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

Etude de l’infestation de la mandarine par les mouches des fruits (diptera : tephritidae) dans la plaine de l’imbo

Manirakiza, Odette

2023-04
UB, Faculté des Sciences
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/404

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

MASTER EN SCIENCES ET GESTION INTEGREE DE L'ENVIRONNEMENT

ETUDE DE L'INFESTATION DE LA MANDARINE PAR LES MOUCHES DES FRUITS (DIPTERA : TEPHRITIDAE) DANS LA PLAINE DE L'IMBO

Par :

MANIRAKIZA Odette

Mémoire

présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement

Option : Gestion des Ressources Naturelles (GRN)

Sous la direction de :

Prof. SIBOMANA Claver

Bujumbura, Avril 2023

MEMBRES DU JURY

Directeur : Prof. SIBOMANA Claver

Président : Prof. GASOGO Anasthasie

Secrétaire : Prof. NDUWARUGIRA Déogratias

Membre : Prof. NTAKIMAZI Gaspard

DEDICACE

A mes parents qui m'ont quitté trop tôt ;

A mes deux fils ITERITEKA Guy Hardy et NINZIZA Achim Adriel ;

A mon Cher Epoux ;

A Madame KANEZA Bélyse ;

A mes frères et sœurs ;

A mes neveux et nièces ;

A tous mes amis et connaissances ;

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, mes remerciements s'adressent à toute l'équipe pédagogique de l'Université du Burundi et les intervenants professionnels responsables du Master en Science et Gestion Intégrée de l'Environnement, pour la formation intellectuelle qu'ils m'ont donnée. Je remercie en particulier Prof. SIBOMANA Claver, pour avoir accepté de diriger ce mémoire avec dévouement, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

Je remercie également Monsieur NDAYIZEYE Liévin Chercheur à l'OBPE et expert national des mouches des fruits, pour m'avoir soutenue scientifiquement dans l'identification des échantillons et dans la correction de la première version de ce mémoire. Son assistance a été d'une grande importance. Mes remerciements vont également à tout le personnel de l'OBPE précisément celui du Service Recherche en Biodiversité pour son appui technique.

Je tiens également à remercier ma famille, particulièrement mon époux qui a accepté mon inscription au programme de Master et qui m'a soutenue durant toute la période ainsi qu'à mes deux fils pour avoir été sages malgré mon absence à la maison.

A toutes les personnes qui m'ont aidé, de près ou de loin, jusqu'à l'aboutissement de ce travail, surtout mes camarades de classe en Master de Science et Gestion Intégrée de l'Environnement, je témoigne ma gratitude et je dis merci du fond du cœur.

MANIRAKIZA Odette

RESUME

Cette étude a été menée pour contribuer à l'amélioration de la production des fruits en général et de la mandarine en particulier au Burundi. Spécifiquement, il s'agissait d'identifier les espèces de mouches des fruits ravageurs de la mandarine, évaluer le niveau d'infestation et déterminer le niveau de perte enregistré suite aux dégâts causés par ces mouches des fruits dans la région de l'Imbo. Pour y parvenir, la récolte des fruits a été effectuée dans six sites (Kizuka, Rutumo, Minago, Gikungu, Cibitoke et Cibitoke T5[1]) pour être incubés. A l'issue de l'incubation, les mouches des fruits devenues matures ont été capturées, comptées et identifiées. Comme résultats, une seule espèce *Bactrocera dorsalis* a été identifiée comme ravageur de la mandarine dans tous les sites échantillonnés avec des proportions différentes au niveau des sites, soit 40,88% des individus dans le site Kizuka, 21,41% dans le site Rutumo, 16,79% dans le site Minago, 9,49% au site Cibitoke, 9% au site Gikungu et 2,43% au site Cibitoke T5. Le taux d'infestation trouvé dans notre zone d'étude est de 7,52 mouches/kg de mandarines tandis que les pertes sont estimées à 25,88% des récoltes. La comparaison des vergers pulvérisés et celles non pulvérisés nous a montré que l'utilisation de l'insecticide n'est pas totalement efficace. Elle permet de réduire 16,31% des attaques par *Bactrocera dorsalis*, néanmoins cette pratique est nuisible pour l'homme et son environnement. Il est ainsi nécessaire de poursuivre cette étude afin d'identifier d'autres plantes hôtes de *Bactrocera dorsalis* pour amorcer une lutte efficace contre ce ravageur.

Mots clés : *Bactrocera dorsalis*, infestation, mandarine

[1] Cibitoke T5 : site localisé à la 5ème Transversale dans la province Cibitoke

SUMMARY

This study was conducted to contribute to the improvement of the production of fruits in general and mandarins in particular in Burundi. Specifically, the aim was to identify the species of mandarin pest fruit flies, assess the rate of infestation and determine the rate of loss recorded following the damage caused by these fruit flies in the Imbo region. To achieve this, fruit harvesting was carried out in six sites (Kizuka, Rutumo, Minago, Gikungu, Cibitoke and Cibitoke T5) to be incubated. At the end of the incubation, the mature fruit flies were captured, counted and identified. As results, a single Bactrocera dorsalis species was identified as a mandarin pest in all the sites sampled with different proportions at the site level, 40.88% of individuals in the Kizuka site, and 21.41% in the Rutumo site. , 16.79% at the Minago site, 9.49% at the Cibitoke site, 9% at the Gikungu site and 2.43% at the Cibitoke T5 site. The rate of the infestation found in our study area is 7.52 flies/kg of mandarin's fruit while the losses are estimated at 25.88% of harvests. The comparison of sprayed and non-sprayed orchards showed us that the use of insecticide is not totally effective. It reduces 16.31% of attacks by *Bactrocera dorsalis*, however this practice is harmful to humans and their environment. It is therefore necessary to continue this study in order to identify other host plants of Bactrocera dorsalis to initiate an effective fight against this pest.

Key words: Bactrocera dorsalis, infestation, mandarin

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**

DEDICACE ..... **ii**

REMERCIEMENTS ..... **iii**

RESUME ..... **iv**

SUMMARY ..... **v**

TABLE DES MATIERES ..... **vi**

LISTE DES FIGURES ..... **ix**

LISTE DES TABLEAUX ..... **x**

SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **xi**

AVANT-PROPOS ..... **xii**

INTRODUCTION **1**

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA MANDARINE ET LES MOUCHES DES FRUITS **4**

I.1. Généralités sur la mandarine **4**

I.1.1 Origine et historique de la mandarine 4

I.1.2. Classification botanique du mandarinier 4

I.1.3. Description botanique du mandarinier 5

I.1.4. Principaux ravageurs 6

I.1.5. Normes des fruits d'exportation 7

I.2. Mouches des fruits 8

I.2.1. Systématique des mouches des fruits 8

I.2.2. Morphologie des mouches des fruits 8

I.2.3. Cycle biologique et dégâts sur les cultures 9

I.2.4. Ecologie 10

I.2.5. Techniques de lutte contre les Tephritidae 11

I.2.6. Etat des lieux des mouches des fruits dans le monde 13

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES 14

II.1. Présentation de la zone d'étude 14

II.1.1. Milieu d'étude 14

II.1.2. Situation géographique 14

II.1.3. Pédologie 17

II.1.4. Climatologie 17

II.1.5. Aspect socio-économique 17

II.1.6. Végétation 17

II.2. Collecte des données 18

II.2.1. Matériel utilisé lors de la récolte des fruits 18

II.2.2. Matériel utilisé au laboratoire lors de l'incubation des fruits 18

II.2.3. Cueillette des fruits 18

II.2.4. Incubation des fruits 19

II.2.5. Récupération des mouches des fruits émergées. 20

II.2.6. Identification des mouches 20

II.2.7. Analyse et traitement des données 20

II.2.7.1. Logiciels utilisés 20

II.2.7.2. Taux d'infestation (TI) 20

II.2.7.3. Proportion des dégâts 20

CHAPITRE III. PRESENTATION, ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS. 21

III.1. Présentation et analyse des résultats 21

III.1.1. Diversité spécifique des mouches des fruits dans les sites d'étude 21

III.1.2. Répartition des Tephritidae selon la localisation du fruit au moment de la récolte 22

III.1.3. Evaluation des dégâts 23
III.1.3.1. Estimation du taux d'infestation 23
III.1.3.2. Proportion des dégâts 25
III.1.4. Proportion des fruits infestés selon les types de traitements 27
III.2. Discussion des résultats 28
III.2.1. Diversité spécifique des mouches des fruits dans la zone d'étude 28
III.2.2. Niveau d'infestation de la mandarine dans les sites d'étude 29
III.2.3. Niveau des dégâts 30
III.2.4. Importance de traitements 30
CONCLUSION, PERSPECTIVES, RECOMMANDATIONS ET PROBLEMES RENCONTRES 31
BIBLIOGRAPHIE 33
ANNEXES 39

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Arbre de *Citrus reticulata* à Kizuka 5

Figure 2: Morphologie d'une mouche des fruits..... 9

Figure 3: Cycle de développement des espèces de Tephritidae coprophages..... 9

Figure 4: Carte de la localisation géographique des sites de collecte des données……..16

Figure 5: Disposition des boîtes d'incubation sur les étagères au laboratoire de l'OBPE 19

Figure 6: Comparaison de l'abondance relative de *Bactrocera dorsalis* par site..... 21

Figure 7: Abondance relative de *Bactrocera dorsalis* selon la localisation du fruit au moment de la récolte..... 22

Figure 8: Abondance de *Bactrocera dorsalis* par site et selon la localisation du fruit au moment de la récolte..... 23

Figure 9: Taux d'infestation par site..... 23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage 15

Tableau 2: Nombre de *Bactrocera dorsalis* obtenu selon la localisation du fruit au moment de la récolte 21

Tableau 3: Taux d'infestation par site et selon la localisation du fruit au moment de la récolte 24

Tableau 4: Proportion de dégâts sur le total des fruits échantillonnés 25

Tableau 5: Proportion des dégâts sur les fruits cueillis 26

Tableau 6: Proportion des dégâts sur les fruits ramassés 26

Tableau 7: Proportion des fruits infestés selon le type de traitement 27

SIGLES ET ABREVIATIONS

Aw4S	: Climat tropical humide de type A, avec 4 mois de saison sèche dans l'hémisphère Sud selon la classification climatique de Köppen.
BAD	: Banque Africaine de Développement
CEE	: Communauté économique européenne
CIRAD	: Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
CNTA	: Centre National de Technologie Alimentaire
CTA	: Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale
Ctifl	: Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes
DOM	: Départements d'Outre-mer
FAO	: Food and Agriculture Organization
FDGDON	: Fédération Départementale de Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles de la Réunion
FFV	: La Fédération française de voile
ICIPE	: Centre International de Physiologie et d'Ecologie des Insectes
IAEA	: International Atomic Energy Agency
MEEATU	: Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme
MINAGRIE	: Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
NIMP	: Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires
OBPE	: Office Burundais pour la Protection de l'Environnement
PRGE	: Programme National de Renforcement des Capacités de Gouvernance Economique
SGCP	: Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique
T5	: 5ème Transversale
UE	: Union Européenne
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée dans le cadre des travaux de fin d'études universitaires de Master en Sciences et Gestion Intégré de l'Environnement dans l'option de Gestion des Ressources Naturelles à l'Université du Burundi. Elle porte sur l'étude de l'infestation de la mandarine par les mouches des fruits (DIPTERA : TEPHRITIDAE) dans la plaine de l'IMBO. Le choix de ce sujet de recherche est venu du constat que la production des agrumes surtout de la mandarine est menacée par les attaques des mouches des fruits de la famille des Tephritidae dans cette région.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la production des agrumes en général et de la mandarine en particulier au Burundi. Spécifiquement, elle cherche à identifier les mouches des fruits infestant les mandariniers dans la plaine de l'Imbo, à évaluer le niveau d'infestation des mandariniers dans les vergers et à évaluer la proportion des fruits infestés selon les types de traitements.

La récolte des fruits a été effectuée dans six sites (Kizuka, Rutumo, Minago, Gikungu, Cibitoke et Cibitoke T5[2]) pour être incubés. L'identification des mouches des fruits ravageurs de la mandarine peut donner des orientations aux décideurs sur le choix des stratégies et des méthodes phytosanitaires qui conviennent dans leur éradication au Burundi.

[2] Cibitoke T5 : site localisé à la 5ème Transversale dans la province Cibitoke

INTRODUCTION

Les fruits sont des éléments importants dans l'alimentation humaine. Ils sont riches en potassium, en nitrates, en carbone, en fer, en phosphore et en vitamines A, B et C. La culture des fruits est l'un des secteurs les plus dynamiques de l'agriculture en Afrique procurant des revenus et des emplois aux agriculteurs et à ceux qui travaillent dans la chaîne de commercialisation (Ekesi et Billah, 2007). Par exemple, en 2007, le premier exportateur africain des fruits a été l'Afrique du sud avec une valeur de 2 829 403 $ en 2007, Maroc vient en deuxième lieu avec une valeur de 2 189 168 $ (BAD, 2015). Au Burundi cette valeur a atteint 60 millions de $ en 2005 (Banque Mondiale, 2008).

Comme d'autres fruits, les agrumes constituent les produits d'exportation mais aussi une source d'emplois. Ils subissent une transformation en divers dérivés tels que les jus et les confitures (Loussert, 1989). Les huiles essentielles des agrumes possèdent une activité antifongique de l'ordre de 100% d'inhibition de la croissance mycélienne, notamment pour l'orange amère (*Citrus aurantium*), le citron (*Citrus limon*) et la mandarine (*Citrus reticulata*) (Hamdani et Allen, 2015). L'horticulture des agrumes a été la première production fruitière mondiale en 2013 avec plus de 135 millions de tonnes, dont plus de 28 millions pour la mandarine seulement (FAO, 2015).

Malgré l'importance des fruits, partout dans le monde, leur production est menacée par des mouches des fruits de la famille des Tephritidae (Rwomushana et al. 2008), insectes nuisibles aux fruits et les rendant impropres à la consommation et donc à la commercialisation (Norrbom et al. 1999).

Les mouches des fruits constituent un groupe d'organismes nuisibles de grande importance aux cultures fruitières pour de nombreux pays (FAO, 2015). Leur prolifération provoque des conséquences directes sur les récoltes et des pertes sur les marchés d'exportation des fruits dues aux restrictions de quarantaine (Soubeyran, 2008).

La région de l'Imbo constitue la zone du pays la plus favorable aux agrumes notamment le mandarinier et ce dernier est parmi les cultures les plus importantes (CNTA, 2013).

La mandarine produite au Burundi est très appréciée dans la sous-région par la qualité de son jus (https://urlz.fr/li5v).

Au Burundi, les principales cultures fruitières sont l'avocatier (*Persea americana*), le manguier (*Magnifiera indica*), le maracuja (*Passiflora edulis* et *Passiflora flavocarpa*), l'ananas (*Ananas comosus*), la pastèque (*Citrullus lanatus*) et les agrumes notamment l'oranger (*Citrus sinensis*), le mandarinier (*Citrus reticulata*) et le citronnier (*Citrus limon*).

Le mandarinier obtient un bon rendement dans les plaines de basse altitude (700 à 1000m) (World Vegetable Center, 2019), avec les précipitations variantes entre 800 à 1 000mm par an, la température annuelle inférieure à 23^{o}C et la saison sèche inférieure à 7mois (MINAGRIE et FAO, 2013).

Malgré l'importance économique et la bonne production de la mandarine au niveau national et en particulier dans la région de l'Imbo, les résultats des recherches antérieures ont montré que cette culture est menacée par les attaques de mouches des fruits notamment l'espèce *Bactrocera dorsalis* (Ndayizeye, 2015 et Ndayizeye et al. 2017). L'utilisation des produits phytosanitaires pour faire face à cet insecte ravageur pourrait contribuer à préserver les récoltes. Selon ISTEEBU (2018), la non-maitrise des produits phytosanitaires par les agriculteurs et leurs coûts élevés constituent des barrières. Cependant, des taux d'infestations élevés de la mandarine sont observés surtout causés par *Bactrocera dorsalis* (Ndayizeye et al., 2017), engendrant ainsi des pertes en rendement.

Des études déjà réalisées au Burundi sur l'infestation de la mandarine par les mouches des fruits restent très limitées, tenant compte seulement d'une partie de la région de l'Imbo : la ville de Bujumbura (Ndayizeye, 2015 et Ndayizeye et al., 2017). C'est ainsi que des études supplémentaires sur les mouches des fruits infestant la mandarine dans la région de l'Imbo restent nécessaires. Comme cette région fournit le marché national en particulier la ville de Bujumbura en mandarines, une bonne connaissance de l'infestation du mandarinier permettrait une amélioration des productions avec l'identification des espèces de mouches des fruits ravageurs et l'efficacité de méthodes phytosanitaires utilisées pour y faire face.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la production des agrumes en général et de la mandarine en particulier au Burundi. Spécifiquement, la présente étude cherche à : (i)identifier les mouches des fruits infestant les mandariniers dans la plaine de l'Imbo, (ii) évaluer le niveau d'infestation des mandariniers dans les vergers, (iii) évaluer la proportion des fruits infestés selon les types de traitements en vue de contribuer à la lutte efficace contre les ravageurs de la mandarine au Burundi.

Cette étude permettra également d’évaluer l’efficacité de l’utilisation fréquente d'insecticides dans le contrôle des mouches des fruits.

Le travail s’articule comme suit : Après l’introduction, le premier chapitre parle de l’état des connaissances sur les mouches des fruits et la mandarine, le deuxième chapitre décrit le milieu d’étude, les matériels et les méthodes utilisés, le troisième chapitre donne la présentation, l’analyse et la discussion des résultats. Ce travail se termine par une conclusion, des recommandations et des difficultés rencontrées.

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA MANDARINE ET LES MOUCHES DES FRUITS

I.1. Généralités sur la mandarine

I.1.1 Origine et historique de la mandarine

La mandarine est originaire du sud-est de l'Asie, de la Chine et du Japon. Elle ne sera importée en Europe et en Amérique qu'au XIXe siècle (https://vu.fr/rWKg). La mandarine a été cultivée depuis longtemps en Chine et au Japon. Bien qu'originaire du sud-est asiatique, elle est aujourd'hui très répandue sous les tropiques (Escartin et Cassan, 2008). Les mandarines sont cultivées dans toutes les régions tropicales, subtropicales et méditerranéennes où les sols ont une teneur en humidité suffisante avec des températures moyennes (Usman et Fatima, 2018).

I.1.2. Classification botanique du mandarinier

Le mandarinier appartient à la famille des Rutacea (Merrakchi et al. 2022). La famille des Rutacées comprend 3 genres : *Fortunella* (Kumquat), *Poncirus* (Oranger trifolié) et *Citrus* (majorité des agrumes) et une vingtaine d'espèces (Escartin et Cassan (2008).

La classification des agrumes selon Adjdir et Bensnoussi (2009) est la suivante :

Règne : Végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous-Embranchement: Angiospermes

Classe : Eudicotylédones

Sous-classe : Rosidés

Ordre : Géraniales

Famille : Rutaceae

Genre : Citrus

Espèce : *Citrus reticulata*

I.1.3. Description botanique du mandarinier

Le mandarinier est un arbre de taille variable, son port est plus érigé que d'autres types d'agrumes et présente de nombreux rameaux tombants à cause des branches longues (figure 1) (Escartin et Cassan, 2008).

Il est caractérisé par un feuillage dense, souvent épineux et par la présence de poches sécrétrices d'huile essentielle dans les feuilles et l'écorce du fruit (Merrakchi et al. 2022).



Figure 1: Arbre de *Citrus reticulata* à Kizuka (Manirakiza, 2022)

Nous décrivons dans les lignes qui suivent les différentes parties du mandarinier:

- **Feuille** : Les feuilles sont elliptiques ou lancéolées, étroites, brillantes, petites (6-3 cm) ; avec des marges dentelées et un pétiole très légèrement ailé. Les fleurs axillaires sont petites et blanches (Merrakchi et al., 2022). Elles sont simples, de 4 à 8 cm de longueur, unifoliées et denses. Les jeunes brindilles sont orientées vers le haut ; elles sont vertes, axillaires et unilatérales tandis que les brindilles et les branches plus anciennes sont de couleur terreuse (circulaire dans la section transversale) et multilatérale (Mackee, 1985) in Messaoudi et Gadi (2018).

- **Fleur** : Les fleurs sont petites et blanches, en bouquet (Escartin et Cassan, 2008). Elles ont entre 2 à 4 cm de diamètre, sont axillaires, parfumées, simples souvent parfaites (ayant les étamines et les pistils fonctionnels) et parfois staminées (comportant des étamines tout en étant dépourvues de pistils). Le calice est lobé, avec des glandes à essences aromatiques. Les étamines sont entre 20 et 40. Les pétales sont rougeâtres (Messaoudi et Gadi (2018).
- **Fruit** : Elle se distingue des fruits des autres espèces d'agrumes par sa peau relativement lâche et la facilité avec laquelle les segments peuvent être séparés. (Ministry of Agriculture en Inde, 2009). Le fruit est légèrement arrondi, aplati et déprimé en dessous, jaune ou orange à maturité, de petite taille (5-8 cm de diamètre) (Merrakchi et al. 2022). Comme pour d'autres agrumes, les fruits de la mandarine sont charnus, de type baie avec un péricarpe structuré en trois parties bien différenciées : l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe (Hamidi et Limam, 2018).

En général, la mandarine se conserve mal sur l'arbre (SGCP, 2005), elle a une saison de récolte courte. Si on la laisse trop mûrir sur l'arbre, elle est susceptible de se blesser pendant la cueillette et le transport et a une tendance plus élevée à gonfler. Par conséquent, le jus devient insipide et perd son acidité. Par conséquent, une récolte précoce et opportune est recommandée (Muhammad et Bilquees, 2018).

I.1.4. Principaux ravageurs

En plus des attaques des tephritidae (annexe 6 photos 6), les agrumes font face à l'infestation par les maladies cryptogamiques, bactériennes et virales suivantes (Hassani, 2003) :

- **Carie (*Polyporus divers*)** : c'est une maladie fongique qui s'attaque aux vieux bois à travers les plaies non cicatrisées ; l'emploi des produits désinfectants et protecteurs prévient facilement les ravages par cette maladie ;
- **Pourridié (*Phytophthora* spp.) :** cette maladie se déclenche dans les milieux très humides, le mycélium envahit toute la zone cambiale, arrêtant le flux de la sève, puis la mort de l'arbre.
- **Goinrnose**: elle est causée par un champignon du genre mildiou, qui provoque la pourriture de l'écorce et du cambium ;

- **Mal secco** : on reconnaît le mal secco par une coupe axiale des rameaux atteints : le jeune bois présente une zone orangée caractéristique des symptômes visibles à l'œil dont le dessèchement des rameaux, arrivant aux grosses branches puis la mort qui s'ensuit ;
- **Fumagine** : due à *Pleosphaera cifri* (Ana), elle est due à un champignon noir qui vit sur les matières sucrées exsudées par les feuilles. L'action nuisible se produit par une asphyxie des parties recouvertes ;
- **Tristeza** : c'est une maladie virale transmise par des insectes vecteurs tels que les pucerons, d'où la nécessité d'un porte greffe tolérant.

Les menaces observées chez le mandarinier dans notre zone d'étude sont : la milidiou des agrumes (annexe 5.1) et les épiphytes (annexe 5.2).

I.1.5. Normes des fruits d'exportation

Selon UE (2017), la Norme CEE-ONU FFV-14 concernant la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des agrumes vise les agrumes destinés à être livrées à l'état frais au consommateur, à l'exclusion des agrumes destinés à la transformation industrielle et comprend 5 dispositions à savoir :

a. **La qualité** : Les fruits sont de bonne qualité s'ils sont exempts d'une légère diminution de l'état de fraîcheur ou de turgescence et de légères altérations dues à leur évolution et à leur caractère plus ou moins périssable. Trois types de caractéristiques sont évaluées : les caractéristiques minimales, la maturité et la classification des fruits en trois catégories (Extra, Catégorie I et II) ;

b. **Le calibrage** : Le calibre est déterminé par le diamètre maximal de la section équatoriale du fruit ou par le nombre. Pour la mandarine le calibre minimal est 45mm ;

c. **Les tolérances** : À tous les stades de commercialisation, des tolérances de qualité sont de 5 % pour la Catégorie « Extra » et de 10 % catégorie I et II. Les tolérances en calibre admises dans chaque lot sont de 10 % au total pour toutes les catégories ;

d. **La présentation** : Le contenu de chaque colis doit être homogène et ne comporter que des agrumes de même origine, variété ou type commercial, qualité et calibre, et sensiblement de même degré de développement et de maturité. Les agrumes doivent être conditionnés de façon à assurer une protection convenable du produit ;

e. **Le marquage** : Chaque colis doit porter une étiquette lisible, indélébile et visible de l'extérieur.

I.2. Mouches des fruits

I.2.1. Systématique des mouches des fruits

La systématique des mouches des fruits est la suivante (Ouédraogo, 2007) :

Règne : Animal ;

Embranchement : arthropodes ;

Classe : Insectes ;

Ordre : Diptères ;

Sous ordre : Brachycères ;

Infra ordre : Muscomorpha;

Section (Division) : Schizophora;

Super famille: Tephritoidea;

Famille: Tephritidae.

I.2.2. Morphologie des mouches des fruits

Les mouches des fruits sont tous des diptères généralement colorées. Elles mesurent en général entre 3mm et 1cm. Le nom commun de mouches des fruits parfois utilisé pour les membres de cette famille, peut porter la confusion car ce nom est similaire pour les drosophiles. Contrairement à ces derniers, qui se nourrissent sur les fruits très mûrs ou en décomposition, les mouches Tephritidae, elles, s'attaquent aux fruits en parfaite condition (Trottin-Caudal et Zicot, 2013).

Au sein de cette famille, les adultes sont caractérisés par les critères morphologiques suivants (figure 2) (Delvare et Aberlenc, 1989) cité par Ouédraogo (2007):

- ailes presque toujours tachetées;
- présence d'ocelles;
- arista bien développée;
- nervure sous costale coudée à son extrémité;

- abdomen formé de 5 ou 6 segments visibles et se terminant chez la femelle par un ovipositeur.

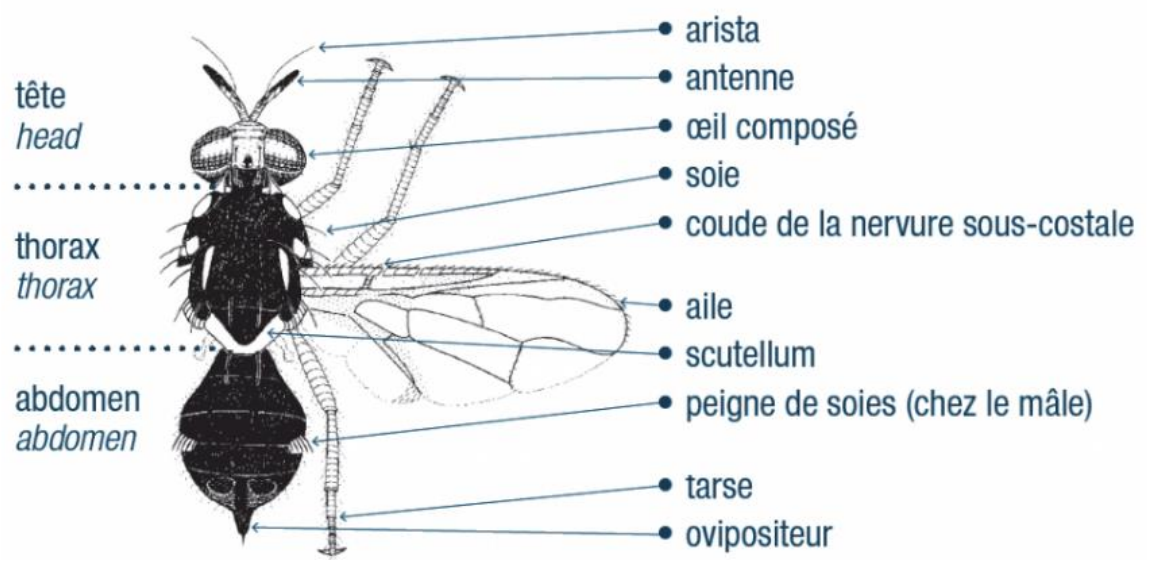


Figure 2: Morphologie d'une mouche des fruits

(https://www.agripedia.nc/conseils-techniques/productions-vegetales/sante-du-vegetal/les-mouches-des-fruits)

I.2.3. Cycle biologique et dégâts sur les cultures

Le cycle de développement des Tephritidae se déroule en plusieurs étapes (Figure 3).

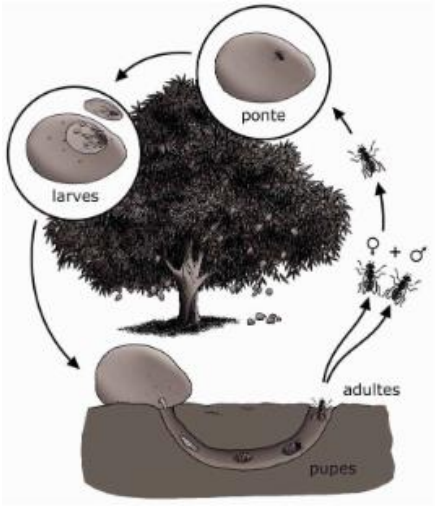


Figure 3: Cycle de développement des espèces de Tephritidae coprophages (CTA, 2007)

La durée de ces dernières diffère suivant les espèces, les conditions climatiques et le fruit-hôte (Ouédraogo, 2011). Le cycle commence par la ponte après l'accouplement dans le fruit et en utilisant l'ovipositeur pointu pour insérer les œufs sous l'épiderme à une profondeur de

2 à 5mm. Les œufs sont déposés par les femelles en lots de 3 à 8 en fonction de l'espèce (Ekesi et Billah, 2007).

Les œufs éclosent après 3 à 12 jours en fonction de la température. A l'intérieur des fruits, les asticots se développent en 3 stades. Le développement des larves accélère la maturation du fruit qui se détache et tombe au sol (CTA, 2013). Les asticots quittent le fruit pour s'enterrer dans le sol à une profondeur de 2 à 5 cm en dessous de la plante hôte. La pupe mesure entre 4 et 12 mm et ce stade dure entre 10 à 20 jours en fonction des conditions climatiques. L'adulte émerge après le stade pupe et monte à la surface du sol (Ekesi et Billah, 2007), et cherche rapidement à se nourrir afin d'initier une période de maturation sexuelle, de s'accoupler et de pondre (CTA, 2013). La durée moyenne du cycle de développement à 28°C est de 25 jours avec un taux de survie de 55% des œufs pondus qui atteignent le stade adulte. En fonction des hôtes, l'espérance de vie des adultes varie entre 40 et 90 jours (Ekesi et Billah, 2007).

Les dégâts des Tephritidae sur les cultures sont de deux catégories :

- D'une part les dégâts directs caractérisés par les piqûres effectuées par leurs femelles qui pondent les œufs dans les fruits mûrs des plantes hôtes étant encore sur l'arbre, et dans certains cas sur des fruits immatures (Rwomushana et Tanga, 2016).

Les larves ou asticots se développent à l'abri des traitements, dans la chair du fruit en creusant des galeries (Ekesi et Billah, 2007).

- D'autre part les pertes indirectes dues aux mesures de quarantaine, imposée par les pays importateurs pour empêcher l'introduction sur le sol des mouches des fruits (Ekesi et Billah, 2007).

I.2.4. Ecologie

Plusieurs facteurs, aussi bien biologiques qu'environnementaux, peuvent influencer la distribution spatio-temporelle des populations de mouches des fruits. Ils affectent directement ou indirectement les taux de survie et de développement des différentes phases du cycle et la fécondité des femelles. Parmi ces facteurs, les plus importants sont la température, l'humidité (facteurs abiotiques) et la disponibilité des ressources alimentaires (plantes hôtes).

Les ennemis naturels et la compétition inter et intra spécifique peuvent aussi être importants dans certaines circonstances (Ouédraogo, 2011).

I.2.5. Techniques de lutte contre les Tephritidae

Les stratégies de lutte contre les mouches des fruits peuvent supposer le recours à plus d'une méthode phytosanitaire telle que définit dans NIMP 26 par la FAO (2015) :

1. **Lutte mécanique et lutte culturale** : ces deux méthodes sont utilisées pour réduire les populations des mouches des fruits. Il s'agit de l'assainissement des vergers et des champs, l'élagage, la suppression des végétaux hôtes ou la pose de filet sur ces végétaux, l'emballage des fruits, l'établissement de périodes d'absence d'hôtes, l'emploi de variétés résistantes, la plantation de cultures pièges et le labour.
2. **Technique d'application d'un appât insecticide** : consiste à employer un insecticide adapté mélangé à un appât alimentaire. Les appâts alimentaires couramment utilisés sont notamment des attractifs, tels que des protéines hydrolysées, des sirops à forte teneur en fructose et des mélasses, employés seuls ou combinés. Cette technique constitue un moyen de lutte efficace contre les populations de mouches des fruits adultes et réduit les effets négatifs sur les insectes non visés et sur l'environnement.

Il existe deux techniques d'application :

- **Application depuis le sol** : habituellement, l'appât insecticide est appliqué depuis le sol lorsqu'il s'agit de zones de production relativement peu étendues, notamment des vergers individuels ou de zones urbaines.
- **Application par voie aérienne** : l'appât insecticide peut être appliqué par voie aérienne lorsqu'il s'agit de vastes zones de production ou de zones où les hôtes forment des îlots éparpillés sur de grandes étendues de terre.

3. **Stations d'appâtage :** une méthode de lutte plus respectueuse de l'environnement que la technique de l'application d'un appât insecticide. Les stations d'appâtage se composent d'un attractif et d'un agent insecticide qui peuvent être contenus dans un dispositif ou être directement appliqués sur une surface adaptée. À la différence des pièges, les stations d'appâtage ne retiennent pas les mouches des fruits qui ont été attirées.
4. **La technique d'élimination des mâles (Male Annihilation Technique)** : est une méthode qui consiste à déployer une forte densité de stations d'appâtage composées d'un leurre pour mâles associé à un insecticide, afin de réduire la population de mâles de

mouches des fruits visées à un niveau si faible que la reproduction est quasiment impossible ;

5. **Piégeage de masse** : le piégeage de masse consiste à déployer une forte densité de systèmes de piégeage pour supprimer les populations de mouches des fruits. Les pièges doivent être placés dans le lieu de production des fruits en début de saison, lorsque les premières mouches adultes arrivent dans le champ et que les populations sont encore numériquement faibles, et ils doivent être entretenus comme il convient. La densité des pièges dépend de facteurs tels que la densité de mouches des fruits, le stade physiologique des mouches des fruits, l'efficacité de l'attractif, de la substance insecticide, la phénologie de l'hôte et la densité d'hôtes. Le moment de l'installation, la répartition des pièges et leur déploiement doivent être déterminés par les données relatives à l'écologie de l'espèce de mouche des fruits visée et de l'hôte.
6. **Technique de l'insecte stérile : l**a technique de l'insecte stérile (TIS) cible une espèce donnée et est respectueuse de l'environnement. Elle peut permettre de lutter efficacement contre les populations de mouches des fruits visées (FAO, 2015). Elle peut être utilisée pour :
   - la suppression: pour réduire les populations et les maintenir à un faible niveau ;
   - l'enrayement: la technique efficace pour contrôler les zones qui sont en grande partie exemptes de mouches des fruits (telles que des zones tampons) mais qui font régulièrement l'objet d'incursions d'organismes nuisibles venus de zones infestées adjacentes.
7. **Contrôle des mouvements d'articles réglementés** : consiste à empêcher l'entrée des mouches des fruits visées dans la zone exempte à travers les échanges des produits commerciaux.
8. **Lutte biologique** : est un moyen de lutte qui fait appel aux ennemis naturels des ravageurs pour maintenir la densité du ravageur au-dessous des niveaux dommageables. Il existe deux types d'ennemis naturels : les prédateurs qui se nourrissent de leurs proies et les parasitoïdes qui se développent au détriment de leurs hôtes (Koudjil M, 2020).

I.2.6. Etat des lieux des mouches des fruits dans le monde

La famille des Tephritidae regroupe 4000 espèces dans le monde dont 250 se développent dans les fruits frais et causent d'importants dégâts aux productions fruitières et maraîchères (Mille, 2010), les autres se développent aux dépens des feuilles, tiges, fleurs ou racines (White et Elson-Harris, 1992).

En Afrique, on compte environ 950 espèces et 150 genres de mouches des fruits (White et Goodger, 2009). Les Tephritidae comprennent des espèces très diverses capables d'attaquer de très nombreux hôtes (Fletcher et Prokopy, 1991).

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Présentation de la zone d'étude

II. 1.1. Milieu d'étude

La présente étude a été effectuée dans la région de l'Imbo la plus productrice des fruits de la mandarine au Burundi. L'utilisation d'insecticide a été aussi considérée ainsi que la période de fructification, des mandariniers ayant des fruits se trouvant encore sur l'arbre à partir du mois de mai ont été considérés. A cette période, les vergers de la ville de Bujumbura n'avaient plus de fruits.

Au total 6 sites d'échantillonnage ont été choisis dans la plaine de l'Imbo :

- trois sites situés dans la zone urbaine et dans lesquels la pulvérisation d'insecticide étaient régulièrement effectuée : le site Gikungu de la ville Bujumbura, les sites Cibitoke et Cibitoke T5 de la province Cibitoke en Commune Rugombo. Dans la province Cibitoke, la production des fruits n'est pas élevée et les fruits qui tombent sont directement ramassés par des enfants avant leur décomposition ;
- trois sites situés dans le milieu rural en province Rumonge: Kizuka, Minago et Rutumo. Ces sites sont localisés sur le bord du lac Tanganyika. Les fruits sont produits en grande quantité et restent plusieurs mois sur les arbres sans être récoltés. Les fruits qui tombent ne sont pas ramassés et se décomposent par terre. Ces sites ne subissent aucun traitement à base d'insecticide.

Tous les six sites sont situés près de ménage et mélangés avec d'autres plantes fruitières : manguier bananier, avocatier, orangers, citronniers, papayers et le palmier à huile etc…

II.1.2. Situation géographique

Notre zone d'étude est la plaine de l'Imbo, elle se situe entre le lac Tanganyika à l'ouest et au sud, elle est également localisée à l'Est et au Nord-est des contreforts de Mirwa. La plaine de l'Imbo est constituée au nord par de vastes étendues drainées par la Rusizi et au sud par la mince plaine côtière le long du lac Tanganyika (MEEATU, 2013a). Notre zone d'étude se trouve dans la région naturelle la plus basse en altitude et la plus occidentale du Burundi

(Figure 4). Les coordonnées géographiques de chaque site d'échantillonnage ont été reportées dans le tableau 1.

Tableau 1: Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage

SITES	Latitude	Longitude	Altitude(m)
Minago	3°48'17.19"S	29°20'49.76"E	787
Rutumo	3°44'07.30"S	29°19'44.13"E	838
Kizuka	3°53'24.13"S	29°23'20.52"E	784
Cibitoke TR5	2°51'30.57"S	29°06'11.11"E	916
Cibitoke	2°53'30.35"S	29°07'35.06"E	929
Gikungu	3°22'10.10"S	29°23'54.37"E	913



Figure 4: Carte de la localisation géographique des sites de collecte des données (Manirakiza, avril 2023)

II.1.3. Pédologie

La plaine occidentale occupe 7% de la superficie terrestre du Burundi (MEEATU, 2013b). On distingue deux systèmes séparés par une discordance et antérieures au groupe du Katanga à savoir le Rusizien, plus ancien, et le Burundien plus récent, correspondant respectivement aux anciens « groupe de la Rusizi » et « groupe de l'Urundi » (Gérard et Leperson, 1964, cité par Lewalle 1972).

Le Rusizien est constitué des schistes gneiss, micaschistes et quartzites très métamorphiques. Le Burundien est constitué de schistes, arkoses et quartzites grossiers, un peu moins métamorphiques. Le fond du graben est caractérisé par des sols alluvionnaires. Ces terres sont riches en éléments minéraux comme le Ca, Mg, Na et K ; par endroits se forment même des efflorescences salines (Lewale, 1972).

II.1.4. Climatologie

La plaine de la Rusizi jouit d'un climat tropical de type Aw4S dans la classification de Köppen: la température moyenne annuelle est de l'ordre de 23,2^{o}C et pendant quatre mois (juin, juillet, août et septembre) les précipitations mensuelles restent inférieures à 50 mm (Reekmans, 1980). La période d'échantillonnage pour cette étude correspond à la saison sèche et aucun millimètre de précipitation n'a été enregistré.

II.1.5. Aspect socio-économique

La région de l'Imbo se distingue surtout par son caractère nettement différent des autres régions, en ce qui concerne le niveau d'éducation, la fécondité, la contraception et les soins médicaux pour la mère. Elle est l'une des régions les plus densément peuplées du pays. L'agriculture comprend par ordre d'importance le riz cultivé essentiellement dans la partie nord et le palmier à l'huile prédominant dans le sud de la plaine de l'Imbo. L'économie extra agricole est rendue dynamique par la présence de la capitale économique Bujumbura et les villes de Rumonge et Cibitoke (MEEATU, 2013a).

II.1.6. Végétation

La plaine de l'Imbo est caractérisée par la culture du riz, du palmier à huile, du coton, de la canne à sucre et d'autres plantes vivrières comme la patate douce, le haricot, le maïs, le sorgho, le manioc, la banane, l'arachide, les fruits et les légumes.

On y trouve également la végétation naturelle des jardins publics, des arboreta, du parc national de la Rusizi et des jardins à l'intérieur des parcelles (MEEATU, 2013a).

II.2. Collecte des données

II.2.1. Matériel utilisé lors de la récolte des fruits

La cueillette des fruits se trouvant sur les mandariniers se faisait à la main, puis mise dans des sachets pour la conservation et le transport suivant le type de fruits et les sites d'échantillonnage.

II.2.2. Matériel utilisé au laboratoire lors de l'incubation des fruits

- Récipient pour l'incubation des fruits ;
- Sable pour faciliter la pupaison ;
- Tamis pour éliminer le sable de grand calibre ;
- Tissus pour créer l'obscurité dans le récipient d'incubation ;
- Petits bocaux pour la conservation des insectes émergés des fruits ;
- Alcool à 70% pour éviter la pourriture des spécimens de mouches capturées ;
- Pince pour faciliter la manipulation de l'échantillon ;
- Un GPS de type Garmin a été utilisé pour géolocaliser les sites ;
- Balance électrique sensible pouvant mesurer les poids faibles (de 1g à 5kg.)

II.2.3. Cueillette des fruits

Les fruits ont été récoltés dans les vergers de mandarinier de mai à juillet 2022. Les fruits choisis étaient de préférence de la même taille, mûrs ou au début de la maturation. En plus, les fruits récemment tombés sous les arbres ont également été collectés.

Pour chaque site, le choix de l'arbre se faisait au hasard et la quantité des échantillons était principalement déterminée par la disponibilité des fruits. Comme les mandarines mûrissent en même temps et sont dans la plupart des cas récoltés immédiatement, le nombre de fruits échantillonnés pour chaque site n'était pas le même.

Après la récolte, chaque lot était étiqueté et emballé dans son propre sac plastique selon le verger. Après emballage, les fruits étaient transportés au Laboratoire du Service de Recherche en Biodiversité de l'OBPE, où ils étaient lavés, comptés, pesés et incubés.

II.2.4. Incubation des fruits

L'incubation est une méthode qui consiste à récolter les fruits mûrs et à ramasser tous ceux tombés afin de les mettre dans des boîtes au laboratoire pour faciliter l'émergence des espèces parasites des fruits. La méthode d'incubation est utilisée pour obtenir en bon état et en quantité des insectes qui s'observent rarement dans la nature (Leraut, 2003).

Au moment de l'incubation, chaque fruit était mis dans une boîte transparente constituée d'un bac en plastique rempli d'une couche de deux centimètres de sable humidifié qui sert de milieu de développement des pupes. Sur chaque boîte, nous avons mis l'étiquette comportant la date de collecte, le site, le type de fruit (cueilli ou ramassé), le poids, le numéro de fruits et le nom du collecteur. Ces boîtes avaient chacune un couvercle portant une partie conique avec un sommet troué mais bouché par une membrane poreuse de type moustiquaire

Enfin, les boîtes d'incubation étaient disposées sur une étagère, à l'abri des rayons directs du soleil. Elles étaient régulièrement surveillées pour capturer les individus adultes émergés (Ekesi et Billah, 2007). Les fruits ainsi incubés ont été gardés pendant 6 semaines dans les conditions ambiantes (Figure 5).



Figure 5: Disposition des boîtes d'incubation sur les étagères au laboratoire de l'OBPE (Manirakiza, 2022)

II.2.5. Récupération des mouches des fruits émergées.

Lorsque les mouches de fruit avaient atteint leur développement normal, on les voyait voler à travers le cône de la boîte d'incubation à la recherche de la lumière. A l'aide d'une pince, elles étaient capturées et placées dans des flacons contenant de l'alcool à 70%. Les bocaux étaient conservés pour attendre l'identification (Ekesi et Billah, 2007).

II.2.6. Identification des mouches

Les mouches des fruits obtenues après incubation des fruits ont été identifiées sur base de caractères morphologiques de la tête, du thorax, des ailes et de l'abdomen sous un stéréoscope de type Leica et en utilisant la clé de Ekesi et Billah (2007). Les collections de référence du laboratoire de l'OBPE ont été aussi utilisées à cet effet. Après identification, les adultes ont été conservés dans des tubes contenant de l'alcool à 70% l'enregistrement, puis les échantillons sont conservés au laboratoire de l'OBPE pour des recherches futures.

II.2.7. Analyse et traitement des données

II.2.7.1. Logiciels utilisés

Le tableur Excel 2010 de Microsoft office 2010 a été utilisé pour la saisie des données ainsi que la réalisation des différents graphiques, QGIS a servi pour la visualisation des sites.

II.2.7.2. Taux d'infestation (TI)

Le taux d'infestation également appelés taux d'attaque a été calculé en divisant le nombre de mouches adultes émergées par le poids total des fruits incubés (Cowley et al. 1992, Copeland et al. 2002).

TI=Nombre de mouches émergées/poids des fruits incubés (kg)

II.2.7.3. Proportion des dégâts

La proportion des dégâts a été calculée selon la formule de Clarke et al. (2005) :

Ie = (NFai x 100) / Fp : où **NFai** est le nombre de fruits de l'échantillon infesté par l'espèce i et **Fp** est le nombre total de fruits prélevés de l'échantillon (Ouédraogo, 2011). Cette proportion a été utilisée pour désigner l'importance économique des dégâts occasionnés par une espèce de Tephritidae donnée. Notons que dans notre étude, les fruits infestés sont ceux où l'incubation a permis l'émergence d'au moins une mouche des fruits.

CHAPITRE III. PRESENTATION, ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

III.1. Présentation et analyse des résultats

III.1.1. Diversité spécifique des mouches des fruits dans les sites d'étude

Pour les 6 sites échantillonnés, un total de 371 mandarines d'un poids total de 54.62 kg a été récolté. A l'issue de l'incubation, 411 individus de mouches de fruits appartenant à une seule espèce *Bactrocera dorsalis* ont été observés (Tableau 2).

Tableau 2: Nombre de *Bactrocera dorsalis* obtenu selon la localisation du fruit au moment de la récolte

Types de fruit	NF	P (kg)	NI
FC	214	31,74	171
FR	157	22,88	240
Total	**371**	**54,62**	**411**

FC : Fruits cueilli, **FR** : Fruits Ramassés, **NF** : Nombre de Fruit, NI : Nombre d'Individus et **P** : Poids

Les mouches des fruits étaient plus abondantes à Kizuka avec 168 individus (40.88%), 88 individus à Rutumo (21.41%), 69 individus à Minago (16.79%), 39 individus à Cibitoke, (9.49%), 37 individus à Gikungu (9%) et enfin 10 individus à Cibitoke T5 (2.43%) (Figure 6 et Annexe 2).

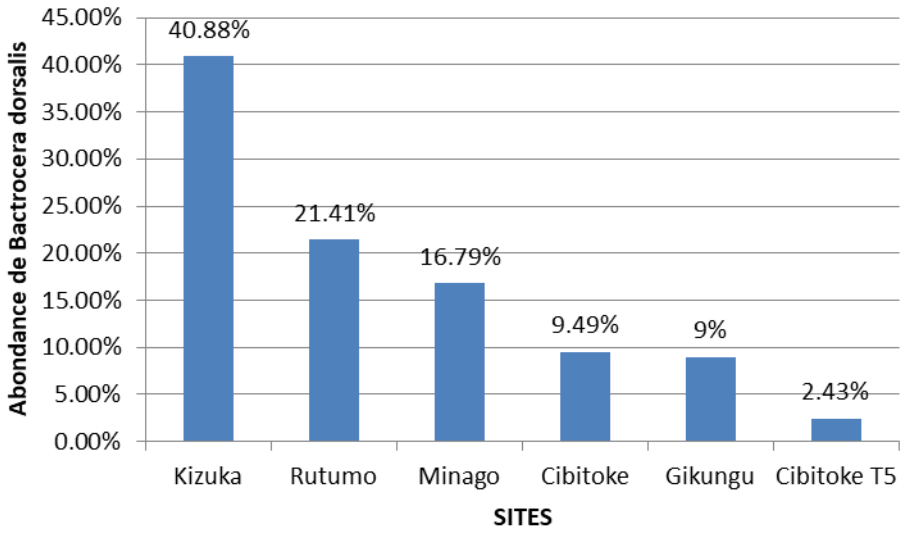


Figure 6: Comparaison de l'abondance relative de *Bactrocera dorsalis* par site

III.1.2. Répartition des Tephritidae selon la localisation du fruit au moment de la récolte

Dans notre zone d'étude, le nombre de mouches des fruits est plus élevé pour les fruits ramassés au sol que pour ceux cueillis sur les arbres. Sur 411 individus de *Bactrocera dorsalis,* 240 individus soit 58.39% ont émergé des fruits ramassés au sol alors que 171 individus de *cette espèce,* soit un pourcentage de 41.61% a émergé des fruits cueillis (Figure 7).

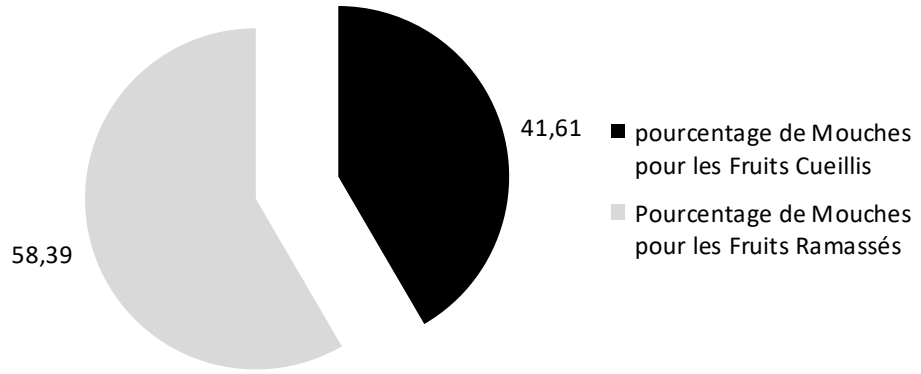
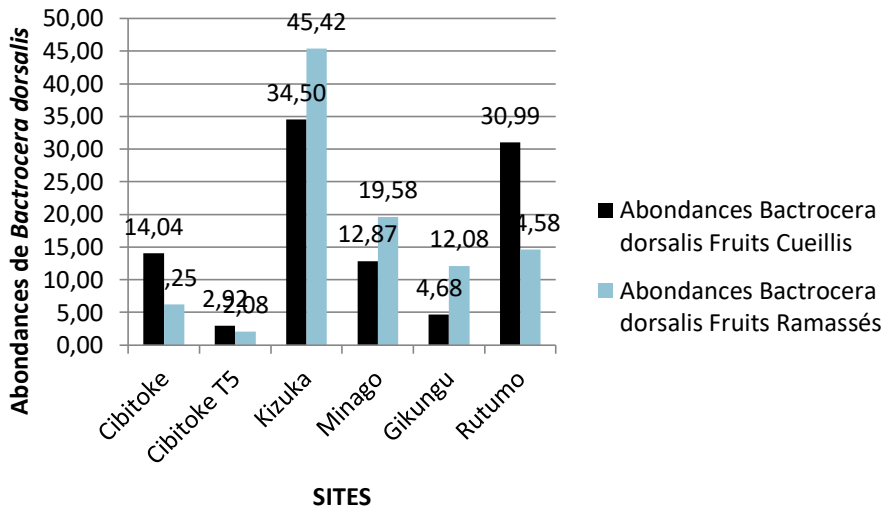


Figure 7: Abondance relative de *Bactrocera dorsalis* selon la localisation du fruit au moment de la récolte

En considérant les fruits ramassés au sol, sur les 240 individus le site Kizuka possède à lui seul 109 soit 45.42 %. Ensuite, vient le site Minago avec 47 (19.58%), puis le site Rutumo avec 35 individus (14.58%), suivi du site Gikungu avec 29 individus soit 12.08% et Cibitoke avec 15 (6.25%), en dernier lieu le site Cibitoke T5 avec 5 individus soit 2.08%.

Pour les fruits cueillis, le nombre d'individus de *Bactrocera dorsalis* est plus élevé pour les sites de Kizuka, Rutumo et Minago avec respectivement 59 ; 53 ; 22 individus soit 34.5%, 30,99%, 12.87%. Les sites, Cibitoke, Gikungu Cibitoke T5 sont représentés par un petit nombre d'individus avec respectivement : 24 individus (14.04%), 8 individus (4.68%) et 5individus (2.92%) (Figure 8 et annexe 1).



ABFC : Abondance de *Bactrocera dorsalis* dans les Fruits Cueillis, ABFR : Abondance de *Bactrocera dorsalis* dans des Fruits Ramassés

Figure 8: Abondance de *Bactrocera dorsalis* par site et selon la localisation du fruit au moment de la récolte

III. 1.3. Evaluation des dégâts

III.1.3.1. Estimation du taux d'infestation

Le calcul du taux d'infestation pour notre zone d'étude nous a donné un taux d'infestation de 7.52 mouches/kg de mandarines. Le niveau le plus élevé a été trouvé à Kizuka, à Rutumo et à Minago avec respectivement 18.03 ; 10.04 ; et 7.81mouches/kg de fruits. Les sites Cibitoke, Gikungu et Cibitoke T5 ont enregistré le plus bas niveau d'infestation, avec respectivement 4.30 ; 3.55 ; 1.21 mouches/ kg de fruits (Figure 9 et annexe 3).

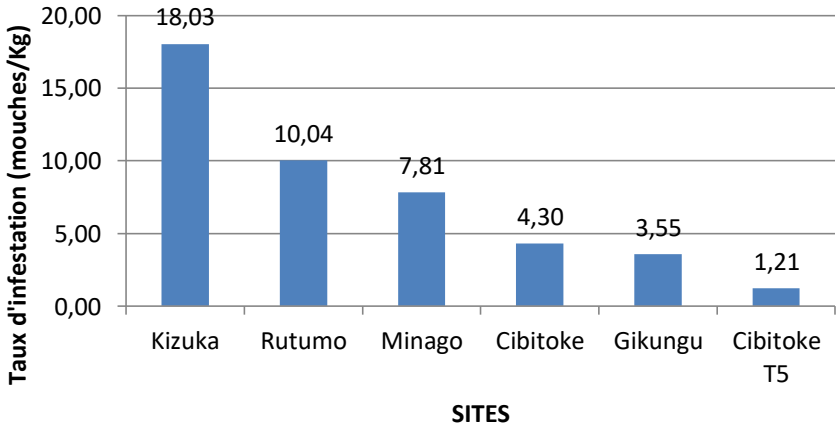


Figure 9: Taux d'infestation par site

Pour les fruits cueillis, le taux d'infestation est de 5.58 mouches/kg de mandarines. Le niveau d'infestation le plus élevé a été enregistré à Rutumo avec 13.28 mouches/kg, suivi de Kizuka 11.98 mouches/kg. Pour les sites Minago, Cibitoke, et Gikungu, les taux d'infestations étaient respectivement de 4.8 mouches par kg, 3.59 mouches par kg et 1.59 mouches par kg. Enfin, le taux d'infestation le plus bas a été observé à Cibitoke T5 avec 0.82 mouches/kg (Tableau 3).

Pour les fruits ramassés sur le sol, le taux d'infestation était de 10.49 mouches /kg de mandarines. Les sites qui ont enregistré le taux le plus élevé sont Kizuka avec 24.84 mouches/kg suivi de Minago avec 11.06 mouches/kg et Rutumo avec 8.10 mouches/kg. Les sites Cibitoke, Gikungu, Cibitoke T5 ont enregistré un taux d'infestations relativement moins élevé avec respectivement 6.26 mouches/kg, 5.38 mouches/kg, et 2.32 mouches/kg (Tableau 3).

Tableau 3: Taux d'infestation par site et selon la localisation du fruit au moment de la récolte

Types de fruits	**Sites**	**NFIS**	**P (kg)**	**NI**	**TI (mouches /kg)**
Fruits Cueillis	Rutumo	30	4,443	59	13,28
	Kizuka	33	4,923	59	11,98
	Minago	31	4,584	22	4,80
	Cibitoke	45	6,682	24	3,59
	Gikungu	34	5,03	8	1,59
	Cibitoke T5	41	6,079	5	0,82
Total 1		**214**	**31,741**	**177**	**5,58**
Fruits Ramassés	Kizuka	30	4,394	109	24,81
	Minago	30	4,251	47	11,06
	Rutumo	31	4,323	35	8,10
	Gikungu	36	5,387	29	5,38
	Cibitoke	16	2,395	15	6,26
	Cibitoke T5	14	2,159	5	2,32
Total 2		**157**	**22,874**	**240**	**10,49**

NFIS : Nombre de Fruit Incubés par Site, **P** : Poids, **NI** : Nombre d'Individu, **TI** : Taux d'infestation

III.1.3.2. Proportion des dégâts

Pour un total de 371 fruits échantillonnés, 96 fruits (soit 25.88%) étaient infestés. Le site le plus touché était Kizuka avec 30 fruits infestés sur 63 échantillonnés (soit 47.62%), puis le site Rutumo avec 17 fruits infestés sur 61 récoltés (soit 27.87%), le site Minago avec 16 fruits infestés sur 61 prélevés (soit 26.23%), le site Gikungu avec 17 fruits infestés sur 70 échantillonnés (soit 24.29%), le site Cibitoke avec 11 fruits infestés sur 61 échantillonnés (soit 18,03%), le site Cibitoke T5 avec 5 fruits infectés sur 55 récoltés (soit 9.09%) (Tableau 4).

Tableau 4: Proportion de dégâts sur le total des fruits échantillonnés

Sites	FE	FI	Pourcentage
Kizuka	63	30	47,62
Rutumo	61	17	27,87
Minago	61	16	26,23
Gikungu	70	17	24,29
Cibitoke	61	11	18,03
Cibitoke T5	55	5	9,09
Total	**371**	**96**	**25,88**

FI : Fruits Infestés, FE : Fruits échantillonnés (fruits cueillis + fruits ramassés)

En considérant les fruits cueillis sur les arbres, pour un total de 214 fruits, 45 fruits étaient infestés (soit 21,03%). Le plus de dégâts a été enregistré au site Kizuka avec 36.36% des fruits infectés suivis des sites Rutumo, Minago, Gikungu, Cibitoke et Cibitoke T5 avec respectivement 33.33%, 25.81%, 20.59%, 15.56% et 2.44% des fruits infectés **(**tableau 5**)**.

Tableau 5: Proportion des dégâts sur les fruits cueillis

Sites	**FC**	**FCI**	**Pourcentage**
Kizuka	33	12	36,36
Rutumo	30	10	33,33
Minago	31	8	25,81
Gikungu	34	7	20,59
Cibitoke	45	7	15,56
Cibitoke T5	41	1	2,44
Total 1	**214**	**45**	**21,03**

FCI : Fruit Cueilli Infesté

Pour un total de 157 fruits ramassés sur le sol, nous avons enregistré 51 fruits infestés (soit 32.48%). Le site le plus touché était Kizuka avec 18 fruits infestés sur 30 fruits ramassés (soit 60%), en deuxième lieux vient le site Cibitoke T5 avec 4 fruits infestés sur 14 récoltés, le site Gikungu vient en troisième lieu avec 10 fruits infestés sur 36 ramassés (soit 27.78%), le quatrième est le site Minago avec 8 fruits infestés sur 30 ramassés (soit 26.67%), en cinquième position vient le site Cibitoke avec 4 fruits infestés sur 16 ramassés (soit 25%), le site Rutumo vient en dernière position avec 7 fruits infectés sur 31 fruits ramassés (soit 22.58%) (Tableau 6).

Tableau 6: Proportion des dégâts sur les fruits ramassés

Sites	FR	FRI	Pourcentage
Kizuka	30	18	60
Cibitoke T5	14	4	28,57
Gikungu	36	10	27,78
Minago	30	8	26,67
Cibitoke	16	4	25
Rutumo	31	7	22,58
Total	**157**	**51**	**32,48**

FR : Fruit Ramassé, **FRI** : Fruit Ramassé Infesté

Selon la localisation du fruit au moment de la récolte, nous avons trouvé que 32.48% des mandarines ramassées sont infestées par *Bactrocera dorsalis* contre 25.88% des mandarines cueillies.

III.1.4. Proportion des fruits infestés selon les types de traitements

En considérant le nombre de fruits infestés par *Bactrocera Dorsalis*, d'une part les mandariniers qui ont subi un traitement à l'insecticide a présenté 17.74% des fruits infestés D'autre part, les mandariniers qui n'ont pas reçu de traitement à l'insecticide a enregistré 34.05% de fruits détruits. Ces résultats montrent que l'utilisation de l'insecticide a permis de réduire de 16.31% les infestations par *Bactrocera dorsalis* dans notre zone d'étude (Tableau 7).

En considérant le nombre d'individus de *Bactrocera dorsalis* obtenus par incubation de la mandarine provenant des vergers qui ont subi un traitement à l'insecticide, un total de 86 individus a été enregistré, soit 20.92%. Pour les mandariniers non pulvérisés, nous avons enregistré 325 individus soit 79.08% (Annexe 4).

Tableau 7: Proportion des fruits infestés selon le type de traitement

Traitement	**Sites**	**FP**	**FNI**	**FI**
	Gikungu	70	53	17
Pulvérisé	Cibitoke	61	50	11
	Cibitoke T5	55	50	5
Total 1		186	153	33
Pourcentage 1		**100**	**82,26**	**17,74**
Non pulvérisé	Kizuka	63	33	30
	Rutumo	61	44	17
	Minago	61	45	16
Total 2		185	122	63
Pourcentage 2		**100**	**65,95**	**34,05**
Effet par Insecticide (%)				**16,31**

FP : Fruits Prélevés**, FNI :** Fruits Non Infecté, **FI** : Fruits Infecté

III.2. Discussion des résultats

III.2.1. Diversité spécifique des mouches des fruits dans la zone d'étude

Bactrocera dorsalis était la seule espèce responsable des infestations observées sur les mandarines dans les 6 sites de notre zone d'étude. Nous avons collecté 417 individus après incubation. Nos résultats rappellent ceux de Ndayizeye (2015) qui a trouvé 98,18% de *Bactrocera dorsalis* après incubation des mandarines collectées en ville de Bujumbura. Nos résultats sont aussi proches de ceux de Hassani (2017) qui a enregistré 91% de *Bactrocera dorsalis* de toutes les mouches identifiées sur la mandarine aux Comores où il a indiqué que l'existence des fruits hôtes appropriés joue un rôle important dans l'abondance de cette espèce (Bateman, 1972). La présence presque exclusive de cette espèce parasite de fruits a également été trouvée dans d'autres études sur la mandarine (Nduwayo, 2012) et *Terminalia catappa* (Ndayizeye et Sibomana 2020).

L'infestation presque exclusive de la mandarine par *Bactrocera dorsalis* pourrait s'expliquer par le fait que cette mouche des fruits est la plus abondante dans la ville de Bujumbura (Ndayizeye et al. 2017). A noter que cette espèce est polyphage et peut infester plus de 40 espèces de plantes (Goergen et al. 2011). Dans la plaine de l'Imbo, la saison de la mandarine suit directement celle des mangues lesquels sont d'ailleurs leurs hôtes principaux (Ouédraogo, 2011). A la fin de la saison des mangues, ce ravageur est obligé de trouver d'autres hôtes alternatifs pour survivre (Karim et al., 2021) notamment la mandarine pour notre zone d'étude. De plus, Raga et al. (2004) expliquent que l'existence d'une grande diversité d'hôtes dont les fruits mûrissent en différentes saisons de l'année maintient la densité élevée de Tephritidae. Kienou (2017) soutient que l'existence des plantes hôtes de relais dans l'environnement, assure la prolifération de Tephritidae.

L'absence d'autres espèces de Tephritidae pourrait être expliquée d'une part par le fait que *Bactrocera dorsalis* est une espèce exotique abondante à l'ouest du Burundi (Ndayizeye et Sibomana 2020). Par son caractère agressif et compétitif, elle peut chasser d'autres espèces sur son hôte vers d'autres types de fruits (Quilici, 2004). En plus, le fait que notre étude s'est déroulée pendant la saison sèche seulement pourrait justifier l'absence d'autres espèces de Tephritidae.

En effet, selon Ouédraogo (2011), la dynamique des populations des mouches des fruits et leur composition interspécifique dépendent de plusieurs paramètres climatiques dont la température et l'humidité ; les sites échantillonnés se trouvent dans une même région écologique et l'incubation a été effectuée sur une seule espèce fruitière (le mandarinier).

III.2.2. Niveau d'infestation de la mandarine dans les sites d'étude

Notre zone d'étude a enregistré un taux d'infestation de 7.52 mouches/kg de mandarines. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par Hassani (2017) avec 34 mouches/kg aux îles Comores. Le niveau d'infestation obtenu dans notre étude sur les fruits cueillis représente la moitié de celui obtenu sur les fruits ramassés au sol : 5.58 mouches/kg contre 10.49 mouches. Brunet-Lecomte (2019) explique qu'il y a probablement augmentation de la quantité de piqûres en fonction du temps quand les fruits restent au sol. Le site Kizuka où le nombre de mandarinier est très élevé, pour cela les mandarines qui tombent peuvent rester longtemps sur le sol jusqu'à la décomposition complète des fruits a enregistré 18.03 mouches/kg de dégâts par rapport à Cibitoke T5 avec 1.21 mouches/kg. Sur ce dernier site, les fruits qui tombent sont directement ramassés par les enfants pour être consommés. Brunet-Lecomte (2019) ajoute que le taux d'infestation élevé pourrait être dû au fait que la plupart des fruits qui tombent au sol sont murs et par conséquent sont attirantes aux attaques des Téphritidae.

La localisation géographique de notre zone d'étude, dont l'altitude varie entre 784-929 m, est susceptible d'enregistrer un taux d'infestation aussi important. Selon Rwomushana et al. (2008) *Bactrocera dorsalis* est capable d'infester les fruits sur une plage d'altitude de 20 à 1 335 m au-dessus du niveau de la mer avec un taux d'infestation variant entre 1.1 à 652.8 mouches par kilogramme de fruits.

Une raison qui pourrait expliquer la vulnérabilité de la mandarine face à *Bactrocera dorsalis* est son épicarpe épais. Selon Kienou (2017) l'infestation des fruits par les Tephritidae augmente avec la faible épaisseur de l'épicarpe de ces fruits ce qui pourrait expliquer la facilité qu'a *Bactrocera dorsalis* à infester la mandarine.

III.2.3. Niveau des dégâts

Dans notre zone d’étude *Bactrocera dorsalis* est responsable de 25.88% de dégâts. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Hassani et al. (2022) qui ont enregistré un taux d’attaque de 34% aux Iles Comores. Les pertes élevées enregistrées à Kizuka seraient liées au manque d’entretien des vergers et à la non utilisation des produits phytosanitaires pour traiter les mandariniers. En effet, les vergers à l'abandon risquent de contenir plus d'hôtes susceptibles d'être infestés par les espèces de mouches des fruits FAO (2015).

III.2.4. Importance de traitements

Dans notre zone d’étude, les agriculteurs qui font la pulvérisation des mandariniers par des insecticides auraient réduit les dégâts à 16,31%. Selon ISTEEBU (2018) le non usage des produits phytosanitaires est lié à la méconnaissance de ces produits et leurs coûts élevés. Nos résultats montrent que, même les mandariniers traités avec les insecticides sont infectés. Le choix de l’insecticide et son usage pourraient être mise en cause.

Selon Ndiaye et al., (2021) pour éradiquer ce ravageur, il faut la combinaison de plusieurs méthodes de lutte**.** L’absence de méthodes de lutte appropriées pourrait justifier la présence permanente de ce ravageur même après le traitement chimique. Cependant, *Bactrocera dorsalis* a une capacité de vol très développée qui lui permet de se disséminer facilement et aussi de ré-infester rapidement les vergers après traitement (Vayssières et al. 2008). Nos résultats pourraient trouver une explication aussi dans le fait que l'efficacité de la lutte chimique diminue progressivement au cours du temps en raison du développement de la résistance chimique chez le ravageur (Dong et al., 2017).

CONCLUSION, PERSPECTIVES, RECOMMANDATIONS ET PROBLEMES RENCONTRES

Bien que quelques études sur les plantes hôtes des mouches des fruits aient déjà été menées dans notre zone d'étude. Ce travail apporte de nouvelles données qui permettent d'alimenter la base d'informations scientifiques déjà disponible sur les Tephritidae ravageurs de la mandarine à savoir :

- *Bactrocera dorsalis* le seul ravageur de la mandarine observé lors notre étude ;
- Le taux d'infestation élevé à Kizuka et moins élevé à Cibitoke T5 ;
- *Bactrocera dorsalis* est responsable de 25.88% de dégâts observés sur les fruits de la mandarine ;
- La pulvérisation permet de réduire de 16.31% des dégâts causés par *Bactrocera dorsalis*.

Le taux d'infestation enregistré dans notre zone d'étude n'est pas à négliger car la situation est alarmante, si on tient compte des niveaux d'infestations enregistrés ailleurs dans d'autres pays. En outre, comme la pulvérisation n'a pas complètement réussi à limiter les dégâts de ce ravageur dans notre zone d'étude, cette méthode n'est pas totalement efficace d'où il faut une combinaison de plusieurs méthodes de lutte énumérées au premier chapitre.

Notre étude devrait être poursuivie afin d'identifier le plus grand nombre possible de plantes hôtes issues des milieux agro-écologiques différents associés à l'espèce *Bactrocera dorsalis*. Elle serait aussi complétée par l'identification des espèces d'araignées pouvant être utilisées dans la lutte biologique contre les mouches des fruits.

A l'issue de cette étude, nos recommandations sont les suivantes :

Aux chercheurs de :

1. Mener des études sur les ennemis naturels de *Bactrocera dorsalis* qui pourraient se retrouver sur le territoire national afin de pouvoir les utiliser dans une lutte intégrée contre ce ravageur ;
2. Mener des investigations pour savoir quels types d'insecticides utilisés au Burundi et leur impact sur la composition chimique des fruits ;
3. Continuer l'inventaire des Tephritidae présents sur le territoire national afin de donner des orientations aux décideurs sur le choix des stratégies et des méthodes phytosanitaires qui conviennent dans leur éradication.

➢ Aux planteurs d'arbres fruitiers notamment les agrumes de :

1. Privilégier la monoculture dans les vergers fruitiers pour éviter la pérennisation des plantes hôtes attaquées par *Bactrocera dorsalis* ;
2. Faire la propreté dans leurs vergers ;

➢ Au gouvernement du Burundi de :

- Mettre en œuvre les méthodes de lutte proposées par la FAO dans la Norme Internationale pour les Mesures Phytosanitaires (NIMP 26) pour éradiquer *Bactrocera dorsalis* ;
- Contrôler les mouvements des produits susceptibles d'héberger des mouches des fruits au niveau des frontières.

Les problèmes rencontrés au cours de la réalisation de ce travail sont :

- La non-coopération de quelques agriculteurs de mandariniers pendant l'échantillonnage ;
- La consommation des fruits tombés à Cibitoke par les enfants d'où la récolte inégale des fruits par site ;
- Le temps consacré à la réalisation du mémoire était court.

BIBLIOGRAPHIE

1. Adjdir et Bensnoussi (2009) : *Bilan d'une Agrumeraie, cas de la ferme pilote Moussadek Abdelkader (Remchi Wilaya de Tlemcen)*. Mémoire d'ingénieur, Univ.Tlemcen, 81 p.
2. BAD (2015). *La sophistication des exportations des fruits, légumes et dérivés dans l'espace UEMOA*. Working paper series n° 224, 40p.
3. Bateman, M. A. (1972). *The ecology of fruit flies*. Annu. Rev. Entomol. 17 : 493-518.
4. Brunet-Lecomte C.M.M. (2019). *Evaluation du potentiel de leviers de gestion culturaux dans la lutte contre la mouche des fruits Bactrocera dorsalis (Hendel) sur manguier*. Mémoire de fin d'étude, Ecole Supérieure d'Agro-Développement International, La Réunion, 87p.
5. Clarke A.R, Armstrong K.F., Carmichael A.E., Milne J.R., Raghu S., Roderick G.K., Yeates D.K. (2005). *Invasive phytophagus pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: The Bactrocera dorsalis complex of fruit flies*. Annual Review of entomology, 50 293-319
6. CNTA (2013). *Situation générale de la production des fruits et des légumes au Burundi*. Policybrief, 3 pages.
7. Copeland RS, Wharton RA, Luke Q, De Meyer M. (2002). *Indigenous hosts of Ceratitis capitata (Diptera: Tephritidae) in Kenya*. Annals of the Entomological Society of America.; 95(6):672-694
8. Cowley M, Baker RT (1992). *Definition and Determination of Host Status for Multivoltine Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Species*. Journal of Economic Entomology.; 85(2):312-317
9. CTA (2007). *Comment lutter contre les mouches de la mangue*. Collection Guides pratiques du CTA, No 14, Wageningen, Pays-Bas 4 p
10. CTA (2013). *Comment lutter contre les mouches des fruits infestant les mangues ?* Collection Guides pratiques No 14. Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas.
11. Dong W., Wei D., Mingxing J., et Jinjun W., (2017). *Chapter 15: Oriental Fruit Fly Bactrocera dorsalis (Hendel).* Springer Science, Business Media, China, 287-283p.

12. Ekesi S., Billah M.K., (2007). *A field guide to the management of economically important tephritid fruit flies in Africa.* 2 nd edition. ICIPE Science Press ISBN: 92-9064-1797, Nairobi, kenya, 115p.
13. Escartin I. et Cassan A., (2008). *Guide des agrumes : Fondation d'entreprise pour la protection et la bonne utilisation du patrimoine végétal*. Institut Klorane. CIRAD – Montpellier, 20p.
14. FAO (2015). *Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires (NIMP 26)*: Établissement de zones exemptes de mouches des fruits (Tephritidae), 64p.
15. Fletcher B. S., et Prokopy R. J., (1991). *Host location and oviposition in tephritid fruit flies*. 139-171 pp.
16. Goergen G., Vayssières J.F., Gnanvossou D, et Tindo M. (2011). "*Bactrocera invadens (Diptera: Tephritidae), a New Invasive Fruit Fly Pest for the Afrotropical Region: Host Plant Range and Distribution in West and Central Africa,"* EnviroNIental Entomology 40(4), 844-854.
17. Hamdani F. Z. et Allen R. (2015). *Propriétés antifongiques des huiles essentielles des feuilles de Citrus vis-à-vis d'Alternaria alternata et Penicillium sp in vitro*. Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie. Phytothérapie DOI 10.1007/s10298-015-0978-3.
18. Hamidi F. et Limam F., (2018). *Etude phytochimique et pouvoir antioxydant de l'ecorse d'orange et de citron.* Mémoire de master en science alimentaires : Nutrition et pathologies, Université Abdelhamid Ibn, Algérie, 80p.
19. Hassani F. (2003). *Etude comparatives de l'infestation des trois variétés d'agrumes par la mouche méditerranéenne Ceratitis cosyra(wied) (diptera : Tephritidae) dans la région de Tlemcen.* Mémoire de magister à l'Université Abou Bekr Belkaid- Tlemsen, Algérie, 128p.
20. Hassani M.I. (2017). *Etudes écologiques des mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) nuisibles aux cultures fruitières aux Comores*. Ecologie, Environnement. Université de la Réunion, Français. NNT : 2017LARE0001ff. fftel-01761238.
21. Hassani M.I., Delatte H., Ravaomanarivo L.H.R., Nouhou S., Duyck P.F(2022). *Niche partitioning via host plants and altitude among fruit flies following the invasion of Bactrocera dorsalis*. Original article, Agricultural and forest entomology, CIRAD, UMR PVBMT, Nouméa F-98848, New Caledonia. Email : duyck@cirad.fr

22. ISTEEBU (2018). *Enquête nationale agricole du Burundi 2016-2017* : Résultats de la campagne agricole. Bujumbura, 131pages.
23. Karim N., Rémy A. Dabiré, Sylvestre F., Issaka Z. et Alizèta S. (2021). *Diversity, damage and seasonal abundance of fruit fly species (Diptera: Tephritidae) associated with citrus crops in Western Burkina Faso*. Bobo-Dioulasso Journal of Entomological Research. 45 (4) : 615-621.
24. Kienou T. (2017). *Contribution à la connaissance de l'écologie des mouches des fruits (diptera : tephritidae) : rôles des plantes-hôtes, des zones refuges et des ennemis naturels dans leur prolifération dans l'ouest du BURKINA FASO*. Mémoire de fin de cycle Agronomie. Université de NAZI BONI au BURKINA FASO, 78p.
25. Koudjil M. (2020). *Cours diapositives de lutte biologique master II*. Algérie, Université Hassiba Benbouali De Chlef, 13p.
26. Leraut P., (2003). *Le guide entomologique*. 527 pages, 53-55p.
27. Lewalle J., (1972). *Les étages de la végétation du Burundi Occidental*. Bull. Nat. Plantentuin Belg. 42 : 1-247.
28. Loussert R. (1989). *Les agrumes production*. Ed. sci. Univ., Vol. 2, Liban, 280p. Maison neuve et Lanos, Paris. 113-556 P.
29. Mbaye N. et Mamadu D., (2012). *Guide pratique de lutte contre les mouches de fruit dans les vergers de mangue au Sénégal*.
30. MEEATU (2013a). *Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la plaine de l'IMBO*. Bujumbura 39p.
31. MEEATU (2013b). *Stratégie Nationale et plan d'action sur la Biodiversité (2013-2020)*. Bujumbura, 104p.
32. Merrakchi C., Serrab., et Zennag R., (2022). *Etude de l'activité biologique de l'huile essentielle extraite de Citrus reticulata*.
33. Messaoudi F. et Gadi W., (2018). *Les effets des traitements chimiques sur la population et la pullulation d'un puceron des agrumes*. Mémoire de master en sciences agronomiques, Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira, Algérie, 55p.

34. Mille C., (2010). *Les mouches des fruits de Nouvelle-Caledonie (Diptère, Tephritidae) : Systématique, Comportement, Dynamique et Gestion des Populations*. Thèse de doctorat en Sciences, Université de la Nouvelle-Calédonie, Physiologie et Biologie des Organismes, 353p.
35. MINAGRIE et FAO (2013). *Cadre stratégique pour le développement de l'horticulture au BURUNDI*. Bujumbura. 100p
36. Ministry of Agriculture (2009). *Post harvest profile of Mandarin*. India, MRIN-01, 106 p.
37. Muhammad U. et Bilquees F. (2018). *Chapter 13: Mandarin (Citrus reticulata Blanco) Breeding: Plant Tissue Culture Cell.* Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture, Jail Road, Faisalabad 38040, Pakistan, 465-533.
38. Ndayizeye L., Nzigidahera B., et Dawn T.C. (2017). *Effect of Parapheromones on the Capture of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Burundi*. Journal of Agricultural Science and Technology A 7 (2017) 413-425.
39. Ndayizeye L. et Sibomana Cl. (2020). *Contribution of Terminalia catappa L. to the survival of Bactrocera dorsalis (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in Bujumbura city, Burundi*. Bulletin scientifique sur l'environnement et la Biodiversité, Bujumbura, Burundi, ISSN2519-0113, 9p.
40. Ndayizeye L., (2015). *Contribution à la connaissance des mouches des Fruits (Diptera, Tephritidae) du Burundi Occidental : Cas de la ville de Bujumbura, du Delta de la Rusizi et de la commune Bubanza*. Mémoire, Université du Burundi, 48pages.
41. Ndiaye D., Zackariaou B., Brévault T., Belmin R. (2021). *Diversité des systèmes de production de mangues au Sénégal selon le mode de gestion des mouches des fruits*, ISRA, IRD, CIRAD. Dakar.
42. Nduwayo L., (2012). *Analyse du degré d'infestation des plantes cultivées par les mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) en Ville de Bujumbura*. Université du Burundi, faculté des sciences agronomiques.
43. Norrbom, A, (1999). *Fruit Fly (Diptera: Tephtitidae) classification and diversity, systematic and entomology*. Laboratory ARS, USDA, Department of entomology, NINH, SI; The Diptera Sit.

44. Ouédraogo, 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, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso/Institut du développement rural, 57 pp.
45. Ouédraogo, S.N. (2011). *Dynamique spatio temporelle des mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) en fonction des facteurs biotiques dans les vergers de manguiers de l'Ouest du Burkina Fasso.* Thèse de doctorat, Spécialité Ecophysiologie, Université de Paris Est. 184 pages
46. Quilici S., (2004). *Interactions à différents niveaux trophiques chez les diptères Tephritidae.* Paris, dossier pour obtenir L'habilitation à diriger des recherches, 7 Chemin de l'IRAT, Ligne Paradis 97410 Saint-Pierre, 93p.
47. Raga A., Prestes D.A.O., Souza Filho M.F., Sato M.E., Siloto R.C., Guimarães J.A., Zucchi R.A. (2004). *Fruit fly (Diptera: Tephritoidea) Infestation in citrus in the state of São Paulo*. Brasil. Neotropical Entomology, v.33, n.1, p.85-89.
48. Rashmi MA and Al., (2020*). Effect of climate change on biology of oriental fruit fly, Bactrocera dorsalis hendel (Diptera: Tephritidae).* Journal of Entomology and Zoology Studies; 8(3): 935-940.
49. Reekmans M., (1980). *La végétation de la plaine de la Rusizi (Burundi).* Bulletin du jardin botanique National de Belgique, Vol.50. Nº3/4, pp. 401-444.
50. Rwomushana I., Ekesi S., Gordon I. et Callistus K.P.O., (2008). *Host plants and host plant preference studies for Bactrocera invadens (Diptera: Tephritidae) in Kenya, a New invasive fruit fly species in Africa.* Annals of the entomological society of America, 101(2): 331-340.
51. Rwomushana I. et Tanga C. M., (2016). *Fruit Fly Species Composition, Distribution and Host Plants with Emphasis on MangoInfesting Species.* ICIPE, Nairobi, Kenya. 36p
52. SGCP (2005). *Les fruits que nous mangeons*. Nouméa (Nouvelle-Calédonie), 184pages
53. Soubeyran Y., (2008). *Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer : Etat des lieux et recommandations*. Collection Planète Nature. Comité français de l'UICN, Paris, France.

54. Trottin-Caudal Y. et Zicot A (2013). *Le ravageur émergent Drosophila suzukii : premières études expérimentales sur fraise (1re partie)*. Infos Ctifl N° 290, p. 60-67.
55. UE (2017). Norme CEE-ONU FFV-14 concernant la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des agrumes. New York et Genève, Edition 2017, 43p.
56. Usman B. M. et Fatima B., 2018). *Mandarin (Citrus reticulata Blanco) breeding*. Plant tissue culture cell, Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture, Pakistan, Faisalabad, 69 pages.
57. Vayssières J.-F., Sinzogan A., Adandonon A., (2008). *Gamme de plantes-hôtes cultivées et sauvages pour les principales espèces de mouches des fruits au Bénin. Projet régional de lutte contre les mouches des fruits en Afrique de l'Ouest.* Fiche N° 8, IITA-CIRAD, 4p.
58. White I. M. et Elson-Harris M. M., (1992). *Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics*, International Institute of Entomology, London England.
59. White I. M. et Goodger K. (2009*). African Dacus (Diptera: Tephritidae); new species and data*. University Collection. Zootaxa, 1-49.
60. World Vegetable Center (2019). *Guide de bonnes pratiques de production des fruits et des légumes au Burundi*. Bujumbura, 90pages).

Liens consultés :

1. https://magazine.bnp-medium.com/agribusiness-2/, visité le 19/12/2022
2. https://www.africamuseum.be/fruitfly/AfroAsia.htm, visité le 24/12/2022
3. https://www.aujardin.info/plantes/citrus-deliciosa.php, visité le 29/12/2022
4. https://www.oekk.ch/fr/bon-a-savoir/la-mandarine, visité le 19/12/2022
5. https://www.preventfruitfly.com.au/why-is-fruit-fly-a-problem/life-cycle/ visité le 21/02/2022
6. Mouches téphrites des fruits | AIEA (iaea.org) visité le 28/12/2022
7. https://www.agripedia.nc/conseils-techniques/productions-vegetales/sante-du-vegetal/les-mouches-des-fruits, Consulté le 16/3/2023
8. https://vu.fr/rWKg Consulté le 19/5/2023
9. https://urlz.fr/li5v, consulté le 21/3/2023

ANNEXES

Annexe 1 : Abondance de *Bactrocera dorsalis* par site et selon la localisation du fruit au moment de la récolte.

Types de fruits	**sites**	**Nombre de mouche**	**Abondance**
Fruits cueillis	Cibitoke	24	14,04
	Cibitoke T5	5	2,92
	Kizuka	59	34,50
	Minago	22	12,87
	Gikungu	8	4,68
	Rutumo	53	30,99
	Total 1	**171**	**100**
Fruits ramassés	Cibitoke	15	6,25
	Cibitoke t5	5	2,08
	Kizuka	109	45,42
	Minago	47	19,58
	Gikungu	29	12,08
	Rutumo	35	14,58
	Total 2	**240**	**100**

Annexe 2 : Abondance de *Bactrocera dorsalis* par site

Sites	**NIFC**	**NIFR**	**Total**	**Abondance relative (%)**
Cibitoke	24	15	39	9,49
Cibitoke t5	5	5	10	2,43
Kizuka	59	109	168	40,88
Minago	22	47	69	16,79
Gikungu	8	29	37	9,00
Rutumo	53	35	88	21,41
Total	**171**	**240**	**411**	**100**

NIFC : Nombres d'Individus sur les fruits Cueillis, **NIFR** : Nombre d'Individus Fruits Ramassés

Annexe 3: Taux d'infestation par site

Sites	**PFC (kg)**	**PFR (kg)**	**PT (kg)**	**NIFC**	**NIFR**	**NIT**	**TI (mouches/kg)**
Cibitoke	6,682	2,395	9,077	24	15	39	**4,30**
Cibitoke t5	6,079	2,159	8,238	5	5	10	**1,21**
Kizuka	4,923	4,394	9,317	59	109	168	**18,03**
Minago	4,584	4,251	8,835	22	47	69	**7,81**
Gikungu	5,03	5,387	10,417	8	29	37	**3,55**
Rutumo	4,443	4,323	8,766	53	35	88	**10,04**
Total	**31,741**	**22,909**	**54,65**	**171**	**240**	**411**	**7,52**

Annexe 4 : Abondance de *Bactrocera dorsalis* selon le type de traitement

Type de traitement	**Sites**	**NIFR**	**NIFC**	**Total**
Pulvérisé	Cibitoke	15	24	39
	Gikungu	29	8	37
	Cibitoke t5	5	5	10
Total 1		**49**	**37**	**86**
Taux(%)				**20,92**
Non pulvérisé	Kizuka	109	59	168
	Minago	47	22	69
	Rutumo	35	53	88
Total 2		**191**	**134**	**325**
Taux(%)				**79,08**

NIFR : Nombre d'Individu pour les Fruits Ramassés, Nombre d'Individu Fruits Cueillis

Annexe 5 : Photos

	
Photo 1 : Milidiou des agrumes à Kizuka	**Photo 2 : Epiphyte envahissant la cime du mandarinier à Cibitoke**