klungness, L., Jang, E.B., Mau, R.F., Vargas, R.I., Sugano, J.S. & Fujitani, E. (2005). New sanitation techniques for controlling tephritid fruit flies (Diptera: tephritidae) in Hawaii. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 9(2), 5-14.

95. Korneyev, V.A. (1999). Phylogenetic relationships among higher groups of Tephritidae. In Fruit Flies (Tephritidae) (pp. 91-132). Crc Press.

96. Kounatidis, I., Papadopoulos, N.T., Mavragani-Tsipidou, P., Cohen, Y., Tertivanidis, K., Nomikou, M., & Nestel, D. (2008). Effect of elevation on spatio-temporal patterns of olive fly (Bactrocera oleae) populations in northern Greece. *Journal of Applied Entomology*, *132*(9-10), 722-733.

97. Li, Z.H., Buahom, N., Hu, J.T., Zhang, Q., & Fang, Y., (2013a). Review on invasion origin and invasion mechanism of tephritidae. *Plant Quarantine* 27:1-12.

98. Li, Z.H., Jiang F, Ma, X.L., Fang, Y., Sun, Z.Z., Qin, Y.J., & Wang, Q.L (2013b). Review on prevention and control techniques of Tephritidae invasion. *Plant Quarantine* 27:1-10.

99. Liang, G.H., Fu, L.Q., Zheng, J.X., Lin, H.Y., Lin, J.H., Sim, S.B., Jang, EB., Heller, WP & Geib, S.M. (2018). Molecular characterization of interspecific competition of Diachasmimorpha longicaudata (Ashmead) and Fopius arisanus (Sonan) parasitizing the oriental fruit fly, B. dorsalis (Hendel). *Biological Control*, *118*, 10-15.

100. Liquido, N.J., Harris, E.J., & Dekker, L.A. (1994). Ecology of B. latifrons (Diptera: Tephritidae) populations: host plants, natural enemies, distribution, and abundance. *Annals of the Entomological Society of America*, *87*(1), 71-84.

101. Litz, R.E. (2009). The Mango: Botany, Production and Uses; Cabi: Wallingford, UK.

102. Liu, L., Liu, J., Wang, Q., Ndayiragije, P., Ntahimpera, A., Nkubaye, E., Yang, Q. & Li, Z. (2011). Identification of *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) from Burundi, based on morphological characteristics and DNA barcode, *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(62), pp.13623-13630.

103. Lloyd, A.C., Hamacek, E.L., Kopittke, R.A., Peek, T., Waytt, P.M., Neale, C.J., Eelkema, M. & Gu, H. (2010). Area-wide management fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Central Burnett district of Queensland, Australia. *Crop Protection*, 29(5), 462-469.

104. Loyau, A., Blanchet, S., Van Laere, P., Clobert, J., & Danchin, E. (2012). When not to copy: female fruit flies use sophisticated public information to avoid mated males. *Scientific Reports*, *2*(1), 768.

105. Lux, S.A., Copeland, R.S., White, I.M., Manrakhan, A., & Billah, M.K. (2003). A New Invasive Fruit Fly Species from the *B. dorsalis* (Hendel) Group Detected in East Africa. *Insect Science and Its Application* 23(4), 355-361.

106. Mac Loughlin, T.M., Peluso, M.L., Etchegoyen, M.A., Alonso, L.L., de Castro, M.C., Percudani, M.C., & Marino, D.J. (2018). Pesticide residues in fruits and vegetables of the argentine domestic market: Occurrence and quality. *Food control*, *93*, 129-138.

107. MacFarlane, J.R., East, R.W., Drew, R.A.I., & Betlinski, G.A. (1987). Dispersal of Irradiated Queensland Fruit-Flies, Dacus-Tryoni (Froggatt) (Diptera, Tephritidae), in Southeastern Australia. *Australian Journal of Zoology*, *35*(3), 275-281.

108. Macharia, I.N., Mithöfer, M., & Waibel, H. (2009). Potential environmental impacts of pesticides use in the vegetable sub-sector in Kenya. *African Journal of Horticultural Science* 2, 138-151.

109. Mahajan, G.R., Das, B., Murgaokar, D., Herrmann, I., Berger, K., Sahoo, R., Patel, K., Desai, A., Morajkar, S., & Kulkarni, R.M. (2021). Monitoring the Foliar Nutrients Status of Mango Using Spectroscopy-Based Spectral Indices and PLSR-Combined Machine Learning Models. *Remote Sensing* 13, 641.

110. Mangan, R.L., Moreno, D.S., & Thompson, G.D. (2006). Bait dilution, spinosad concentration, and efficacy of GF-120 based fruit fly sprays. *Crop Protection*, 25, 125-133.

111. Manrakhan, A., & Lux, S.A. (2006). Contribution of natural food sources to reproductive behaviour, fecundity and longevity of *C. cosyra*, *C. fasciventris* and *C. capitata* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research* 96, 259-268.

112. Matanmi, B.A. (1975). The biology of tephritid fruit flies (Diptera, Tephritidae) attacking cucurbits at Ile-Ife, Nigeria. *Nigerian Journal of Entomology, 1*(2), 153-159.

113. Materu, C.L., Seguni, Z., Shao, E.E., Mruma, B.M. & Ngereza, A.J. (2014). Assessing the impact of an integrated pest management programme for management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in mango orchards in Tanzania. *Research Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 1(2): 38-43.

114. Maússe, S.D., & Bandeira, R.R. (2007). Ecological relationships between Ceratitis spp. (Diptera: Tephritidae) and other native fruit tree pests in southern Mozambique. *Fruits*, *62*(1), 35-44.

115. Mayamba, A., Nankinga, C.K., Isabirye, B., & Akol, A.M. (2014). Seasonal population fluctuations of *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in relation to mango phenology in the Lake Victoria Crescent, Uganda. *Fruits* 69, 473-480.

116. McPhail, M. (1939). Protein lures for fruit flies. *Journal of Economic Entomology* 32:758-761.

117. Meats, A., Pike, N., An, X., Raphael, K., & Wang, W.Y.S. (2003). The effects of selection for early (day) and late (dusk) mating lines of hybrids of *Bactrocera tryoni* and *Bactrocera neohumeralis*. *Genetica*, *119*, 283-293.

118. Midingoyi, S., Kifouly, G., Kassie, M., Muriithi, B., Diiro, G. & Ekesi, S. (2019). Do farmers and the environment benefit from adopting integrated pest management practices? Evidence from Kenya. *Journal of Agricultural Economics*, 70(2), 452-470.

119. Miyahara, Y., & Kawai, A. (1979). Movement of sterilized melon fly from Kume Is. to the Amani Islands. *Applied Entomology and Zoology* 14:496-97.

120. Mkize, N., Hoelmer, K.A. & Villet, M.H. (2008). A survey of fruit-feeding insects and their parasitoids occurring on wild olives, Olea europaea ssp. cuspidata, in the Eastern Cape of South Africa. *Biocontrol Science and Technology*, *18*(10), 991-1004.

121. Moquet, L., Payet, J., Glenac, S., & Delatte, H. (2021). Niche shift of tephritid species after the Oriental fruit fly (Bactrocera dorsalis) invasion in La Réunion. *Diversity and Distributions*, *27*(1), 109-129.

122. Motswagole, R., Gotcha, N., & Nyamukondiwa, C. (2019). Thermal biology and seasonal population abundance of Bactrocera dorsalis Hendel (Diptera: Tephritidae): implications on pest management. *International Journal of Insect Science*, *11*, 1179543319863417.

123. Mukherjee, S.K., & Litz, R.E. (2009). Introduction: botany and importance. In *The mango: Botany, production and uses* (pp. 1-18). Wallingford UK: CABI.

124. Muriithi, B.W., Affognon, H.D., Diiro, G.M., Kingori, S.W., Tanga, C.M., Nderitu, P.W., Mohamed, S.A., & Ekesi, S. (2016). Impact assessment of Integrated Pest Management (IPM) strategy for suppression of mango-infesting fruit flies in Kenya. *Crop Protection*, 81, 20-29.

125. Muriithi, B.W., Gathogo, N.G., Diiro, G.M., Mohamed, S.A., & Ekesi, S. (2020). Potential adoption of integrated pest management strategy for suppression of mango fruit flies in East Africa: an ex ante and ex post analysis in Ethiopia and Kenya. *Agriculture*, *10*(7), 278.

126. Mutamiswa, R., Nyamukondiwa, C., Chikowore, G., & Chidawanyika, F. (2021). Overview of oriental fruit fly, Bactrocera dorsalis (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in Africa: From invasion, bio-ecology to sustainable management. *Crop Protection*, *141*, 105492.

127. Mwatawala, M.W., De Meyer, M., Makundi, R.H. & Maerere, A.P. (2009) Design of an ecologically-based IPM program for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Tanzania. *Fruits* 64(2): 83-90.

128. Mwatawala, M.W., De Meyer, M., Makundi, R.H., & Maerere, A.P. (2006). Seasonality and host utilization of the invasive fruit fly, Bactrocera invadens (Diptera: Tephritidae) in central Tanzania. *Journal of Applied Entomology*. 130(9-10), 530-537.

129. Mwatawala, M.W., Mziray, H., Malebo, H. & De Meyer, M. (2015). Guiding farmers' choice for an integrated pest management program against the invasive B. dorsalis Hendel (Diptera: Tephritidae) in mango orchards in Tanzania. *Crop Protection* 76: 103-107.

130. Mziray, H.A., Makundi, R.H., Mwatawala, M., Maerere, A. & De Meyer, M. (2010). Host use of *B. latifrons*, a new invasive tephritid species in Tanzania. *Journal of Economic Entomology, 103*(1), 70-76.

131. Ndayizeye, L., Nzigidahera, B., & Gesmallah, A.E. (2019). Current distribution of *B. latifrons* Hendel in the different agro-ecological zones of Burundi, *International Journal of Tropical Insect Science* 39, 125-130

132. Ndayizeye, L., Nzigidahera, B., & 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, 413-425.

133. Ndiaye, O., Vayssieres, J.F., Rey, J.Y., Ndiaye, S., Diedhiou, P.M., Ba, C.T., & Diatta, P. (2012). Seasonality and range of fruit fly (Diptera: Tephritidae) host plants in orchards in Niayes and the Thiès Plateau (Senegal). *Fruits, 67*(5), 311-331.

134. Newell, J.M., & Haramoto, F.H. (1968). Biotic factors influencing populations of Dacus dorsalis in Hawaii. *Proceedings of Hawaiian Entomological Society* 20:81-139

135. Nigam, N., Prasad, S., & Shukla, Y. (2007). Preventive effect of lupeol on DMBA induced DNA alkylation damage in mouse skin. *Food and Chemical Toxicology* 45(11) : 2331-2335.

136. Nimpagaritse, D (2019) Guide de bonnes pratiques de production des fruits et légumes, World Vegetable Center, 90 pages.

137. Nöbel, S., Monier, M., Fargeot, L., Lespagnol, G., Danchin, E., & Isabel, G. (2022). Female fruit flies copy the acceptance, but not the rejection, of a mate. *Behavioral Ecology*, *33*(5), 1018-1024.

138. Norton, G.W., Rajotte, E.G. & Gapud, V. (1999) Participatory research in integrated pest management: Lessons from the IPM CRSP. *Agriculture and Human Values* 16, 431-439.

139. Nourmohammadpour-Amiri, M., Shayanmehr, M., & Amiri-Besheli, B. (2022). Influence of ground beetles (Carabidae) as biological agent to control of the Mediterranean fruit fly pupae, Ceratitis capitata, in Iranian citrus orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *25*(4), 101986.

140. Okorley, E.L., Acheampong, L., & Abenor, M.T. (2014). The current status of mango farming business in Ghana: A case study of mango farming in the Dangme West District. *Ghana Journal of Agricultural Science* 47, 73-80.

141. Ornelas-Paz, J.D., Yahia, E.M., & Gardea, A.A. (2008). Changes in external and internal color during postharvest ripening of Manila and Ataulfo mango fruit andrelationship with carotenoid content determined by liquid chromatographyAPcl+-time-of-flight mass spectometry. *Postharvest Biology and Technology*, 50,145-152.

142. Ornelas-Paz, J.D., Yahia, E.M., & Gardea-Bejar, A. (2007). Identification and quantification of xanthophyll esters, carotenes, and tocopherols in the fruit of seven Mexican mango cultivars by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 6628-6635.

143. Ouedraogo, S.N (2007) Etude des attaques de la mangue (Mangifera indica) par les mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) dans la province du Kénédougou (Ouest du Burkina Faso). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondie, Spécialité Entomologie. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso/Institut du développement rural. 57 pp

144. Papadopoulos, N.T., Carey, J.R., Katsoyannos, B.I., & Kouloussis, N.A. (1996). Overwintering of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America*, *89*(4), 526-534.

145. Papadopoulos, N.T., De Meyer, M., Terblanche, J.S., & Kriticos, D.J. (2024). Fruit flies: challenges and opportunities to stem the tide of global invasions. *Annual Review of Entomology*, *69*, 355-373.

146. Papadopoulos, N.T., Katsoyannos, B.I., Carey, J.R., & Kouloussis, N.A. (2001). Seasonal and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America*, *94*(1), 41-50.

147. Piñero, J.C., Mau, R.F.L. & Vargas, R.I. (2009). Managing Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae), with spinosad-based protein bait sprays and sanitation in papaya orchards in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 102(3): 1123-1132.

148. Piñero, J.C., Souder, S.K., Smith, T.R., & Vargas, R.I. (2017). Attraction of Bactrocera cucurbitae and B. dorsalis (Diptera: Tephritidae) to beer waste and other protein sources laced with ammonium acetate. *Florida Entomologist*, 100, 70-76.

149. Piper, R., Pereira, R., Hendrichs, J., Enkerlin, W. & De Meyer, M. (2019). A guide to the major pest fruit flies of the world, International Atomic Energy Agency/Food and Agriculture Organization of the United Nations, 80 pages.

150. Purseglove, J.W. (1972). Mangoes west of India. *Acta Horticulturae* 24, 107-174.

151. Qureshi, Z.A., Ashraf, M., Bughio, A.R., & Siddiqui, Q.H. (1975). Population fluctuation and dispersal studies of the fruit fly, Dacus zonatus (Saunders). In Sterility Principle/or Insect Control, ed. Int. At. Energy Agency, Vienna: IAEA, pp. 201-7.

152. R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

153. Rajan, S., Tiwari, D., Singh, V., Saxena, P., Reddy, S.S.Y., Upreti, K., Burondkar, M., Bhagwan, A., & Kennedy, R. (2011). Application of extended BBCH Scale for phenological studies in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Applied Horticulture* 13, 108-114.

154. Ramirez, F., Davenport, T.L., Fischer, G., Pinzón, J.C.A., & Ulrichs, C. (2014). Mango trees have no distinct phenology: The case of mangoes in the tropics. *Scientia Horticulturae* 168, 258-266.

155. Rattanapun, W., Amornsak, W., & Clarke, A.R. (2009). *B. dorsalis* preference for and performance on two mango varieties at three stages of ripeness. *Entomologica Explicata and Applicata* 131, 243-253.

156. Raut, P.P., Desai, V.S., Narangalkar, A.L., Naik, K.V., Mehndale, S.K. & Karmakar, M.S. (2018). Effect of weather parameters on mango hopper population. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6: 112-114

157. Reekmans, M. (1980). La végétation de la plaine de la basse Rusizi (Burundi). *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique/Bulletin van de Nationale Plantentuin van België*, 401-444.

158. Rössler, Y., Ravins, E. & Gomes, P.J. (2000). Sterile insect technique (SIT) in the near East-a transboundary bridge for development and peace. *Crop Protection*. Vol. 19, pp. 733-738.

159. Rwomushana, I., Ekesi, S., Gordon, I., & Ogol, C.K. (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), 331-340.

160. Rwomushana, I., Ekesi, S., Ogol, C.K., & Gordon, I. (2009). Mechanisms contributing to the competitive success of the invasive fruit fly Bactrocera invadens over the indigenous mango fruit fly, Ceratitis cosyra: the role of temperature and resource pre-emption. *Entomologia experimentalis et applicata*, *133*(1), 27-37.

161. Salmah, M., Nur, A.A., Rita, M., Lau, W.H & Hamdan, A. (2017). Ovipositional preference of Oriental fruit fly B. dorsalis Hendel (Diptera: Tephritidae) on mango (Mangifera indica L. cv. Chokanan). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(13): 14-19.

162. Sarada, G., Maheswari, T.U., & Purushotham, K. (2001). Seasonal incidence and population fluctuation of fruit flies in mango and guava. *Indian Journal of Entomology* 63, 272-276.

163. Sauers-Muller, A.V. (1991). An overview of the carambola fruit fly *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae), found recently in Suriname. *Florida Entomologist*, 74: 432-440.

164. Shelly, T.E. (1999). Defense of oviposition sites by female oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 339-346.

165. Shoba, S., Pandiarajan, T., Shashidhar, K.C., Ganapathy, S., Shylaja, S., & Gautham, S. (2020). Effect of fruit fly (*B. dorsalis*) infestation on the thermal emissivity of mango fruits. *Journal of. Entomology and Zoological Studies*, *8*, 1967-1970.

166. Siddiq, M., Brecht, J.K., & Sidhu, J.S. (2017). Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA.

167. Sivakumar, D., Jiang, Y., & Yahia, E.M. (2011). Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. *Food Research International*, *44*(5), 1254-1263.

168. Smith, E.S.C. (1977). Studies on the biology and commodity control of the banana fly, Dacus musae (Tryon), in Papua New Guinea. *Papua New Guinea Agriculture Journal* 28:47-56.

169. Spiess, E.B. (1982). Do female flies choose their mates? *The American Naturalist*, *119*(5), 675-693.

170. Steffens, R.J. (1983) Ecology and approach to integrated control of Dacus frontalis on the Cape Verde Islands. See Ref. 22, pp. 632-38.

171. Steiner, L.F., Mitchell, W.C., & Baumhover, A.H. (1962). Progress of fruit fly control by irradiation sterilization in Hawaii and the Mariana Islands. *International Journal of Applied Radiation and Isotopes* 13: 427-34.

172. Sukonthasing, S., Wongrakpanich, M., & Verheij, E.W.M. (1991). Mangifera indica L. *Record from Proseabase, in: VERHEIJ, EWM & CORONEL, RE (Eds) PROSEA (Plant Resources of South-East Asia) Foundation, Bogor, Indonesia*.

173. Talcott, S.T., Moore, JP., Lounds-Singleton, A.J. & Percival, S.S. (2005) Ripening associated phytochemical changes in mangoes (Mangifera indica) following thermal quarantine and low-temperature storage. *Journal of Food Science*, 70(5), C337-C341.

174. Tan, K.H., & Serit, M. (1994). Adult population dynamics of Bactrocera dorsalis (Diptera: Tephritidae) in relation to host phenology and weather in two villages of Penang Island, Malaysia. *Environmental Entomology*, *23*(2), 267-275.

175. Tan, K.H., Nishida, R., Jang, E.B., & Shelly, T.E. (2014). Pheromones, male lures, and trapping of tephritid fruit flies. *Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies: lures, area-wide programs, and trade implications*, 15-74.

176. Tharanathan, R.N., Yashoda, H.M., & Prabha, T.N. (2006). Mango (Mangifera indica L.) "The King of Fruits"-An overiew. *Food Reviews International*, 22, 95-123.

177. Theron, C.D., Kotzé, Z., Manrakhan, A. & Weldon, C.W. (2023). Oviposition by the oriental fruit fly, B. dorsalis (Hendel) (Diptera: Tephritidae), on five citrus types in a laboratory. *Austral Entomology, 62*(4), 503-516

178. Theron, C.D., Manrakhan, A., & Weldon, C.W. (2017). Host use of the oriental fruit fly, Bactrocera dorsalis (Hendel) (Diptera: Tephritidae), in South Africa. *Journal of applied entomology*, *141*(10), 810-816.

179. Thomas, D.B., Leal, S.N., & Conway, H.E. (2018). Sperm depletion in singly mated females of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Entomological Science*, *53*(1), 82-88.

180. Torgbor, B.A., Rahman, M.M., Brinkhoff, J., Sinha, P., & Robson, A. (2023). Integrating remote sensing and weather variables for mango yield prediction using a machine learning approach. *Remote Sensing*, *15*(12), 3075.

181. Tsiropoulos, G.J. (1977). Reproduction and survival of the adult Dacus oleae feeding on pollens and honeydews. *Environmental Entomology*, *6*(3), 390-392.

182. Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C, & Phung, D.T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(3), 1112.

183. Twig, E., & Yuval, B. (2005). Function of multiple sperm storage organs in female Mediterranean fruit flies (Ceratitis capitata, Diptera: Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*, *51*(1), 67-74.

184. Tychsen, P.H. & Fletcher, B.S. (1971). Studies on the rhythm of mating in the Queensland fruit fly, Dacus tryoni. *Journal of Insect Physiology*, 17:2139-56.

185. Umeh, V.C., Garcia, L.E., & De Meyer, M. (2008). Fruit flies of sweet oranges in Nigeria: species diversity, relative abundance and spread in major producing areas. *Fruits*, *63*(3), 145-153.

186. Van Melle, C., & Buschmann, S. (2013). Comparative analysis of Mango Value Chain models in Benin, Burkina Faso and Ghana, In: Rebuilding West Africa's Food Potential, A. Elbehri (ed.), FAO/IFAD. pp 317-345

187. Vargas, R.I., Leblanc, L., Harris, E.J., & Manoukis, N.C. (2012). Regional suppression of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Pacific through biological control and prospects for future introductions into other areas of the world. *Insects*, *3*(3), 727-742).

188. Vargas, R.I., Nishida T. & Beardsley J.W. (1983). Distribution and abundance of Dacus dorsalis (Diptera: Tephritidae) in native and exotic forest areas on Kauai. *Environmental Entomology*, 12: 1185-1189.

189. Vargas, R.I., Piñero, J.C., & Leblanc, L. (2015). An overview of pest species of Bactrocera fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region. *Insects*, *6*(2), 297-318.

190. Vargas, R.I., Walsh, W.A., & Nishida, T. (1995). Colonization of newly planted coffee fields: dominance of Mediterranean fruit fly over oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, *88*(3), 620-627.

191. Vayssières, J.F., Korie, S., & Ayegnon, D. (2009). Correlation of fruit fly (Diptera Tephritidae) infestation of major mango cultivars in Borgou (Benin) with abiotic and biotic factors and assessment of damage. *Crop protection*, *28*(6), 477-488.

192. Vayssières, J.F., De Meyer, M., Ouagoussounon, I., Sinzogan, A., Adandonon, A., Korie, S., Wargui, R., Anato, F., Houngbo, H., Didier, C., De Bon, H & Goergen, G. (2015). Seasonal abundance of mango fruit flies (Diptera: Tephritidae) and ecological implications for their management in mango and cashew orchards in Benin (Centre & North). *Journal of Economic Entomology*, *108*(5), 2213-2230.

193. Vayssières, J.F., Goergen, G., Lokossou, O., Dossa, P., & Akponon, C.A. (2005) New Bactrocera species in Benin among mango fruit fly (Diptera: Tephritidae) species. *Fruits*, 60, 371-377

194. Vayssières, J.F., Sinzogan, A., Adandonon, A., Rey, J.Y., Dieng, E.O., Camara, K., Sangaré, M., Ouedraogo, S., Hala, N., Sidibé, A., Keita, Y., Gogovor, G., Korie, S., Coulibaly Kikissagbe, C., Toussou, A., Bilah, M., Biney, K., Nobime, O., Diatta, P., N'dépo, R., Noussourou, M., Traoré, L., Saizonou, S., & Tamo, M. (2014). Annual population dynamics of mango fruit flies (Diptera: Tephritidae) in West Africa: Socio-economic aspects, host phenology and implications for management). *Fruits* 69, 207-222.

195. Vayssières, J.F., Korie, S., Temple, L., & Boueyi, S.P. (2008). The mango tree in central and northern Benin: cultivar inventory, yield assessment, infested stages and loss due to fruit flies (Diptera Tephritidae). *Fruits* 63:335-348

196. Vazquez-Salinas, C., & Lakshminarayana, S. (1985). Compositional changes in mango fruit during ripening at different storage temperatures. *Journal of Food Science*, *50*(6), 1646-1648.

197. Veerish, G.K. (1989). Pest problems in mango-world situation. *Acta Horticulturae*. 231.551- 565.

198. Virgilio, M., White, I., & De Meyer, M. (2014). A set of multi-entry identification keys to African frugivorous flies (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys*, 428, 97-108.

199. Vontas, J., Hernández-Crespo, P., Margaritopoulos, J.T., Ortego, F., Feng, H.T., Mathiopoulos, K.D., & Hsu, J.C. (2011). Insecticide resistance in Tephritid flies. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 100, 199-205.

200. Wei, D., Dou, W., Jiang, M., & Wang, J. (2017). Oriental fruit fly Bactrocera dorsalis (Hendel). *Biological Invasions and Its Management in China: Volume 1*, 267-283.

201. Welma, P., Terblanche, J.S., & Addison, P. (2017). Do thermal tolerances and rapid thermal responses contribute to the invasion potential of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)?, *Journal of Insect Physiology*, *98*, 1-6.

202. Wharton, R.A., & Gilstrap, F.E. (1983). Key to and status of opiine braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of Ceratitis and Dacus sl (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, *76*(4), 721-742.

203. Whiley, A.W. (1993). Environmental Effects on Phenology and Physiology of Mango-A Review. *Acta Horticulturae*. 341, 168-176.

204. White, I.M & Elson-Harris, M.M. (1992). Fruit flies of economic significance: Their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, pp. 601.

205. Wong, T.T.Y., McInnis, D.O., Kobayashi, R.M., & Nishimoto, J.I. (1985). Distribution and seasonal abundance of adult male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Kula, Maui, Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 78, 552-557.

206. Yadav, D., & Singh, S.P. (2017). Mango: History origin and distribution. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *6*(6), 1257-1262.

207. Zamek, A.L., Spinner, J.E., Micallef, J.L., Gurr, G.M., & Reynolds, O.L. (2012). Parasitoids of Queensland fruit fly Bactrocera tryoni in Australia and prospects for improved biological control. *Insects*, *3*(4), 1056-1083.

208. Zida, I., Nacro, S., Dabiré, R., & Somda, I. (2020). Seasonal abundance and diversity of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in three types of plant formations in Western Burkina Faso, West Africa. *Annals of the Entomological Society of America*, *113*(5), 343-354.

Sites consultés

1. Agrinatura (2019) New regulations against the fruit fly pest in mango imported from ACP countries. https://agrinatura-eu.eu/news/new-regulations-against-the-fruit-fly-pest-in-mango-imported-from-acp-countries/ [Consulté: 06 Octobre 2023].
2. www.mangoassociation.org (consulté en Janvier 2024)
3. https://www.kefri.org/MANGO/Kent.html (consulté le 06 Octobre 2023)
4. https://worldpopulationreview.com/country-rankings/mango-production-by-country (consulté le 12 avril 2024)

ANNEXES

ANNEXE I : QUESTIONNAIRE : IMPACT SOCIOECONOMIQUE DE LA PRODUCTION DES MANGUES A L'OUEST DU BURUNDI (PROGRAMME DE RECHERCHE EN BIODIVERSITE DE L'OBPE)

Section 0 : Identification de l'enquêté

S01 : Province : /__/__/

1. Rumonge
2. Cibitoke
3. Bujumbura

S02 : Commune : _____

S03 : Nom et prénom de l'enquêté : _____

S04 : Sexe de l'enquêté : /__/

1. Homme
2. Femme

S05 : Age de l'enquêté : /_/_/

S06 : Milieu de résidence : /_/

1. Urbain
2. Rural

Section 1 : INFORMATIONS SUR LE VERGER

Variété	Superficie (en m²)	Nombre de plants	Production (en kg)	Situation géographique
Variété 1	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	_____
Variété 2	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	_____
Variété 3	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	_____
…….	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	/_/_/_/_/	_____

Vous pouvez ajouter une autre question concernant la variété préférée et pourquoi ? Ici ils peuvent faire une classification des variétés en commençant par le plus préférée.

//*Informations sur le Verger (Superficie, nombre de plants, nombre de variétés, production estimée en termes de Tonnes/an (ressortir la production par variété, situation géographique du verger)*///

Section 2 : INVESTISSEMENT (serait-il possible d'insérer une question concernant l'âge du verger ?)

S201 : A combien estimez-vous le coût liée à la plantation ? /__/__/__/ BIF en milliers

S202 : A combien estimez-vous le coût relatif à l'entretien du verger ? /__/__/__/ BIF en milliers

S203 : Utilisez-vous des pesticides pour ce verger ? 1. Oui 2. Non

S204 : Si oui, quel type de pesticide utilisé principalement ? /__/

1.type 1

2. type 2

3. type 3

S205 : A combien estimez-vous le coût des pesticides ? /__/__/__/__/__/__/ BIF

S206 : Quelles sont les sources de fonds utilisés ? QCM

1. Fonds propres /__/
2. Emprunts auprès d'une banque /__/
3. ……. /__/

/***-Investissement (plantations, entretien du verger, coût des pesticides (types de pesticides), sources des fonds utilisés (propres fonds, emprunts auprès d'une banque,…)**///

Section 3 : REVENUS

Variété	Au cours de la saison dernière, quel était le revenu issu de cette variété ? ***en milliers de FBu***	Quelle a été l'utilisation de ce revenu ? 1. Soins de santé 2. Scolarité des enfants 3. Investissements 4. Alimentation 5. Habillement 6. Construction maison 7. Achat voiture/moto 8. Autre (à préciser)
Variété 1	/__/__/__/__/__/	/_/ /_/
Variété 2	/__/__/__/__/__/	/_/ /_/
Variété n	/__/__/__/__/__/	/_/ /_/

//***-Revenus par saison et par variété

-Utilisation des revenus : soins, scolarité des enfants, investissements, alimentation, habillement, construction maison, achat voiture/moto***////

Section 4 : MAIN D'OEUVRE

S401 : Avez-vous utilisé de la main-d'œuvre rémunéré sur ce verger au cours de la saison passée ? 1.Oui 2. Non

S402 : Si oui, combien de personnes employées ?

Homme : /__/__/

Femme : /__/__/

S403 : Quel est le salaire net global payé ? **en milliers de FBu**

Homme : /__/__/__/__/__/

Femme : /__/__/__/__/__/

//*****Création d'emplois : nombre de personnes employées (état civil si marié le nombre d'enfants ou la famille prise en charge, salaire net par employé**///

Section 5 : ECOULEMENT DE LA PRODUCTION

S501 : Quel est le marché d'écoulement de votre production ?

1. Marché local /__/
2. Usine de transformations /__/
3. Commerçants grossistes /__/
4. Hôtels /__/
5. Restaurants /__/
6. Alimentation en ville de Bujumbura /__/
7. Autres provinces du Burundi /__/
8. Marché extérieur (pays voisins) /__/
9. Marché extérieur (pays européens) /__/

S502 : Si « autre province du Burundi », quel est le nombre de provinces approvisionnées ?
/__/__/

//****-Ecoulement de la production : marché local, pays voisins, pays européens, usine de transformations, alimentation en ville de Bujumbura, autres provinces du Burundi (nombre de provinces approvisionnées), commerçants grossistes, hôtels, restaurants****///

Section 6 : PERTE DE LA PRODUCTION

S601 : A combien estimez-vous la perte de votre production la saison dernière (en tonnes) ?
/__/__/

S602 : Quels sont les causes de cette perte ?

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

//***-Estimation des pertes par saison en tonnes, causes des pertes**////

ANNEXE II : Illustration des variétés A. Boribo B. Kent C. Sindano D. Valencia (Photos Ndayizeye 2023).



A



B

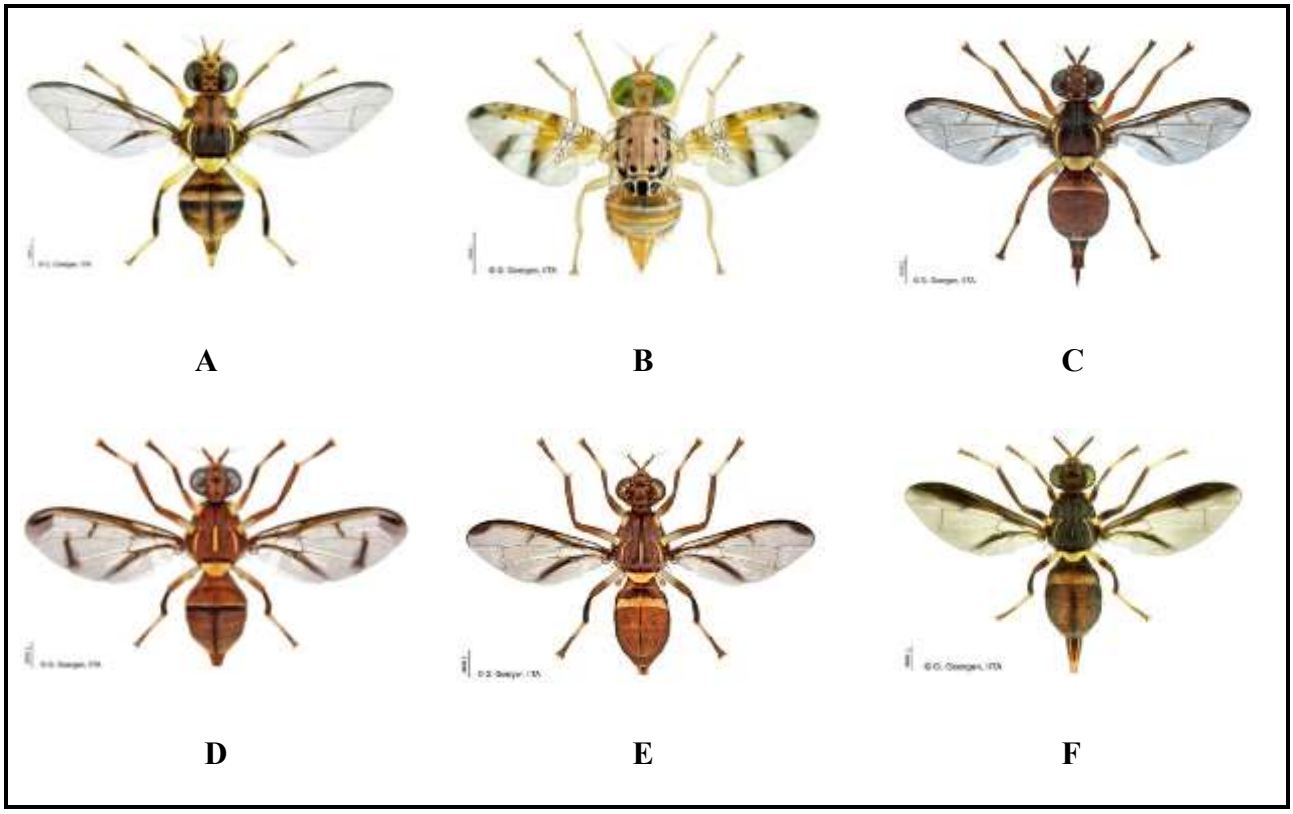


C



D

ANNEXE III : Photos des espèces capturées A. *B. dorsalis* B. *C. cosyra* C. *B. latifrons* D. *Z. cucurbitae* E. *Dacus punctantifrons* F. *D. bivittatus* (Photos Georgen)



A **B** **C**

D **E** **F**

ANNEXE IV

A. Abondance spécifique dans la zone d'étude

Espèces	Site 1	Site 2
Bactrocera bigutulla	1	0
Bactrocera dorsalis	2217	957
Bactrocera latifrons	5	1
Ceratitis cosyra	33	6
Dacus bivittatus	3	33
Dacus punctatifrons	2	3
Zeugodacus cucurbitae	14	86

B. Abondance spécifique des mouches des fruits selon les variétés des manguiers (site 1)

Espèces	Valencia	Boribo	Sindano	Kent
Bactrocera bigutulla	0	0	1	0
Bactrocera dorsalis	1191	273	192	561
Bactrocera latifrons	3	0	1	1
Ceratitis cosyra	25	3	2	3
Dacus bivittatus	2	1	0	0
Dacus punctatifrons	1	0	1	0
Zeugodacus cucurbitae	8	2	4	0

C. Abondance spécifique des mouches des fruits selon les variétés des manguiers (site 2)

Espèces	Valencia	Boribo	Sindano	Kent
Bactrocera. bigutulla	0	0	0	0
Bactrocera dorsalis	204	105	98	550
Bactrocera latifrons	0	0	0	1
Ceratitis cosyra	0	0	2	4
Dacus bivittatus	7	7	6	13
Dacus punctatifrons	3	0	0	0
Zeugodacus cucurbitae	32	7	25	22

D. Niveau d'infestation des différentes variétés

Variétés	Niveau d'infestation
Boribo	42,28
Kent	11,22
Sindano	22,58
Valencia	35,31

E. Niveau d'infestation pour chaque fruit

Variété	Boribo	Kent	Sindano	Valencia
Fruit récolté	22,94	3,69	8,97	40,70
Fruit récolté	4,02	5,62	62,50	46,47
Fruit récolté	7,82	15,83	4,67	1,65
Fruit récolté	10,68	2,77	107,14	16,03
Fruit récolté	7,43	0,00	0,00	3,53
Fruit récolté	184,62	45,82	0,00	11,70
Fruit récolté	10,42	7,27	0,00	55,76
Fruit récolté	97,85	1,30	0,00	33,06
Fruit récolté	7,10	6,37	0,00	3,14
Fruit récolté	0,00	7,72	0,00	12,70
Fruit tombé	41,13	2,12	8,32	34,93
Fruit tombé	304,15	3,28	4,48	15,75
Fruit tombé	3,65	8,42	9,65	25,79
Fruit tombé	3,90	7,36	10,42	24,48
Fruit tombé	46,51	6,43	11,99	661,65
Fruit tombé	166,00	5,47	6,94	129,14
Fruit tombé	17,64	2,05	136,15	17,86
Fruit tombé	75,19	27,97	134,94	17,09
Fruit tombé	2,10	97,51	10,64	10,27
Fruit tombé	91,44	3,44	0,00	0,00

F. Niveau d'infestation global suivant les types de fruits

Types de fruits	**Boribo**	**Kent**	**Sindano**	**Valencia**
Fruits tombés	78,17	9,63	33,35	93,63
Fruits récoltés	35,28	16,4	18,32	22,47

ANNEXE V : DISPOSITION STANDARD POUR NORMES CEE-ONU SUR LES PRODUITS FRAIS FRUITS ET LÉGUMES

A. Exigences minimales

Les fruits faisant l'objet du commerce international doivent être :

- Intacts (selon la nature du produit, une dérogation à la disposition est autorisée) ;
- Sains (tout produit atteint de pourriture ou de détérioration telle qu'il le rend impropre à la consommation est exclue) ;
- Propre, pratiquement exempt de toute matière étrangère visible (en ce qui concerne les traces de terre, des dérogations à cette disposition sont autorisées, en fonction de la nature du produit) ;
- Pratiquement exempt de ravageurs ;
- Exempt de dommages causés par des ravageurs affectant la chair ;
- Pratiquement exempt de dommages causés par des ravageurs ;
- Exempt d'humidité externe anormale.

Des dispositions supplémentaires peuvent être prises pour des normes spécifiques, en fonction de la nature des produits.

Le produit doit être suffisamment développé et présenter une maturité satisfaisante, selon sur la nature du produit.

L'évolution et l'état du {nom du produit} doivent être tels qu'ils permettent de :

• résister au transport et à la manutention

• arriver dans un état satisfaisant au lieu de destination.

B. Exigences de maturité

- Pour les fruits non **climatériques**, le fruit doit être suffisamment développés et présenter une maturité et/ou un murissement satisfaisants.
- Pour les fruits climatériques, le développement et l'état de maturité du fruit produit doivent être tel qu'ils lui permettent de poursuivre son processus de maturation et d'atteindre un degré de maturité satisfaisant.

ANNEXE VI : RESULTATS DES TESTS STATISTIQUES

A. Diversité spécifique des mouches des fruits dans les sites d'étude

Tableau 1 : Analyse de la variance à un sens de Valencia ~ Espèces

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Espèces	6	379511	63085	6.847	0.00575
Residuals	9	82918	9123		

Tableau 2 : Test de Tukey

Hypothèse nulle du test	Pr(>|t|)
Ceratitis cosyra- Bactrocera dorsalis == 0	0.00880 **
Dacus bivittatus- Bactrocera dorsalis == 0	0.00777 **
Dacus punctatifrons- Bactrocera dorsalis == 0	0.01565 *
Zeugodacus cucurbitae- Bactrocera dorsalis == 0	0.00800 **

B. Influence de la phénologie du manguier sur les mouches des fruits dans les sites d'étude

Friedman rank sum test

Friedman rank sum test

data: Nombre_mouches and Phase and Variete

Friedman chi-squared = 8, df = 2, p-value = 0.01832

Conover Test

	Fructification	Murissement
Murissement	0.506	-
Post.recolte	0.048	0.128

C. Niveau d'infestation des variétés des mangues dans la zone d'étude

Boribo

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variété	1	7953	7953	1.257	0.277
Residuals	18	113906	6328		

	mean	sd	data:n
Fruit récolté	35.28829	59.75546	10
Fruit tombé	75.17025	95.31767	10

Kent

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variété	1	229	228.9	0.436	0.518
Residuals	18	9455	525.3		

	mean	sd	data:n
Fruit récolté	9.639561	13.45231	10
Fruit tombé	16.405278	29.48853	10

Sindano

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variété	1	1129	1129	0.53	0.476
Residuals	18	38346	2130		

	mean	sd	data:n
Fruit récolté	18.32844	36.71027	10
Fruit tombé	33.35264	53.97286	10

Valencia

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Variété	1	25363	25363	1.222	0.284
Residuals	18	373669	20759		

	mean	sd	data:n
Fruit récolté	22.47362	19.85353	10
Fruit tombé	93.69644	202.79218	10

Friedman Rank Sum Test: Boribo, Kent, Sindano, Valencia

Medians:

Boribo	Kent	Sindano	Valencia
14.158796	5.993702	7.630226	17.475580

Friedman rank sum test

data: .Responses

Friedman chi-squared = 6.3655, df = 3, p-value = 0.09512