
Evaluation de l'efficacité de formulations biologiques dans une approche Attract & Kill contre les mouches de fruits au Burkina Faso

Auteur : Some, Hien Kpierenouor

Promoteur(s) : Francis, Frédéric

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/15941>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

EVALUATION DE L'EFFICACITE DE FORMULATIONS BIOLOGIQUES DANS UNE APPROCHE ATTRACT & KILL CONTRE LES MOUCHES DE FRUITS AU BURKINA FASO

Kpierenouor Hien SOMÉ

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER DE
SPECIALISATION EN PRODUCTION INTEGREE ET PRESERVATION DES RESSOURCES NATURELLES
EN MILIEU URBAIN ET PERI-URBAIN**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2021-2022

PROMOTEUR : Prof. FREDERIC FRANCIS

Copyright : Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique³ de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

EVALUATION DE L'EFFICACITE DE FORMULATIONS BIOLOGIQUES DANS UNE APPROCHE ATTRACT & KILL CONTRE LES MOUCHES DE FRUITS AU BURKINA FASO

Kpierenouor Hien SOMÉ

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER DE
SPECIALISATION EN PRODUCTION INTEGREE ET PRESERVATION DES RESSOURCES NATURELLES
EN MILIEU URBAIN ET PERI-URBAIN**

ANNEE ACADEMIQUE 2021-2022

PROMOTEUR : Prof. FREDERIC FRANCIS

Table des matières

Liste des figures	iv
Liste des tableaux	v
Liste des annexes	vi
Résumé	vii
Abstract	viii
Dédicace.....	ix
Remerciements.....	x
Sigles et abréviations	xi
Introduction	1
Objectifs et hypothèses de recherche.....	2
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	4
Chapitre 1 : Généralités sur la filière mangue au Burkina Faso	5
1.1. Importance économique de la filière mangue	5
1.2. Organisation de la filière mangue	5
1.2.1. Les acteurs directs	6
1.2.1.1. <i>Le maillon production</i>	6
1.2.1.2. <i>Le maillon transformation</i>	7
1.2.1.3. <i>Le maillon commercialisation</i>	8
1.2.2. Les autres acteurs impliqués dans la filière mangue.....	8
1.3. Potentialités et atouts de la filière mangue	9
1.4. Contraintes de la filière mangue	9
Chapitre 2 : Généralités sur les mouches des fruits	10
2.1. Taxonomie des mouches des fruits.....	10
2.2. Diversité spécifique des mouches de fruits au Burkina Faso.....	11
2.3. Biologie et écologie des mouches des fruits	12
2.3.1. Biologie	12
2.3.2. Ecologie.....	13
2.4. Importance économique des mouches des fruits	15
Chapitre 3 : État des lieux des technologies de lutte contre les mouches des fruits dans les vergers de manguiers au Burkina Faso.....	17

3.1. Synthèse des technologies de lutte appliquées dans les vergers de manguiers	17
3.1.1. Lutte prophylactique ou sanitation des vergers	17
3.1.2. Piégeage de masse par l'utilisation des appâts alimentaires	18
3.1.3. Piégeage de masse par l'utilisation des phéromones sexuelles	19
3.1.4. Lutte biologique	19
3.1.5. Lutte chimique	20
3.1.6. Lutte législative ou administrative	20
3.1.7. Lutte intégrée ou Integrated Pest Management (IPM)	21
3.2. État des lieux de l'utilisation des déchets de brasserie et de biopesticides dans le contrôle des bioagresseurs des cultures	22
3.2.1. Attractivité des déchets de brasserie vis-à-vis des mouches des fruits	22
3.2.2. Utilisation des extraits de <i>Jatropha curcas</i> dans le contrôle des bioagresseurs des cultures	23
DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE DU THÈME	25
Chapitre 4 : Matériels et méthodes	26
4.1. Présentation de la zone d'étude	26
4.2. Matériels	26
4.2.1. Matériel végétal	26
4.2.2. Matériel animal	27
4.2.3. Matériel technique	27
4.3. Méthodes	28
4.3.1. Choix des vergers pour la conduite de l'étude	28
4.3.2. Dispositif expérimental	29
4.3.3. Préparation de l'appât alimentaire local	30
4.3.3.1. <i>Préparation de l'extrait aqueux des graines de jatropha</i>	30
4.3.3.2. <i>Préparation de l'attractif alimentaire local (déchets de levure)</i>	30
4.3.4. Application des appâts alimentaires	31
4.3.5. Evaluation de la population résiduelle des mouches des fruits	31
4.3.6. Evaluation des dégâts liés aux attaques des mouches des fruits	32
4.3.6.1. <i>Incidence des attaques</i>	33
4.3.6.2. <i>Sévérité des attaques</i>	33
4.3.7. Inventaire de la population entomofaune présente dans les vergers de manguiers	34

4.3.8. Identification des mouches des fruits capturées et de l'entomofaune associée au verger de manguiers	34
4.3.9. Evaluation de la rentabilité économique de l'utilisation de l'appât alimentaire local ...	34
4.3.10. Saisie, traitement et analyse des données	35
Chapitre 5 : Résultats et Discussion.....	36
5.1. Résultats	36
5.1.1. Situation de référence de l'entomofaune associée aux vergers de manguiers.....	36
5.1.2. Diversité spécifique et abondance des mouches des fruits capturées dans les vergers de manguiers	38
5.1.3. Diversité et importance des espèces de mouches des fruits inféodées à la mangue	39
5.1.4. Effet des formulations biologiques sur les indices journaliers moyens de captures des mouches des fruits dans les vergers de manguiers	40
5.1.5. Effet des appâts alimentaires sur l'incidence des attaques des mangues par les mouches des fruits	45
5.1.6. Effet des appâts alimentaires sur la sévérité des attaques des mangues par les mouches des fruits	46
5.1.7. Evaluation de la rentabilité financière de l'utilisation de l'appât alimentaire local	47
5.2. Discussion	49
Conclusions et recommandations.....	52
Bibliographie.....	54
ANNEXES	I

Liste des figures

Figure 1 : a) Epluchage de la mangue ; b) Triage de la mangue séchée	7
Figure 2 : Espèces de mouches des fruits dominantes au Burkina Faso : a) <i>Bactrocera dorsalis</i> et b) <i>Ceratitis cosyra</i>	11
Figure 3 : Cycle de développement des Tephritidae carpophages	13
Figure 4 : Femelle de <i>Bactrocera dorsalis</i> en position de ponte et dégâts sur les mangues	16
Figure 5 : Illustrations de quelques pratiques de lutte prophylactique contre les mouches des fruits dans les vergers de manguiers : techniques de l'augmentorium (a, b, et c) ; enfouissement de fruits infestés (d) ; exposition au soleil (e) et brûlage de fruits infestés (f).	18
Figure 6 : Lâcher du parasitoïde <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> dans un verger de manguiers à Toussiamasso (commune de Orodara) dans le cadre du PLMF	20
Figure 7 : Schéma du dispositif expérimental mis en place dans les vergers	29
Figure 8 : Déploiement du dispositif de collecte dans les vergers : a et b) Préparation des pièges ; c et d) installation des pièges et e) marquage de la limite des traitements.	30
Figure 9 : Récupération des déchets de levure (levure thermolysée) à la BRAKINA	31
Figure 10 : Mise en incubation et récupération des pupes de mouches de fruits	33
Figure 11 : Parasitoïde potentiel de mouches de fruits, <i>Leptopilina heterotoma</i>	38
Figure 12 : Effet des traitements sur les indices journaliers moyens de captures de <i>Bactrocera dorsalis</i> : a) verger 1 et b) verger 2.	42
Figure 13 : Effet des traitements sur les indices journaliers moyens de captures de <i>Ceratitis cosyra</i> : a) verger 1 et b) verger 2.	43
Figure 14 : Effet des traitements sur les indices journaliers moyens de captures de <i>Ceratitis silvestrii</i> : a) verger 1 et b) verger 2.	45

Liste des tableaux

Tableau I : Caractéristiques des vergers de manguiers retenus dans le cadre de l'étude	27
Tableau II : Abondance et diversité des insectes présents dans les vergers de manguiers	37
Tableau III : Diversité et importance des captures des mouches des fruits dans les vergers de manguiers	39
Tableau IV : Diversité et abondance des mouches des fruits associées aux dégâts sur les mangues	40
Tableau V : Effet des traitements sur l'incidence des attaques des mouches des fruits sur les mangues ..	46
Tableau VI : Effet des traitements sur la sévérité des attaques des mouches des fruits sur les mangues ..	46
Tableau VII : Etude comparée de l'utilisation du Success Appât et de l'appât alimentaire local	48

Liste des annexes

Annexe 1 : Fiche de collecte des données en verger	II
Annexe 2 : Fiche d'incubation des fruits	III
Annexe 3 : Fiche d'identification des mouches des fruits et des parasitoïdes associés	IV

Résumé

Nos travaux ont été réalisés en vue de mettre au point un appât alimentaire biologique contre les mouches des fruits qui soit accessible aux petits producteurs tout en réduisant au maximum les risques environnementaux. Pour ce faire, nous avons testé trois concentrations d'un attractif alimentaire local à base de levure thermolysée et d'extraits aqueux de graines de *Jatropha curcas* dans une approche « attract & kill » que nous avons comparé à un produit commercial homologué, le Success Appât. Pour évaluer l'efficacité de l'appât alimentaire local, un dispositif expérimental comportant cinq traitements a été installés dans deux vergers de manguiers situés dans la commune de Moussodougou, dans la province de la Comoé au Burkina Faso. Un système de piégeage de masse comprenant des pièges MacPhail, de la levure de *Torula* et un insecticide (*Dichlorvos*) a été utilisé pour évaluer la population initiale puis résiduelle des mouches des fruits. Des observations hebdomadaires ont été réalisées afin de collecter et dénombrer les mouches capturées. Au total, huit espèces de mouches des fruits, dominées par *Bactrocera dorsalis* (49,87%), *Ceratitis cosyra* (46,81%) et *C. silvestrii* (2,97%) ont été identifiées au cours de notre étude. Des échantillons de mangues ont également été prélevés toutes les deux semaines et mis en incubation pour collecter les pupes en vue d'évaluer l'incidence et la sévérité des attaques des mouches des fruits. Trois espèces de mouches des fruits (*B. dorsalis*, *C. cosyra* et *C. quinaria*) responsables des dégâts sur les mangues au Burkina Faso ont été identifiées. L'appât alimentaire local formulé, même dilué à 25% s'est révélé aussi efficace que le Success Appât dans le contrôle des principales espèces de mouches des fruits présentes dans les vergers de manguiers. Il a également eu une efficacité similaire au Success Appât sur l'incidence et la sévérité des attaques sur les mangues. De ce fait, l'appât alimentaire local à base de levure thermolysée et d'extraits aqueux de graines de *J. curcas* dilué à 25% constitue une alternative pour la mise au point de stratégies de lutte durable contre les mouches des fruits. Une analyse des charges liées à l'utilisation de l'appât alimentaire local a permis de montrer que cette technologie permet de parvenir à des gains monétaires substantiels de 134 000 FCFA/ha (soit environ 200 euros/ha) par rapport au Success Appât. Aussi, sa disponibilité et son accessibilité constituent des avantages certains à la promotion de cette technologie.

Mots-clés : Mouches des fruits, levure thermolysée, *Jatropha curcas*, appât alimentaire, *Bactrocera dorsalis*, *Ceratitis cosyra*.

Abstract

Our work was carried out with the aim of developing an organic food bait against fruit flies that is accessible to small-scale producers while minimising environmental risks. To this end, we tested three concentrations of a local food attractant based on thermolysed yeast and aqueous extracts of *Jatropha curcas* seeds in an “attract & kill“ approach, which we compared to a registered commercial product, namely Success Bait. To evaluate the efficacy of the local food bait, an experimental set-up consisting of five treatments was installed in two mango orchards located in the commune of Moussodougou, Comoé province, Burkina Faso. A mass trapping system including MacPhail traps, Torula yeast and an insecticide (Dichlorvos) was used to assess the initial and then residual fruit fly population. Weekly observations were made to collect and count the flies. In total, eight species of fruit flies, dominated by *Bactrocera dorsalis* (49.87%), *Ceratitidis cosyra* (46.81%) and *C. silvestrii* (2.97%) were identified during our study. Mango samples were also taken every fortnight and incubated to collect pupae to assess the incidence and severity of fruit fly attacks. Three species of fruit flies (*B. dorsalis*, *C. cosyra* and *C. quinaria*) responsible for damage to mangoes in Burkina Faso were identified. The formulated local food bait, even diluted to 25%, was as effective as Success Bait in controlling the main species of fruit flies present in mango orchards. It also had a similar efficacy to Success Bait on the incidence and severity of attacks on mangoes. Therefore, the local food bait based on thermolysed yeast and aqueous extracts of *J. curcas* seeds diluted at 25% constitutes an alternative for the development of sustainable fruit fly control strategies. An analysis of the costs associated with the use of local food bait showed that this technology allows substantial monetary gains of 134,000 CFA/ha francs (approximately 200 euros/ha) compared to Success Bait. The availability and accessibility of this technology are therefore clear advantages for its promotion.

Keywords : Fruit flies, thermolysed yeast, *Jatropha curcas*, food bait, *Bactrocera dorsalis*, *Ceratitidis cosyra*.

Dédicace

A

Ma bien-aimée Kankouan Irène et à nos trois adorables enfants (Doriane W. Ornella, Ivan B. Axel et Océane N. Marie Stella) qui ont supporté le poids de mon absence durant cette formation,

Je dédie le présent mémoire.

Remerciements

Le présent mémoire est le fruit de plusieurs efforts conjugués. Il n'aurait été possible sans la contribution de personnes de bonnes volontés à qui nous exprimons toute notre gratitude. Ainsi, nous adressons nos sincères remerciements :

- à l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) qui nous a permis de prendre part à ce programme de formation ;
- au Professeur Frédéric FRANCIS, notre promoteur, qui malgré ses multiples occupations, a bien voulu accepter d'être le garant scientifique de notre travail. Son sens de l'écoute et sa constante disponibilité, nous ont permis de travailler en toute sérénité.
- au Professeur Haïssam JIJAKLI, Responsable du Master, pour nous avoir accepté dans ce programme ;
- à tous les enseignants de la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech et de la Haute École Charlemagne, qui n'ont ménagé aucun effort pour nous inculquer le savoir ;
- au PACODEL et au Service social de la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech pour avoir créé les conditions favorables d'intégration et d'étude durant notre séjour en Belgique ;
- au Dr Karim NEBIÉ, responsable du Laboratoire d'Entomologie du Centre National de Spécialisation en Fruits et Légumes (CNS-FL) à la station de recherche de l'INERA/Farako-Bâ qui, en plus de nous avoir accepté dans son laboratoire, a mis à notre disposition les moyens nécessaires pour travailler. Merci également pour votre disponibilité et votre esprit critique qui ont permis de donner une touche scientifique à notre travail ;
- à toute l'équipe du Laboratoire d'Entomologie du CNS-FL pour la bonne ambiance et pour leur contribution à la collecte des données ;
- à toute l'équipe du Laboratoire d'Entomologie Fonctionnelle et Evolutive de la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech pour leur appui technique ;
- aux premières autorités du ministère en charge de l'Agriculture du Burkina Faso qui ont bien voulu nous autoriser à prendre part à cette formation ;
- à Babou NEBIÉ, Alassane KOUSSOUBÉ, Virginie B DIATTO/SOMÉ, Hilaire KABORÉ, Mathieu W. SAWADOGO et B. Régis AHISSOU pour leur soutien inestimable ;
- à mes camarades stagiaires du Master PPRN avec qui nous avons passé des moments de convivialité et de fraternité durant cette formation ;
- à mes parents, à mes frères et mes sœurs qui ont toujours cru en moi.

Sigles et abréviations

APEMAB	: Association Professionnelle des Commerçants et Exportateurs de Mangue du Burkina ;
APROMAB	: Association Interprofessionnelle de la Mangue du Burkina ;
BRAKINA	: Brasseries du Burkina Faso ;
CEDEAO	: Communauté Economique des Etats de l’Afrique de l’Ouest ;
CNSFL	: Centre National de Spécialisation en Fruits et Légumes ;
CIPV	: Convention Internationale sur la Protection des Végétaux ;
CSP	: Comité Sahélien de Pesticides ;
DDVP	: Dichlorvos ou phosphate de diéthyle 2,2-dichlorovinyle ;
DPVC	: Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement ;
EPI	: Equipement de Protection Individuelle ;
INERA	: Institut de l’Environnement et de Recherche Agricole ;
LB	: Levure Brute
MAAH	: Ministère de l’Agriculture et des Aménagements Hydrauliques ;
PLMF	: Projet de Soutien au Plan Régional de Lutte et de Contrôle des Mouches des Fruits en Afrique de l’Ouest ;
PTRAMAB	: Professionnelle de la Transformation de la Mangue du Burkina ;
SA	: Success Appât
ST/CNLMF	: Secrétariat Technique du Comité National de Lutte contre les mouches des Fruits et les autres nuisibles du manguier ;
UNPMB	: Union Nationale des Producteurs de Mangue du Burkina ;

Introduction

Au Burkina Faso, la production fruitière est dominée par la mangue qui occupe 58% des vergers et représente 56% de la production fruitière nationale (PAFASP, 2011). Les principales zones de production sont essentiellement localisées dans l'Ouest du pays, notamment dans les provinces du Kéné Dougou, de la Comoé, du Houet et de la Léraba qui fournissent 75% de la production fruitière nationale (Zemba, 2014). La filière mangue occupe plus de 15 000 producteurs avec une production estimée à plus 300 000 tonnes par an (Ouattara, 2009). Elle rapporte annuellement au pays plus de 12 milliards de FCFA (Bakouan, 2015), contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, et à la lutte contre la pauvreté. La production de la mangue est donc une activité importante dans l'économie du pays et constitue une source de diversification des revenus des agriculteurs. L'Union Européenne reste la principale destination des exportations de mangues du pays (Sanga, 2019).

Cependant, cette culture est confrontée aux attaques de nombreux bio-agresseurs qui limitent considérablement ses performances. Parmi eux figurent les mouches des fruits qui constituent une menace sérieuse à la production de la mangue au regard de l'importance des pertes qu'elles occasionnent. Trente-deux espèces ont été inventoriées au Burkina Faso (Zida et al., 2020 ; Nébié et al., 2021). Parmi celles-ci, cinq (05) espèces dont *Bactrocera dorsalis* et *Ceratitis cosyra*, sont associées aux dégâts sur la mangue (Ouédraogo, 2011 ; Zida, 2019). Ces deux espèces sont responsables de plus de 99% des dégâts observés sur la mangue (Zida, 2019). En outre, elles sont considérées comme des insectes de quarantaine dans de nombreux pays européens où la détection d'une seule larve dans une cargaison entraîne la destruction systématique de celle-ci et cela, au frais de l'exportateur. Les mouches des fruits constituent donc une contrainte à l'exportation de la mangue avec pour conséquence, des pertes de devises pour le pays. A titre d'exemple, 8 conteneurs de mangues d'un poids de 152 tonnes ont été interceptés aux frontières de l'Union européenne en 2021 ; ce qui a entraîné une perte économique de 300 000 \$ US (APROMAB, 2021).

Pour réduire l'incidence des attaques et protéger ainsi les vergers, les producteurs, en plus de la sanitation, font recours aux attractifs sexuels (Timaye, Invader) et alimentaires dont le Success Appât (GF 120) et le M3. Mais ces produits demeurent coûteux pour les petits producteurs. Aussi, leur disponibilité sur le marché fait parfois défaut. Face à cet état de fait, la valorisation des produits locaux, plus accessibles s'impose comme une solution durable de gestion des mouches des fruits. A ce titre, des études antérieures ont permis de mettre en évidence l'attractivité des déchets de levure de brasserie vis-à-vis des mouches des fruits (Ilboudo, 2013). D'autres travaux au

laboratoire ont révélé l'efficacité biologique des extraits aqueux des feuilles et des graines de jatropha sur les larves et les adultes de *B. dorsalis*. Selon Bakouan (2018), les extraits de *Jatropha curcas* L. ont une forte incidence sur le taux d'émergence, de pupaison ainsi que la capacité de vol de *B. dorsalis* et constitueraient de ce fait, une méthode alternative prometteuse qu'il faudrait affiner davantage pour un meilleur contrôle de ce ravageur. Aussi, faut-il noter que le choix de *J. curcas* se justifie par le fait que la plante existe partout dans le bassin de production de la mangue du Burkina Faso, et que la plante est donc accessible aux producteurs de cette localité. Toute chose qui permettra de réduire les coûts de production et de protéger l'environnement sont à envisager. En outre, les travaux se poursuivent au niveau du Centre National de Spécialisation en Fruits et Légumes de l'INERA en vue de mettre au point des appâts alimentaires à base de déchets de brasserie et d'extraits aqueux de jatropha contre les mouches des fruits. La mise au point d'un tel appât alimentaire permettra de valoriser les déchets produits par la BRAKINA (principale Société de brasserie du Burkina Faso) et qui constituent un véritable problème environnemental. Les déchets de levure engendrés par le processus de fabrication industrielle de la bière, en plus de constituer un problème environnemental, occasionnent des pertes monétaires à la BRAKINA pour leur gestion. La mise au point et la vulgarisation d'un tel appât alimentaire passe nécessairement par l'évaluation de son efficacité en milieu réel.

Objectifs et hypothèses de recherche

L'objectif général assigné à la présente étude est de contribuer à la lutte contre les mouches des fruits par la mise au point d'un appât alimentaire à base de déchets de brasserie et d'extraits aqueux des graines de *J. curcas*. De façon spécifique, il s'agit de : *i*) formuler un appât alimentaire local à base des déchets de brasserie et d'extraits aqueux des graines de *J. curcas* pour traiter les vergers de manguiers, *ii*) évaluer l'efficacité de l'appât alimentaire local sur les populations des mouches des fruits dans les vergers de manguiers et *iii*) évaluer la rentabilité économique de l'utilisation de l'appât alimentaire local.

En vue d'atteindre ces objectifs, trois hypothèses de recherche ont été émises au sujet de l'attractif alimentaire à base de levure thermolysée combinée aux extraits aqueux des graines de jatropha, à savoir :

- permettre de réduire de 50% la population des mouches des fruits dans les vergers de manguiers ;
- réduire de 50% l'incidence et la sévérité des attaques des mouches des fruits dans les vergers de manguiers ;
- de parvenir à une meilleure rentabilité économique.

La première partie de ce travail est consacrée à la revue bibliographique et comporte trois chapitres. Le premier traite des généralités sur la filière mangue au Burkina Faso. Le deuxième aborde les généralités sur les mouches des fruits, tandis que le chapitre 3 traite de l'état des lieux des technologies de lutte contre les mouches des fruits dans les vergers de manguiers au Burkina Faso. Ensuite, la partie matériels et méthodes est présentée et suivie de la présentation des résultats, leur analyse et discussion.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Généralités sur la filière mangue au Burkina Faso

1.1. Importance économique de la filière mangue

La mangue, constitue la principale culture fruitière du Burkina Faso aussi bien en superficie qu'en volume de produits récoltés. Les superficies de vergers de manguiers sont estimées à environ 33 700 ha (MAAH, 2018). La production annuelle a connu une importante évolution ces dernières années. Au regard de l'évolution croissante des superficies emblavées et de la modernisation des nouveaux vergers (systèmes d'irrigation, variétés performantes), il est certain que cette production continuera à s'accroître dans l'avenir.

Les principales zones de productions du pays se situent dans les régions administratives des Hauts-Bassins (69,4%), des Cascades (18,2%) et du Centre-Ouest (6,2%) (PAFASP, 2011 ; MAAH, 2018). Environ une quarantaine de variétés de mangues sont produites (Guira, 2002 ; PAFASP, 2011). L'introduction des variétés tardives a permis d'allonger la campagne de production du mois de février à août ; avec un pic dans les mois d'avril à juin (Somé, 2016).

La filière mangue est pourvoyeuse d'emplois directs et indirects. Selon Parrot et *al.*, (2017), la filière mangue permet de générer environ 21 000 emplois directs (Producteurs, exportateurs, détaillantes, trieuses). En effet, la mangue fait fonctionner de très nombreuses petites unités de transformation (séchage, fabrique de jus et de confiture) qui emploient de nombreuses personnes, notamment les femmes. Le maillon commercialisation est marqué surtout par l'exportation de la mangue fraîche et séchée vers l'Europe et quelques pays africains (dont le Maroc, l'Algérie et le Ghana) (Sanga, 2019 ; Zida, 2019). En 2016, la valeur ajoutée totale de la filière en produits finis était estimée à près de 30 milliards de FCFA pour une contribution au Produit Intérieur Brut du pays estimée à 0,5% (Parrot et *al.*, 2017). Ainsi, à travers son exportation à l'état frais et celle de ses produits dérivés, la mangue constitue une importante source d'entrée de devises pour le pays. A regard de sa richesse en vitamine C, A et en Calcium, la mangue contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations, surtout en milieu rural (Braz, 2004).

1.2. Organisation de la filière mangue

La filière mangue est assez bien structurée au Burkina Faso. Les acteurs intervenants dans cette filière peuvent être regroupés en deux grandes catégories à savoir : les acteurs directs et les autres.

1.2.1. Les acteurs directs

Il s'agit de ceux qui font du travail de la mangue leur activité principale et partant, leur principale source de revenus. Les acteurs directs de la filière mangue sont repartis au sein de trois maillons (production, transformation et commercialisation) organisés autour d'une fâtière nationale dénommée Association Interprofessionnelle Mangue du Burkina, en abrégé « APROMAB ». En effet, l'APROMAB regroupe les organisations des trois maillons et constitue de ce fait, le principal interlocuteur de tous les acteurs de la filière auprès de l'Etat et des différents partenaires techniques et financiers. Il a donc pour mission entre autres de :

- développer la concertation entre les différents acteurs des maillons de la filière mangue afin de faciliter l'harmonisation de leurs positions et d'améliorer, entre eux, la communication et les échanges ;
- promouvoir et gérer les accords interprofessionnels entre les différents agents des maillons de la filière ;
- promouvoir et garantir la qualité des produits de la filière mangue et la création de labels ;
- représenter et défendre les intérêts de la filière mangue, en servant d'interface entre les différents acteurs et les tiers pour la définition des politiques, des stratégies et des méthodes de promotion de la filière mangue ;
- développer et valoriser les fonctions et outils communs de promotion de la filière à travers notamment la recherche, la formation et l'appui-conseil ;
- développer des stratégies de mobilisation des ressources financières propres et faciliter l'approvisionnement en intrants ;
- appuyer et dynamiser l'organisation et la formation professionnelles des acteurs de la filière mangue ;
- centraliser, traiter et diffuser d'une part, les informations stratégiques sur la filière et d'autre part, les informations statistiques sur les membres et les données permettant de suivre les effets ou les impacts de chaque organisation interprofessionnelle.

1.2.1.1. Le maillon production

On dénombre plus de 15 000 producteurs qui exploitent une superficie d'environ à 33 700 ha (MAAH, 2018). Ceux-ci sont regroupés au sein d'une organisation : « *Union National des Producteurs de Mangue du Burkina (UNPMB)* ».

Le maillon production est dominé par les hommes (98,9%) qui exploitent des superficies comprises entre 0,5 à 5,0 ha en moyenne (Somé, 2016). Dans l'ensemble, les vergers sont vieillissants ; la majorité ayant plus 20 ans. Toutefois, on note de plus en plus la création de jeunes vergers modernes dans plusieurs localités (Somé, 2016). Plusieurs variétés sont produites dans les vergers mais les plus dominantes sont : Amélie, Kent, Keitt, Lippens, Springfield et Brooks (PLMF, 2019). La production est destinée aussi bien au marché local qu'à l'exportation. Au niveau de l'exportation, l'union Européenne reste la principale destination des produits récoltés (PLMF, 2019). De plus en plus, on observe qu'avec la mise en place des certifications, les producteurs établissent des contrats avec les exportateurs.

1.2.1.2. *Le maillon transformation*

Les acteurs de la transformation sont regroupés au sein d'un organe dénommé « *Professionnelle de la Transformation de la Mangue du Burkina (PTRAMAB)* » qui a pour but de développer la transformation de la mangue du Burkina Faso en qualité et en quantité répondant aux exigences des différents marchés.

De nos jours, la mangue a fait naître de très nombreuses unités de transformation faisant du Burkina Faso le 1^{er} pays exportateur de mangues séchées de la sous-région (Ouédraogo, 2011). En effet, environ cent vingt-trois unités de transformation sont affiliées à la PTRAMAB. Ces unités sont pour l'essentiel basées dans les localités situées dans le bassin de production (Bobo-Dioulasso, Orodara, Toussiana et Banfora) (PTRAMAB, 2019). La transformation porte sur : le séchage (qui représente plus de 95% des volumes transformés) et la fabrication de purée, jus, sirops, confitures, vinaigre qui représente 5% de volumes transformés. En 2019, la quantité totale de mangue séchée produite était de 3 022,92 tonnes (PTRAMAB, 2019). Le maillon transformation est un véritable pourvoyeur d'emplois, surtout pour les femmes.



Photos : Somé Hien K.

Figure 1 : a) Epluchage de la mangue ; b) Triage de la mangue séchée

1.2.1.3. *Le maillon commercialisation*

Les acteurs de ce maillon sont organisés au sein de l'*Association Professionnelle des Commerçants et Exportateurs de Mangue du Burkina (APEMAB)*.

Le maillon commercialisation assure la distribution de la mangue, aussi bien fraîche que transformée, au niveau du marché national, sous-régional et international. En 2009, le Burkina Faso se positionnait au 4^{ème} rang des pays Ouest-Africains exportateurs de mangues fraîches sur le marché européen après la Côte d'Ivoire, le Sénégal et le Mali (Simdé, 2013). Pour Bakouan (2015), les exportations totales de mangues, ont varié entre 5 000 et 8 800 tonnes de 2009 à 2014, engendrant des recettes d'exportation estimées entre 1,5 et 3 milliards de FCFA. Le traitement, le conditionnement et l'exportation de la mangue se font dans des stations de conditionnement dont les plus importants sont : SGTF, SN-RANCH DU KOKO, FRUITEQ, SANLE EXPORT, HOUET SELECT Sarl, BONI FRUIT ET MAINTENANCE, BURKINATURE, GROUPE WAKA, AGRI FASO SARL, AGRO BURKINA, MABLOU EXPORT, YAY KAB (PLMF, 2019).

Dans le souci de garantir la traçabilité des produits exportés, chaque exportateur dispose de nos jours d'un groupe de producteurs dits « producteurs associés » auprès de qui il s'approvisionne en mangues.

Il existe également la présence d'un certain nombre d'acteurs qui jouent un rôle tout aussi important au sein de la filière. Généralement, après la campagne de la mangue, ceux-ci s'orientent vers d'autres activités. Il s'agit :

- des pisteurs qui sont des intermédiaires entre les petits producteurs et les autres acteurs directs (transformateurs et exportateurs)
- des récolteurs et ;
- des transporteurs.

1.2.2. Les autres acteurs impliqués dans la filière mangue

Il s'agit surtout des acteurs institutionnels de l'Etat mais aussi des Organisations Non Gouvernementales. Au nombre de ceux-ci, nous pouvons citer :

- les chercheurs : ils jouent un rôle déterminant dans de la mise au point de technologies innovantes et la formation des agents d'appui-conseil agricole ;

- les services publics de vulgarisation : ils ont la charge d'assurer un suivi-appui-conseil rapproché des agriculteurs dans leurs exploitations afin de parvenir à une bonne production. Ils sont également chargés de l'organisation des producteurs, de l'appui à la recherche de financement et de leur accompagnement pour la recherche de marchés pour l'écoulement de la production.
- les inspecteurs phytosanitaires : leur rôle est très déterminant car ils sont chargés de l'inspection des vergers et des stations de conditionnement ainsi que de la délivrance des différents documents attestant de la qualité des mangues. Ils assurent également la formation des producteurs, des transformateurs et des exportateurs sur les bonnes pratiques phytosanitaires ;
- les Partenaires Techniques et Financiers qui interviennent dans la formation des acteurs et dans l'appui à la recherche de financement et/ou le financement des activités des acteurs directs de la filière.

1.3. Potentialités et atouts de la filière mangue

La filière dispose de nombreux atouts et potentialités qui, s'ils sont bien valorisés, permettront son émergence. Au nombre de ceux-ci, nous avons : *i)* la présence d'un environnement naturel favorable à la culture du manguier, *ii)* l'organisation des acteurs au sein d'une faîtière, *iii)* l'existence de cadre juridique et réglementaires favorables à la production, la transformation et la commercialisation, *iv)* la mise en place depuis 2019 d'une banque agricole, *v)* l'existence d'une Recherche performante, *vi)* la forte demande du marché national et international de la mangue du Burkina Faso, *vii)* la volonté politique affichée à accompagner la filière.

1.4. Contraintes de la filière mangue

En dehors des contraintes liées à la pression des mouches des fruits qui seront abordés dans le chapitre 2, celles qui entravent l'émergence de la filière mangue au Burkina Faso se situent à quatre niveaux : la production, la transformation, la commercialisation et enfin l'organisation des acteurs de façon global.

Chapitre 2 : Généralités sur les mouches des fruits

2.1. Taxonomie des mouches des fruits

La classification scientifique des mouches des fruits est résumée 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

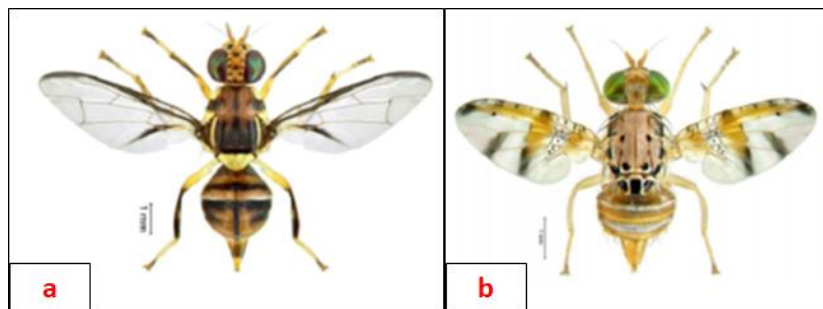
Il existe environ 4 000 espèces de mouches des fruits appartenant à la famille des Tephritidae et dont 500 genres ont été identifiées à travers le monde (White et Elson-Harris, 1992) avec six genres d'intérêt économique (Ouédraogo, 2011). Toutefois, il faut noter que toutes les espèces appartenant à la famille des Tephritidae ne sont pas des ravageurs de fruits (Ouédraogo, 2011). Selon ce dernier, la majorité des espèces de mouches de fruits signalées en Afrique de l'Ouest appartiennent à la sous-famille des Dacinae, à la tribu des Ceratidini et à celle des Dacini. La tribu des Ceratidini, dont le genre *Ceratitis*, a été signalé en Afrique de l'Ouest par plusieurs auteurs, et au Burkina Faso par Lafleur en 1995 (Ouédraogo, 2002). Elle comprend 167 espèces dont 152 afrotropicales (Norrhom, 2004). Le genre *Ceratitis* comporte soixante-dix-huit espèces, qui sont toutes d'origine afro-tropicales (Norrhom, 2004). Quant à la tribu des Dacini, elle compte 765 espèces, dont 184 sont afro-tropicales et comporte trois genres dont deux d'Afrique tropicale.

Bactrocera dorsalis a été détectée pour la première en Afrique de l'Ouest en 2004 (Drew et al., 2005). C'est en 2005 que sa présence a été signalée sur la mangue dans cette zone (Ouédraogo, 2011). Le genre *Bactrocera* englobait autrefois le sous-genre *Zeugodacus*. Mais c'est à la suite d'une étude menée par Virgilio et al. en 2015 que ce sous-genre a été élevé au rang de genre (Zida, 2019). Pour Drew et al. (2005), les genres *Bactrocera* et *Zeugodacus* seraient originaires d'Asie tropicale, d'Australie et des régions du Pacifique Sud.

2.2. Diversité spécifique des mouches de fruits au Burkina Faso

Sur 4 400 espèces de Tephritidae connues à travers le monde, il ressort que 200 espèces sont considérées comme ravageurs des cultures et causent de ce fait la plupart des dégâts enregistrés dans les vergers (Deguine et *al.*, 2010). Elles sont également nuisibles avec une grande importance économique sur le manguier à cause de leur statut d'insecte de quarantaine avec des pertes significatives enregistrées en Afrique de l'Ouest (Vayssières et Sinzogan, 2008).

Au Burkina Faso, trente-deux espèces de Tephritidae appartenant à 10 genres ont été inventoriées par Zida (2019). Parmi elles, associées aux dégâts observés sur la mangue, il s'agit essentiellement de *B. dorsalis* et *C. cosyra* (Ouédraogo, 2011 ; Zida, 2019). En effets, ces deux espèces de mouches de fruits prédominent dans les vergers de manguiers et provoquent à elles seules plus de 90% des dégâts observés sur les mangues (Ouédraogo, 2011 ; Zida, 2019). La première est une espèce exotique en Afrique qui serait probablement originaire du Sri Lanka (Asie) et qui a été signalée pour la première fois en Afrique en 2003 (Mwatawala et *al.*, 2006). C'est une espèce très polyphage avec des niveaux de captures importants observés en saison pluvieuse (Vayssières et *al.*, 2005 ; Ouédraogo, 2011). L'espèce *C. cosyra* est d'origine afro-tropicale rencontrée dans toute l'Afrique sub-saharienne jusqu'en Afrique du Sud et au Madagascar (Ouédraogo, 2011). Elle est la plus dominante des *Ceratitidis* dans les vergers en Afrique de l'Ouest (Vayssières et *al.*, 2008). *Ceratitidis cosyra* présente des prévalences relativement élevées en saison sèche, notamment dans les zones soudanienne et sahélienne de l'Afrique de l'Ouest (Vayssières et *al.*, 2009 ; Ouédraogo, 2011). Les deux espèces de mouches de fruits les plus abondantes dans les vergers de manguiers du Burkina Faso sont présentées (Figure 2).



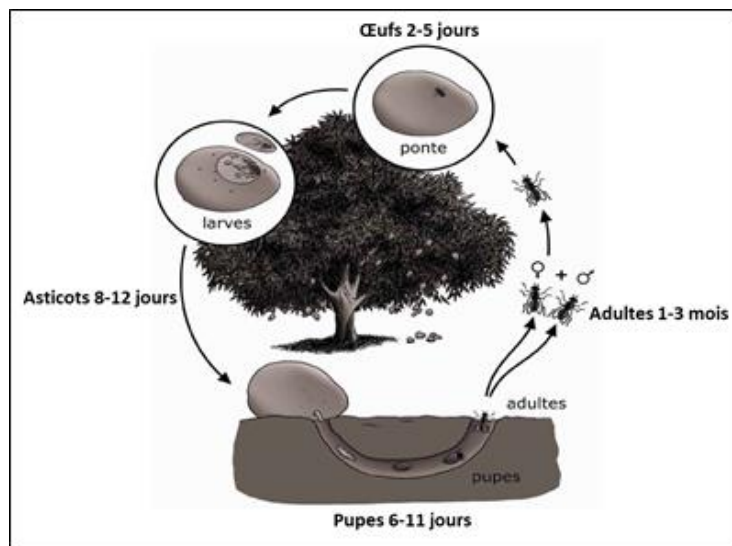
Source : Ouédraogo, 2011

Figure 2 : Espèces de mouches des fruits dominantes au Burkina Faso : a) *Bactrocera dorsalis* et b) *Ceratitidis cosyra*

2.3. Biologie et écologie des mouches des fruits

2.3.1. Biologie

Selon Ouédraogo (2011), trois facteurs essentiels jouent un rôle déterminant dans la biologie des mouches des fruits. Il s'agit de la température, de l'humidité relative du milieu et des plantes hôtes. Selon le même auteur, la plupart des espèces de mouches des fruits ont un cycle de vie similaire sans diapause à 25°C et 75% d'humidité relative. Contrairement aux mâles, les femelles possèdent un ovipositeur (ou oviscapte) à l'extrémité de leur abdomen grâce auquel elle pique les fruits pour y déposer leurs œufs. La femelle émet une phéromone qui attire les mâles pour l'accouplement. Au cours de la ponte, la femelle fait pénétrer son ovipositeur à environ deux millimètres (2 mm) dans le fruit pour déposer entre 5 et 10 œufs par piqûre de ponte (Vayssières et *al.*, 2008). Le nombre total d'œufs varie en fonction des espèces ; 300 à 400 par femelle pour les cératites contre en moyenne 700 œufs chez *B. dorsalis* (Ouédraogo, 2011). Ce nombre varie en fonction des plantes hôtes, de la saison et des zones agro-écologiques (Vayssières et *al.*, 2008). Quatre phases de développement sont observées : embryonnaire ou œuf, larvaire, pupa et adulte. Selon Ouédraogo (2011), la durée d'incubation des œufs est de 2 à 5 jours. Les larves après éclosion passent par trois stades (L1 à L3) qui durent de 5 à 15 jours avant la pupaison (8 à 12 jours). En effet, les larves se développent dans la pulpe du fruit et creusent des galeries. Le fruit infesté prend un aspect mature, il finit par se détacher et tomber au sol permettant aux larves de dernier stade de pénétrer dans les premiers centimètres du sol où a lieu la pupaison. Dans certains rares cas, celle-ci se fait dans le fruit. Les adultes émergés traversent une période dite de maturation de plusieurs jours avant de devenir sexuellement actifs ; de 3 à 4 jours après émergences des pupes pour les mâles et de 6 à 8 jours pour les femelles. La durée de vie des imagos émergés varie de 40 à 90 jours (Ouédraogo, 2011). En fonction de leur comportement alimentaire, on rencontre des espèces monophages, sténophages, oligophages ou polyphages (Ouédraogo, 2011 ; Figure 3).



Source : CTA, 2013

Figure 3 : Cycle de développement des Tephritidae carpophages

2.3.2. Ecologie

2.3.2.1. Dynamique spatio-temporelle des mouches des fruits au Burkina Faso

Les travaux de Ouédraogo (2011) et de Zida (2019) ont permis de mettre en évidence la fluctuation des populations des mouches de fruits dans le temps et dans l'espace. Pour le premier, même si la présence des mouches des fruits est constatée durant toute l'année, on note que les populations de Tephritidae dans les vergers de manguiers du Burkina Faso abondent au cours de la saison de la mangue. Pour le même auteur, le pic d'occurrence de *C. cosyra* précède celui de *B. dorsalis* dans les vergers de manguiers : *C. cosyra* est le plus abondant pendant la saison sèche tandis que *B. dorsalis* est majoritairement présent pendant la saison des pluies. Toujours selon la même source, l'adaptation de *C. cosyra* aux conditions climatiques des zones marquées par une faiblesse de l'humidité et des températures élevées en saison sèche, fait que cette espèce est abondante dans les vergers dès la période de maturation des fruits à partir de mars. Quant à Zida (2019), il fait remarquer que la densité des mouches des fruits est faible pendant la saison sèche et plus encore pendant la période sèche et froide (allant de fin novembre à fin janvier) qui coïncide avec l'absence ou la très faible présence de plantes hôtes dans les formations végétales. Ainsi, pour Bateman (1972), la plupart des Tephritidae ont des fluctuations d'abondances saisonnières caractérisées par des niveaux de populations élevés qui s'expliquent par des conditions climatiques (température et

humidité) favorables ainsi qu'à la disponibilité des ressources alimentaires qui favorise leur reproduction.

2.3.2.2. *Plantes hôtes alternatives des mouches des fruits au Burkina Faso*

Plusieurs auteurs ont mis en évidence le caractère oligophage et polyphage des mouches des fruits. A ce titre, à l'exception du manguier, les mouches des fruits disposent d'une gamme variée de plantes qui favorise le maintien de leur population même hors de la période de production de mangue. Compte tenu de leur période de fructification qui ne coïncide pas toujours avec celle de la mangue, ces plantes hôtes alternatives constituent sans nul doute des foyers de ré-infestation des vergers de manguiers après l'application des techniques de contrôle des mouches des fruits car elles offrent des conditions (en termes de ressources alimentaires) favorables à la pérennisation des populations des mouches des fruits (Ouédraogo, 2011 ; Zida, 2019). Les fruits hôtes jouent donc un rôle très important dans l'abondance saisonnière et la dynamique des mouches des fruits.

Au Burkina Faso, plusieurs espèces végétales, cultivées ou sauvages, ont été identifiées comme hôtes alternatives des mouches des fruits par de nombreux auteurs. Dans une étude réalisée sur le statut des mouches des fruits, Zida (2019) a recensé vingt-sept espèces végétales hôtes des mouches des fruits appartenant à 12 familles botaniques dont les plus importantes sont des Anacardiaceae, Annonaceae, Cucurbitaceae, Myrtaceae, Apocynaceae, Rubiaceae et Sapotaceae. Au nombre de ces espèces végétales (outre le manguier) on peut citer : le goyavier (*Psidium guajava*), le papayer (*Cariaca papaya*), les agrumes (*Citrus spp.*), les annones cultivées (*Annona spp.*), le karité (*Vitellaria paradoxa*), l'annone (*Annona senegalensis*), le pêcher africain (*Sarcocephalus latifolius*), le néré (*Parkia biglobosa*), le concombre (*Cucumis sativus*), la courge (*Cucurbit sp.*), la courgette (*Cucurbita pepo*), le pastèque (*Citrullus lanatus*), le melon (*Cucumis sp.*) (Ouédraogo, 2011 ; Zida, 2019).

2.3.2.3. *Auxiliaires entomophages des mouches des fruits*

Il s'agit d'organismes intervenant dans la régulation naturelle des populations des mouches des fruits. De nombreuses études ont mis en évidence le rôle des parasitoïdes et des prédateurs utilisés en lutte biologique pour le contrôle des mouches des fruits. Vayssières et *al.* (2010) ont identifié au cours d'une étude préliminaire réalisée au Bénin, plusieurs parasitoïdes des mouches de fruits dont *Fopius caudatus*, *Psytalia cosyrae*, *Psytalia perproxima*, *Diachasmimorpha fullawayi*, *Tetrastichus giffardianus* et *Pachycrepoideus vindemmiae*. Quant à Vayssières et Sinzogan (2008),

ils ont démontré l'action prédatrice des fourmis oecophylles (*Oecophylla longinoda*) sur les larves de Tephritidae. D'autres auteurs comme Adandonon et *al.* (2009) et Van Mélé et *al.* (2009), ont mis en évidence des réactions de répulsion de ces fourmis oecophylles sur la ponte de mouches des fruits. Pour Bateman et *al.* (1976), les Staphylinidae et les Carabidae sont des prédateurs des mouches des fruits, ils consomment les larves et les pupes dans le sol, tandis que les araignées capturent certains adultes.

2.4. Importance économique des mouches des fruits

Ces ravageurs constituent une véritable menace pour la fruiticulture en général, et celle de la mangue en particulier. Leurs dégâts occasionnent des pertes énormes sur les produits récoltés et les préjudices sur le plan socio-économique sont tout aussi considérables sur la vie des acteurs de la filière, notamment ceux en milieu rural. A cela, il faut ajouter comme conséquences, les impacts négatifs sur la sécurité sanitaire des aliments, la réduction de la durée d'exportation sur le marché international, la perte de confiance vis-à-vis des importateurs à la suite de la récurrence des interceptions. Ces dernières peuvent conduire à une interdiction des exportations des mangues à l'international. En effet, les mouches des fruits sont classées comme des insectes de quarantaine dans de nombreux pays importateurs de mangues comme ceux de l'Union Européenne. Cela a pour conséquence, des pertes de revenus pour les exportateurs et de devises pour le pays. Le Burkina Faso a enregistré au cours de ces dernières années une série d'interceptions pour cause de mouches des fruits, ce qui a amené les autorités en charge du contrôle phytosanitaire du pays à prendre des mesures drastiques afin de réduire le niveau de ces interceptions. En effet, selon les chiffres émanant des rapports d'activités de la Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement (DPVC), l'évolution du niveau des interceptions des mangues en provenance du Burkina Faso au cours de ces cinq dernières années aux frontières européennes pour cause de présence de Tephritidae est comme suit : 16 interceptions en 2016, 24 en 2017, 8 en 2018, 9 en 2019, et 8 en 2020.

En effet, les dégâts des mouches des fruits sont provoqués par la ponte dans les fruits. Celles-ci déposent leurs œufs sous la peau des fruits par piqûres dites de ponte. Le point de ponte est d'abord invisible et les œufs éclosent au bout de deux à trois jours. La cicatrice de ponte est alors un cercle brunâtre sur la peau du fruit, accompagné également de la pourriture de la chair sous-jacente. L'éclosion produit des larves qui consomment la pulpe du fruit (Ouédraogo, 2002) les rendant ainsi

impropres à la consommation et à la commercialisation. Les piqûres constituent des portes d'entrées pour certains agents pathogènes, notamment fongiques. Généralement, les fruits ainsi touchés tombent prématurément. Les variétés tardives (Kent, Brooks, Keitt, ...) sont les plus attaquées contrairement aux variétés dites locales (Ouédraogo, 2011 ; Zida, 2019). Les pertes de production de mangues dues aux mouches des fruits sont estimées entre 10% à 80% (CTA, 2013) pour des pertes de revenus estimées à plusieurs milliards de dollars (Ouédraogo, 2011).



Photos : Somé H. K. ; PLMF, 2019

Figure 4 : Femelle de *Bactrocera dorsalis* en position de ponte et dégâts sur les mangues

Au Burkina Faso, Ouédraogo (2011) a montré que *B. dorsalis* est l'espèce qui présente la plus grande importance économique. Cette espèce est responsable de plus de 82% des infestations observées sur les fruits dans les vergers de manguiers de l'Ouest du pays ; elle est à l'origine de 64% des dommages infligés aux mangues par les Tephritidae. Elle est suivie par *C. cosyra* qui est associée à 40% des fruits infestés pour une incidence économique de 31%. Ainsi, pour Zida (2019), depuis l'introduction de *B. dorsalis* en Afrique sub-saharienne, la mangue constitue l'un des principaux fruits cultivés qui subit le plus d'attaques des mouches de fruits avec des pertes énormes de production. D'après Vayssières et al. (2004), il est rare que plus de 5% de la production de mangue soient exportées et ce, en raison de problèmes d'ordre structurel et liés aux insectes ravageurs dont les mouches des fruits.

Chapitre 3 : État des lieux des technologies de lutte contre les mouches des fruits dans les vergers de manguiers au Burkina Faso

3.1. Synthèse des technologies de lutte appliquées dans les vergers de manguiers

3.1.1. Lutte prophylactique ou sanitation des vergers

Il s'agit de l'ensemble des mesures mises en œuvre dès le début de la campagne pour maintenir une hygiène phytosanitaire des vergers en vue de réduire l'incidence des mouches des fruits en vergers. Autrement dit, il s'agit de créer des conditions environnementales défavorables au développement des mouches des fruits. Selon Vayssières et *al.* (2009), la lutte prophylactique regroupe un ensemble de techniques qui permettent de détruire les stades pré-imaginaux de mouches qui se retrouvent dans les fruits piqués et/ou tombés et qui constituent des foyers de ré-infestation des parcelles. Elle consiste donc à un assainissement des vergers à travers le ramassage permanent des fruits tombés au sol afin de procéder à leur destruction. A ce titre, plusieurs pistes de solutions peuvent être envisagées comme :

- enfouir les fruits tombés dans un trou profond (plus de 50 cm), les recouvrir de chaux ou les asperger d'insecticides puis reboucher le trou ;
- mettre en tas les fruits piqués en dehors du vergers et les brûler ;
- immerger les fruits infestés pour noyer les pupes et les larves ;
- ramasser les fruits infestés et les mettre dans un augmentorium dans le but de favoriser la colonisation du vergers par les auxiliaires entomophages au détriment des mouches des fruits. Cette pratique a été enseignée aux producteurs durant la phase d'exécution du Projet de Soutien au Plan Régional de Lutte et de Contrôle des Mouches des Fruits en Afrique de l'Ouest. En rappel, l'augmentorium est une structure hermétique avec un toit en toile mousseline dans laquelle on dépose régulièrement les fruits infestés ramassés au champ et qui permet aux auxiliaires entomophages de s'échapper après émergence, mais pas les mouches des fruits. Il permet d'une part, la rupture du cycle biologique de l'insecte ravageur par la destruction des foyers de multiplication et d'autre part, la multiplication des ennemis naturels de l'insecte (parasitoïdes). Les fruits ainsi décomposés, mélangés à la matière organique et à des résidus de végétaux peuvent être utilisés comme du compost.
- mettre les fruits collectés dans des sacs plastiques noirs en bon état et exposer les sacs pendant au moins 48 heures au soleil, après les avoir hermétiquement fermés. Cette

méthode est efficace et facile à mettre en œuvre. De plus, les sachets peuvent être réutilisés plusieurs fois tant qu'ils ne sont pas endommagés.

Tout cela permet de détruire tous les œufs et larves contenus dans les fruits infestés. Aussi, il est recommandé de procéder au désherbage du verger et à l'élagage des branches. Une bonne circulation de l'air, mais aussi un ramassage des mangues tombées sont à prescrire. Il est également recommandé de travailler le sol en surface (dans les 5 premiers centimètres) pour exposer les pupes et les larves des mouches des fruits au soleil, aux parasites et aux prédateurs.

Quelques techniques mises en œuvre dans le cadre de la lutte prophylactique contre les mouches des fruits dans les vergers de manguiers sont illustrées (Figure 5).



Photos : Sawadogo Mathieu ; PLMF, 2019

Figure 5 : Illustrations de quelques pratiques de lutte prophylactique contre les mouches des fruits dans les vergers de manguiers : techniques de l'augmentorium (a, b, et c) ; enfouissement de fruits infestés (d) ; exposition au soleil (e) et brûlage de fruits infestés (f).

3.1.2. Piégeage de masse par l'utilisation des appâts alimentaires

Cette technique repose sur l'utilisation d'un mélange d'attractifs alimentaires combiné à un insecticide. Ils sont riches en substances protéiques indispensables pour l'accomplissement de la maturité sexuelle des femelles et la production d'œufs. Leur application se fait généralement par taches sur le feuillage des plantes (Bakouan, 2015). Les mouches sont attirées par l'odeur du produit qu'elles ingèrent puis s'en suit l'intoxication et la mort. Contrairement aux phéromones,

les appâts alimentaires sont non spécifiques et attirent toutes les espèces de mouches de fruits (Zida, 2019). Au Burkina Faso, le Succès Appât (ou le GF-120) et le M3 sont à l'heure actuelle les seuls appâts alimentaires qui soient homologués par le Comité Sahélien de Pesticides (CSP) contre les mouches des fruits. Ceux-ci offrent l'avantage d'être moins toxiques pour l'environnement (Bakouan, 2015).

3.1.3. Piégeage de masse par l'utilisation des phéromones sexuelles

Encore appelé Technique d'Annihilation des Mâles (TAM), cette méthode de lutte vise à réduire significativement la population des mouches mâles dans un milieu donné afin d'empêcher la reproduction de l'espèce de mouches de fruits ciblée (Zida, 2019). Elle consiste à installer dans la zone à traiter de nombreux appâts constitués de blocs de bois trempés dans un mélange de phéromone et d'insecticide en vue d'attirer les mâles pour les tuer (Ouédraogo, 2011 ; Bakouan, 2015). Les phéromones sexuelles sont généralement spécifiques à une espèce donnée. Le Timaye et l'Invader sont ceux autorisés au Burkina Faso. Ils sont spécifiques aux mâles de *B. dorsalis*.

3.1.4. Lutte biologique

Elle se réfère à l'utilisation d'organismes vivants et de substances naturelles pour lutter contre des ravageurs. Pour Ouédraogo (2011), la lutte biologique est l'action exercée par certains auxiliaires entomophages (parasites, prédateurs et pathogènes) pour maintenir la population des ravageurs à des proportions acceptables. Dans le cadre de la lutte contre les Tephritidae, différents organismes (insectes et champignons entomopathogènes) ont été identifiés et sont utilisés à travers le monde (CTA, 2013). Ces organismes sont les ennemis naturels des ravageurs auxquels ils sont naturellement inféodés (Zida, 2019).

Au Burkina Faso, Zida (2019) a identifié dans les vergers de manguiers huit (08) espèces de parasitoïdes associées aux mouches des fruits à savoir *Fopius caudatus* Szépligeti, *Psytalia concolor* Szépligeti, *Tetrastichus giffardianus* Silvestrii, *Ealata clava* Quinlan, *Bracon* sp., *Diachasmimorpha* sp., *Microgastrinae* sp. et *Alysiinae* sp. Pour lui, l'inconvénient de l'utilisation de ces parasitoïdes réside dans le fait que leur élevage est sensible et coûteux. On note également la présence d'autres insectes auxiliaires entomophages comme les fourmis tisserandes (*O. longinoda*) qui sont des prédateurs de tous les stades des mouches de fruits. De nombreux auteurs ont démontré que la présence de ces fourmis sur les arbres limite les dégâts des mouches

des fruits sur les mangues à cause de la prédation des larves au niveau des fruits et au niveau du sol, mais également à travers une composante physico-chimique empêchant les femelles de pondre dans les fruits ayant été fréquentés par ces fourmis rouges (Vayssières et Sinzogan, 2008).

Au Burkina Faso, la lutte biologique demeure encore très faiblement appliquée par les producteurs. Dans le cadre du Projet de Soutien au Plan Régional de Lutte et de Contrôle des Mouches des Fruits en Afrique de l'Ouest (PLMF), des essais d'élevage de *Diachasmimorpha longicaudata* (parasitoïde des larves de l'espèce *B. dorsalis*) ont été effectués au niveau de l'Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA)/Station de Farako-Bâ, suivis de lâchers dans un certain nombre de vergers. Toutefois, l'évaluation de l'établissement et de l'impact de ce parasitoïde dans le contrôle des populations des mouches des fruits n'a pas encore été réalisée.



Photos : Somé Hien K.

Figure 6 : Lâcher du parasitoïde *Diachasmimorpha longicaudata* dans un verger de manguiers à Toussiamasso (commune de Orodara) dans le cadre du PMLF

3.1.5. Lutte chimique

Bien que très faiblement utilisé dans les vergers de manguiers au Burkina Faso, cette pratique a pour conséquence la destruction des ennemis naturels, la pollution de l'environnement, l'augmentation des coûts de production et les risques d'intoxication des producteurs et des consommateurs en cas de non-respect des recommandations techniques (Ouédraogo, 2011). Aussi, faut-il noter que l'usage incontrôlé des produits chimiques de synthèse peut entraîner le dépassement des Limites Maximales de Résidus dans les mangues récoltées conduisant à leur rejet sur le marché international.

3.1.6. Lutte législative ou administrative

Elle consiste en l'ensemble des mesures prises au niveau de l'État pour prévenir l'introduction et/ou la dissémination des mouches des fruits sur le territoire national. Ces mesures prennent en compte

les procédures de contrôle phytosanitaire des végétaux et produits végétaux ainsi que des pesticides à l'importation, à l'exportation et en transit ou présent à l'intérieur du territoire national. A ce titre, notons que le Burkina Faso a ratifié plusieurs conventions régionales et internationales sur la protection des végétaux dont la Convention Internationale sur la Protection des Végétaux (CIPV). Aussi, il adhère à l'initiative régionale de contrôle des mouches des fruits dans l'espace communautaire (CEDEAO). Au niveau national, on note la mise en place au ministère en charge de l'Agriculture d'un Secrétariat Technique du Comité National de Lutte contre les mouches des Fruits et les autres nuisibles du manguier (ST/CNLMF) chargé d'orienter le gouvernement dans ses prises de décision pour une meilleure gestion de ce fléau. Ce comité regroupe les acteurs publics (services de vulgarisation et d'appui-conseil agricole, Recherche, structures en charge du commerce, ...) et privés (producteurs, exportateurs et transformateurs) qui interviennent de façon directe et indirecte dans la filière de la mangue.

3.1.7. Lutte intégrée ou Integrated Pest Management (IPM)

Selon Vayssières et *al.* (2009), la lutte intégrée consiste en une combinaison harmonieuse de plusieurs méthodes de lutte qui assure l'efficacité de chacune d'elle afin d'aboutir à un meilleur contrôle des mouches des fruits. En effet, aucune méthode de lutte prise individuellement ne peut garantir des résultats durables dans la lutte contre les ravageurs de façon générale, et dans celle contre les mouches des fruits en particulier. Il s'avère donc indispensable de promouvoir un ensemble de méthodes de lutte efficaces, efficientes, compatibles et viables économiquement.

Au Burkina Faso, les combinaisons de lutte intégrée couramment observés dans les vergers de manguiers sont :

- Sanitation + phéromones sexuelles (Timaye notamment) ;
- Sanitation + appât alimentaire (Success Appât) ;
- Sanitation + Timaye + Success Appât.

Mais, depuis ces cinq dernières années, on note de plus en plus l'adjonction à ces combinaisons, d'autres produits comme Invader et M3. En effet, à cause de leur facilité d'utilisation associée à leur efficacité, ces derniers sont de nos jours largement demandés par les producteurs. Cependant, leur disponibilité et leur accessibilité font défaut. Dans le cadre de l'évaluation de l'efficacité de ces combinaisons dans le contrôle des mouches des fruits, Zida (2019) est parvenu à la conclusion que la combinaison associant la prophylaxie (ramassage des fruits) + Timaye + Success Appât était

la plus efficace pour lutter contre les populations de *B. dorsalis* et partant, dans la réduction des attaques des mangues par cette espèce. D'autres méthodes de lutte contre les mouches des fruits comme la technique du mâle stérile, de l'irradiation des mâles sont mentionnées dans la littérature, mais leur utilisation en Afrique en général, et au Burkina Faso en particulier, n'est pas signalée.

3.2. État des lieux de l'utilisation des déchets de brasserie et de biopesticides dans le contrôle des bioagresseurs des cultures

3.2.1. Attractivité des déchets de brasserie vis-à-vis des mouches des fruits

A ce jour, il n'existe à notre connaissance que peu d'études sur l'utilisation potentielle des appâts alimentaires à base de déchets de brasserie de façon général, et de levure thermolysée en particulier, dans le contrôle des mouches des fruits. Au Burkina Faso, l'utilisation de cette technologie reste encore au stade embryonnaire. Ainsi, notre travail de recherche vise donc à combler ce manque d'information scientifique afin de pouvoir affiner les stratégies de gestion de ce ravageur de quarantaine qui est un véritable fléau.

Piñero et *al.* (2017) ont, dans une étude menée à la station expérimentale d'Agriculture de l'Université de Hawaii, comparé l'attractivité relative des déchets de bière et d'autres sources de protéines à celle de l'appât standard GF-120® NF Naturalyte® Fruit Fly Bait sur les mouches des fruits (mâles et femelles) des espèces *B. cucurbitae* et *B. dorsalis*. Ils sont parvenus à la conclusion que l'appât à base de déchets de bière était aussi performant que l'appât standard pour les mouches des fruits (GF-120), avec des effets plus marqués sur les femelles des espèces visées. Ils ont également démontré que l'ajout d'acétate d'ammonium aux déchets de bière améliorait l'attrait de cet appât vis-à-vis des femelles de *B. cucurbitae* surtout. Au Nigéria, Umeh et Garcia (2007), dans une étude visant à mettre en place un programme de surveillance et de gestion des mouches des fruits sur des variétés d'orange, ont comparé l'attractivité d'un appât protéiné préparé localement à partir de résidus de levure de brasserie à celle d'un appât d'hydrolysate de protéine importé. Ils ont observé aucune différence significative entre les niveaux de captures des mouches des fruits (notamment du genre *Ceratitis*) dans les pièges contenant ces deux appâts. Ce résultat montre ainsi que l'appât alimentaire à base de résidus de levure de brasserie est aussi efficace dans l'attraction des mouches des fruits que l'appât à base d'hydrolysate de protéine vendu commercialement. D'autres auteurs comme Bego et *al.* (2021), ont quant à eux mis en évidence l'effet attractif de la levure mélangée à trois substances volatiles (alcool isoamylique et alcool 2-phénythylique ; alcool

isoamylique, alcool 2-phénéthylrique et acétate de 2-phénéthyle) sur *B. oleae*, la mouche des fruits de l'olive. En Chine, Cai et *al.* (2018) ont évalué la capacité de piégeage d'un appât protéique à base de levure de bière hydrolysée par voie enzymatique qu'ils ont comparé à deux autres appâts couramment utilisés sur *Drosophila suszuki* (Mutsumura) en laboratoire et au champ. Des résultats de leurs travaux, il ressort que l'appât protéique à base de levure de bière est un leurre plus attrayant pour *D. suszuki* que les autres appâts testés. D'après ces mêmes auteurs, l'appât protéique à base de levure de bière capturerait significativement plus d'adultes mâles et femelles de drosophiles que les deux autres sources. Ces résultats permettent de mettre en exergue l'effet attractif des déchets de brasserie dans le contrôle des ravageurs des cultures. Toutefois, ils méritent d'être adaptés dans le cadre de la mise en place de stratégies de gestion durable des mouches des fruits dans les vergers de manguiers en tenant compte d'un certain nombre de paramètres dont le comportement des mouches des fruits, la disponibilité des ingrédients pour la formulation de l'appât, le coût de l'appât et ses performances dans les conditions du milieu.

3.2.2. Utilisation des extraits de *Jatropha curcas* dans le contrôle des bioagresseurs des cultures

Jadis utilisée comme clôture pour protéger les potagers contre la pénétration des hommes et des animaux, la plante a connu une expansion à travers le monde à cause de ses très nombreux usages. Les graines de *J. curcas* permettent de produire une huile dont les propriétés sont comparables avec celles du diesel. Sur le plan agricole et de la préservation de l'environnement, les plantes de jatropha sont utilisées comme brise-vents. Elles sont également utilisées pour stabiliser les ouvrages anti-érosifs (Sanogo, 2014). A cela, il faut ajouter leur contribution dans la prévention/contrôle de l'érosion, conservation et restauration des sols grâce à leurs systèmes racinaires assez développés qui ralentit le ruissellement des eaux de pluie et favorise l'infiltration, permettant ainsi de réduire l'érosion hydrique (Blin et *al.*, 2009). Le tourteau, un sous-produit du processus d'extraction de l'huile peut être récupéré et servir d'engrais organique grâce à sa teneur élevée en azote (Domergue et *al.*, 2008 ; Diakité, 2018). De plus, *J. curcas* peut être perçu comme un bon candidat pour la reforestation des espaces dégradés. Aussi, la coque séchée des graines est un excellent combustible et peut remplacer le bois de chauffe, ce qui permet de faire face à la déforestation d'une part, et résoudre les problèmes énergétiques en milieu rural d'autre part. Pour Paramathma et *al.* (2007), l'huile de jatropha permettra de lutter contre les gaz à effet de serre

dégagés par les combustibles fossiles. Dans les pays tropicaux, la plante est connue pour ses usages médicaux. Elle est utilisée pour traiter de nombreuses pathologies comme le paludisme, la fièvre, la dermatose, la toux, les rhumatismes, les coliques, la syphilis, les infections buccales, la jaunisse, etc. (Staubmann et al., 1997 ; Arbonnier, 2000). Outre tous ces usages, de nombreuses études ont démontré que les extraits de jatropha (huiles ou extraits aqueux) issus des feuilles ou graines pouvaient être employée comme bio-pesticide dans le contrôle des bioagresseurs des cultures. L'efficacité des extraits de *J. curcas* a été prouvée à des doses variables, aussi bien au niveau du traitement des plantes au champ, qu'au niveau de la conservation des denrées alimentaires. Somé (2016) a mis en évidence l'existence de propriétés antifongiques de *Azadirachta indica*, *Cymbopogon citratus* et de *J. curcas* sur certains agents fongiques pathogènes de la mangue dont *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Phoma lingam* et *P. exigua*. A travers des tests menés au laboratoire, il a montré que l'huile de jatropha à 2% inhibe la croissance mycélienne des deux *Phoma*. Dao (2010) a aussi mis en évidence l'activité antifongique des extraits de *C. citratus*, de *J. curcas* et de *A. indica* contre *P. sorghina*. Aussi, Solsoloy et Solsoloy (1997) ont montré que les extraits de *J. curcas* avaient des propriétés insecticides sur les ravageurs du cotonnier et des denrées stockées. Pour Fatnassi et al. (2014), les extraits aqueux de jatropha (les feuilles comme les graines) possèdent une activité larvicide importante contre les moustiques de l'espèce *Culex pipiens*. Sur les mouches des fruits, Bakouan (2018), en comparant les extraits aqueux de trois espèces végétales (*A. indica*, *Eucalyptus camaldulensis* et *J. curcas*), est parvenu à la conclusion que les extraits de graines de cette dernière à différentes concentrations (200 à 800 g/l) avaient une forte incidence sur le taux d'émergence, de pupaison et la capacité de vol de *B. dorsalis*. En effet, selon cette même source, l'amande des graines contient de forte teneur en curcine, une lectine qui joue un rôle défensif conférant une immunité contre de nombreux ravageurs. C'est à ce titre qu'il affirmait que l'utilisation des extraits aqueux à base de graines de *J. curcas* constituait une méthode alternative prometteuse qu'il fallait affiner davantage pour un meilleur contrôle de *B. dorsalis*. D'autres travaux comme ceux de Heller (1996) sur l'activité insecticide de l'huile de jatropha contre *Helicoverpa armigera* (Heliar), *Aphis gossypii* Glover, *Pectinophora gossypiella* (Saunders), *Phthorimaea operculella* (Zeller), et *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) ont montré des résultats très concluants.

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE DU THÈME

Chapitre 4 : Matériels et méthodes

4.1. Présentation de la zone d'étude

Notre étude a été conduite dans deux vergers de manguiers situés dans la zone Ouest du Burkina Faso et spécifiquement dans la commune de Moussodougou, dans la province de la Comoé (région des Cascades).

Dans la région des Cascades en général et partant, dans la commune de Moussodougou, l'agriculture occupe la première place dans les activités économiques en termes de source de revenus et d'occupation de la population active. La zone bénéficie d'une pluviométrie comprise entre 1 000 et 1 200 mm par an (Guinko, 1984). Elle fait partie des localités les mieux arrosées du pays. Le climat, de type sud-soudanien est marqué par l'alternance de deux saisons fortement contrastées : une saison sèche et une saison pluvieuse. En ce qui concerne les températures, elles ont connu une variation à la hausse ces dernières années avec des moyennes comprises entre 25 et 31°C (Somé, 2016). Les sols de la zone sont de type ferrugineux lessivé avec une végétation de type savane arborée et herbeuse assez dense par endroit. On y rencontre les espèces ligneuses suivantes : *Parkia biglobosa*, *Vittelaria paradoxa*, *Kaya senegalensis*, etc. Au niveau des herbacées, on peut citer *Andropogon gayanus*, *Bracharia spp.*, *Chorispilosa sp.*, *Cynodon dactylon*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Digitaria horizontalis*, *Penissetum spp.*, *Eulesine indica*. La zone dispose d'un environnement naturel favorable à la culture du manguiers. Son positionnement géographique (proximité avec certains pays dont la Côte d'Ivoire et le Mali) fait d'elle une zone à fort taux migratoire et d'échanges commerciaux.

4.2. Matériels

4.2.1. Matériel végétal

Le manguiers (*Mangifera indica* L.) a été le principal matériel végétal utilisé au cours de cette étude. Les vergers de manguiers comportant essentiellement la variété Brooks (variété de fin de saison) ont été retenus afin de couvrir la période de l'étude. Les mangues étaient au stade gros fruits dans tous les sites retenus au moment de l'étude. Des mangues ont été échantillonnées pour évaluer le taux d'infestation et la sévérité des attaques des mouches des fruits.

En outre, les graines de *Jatropha curcas* L. ont été utilisées pour préparer l'extrait aqueux qui, additionné à la levure thermolysée, a joué le rôle d'insecticide.

Les caractéristiques des vergers ayant servi de sites d'étude sont présentées (Tableau I).

Tableau I : Caractéristiques des vergers de manguiers retenus dans le cadre de l'étude

	Variétés	Stades phénologiques	Superficies	Coordonnées géographiques	Environnement du verger
Site 1	Brooks	Gros fruits	11,5	N 10.89298° W 004.92881°	- Présence d'autres plantes hôtes en pleine fructification aux alentours et dans le verger (<i>Anacardium occidentale</i> , <i>Anona senegalensis</i> , <i>Saba senegalensis</i> , <i>Citrus</i> sp.)
Site 2	Brooks	Gros fruits	17	N 10.90032° W004.92529°	- Présence de pieds de <i>Anacardium occidentale</i> et de <i>Psidium guajava</i> en pleine fructification aux alentours et dans le verger ; - Proximité de lieux d'habitation et d'une école.

4.2.2. Matériel animal

Le matériel animal était composé des espèces de mouches des fruits rencontrées dans la zone d'étude et appartenant principalement aux genres *Bactrocera* et *Ceratitis*.

4.2.3. Matériel technique

Le matériel technique utilisé pour exécuter les différentes tâches aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire, était composé de :

- seaux, cuvettes en plastique et tissu mousseline pour la préparation des extraits aqueux ;
- un broyeur pour concasser et moudre les graines de *J. curcas* ;
- une balance électronique pour les pesées (poudre de graines de jatropha, mangues, etc.) ;
- des pièges McPhail, de la levure de *Torula* et un insecticide (Dichlorvos) pour le piégeage des mouches des fruits en vue d'évaluer leur population initiale avant les traitements, ainsi que celle résiduelle après l'application des traitements ;
- une éprouvette graduée pour mesurer la quantité des différents produits ;
- du fil de fer mou et graisse solide, utilisés respectivement pour accrocher les pièges aux branches des manguiers et empêcher la prédation des fourmis tisserandes (*Oecophylla longinoda*) sur les mouches des fruits capturées ;

- un équipement de protection individuelle (EPI) et un pulvérisateur manuel à pression entretenue de capacité 16 litres pour l'application des appâts alimentaires ;
- des flacons et de l'alcool à 70% pour la conservation des insectes capturés ;
- des loupes binoculaires pour l'identification des mouches des fruits ;
- des boîtes de Petri et des cages d'élevage pour l'incubation des pupes issues des mangues ;
- des déchets de levure utilisés pour la formulation de l'appât alimentaire local ;
- un appât alimentaire, le Success Appât, utilisé comme témoin de référence ;
- des fiches pour l'enregistrement des données lors des observations ;
- des sacs en filets pour le conditionnement et le transfert des mangues échantillonnées du verger au laboratoire ;
- des plats en plastique, du sable stérilisé à 100°C pendant 12 heures, des tissus mousselines et bracelets en plastique pour incuber les mangues échantillonnées.

4.3. Méthodes

4.3.1. Choix des vergers pour la conduite de l'étude

Le choix de la région des Cascades comme cadre de cette étude se justifie par le fait qu'elle fait partir du principal bassin de production de la mangue du Burkina Faso. En effet, cette région constitue la deuxième zone de production de la mangue du pays aussi bien en termes de superficie de vergers que de produits récoltés et ce, après la région des Hauts-Bassins. Elle compte à elle seule 23,8% des superficies totales de vergers de manguiers du pays (MAAH, 2018). Les principales communes de production de mangues de cette région ont été préalablement déterminées à partir de nos connaissances de base, des documents consultés et des échanges avec des personnes ressources. C'est ainsi que la localité de Moussodougou a été retenue pour la conduite de nos travaux de recherche. Aussi, la limitation de la zone d'étude à cette seule localité vise à apporter un diagnostic plus fin au regard des contraintes de temps et des moyens disponibles pour conduire cette étude. De ce fait, deux vergers ont été choisis le 12 avril 2022 lors d'une sortie de prospection sur base des critères suivants :

- l'accessibilité en toute saison ;
- une bonne production du verger avec une prédominance de la variété Brooks (variété tardive) afin d'avoir une longue durée de l'essai ;
- la superficie d'au moins 7 ha afin de contenir tous les traitements ;

- l'appartenance à un producteur ouvert, réceptif et acceptant le principe du prélèvement des échantillons de mangues pour les besoins d'incubation ;
- l'engagement du producteur de n'appliquer aucun autre traitement (chimique ou biologique) dans le verger et à proximité immédiate de celui-ci pendant la durée de l'étude.

4.3.2. Dispositif expérimental

L'étude a été conduite selon un dispositif expérimental comportant cinq traitements, chacun répété quatre fois :

- **T0** : parcelle non traitée (témoin contrôle) ; aucune application de produits ;
- **T1** : parcelle traitée au Success Appât, 0,24g/l de Spinosad (témoin de référence) ; 6 litres de bouillie/ha constitués de 1 litre de l'appât et 5 litres d'eau ;
- **T2** : parcelle traitée à l'appât alimentaire brut ; 6 litres de bouillie/ha constituées uniquement de l'appât formulé ;
- **T3** : parcelle traitée à l'appât alimentaire dilué à $\frac{1}{4}$ avec l'eau de distribution ; 6 litres de bouillie/ha constitués de 4,5 litres de l'appât formulé et de 1,5 litres d'eau ;
- **T4** : parcelle traitée à l'appât alimentaire dilué à $\frac{1}{2}$ avec l'eau de distribution ; 6 litres de bouillie/ha constitués de 3 litres de l'appât et de 3 litres d'eau.

Tous les traitements ont été évalués dans des vergers de manguiers ayant des superficies minimums de sept hectares divisés en cinq parcelles élémentaires de 1 ha chacun (Figure 7). Chaque parcelle élémentaire constituant un traitement a été divisée en quatre blocs de 0,25 ha chacun ; chaque bloc correspondant à une répétition. Des zones tampons de 50 m ont été maintenues entre les parcelles élémentaires afin de réduire les interférences entre les traitements.

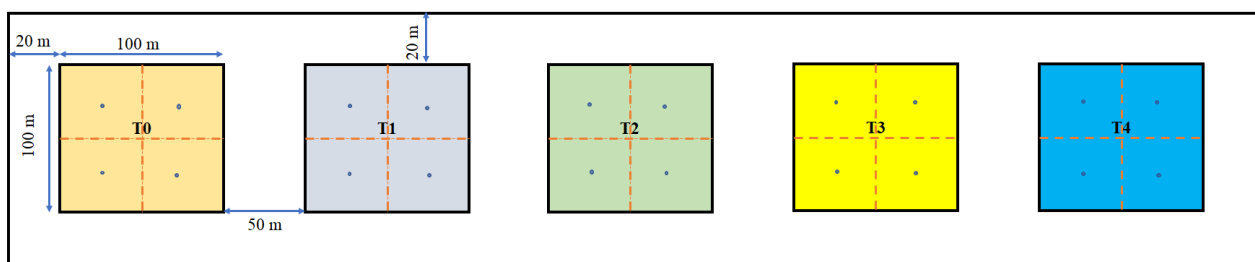


Figure 7 : Schéma du dispositif expérimental mis en place dans les vergers

Les pièges ont été placés le 8 mai 2022 dans tous les sites. Au total, vingt pièges ont été installés dans chaque verger à raison de quatre pièges par traitement. Les pièges ont été accrochés aux arbres à l'aide de fil de fer mou et à environ 2 m du sol. Les arbres ont été choisis de façon aléatoire en respectant une distance d'environ 40 mètres entre eux. Une masse de graisse solide a été appliquée sur le fil de fer mou pour empêcher la prédation des fourmis tisserandes (*O. longinoda*) sur les mouches capturées. Tous les pièges ont été étiquetés en inscrivant le nom du traitement et le numéro de la répétition. Le marquage de la limite des traitements s'est fait avec de la peinture à huile qui a été appliquée sur le tronc des arbres et ce, aux quatre coins de chaque traitement (Figure 8).



Photos : Somé H. K.

Figure 8 : Déploiement du dispositif de collecte dans les vergers : a et b) Préparation des pièges ; c et d) installation des pièges et e) marquage de la limite des traitements.

4.3.3. Préparation de l'appât alimentaire local

4.3.3.1. Préparation de l'extrait aqueux des graines de jatropha

Les graines de jatropha nous ont été livrées par l'entreprise « *Sols Verts* » basée à Léo dans la province de la Sissili (Région du Centre-Ouest). Elles ont été réduites en poudre à l'aide d'un broyeur à maille de 1 mm de diamètre. Les travaux de Bakouan (2018) ont permis d'identifier la concentration de 800g/litre comme la plus efficace contre les larves et les adultes de *B. dorsalis* au laboratoire. De ce fait, 800 g de la poudre ont été enrobés dans du tissu mousseline et macérés dans 1 litre d'eau de distribution pendant 48 heures. Au bout de cette durée, le macérât a été filtré afin d'obtenir l'extrait aqueux qui a été utilisé comme insecticide pour les différents tests.

4.3.3.2. Préparation de l'attractif alimentaire local (déchets de levure)

Dans le cadre de cette étude, les déchets de brasserie sont constitués essentiellement de la levure rejetée à la fin du processus de préparation de la bière au niveau de la Brasserie du Burkina Faso (BRAKINA) (Figure 9). Cette levure à l'état vivante a été soumise à un chauffage à 90°C dans des gros fûts pendant 20 minutes. Les déchets obtenus (levure thermolysée) ont été ensuite

conditionnés dans des bidons de 20 litres et transférés au laboratoire. Après 24 heures de décantation, les déchets ont été débarrassés de leur surnageant puis portés à ébullition pendant une heure et demie avec agitation continue. Cette étape avait pour objectif d'évaporer l'alcool résiduel afin d'obtenir une forme concentrée.



Photos : Somé H. K.

Figure 9 : Récupération des déchets de levure (levure thermolysée) à la BRAKINA

4.3.4. Application des appâts alimentaires

L'appât alimentaire formulé a été appliqué sur le feuillage des manguiers à l'aide d'un pulvérisateur manuel à pression entretenue à raison de 6 litres par hectare. Au total, trois doses de l'appât formulé ont été testées suite aux préparations décrites plus haut (au point 4.2.1). Les traitements ont été réalisés de façon hebdomadaire dans chaque verger identifié.

4.3.5. Evaluation de la population résiduelle des mouches des fruits

Un dispositif de piégeage composé de 4 pièges McPhail contenant de la levure de *Torula* a été mis en place dans chaque parcelle élémentaire pour évaluer le niveau initial de la population des mouches de fruits une semaine avant l'application des traitements. Ce dispositif de piégeage a été maintenu sur place pendant toute la période de l'étude pour évaluer la population résiduelle des mouches des fruits après l'application des traitements. Chaque piège contenait quatre pastilles de *Torula* dissoutes dans 400 ml d'eau. La levure de *Torula* est un attractif alimentaire riche en protéines et commercialisé sous forme de pastilles par COLTEC en Costa Rica. Il est constitué

d'un mélange de levure et de borax qui permet d'éviter la décomposition des mouches de fruits capturées dans les pièges (Rousse et *al.*, 2003). Le relevé des pièges a été fait de façon hebdomadaire selon la méthode décrite par Vayssières et Sinzogan (2008) pour évaluer leur niveau de captures. A ce titre, les mouches des fruits ainsi capturées ont été collectées à chaque relevé, lavées avec de l'eau de distribution puis stockées dans des piluliers contenant de l'alcool à 70%. Les piluliers ont été doublement étiquetés (intérieur et extérieur) à l'aide d'un crayon à papier en inscrivant les informations suivantes : la date de relevé du piège, la localité de collecte des données, le numéro du verger, le nom du traitement et le numéro du piège. A chaque relevé, l'attractif (levure de *Torula*) était renouvelé. Quant à l'insecticide DDVP, son renouvellement s'est fait mensuellement conformément à son mode d'utilisation. Au total, quatre relevés ont été effectués au cours de l'essai.

4.3.6. Evaluation des dégâts liés aux attaques des mouches des fruits

Des échantillons de mangues ont été prélevés toutes les deux semaines dans chaque parcelle élémentaire afin d'évaluer l'incidence et la sévérité des attaques des mouches des fruits. Ainsi, à chaque échantillonnage, 25 fruits ont été prélevés de façon aléatoire sur cinq pieds de manguiers, à raison de cinq fruits par arbre. Ces mangues ont été conditionnées dans des sacs et transportées au laboratoire pour leur incubation. Sur chaque sac, les informations suivantes étaient inscrites : la date de collecte, le nom de la localité, le numéro du verger, le nom du traitement et le numéro de la répétition (bloc). Au total quatre collectes ont été effectuées dont la première a eu lieu le 1^{er} mai 2022, soit une semaine avant le début de l'application des appâts alimentaires. Une fois au laboratoire, les mangues ont été mises en incubations dans des plats en plastique contenant du sable fin stérilisé à la chaleur. L'incubation a consisté à mettre les échantillons de mangues en observation pendant deux à trois semaines dans le but d'évaluer le nombre de mangues attaquées et d'identifier les différentes espèces de mouches des fruits responsables de ces attaques. A cet effet, chaque lot de mangues a été pesé à l'aide d'une balance mécanique puis déposé dans des cuvettes plastiques contenant du sable sec. Les mangues ont été isolées du sable à l'aide d'un grillage à grosses mailles. Chaque plat a été recouvert d'un tissu mousseline et scellé à l'aide d'un bracelet plastique pour éviter la contamination des mangues par d'autres insectes. Les informations inscrites sur les sacs ont été transcrites sur les plats afin d'assurer une meilleure traçabilité des échantillons collectés. Le sable a été régulièrement tamisé à l'aide d'un tamis afin de collecter les

pupes des mouches des fruits (Figure 10). Les premiers tamisages ont été effectués trois jours après la mise en incubation des fruits et les autres, tous les cinq jours. Au total, trois tamisages ont été effectués pour chaque lot de mangues. Les pupes issues des échantillons de chaque traitement ont été transférées dans des boîtes de Petri afin d’observer les émergences des mouches des fruits et d’éventuels auxiliaires entomophages. Les boîtes de Petri ont été étiquetées. Parallèlement, les mangues ont été minutieusement inspectées pour identifier celles non infestées. A l’issue de cette opération, différents indices ont été ainsi déterminés. Il s’agit de l’incidence des attaques et de la sévérité des attaques.



Photos : Somé H. K.

Figure 10 : Mise en incubation et récupération des pupes de mouches de fruits

4.3.6.1. Incidence des attaques

L’incidence des attaques correspond au taux d’attaques ; c’est-à-dire la proportion de mangues piquées par les mouches des fruits. Elle a été déterminée avec la formule suivante :

$$\text{Incidence des attaques} = \frac{\text{nombre de mangues attaquées}}{\text{nombre de mangues mises en incubation}} * 100$$

4.3.6.2. Sévérité des attaques

Elle correspond au nombre de pupes obtenues par kilogramme de mangues incubées. Elle a été déterminée avant et après l’application des différents traitements selon la formule suivante :

$$\text{Sévérité des attaques} = \frac{\text{nombre de pupes collectées}}{\text{poids de mangues mises en incubation}} * 100$$

4.3.7. Inventaire de la population entomofaune présente dans les vergers de manguiers

Afin d'établir la situation de l'entomofaune présente dans les vergers de manguiers, cinq pièges plastiques jaunes à eau ont été installés au niveau des parcelles élémentaires comportant les traitements témoins (contrôle) de chaque verger. Les pièges ont été disposés suivant des diagonales ; soit un piège au centre de la parcelle élémentaire et un piège au niveau des quatre côtés de celle-ci. Ainsi, pour les deux sites, au total 10 pièges ont ainsi été installés. Chaque récipient était à moitié rempli d'eau courante dans laquelle quelques gouttes de savon liquide ont été ajoutées. Le relevé des pièges a été fait de façon hebdomadaire. Afin d'assurer une plus longue durée de conservation des insectes capturés et d'éviter ainsi leur détérioration, environ 20 grammes de sel ont été additionnés à la solution. Aussi, tous les insectes capturés par les pièges McPhail ont été identifiés et inventoriés.

4.3.8. Identification des mouches des fruits capturées et de l'entomofaune associée au verger de manguiers

L'identification des mouches des fruits capturées dans les vergers ainsi que celles qui ont émergé des mangues mises en incubation a été effectuée au laboratoire d'entomologie du Centre National de Spécialisation en Fruits et Légumes (CNSFL) de l'INERA/station de Farako-Bâ sise à Bobo-Dioulasso. Cette identification a été faite sous une loupe binoculaire et à l'aide des clés d'identification (Virgilio et *al.*, 2014) jusqu'au niveau taxonomique du genre. Le nombre d'individus a été noté par site, par espèce et par sexe (annexe 1). Quant aux autres insectes capturés aussi bien par les pièges McPhail que par les pièges jaunes à eau, ils ont été envoyés au laboratoire d'entomologie fonctionnelle et évolutive de la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech pour leur identification. Leur identification s'est faite jusqu'au niveau taxonomique de la famille et ce, en se basant sur des caractères morphologiques décrits dans différentes clés de systématique entomologique (Delvare et Aberlenc, 1989 et Mignon et *al.*, 2016). Ainsi, une liste de tous les insectes inféodés aux vergers de manguiers au Burkina Faso a été dressée.

4.3.9. Evaluation de la rentabilité économique de l'utilisation de l'appât alimentaire local

Cette activité vise à évaluer les changements qu'induiraient l'utilisation de l'appât alimentaire formulé sur le coût de protection des vergers comparativement au Success Appât. Pour ce faire,

une analyse comparée des charges liées à l'utilisation des deux technologies de lutte a été effectuée pour un hectare de verger de manguiers.

4.3.10. Saisie, traitement et analyse des données

Les données collectées ont été saisies et traitées avec le logiciel Microsoft Excel 2016. Le logiciel R a été utilisé pour les analyses de variance et les séparations des moyennes suivant le test de Tukey au seuil de probabilité 5%. Nous avons utilisé le test de Shapiro-Wilk pour vérifier la normalité des données. Lorsque les données suivent la loi normale, une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée ; dans le cas contraire nous avons effectué une analyse non paramétrique de Kruskal-Wallis. Les analyses ont concerné les paramètres suivants :

- l'indice journalier de captures dans les vergers d'étude ;
- le taux d'attaque des mangues échantillonnées ;
- la sévérité des attaques, exprimée en nombre de pupes par kilogramme de mangues incubées.

Chapitre 5 : Résultats et Discussion

5.1. Résultats

5.1.1. Situation de référence de l'entomofaune associée aux vergers de manguiers

Afin d'établir une situation de référence des insectes présents dans les vergers de manguiers, deux dispositifs de piégeage ont été mis en place. Il s'agit des pièges McPhail d'une part, et des pièges jaune à eau d'autre part. Outre les insectes appartenant à la famille des Drosophilidae, du genre *Drosophila* qui étaient très nombreux et que nous n'avons pas pu dénombrer, 60 009 insectes ont été collectés et identifiés. Ainsi, l'existence d'une grande diversité d'insectes dans les vergers de manguiers a été établie (Tableau II). Ces insectes sont issus principalement de 6 ordres (Diptères, Coléoptères, Hémiptères, Lépidoptères, Hyménoptères et Orthoptères) et 27 familles. L'ordre des Diptères représente à lui seul 99,77% des captures enregistrées. Au sein de cet ordre, les Tephritidae, composés exclusivement des mouches des fruits constituent la famille la plus abondante (94,37%).

Tableau II : Abondance et diversité des insectes présents dans les vergers de manguiers

Ordres/familles	Nombre d'individus		Nombre total d'individus	Proportion (en %)
	Verger 1	Verger 2		
Coleoptères	8	6	14	0,02
Coccinellidae	1	0	1	0,00
Scarabaeidae	5	6	11	0,02
Scolytidae	2	0	2	0,00
Diptères	36 748	23 120	5 9868	99,77
Anthomyiidae	63	138	201	0,33
Bibionidae	6	15	21	0,03
Calliphoridae	11	20	31	0,05
Curtonotidae	2	0	2	0,00
Diopsidae	0	2	2	0,00
Heleomyzidae	0	1	1	0,00
Lauxaniidae	253	596	849	1,41
Lonchaeidae	133	78	211	0,35
Micropezidae	1	0	1	0,00
Muscidae	6	5	11	0,02
Otitidae	0	4	4	0,01
Sarcophagidae	156	82	238	0,40
Scathophagidae	6	4	10	0,02
Tachinidae	767	890	1657	2,76
Tephritidae	35343	21285	56628	94,37
Tipulidae	1	0	1	0,00
Hemiptères	1	2	3	0,00
Rhopalidae	1	2	3	0,00
Hymenoptères	17	93	110	0,18
Figitidae	3	4	7	0,01
Formicidae	6	5	11	0,02
Scelionidae	8	84	92	0,15
Lepidoptères	6	7	13	0,02
Alucitidae	4	3	7	0,01
Noctuidae	2	1	3	0,00
Sarcophagidae	0	3	3	0,00
Orthoptères	1	1	1	0,00
Gryllidae	1	0	1	0,00
Total général	36 781	23 228	60 009	100,00

Aussi, faut-il noter que nos investigations nous ont permis d'identifier quelques individus de la famille des Figitidae qui, selon la littérature seraient des parasitoïdes des larves de mouches, principalement des drosophiles. En nous basant sur les critères morphologiques, nous avons identifié ces individus comme étant *Leptopilina heterotoma* (Figure 11).



Photos : Somé H. K.

Figure 11 : Parasitoïde potentiel de mouches de fruits, *Leptopilina heterotoma*

5.1.2. Diversité spécifique et abondance des mouches des fruits capturées dans les vergers de manguiers

Une diversité d'espèces de mouches des fruits a été observée dans les vergers de manguiers avec une variation d'abondance des captures en fonction des sites. Au total, 8 espèces de mouches des fruits appartenant à 2 genres (*Bactrocera* et *Ceratitis*) ont été répertoriées au cours de cette étude (Tableau III). En termes de diversité spécifique, il n'y a pas de différence entre les deux sites de collecte des données. En effet, les huit espèces sont présentes dans les deux vergers.

En ce qui concerne l'abondance des espèces présentes, il faut noter que le nombre total de mouches collectées au bout des quatre relevés hebdomadaires effectués, s'élève à 56 628 individus dont 31 147 femelles correspondant à 55% des captures. Le verger 1 présente le plus fort taux d'infestation avec 35 343 individus capturés (soit 62,41%), contre 21 285 individus capturés dans le verger 2 (soit 37,59%). Aussi, faut-il noter que *B. dorsalis* est l'espèce la plus abondante (28 238 individus, soit 49,87% des captures). Elle est suivie par *C. cosyra* avec 26 510 individus (soit 46,81%) puis de *C. silvestrii* (1 682 individus, soit 2,97% du total des captures). *Bactrocera dorsalis* et *C. cosyra* représentent à elles seules 96,68% des captures réalisées.

Tableau III : Diversité et importance des captures des mouches des fruits dans les vergers de manguiers

Espèces de mouches de fruits	Proportion (en %) des captures		
	Verger 1 (35 343)*	Verger 2 (21 285)*	Zone d'étude (56 628)*
<i>B. dorsalis_mâle</i>	24,94	22,01	23,84
<i>B. dorsalis_femelle</i>	25,70	26,58	26,03
<i>B. dorsalis (mâle + femelle)</i>	50,64	48,59	49,87
<i>C. cosyra_mâle</i>	18,02	22,22	19,60
<i>C. cosyra_femelle</i>	27,09	27,42	27,27
<i>C. cosyra (mâle + femelle)</i>	45,11	49,65	46,81
<i>C. silvestrii_mâle</i>	1,81	0,69	1,39
<i>C. silvestrii_femelle</i>	2,00	0,89	1,58
<i>C. silvestrii (mâle + femelle)</i>	3,81	1,58	2,97
<i>C. quinaria_mâle</i>	0,18	0,05	0,13
<i>C. quinaria_femelle</i>	0,18	0,07	0,14
<i>C. quinaria (mâle + femelle)</i>	0,36	0,11	0,27
<i>C. fasciventris_Mâle</i>	0,05	0,02	0,04
<i>C. fasciventris_femelle</i>	0,03	0,02	0,03
<i>C. fasciventris (mâle + femelle)</i>	0,08	0,05	0,07
<i>C. capitata (mâle + femelle)</i>	0,00	0,00	0,00
<i>C. breinii (mâle + femelle)</i>	0,00	0,01	0,01
<i>C. ditissima (mâle + femelle)</i>	0,00	0,01	0,01

* : Nombre d'individus identifiés.

5.1.3. Diversité et importance des espèces de mouches des fruits inféodées à la mangue

Au total, 1 000 mangues d'un poids total de 262,51 kg appartenant à la variété Brooks ont été échantillonnées et mises en incubations afin de déterminer les espèces de mouches des fruits responsables des dégâts sur les mangues. A l'issue de l'incubation, 2 996 pupes ont été collectées. 1 829 adultes de mouches de fruits ont émergé de celles-ci ; soit un taux d'émergence global de

61,04%. Les mouches de fruits collectées appartiennent à trois espèces à savoir *B. dorsalis* (associée à 51,97% des dégâts), *C. cosyra* (47,82%) et *C. quinaria* (0,21%) (Tableau IV).

Tableau IV : Diversité et abondance des mouches des fruits associées aux dégâts sur les mangues

Espèces de mouches de fruits	Proportion (en %) des émergences		
	Verger 1 (503)*	Verger 2 (921)*	Zone d'étude (1 424)*
<i>B. dorsalis_mâle</i>	34,39	23,34	27,25
<i>B. dorsalis_femelle</i>	22,86	25,73	24,72
<i>B. dorsalis (mâle + femelle)</i>	57,26	49,08	51,97
<i>C. cosyra_mâle</i>	22,07	27,47	25,56
<i>C. cosyra_femelle</i>	20,68	23,13	22,26
<i>C. cosyra (mâle + femelle)</i>	42,74	50,60	47,82
<i>C. quinaria_mâle</i>	0,00	0,11	0,07
<i>C. quinaria_femelle</i>	0,00	0,22	0,14
<i>C. quinaria (mâle + femelle)</i>	0,00	0,33	0,21

* : Nombre d'individus identifiés.

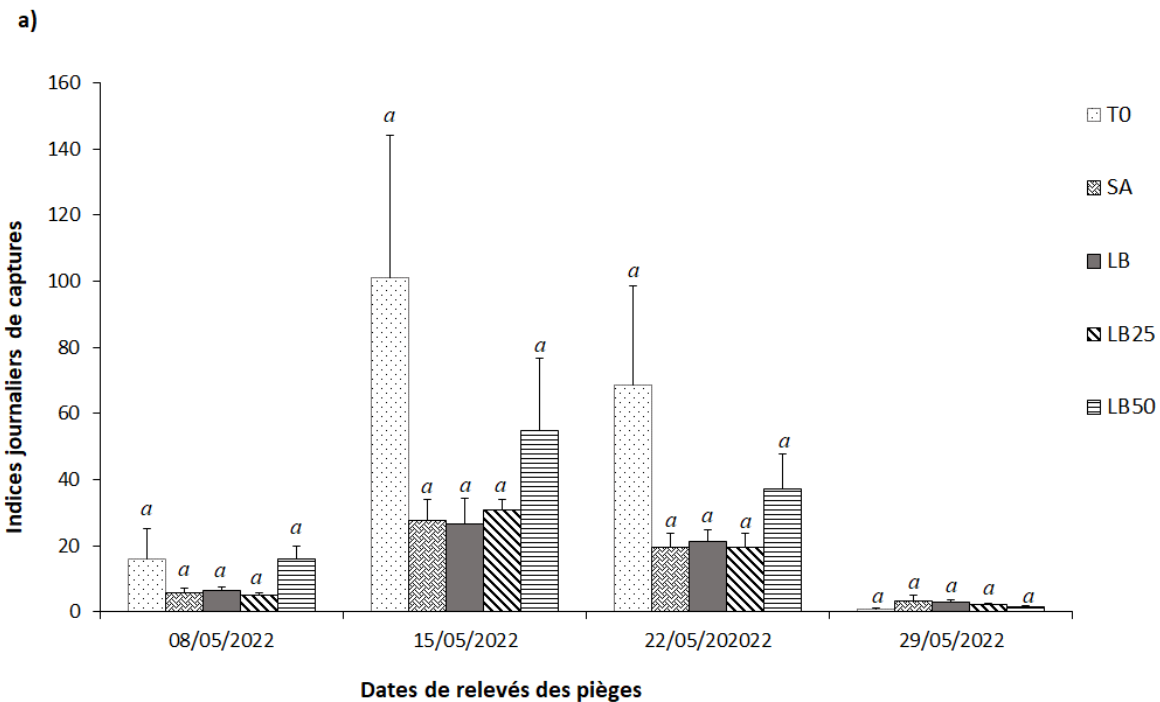
5.1.4. Effet des formulations biologiques sur les indices journaliers moyens de captures des mouches des fruits dans les vergers de manguiers

Les résultats de l'analyse des données sur l'évaluation de l'efficacité des appâts alimentaires sur les indices journaliers moyens de captures des mouches des fruits portent sur les trois principales espèces que nous avons identifiées à savoir : *B. dorsalis*, *C. cosyra* et *C. silvestrii*. L'indice journalier de capture permet d'estimer le nombre relatif d'adultes de mouches des fruits capturées par piège et par jour en un lieu donné.

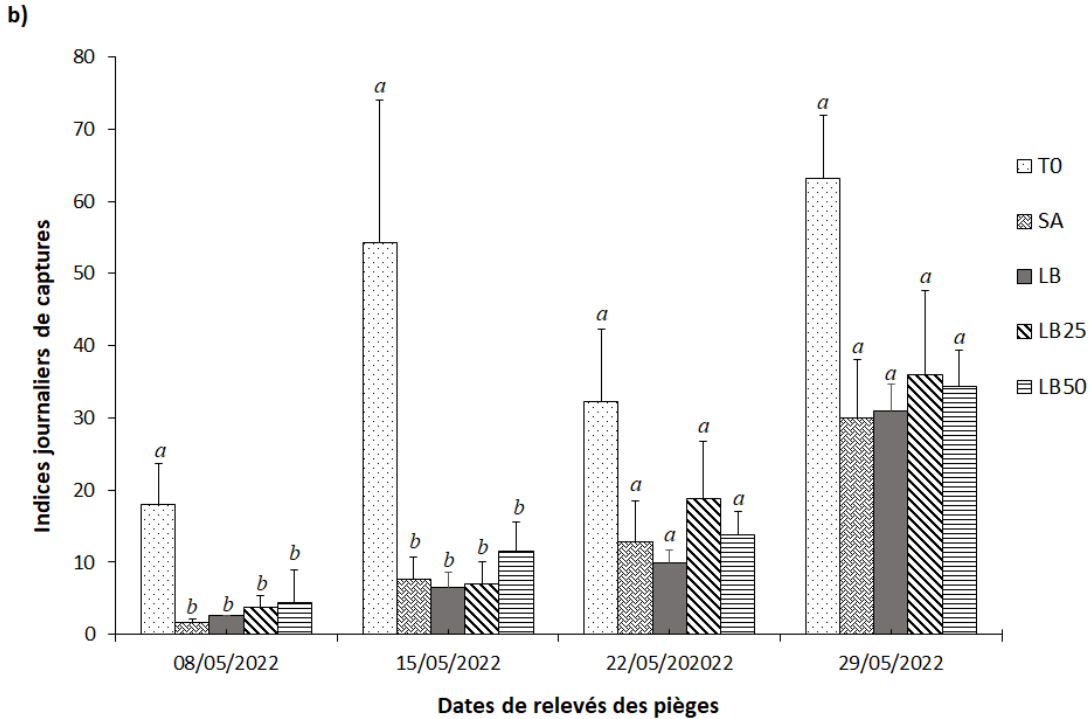
- Evolution des indices journaliers moyens de captures de *Bactrocera dorsalis*

L'effet des traitements sur les indices journaliers moyens de captures de *B. dorsalis* à chaque date de relevé des pièges est présentée (Figure 12). Au niveau du verger 1, aucune différence significative n'est observée entre les traitements ($0,110 < P < 0,480$) durant toute la période de l'étude. Cependant, au niveau du verger 2, des différences significatives ont été observées à la date du premier relevé des pièges ($P = 0,010$) ; c'est-à-dire avant le début de l'application des appâts

alimentaires entre la parcelle non traitée (témoin contrôle) et les parcelles traitées. Des différences significatives ont également été enregistrées à la date du 15 mai 2022 ; c'est-à-dire une semaine après l'application des appâts alimentaires ($P < 0,001$) entre les parcelles traitées avec les appâts alimentaires d'une part et le témoin contrôle d'autre part. Ainsi, quelle que soit le site et la période, aucune différence significative n'est observée entre les parcelles traitées avec les différentes formulations de l'appât alimentaire local et le Success Appât qui est notre produit de référence sur le niveau de fluctuation des populations de *B. dorsalis*.



Des lettres différentes au dessus des histogrammes pour une même date correspondent à des différences significatives. T0 : parcelle non traité (témoin contrôle) ; SA : parcelle traité au Success Appât ; LB : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local pur ; LB25 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 25% ; LB50 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 50%.

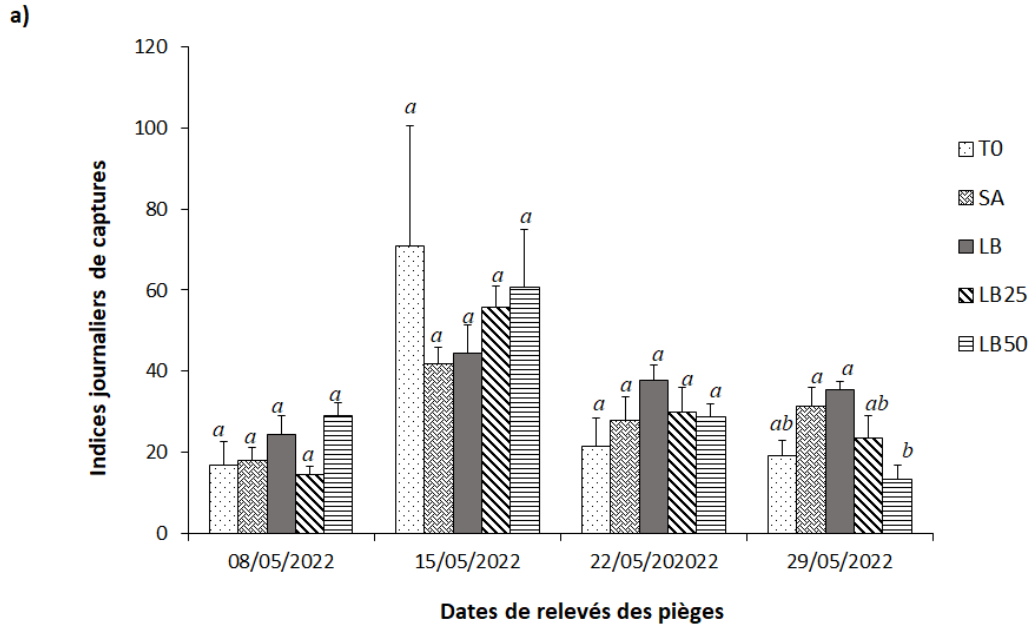


Des lettres différentes au dessus des histogrammes pour une même date correspondent à des différences significatives. T0 : parcelle non traité (témoin contrôle) ; SA : parcelle traité au Success Appât ; LB : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local pur ; LB25 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 25% ; LB50 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 50%.

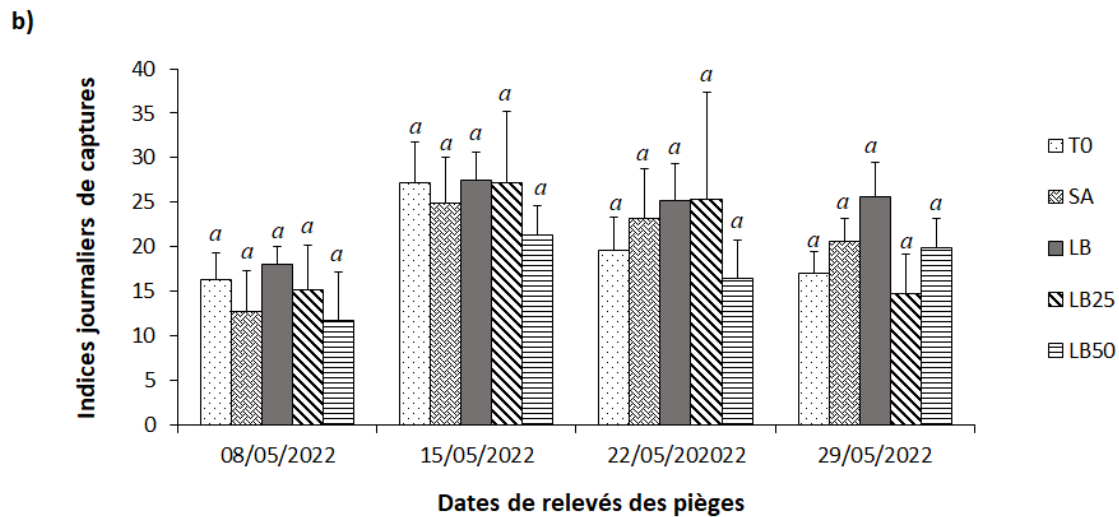
Figure 12 : Effet des traitements sur les indices journaliers moyens de captures de *Bactrocera dorsalis* : a) verger 1 et b) verger 2.

- Evolution des indices journaliers moyens de captures de *Ceratitis cosyra*

Pour le verger 1, des différences significatives ont été observées uniquement à la date du 29 mai ($P = 0,010$). Ces différences sont observées d'une part entre la parcelle traitée à l'appât alimentaire local dilué à 50% (LB50) et d'autre part, la parcelle traitée au Success Appât (SA) et celle traitée à l'appât alimentaire local pur (LB). Aucune différence significative n'est cependant enregistrée entre la parcelle traitée au Success Appât et celle traitée à l'appât alimentaire dilué à 25% (LB25) et la parcelle non traitée (témoin contrôle). Au niveau du verger 2, aucune différence significative n'a été observée dans la comparaison des traitements et ce, quelle que soit la date de relevés des pièges ($0,320 < P < 0,900$) (Figure 13).



Des lettres différentes au dessus des histogrammes pour une même date correspondent à des différences significatives. T0 : parcelle non traité (témoin contrôle) ; SA : parcelle traité au Success Appât ; LB : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local pur ; LB25 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 25% ; LB50 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 50%.



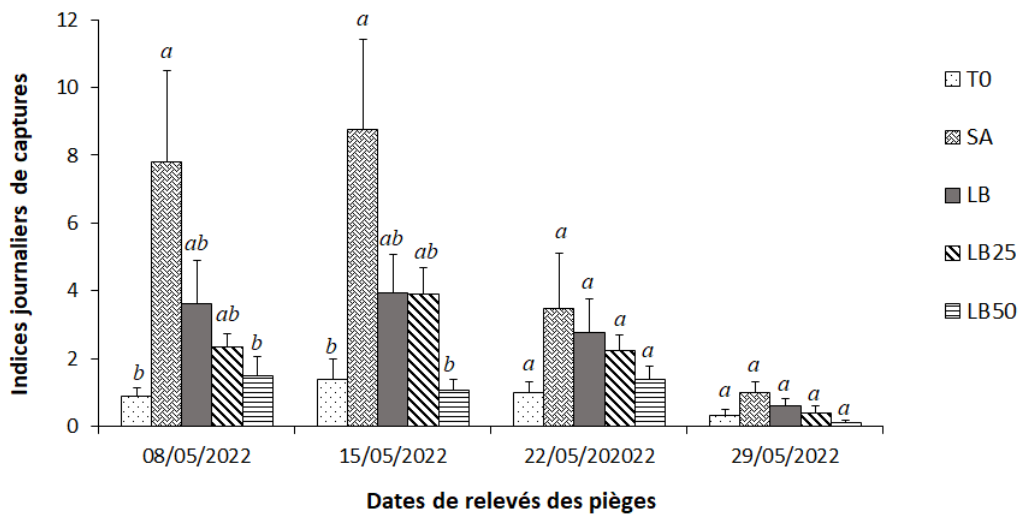
Des lettres différentes au dessus des histogrammes pour une même date correspondent à des différences significatives. T0 : parcelle non traité (témoin contrôle) ; SA : parcelle traité au Success Appât ; LB : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local pur ; LB25 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 25% ; LB50 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 50%.

Figure 13 : Effet des traitements sur les indices journaliers moyens de captures de *Ceratitis cosyra* : a) verger 1 et b) verger 2.

- Evolution des indices journaliers moyens de captures de *Ceratitis silvestrii*

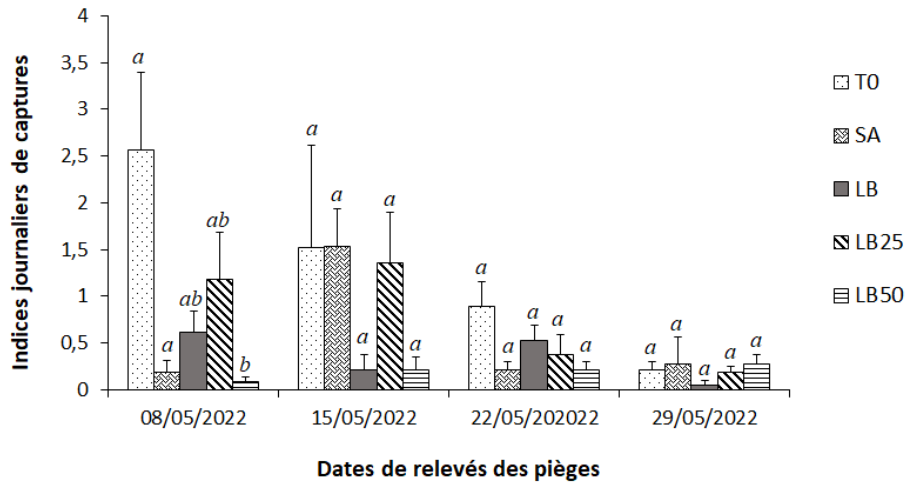
Au niveau du verger 1, des différences significatives d'indices journaliers moyens de captures de *C. silvestrii* au cours de l'expérimentation ont été observées durant les deux premières dates de relevés des pièges. Ainsi, avant le début de l'application des traitements (08 mai 2022) ($P < 0,020$), tout comme à la date du 15 mai 2022 ($P < 0,020$), l'analyse de variance permet de classer les traitements en trois groupes : le premier est constitué de la parcelle témoin contrôle (T0) et de celle traitée à l'appât alimentaire local dilué à 50% (LB50), le deuxième comprend la parcelle traitée au Success Appât (SA). Quant au troisième groupe, il est composé de la parcelle traitée à l'appât alimentaire local pur (LB) et de celle traitée à l'appât alimentaire local dilué à 25% (LB25). Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre la parcelle traitée au Success Appât, celle traitée à l'appât alimentaire local pur et celle traitée à l'appât alimentaire local dilué à 25%. Au niveau du verger 2, des différences significatives sont observées uniquement avant l'application des traitements ($P = 0,020$), soit le 08 mai 2022. En revanche, après l'application des traitements, aucune différence significative n'est observée entre les différentes parcelles ($0,070 < P < 0,840$) jusqu'à la fin de l'expérimentation.

a)



Des lettres différentes au dessus des histogrammes pour une même date correspondent à des différences significatives. T0 : parcelle non traité (témoin contrôle) ; SA : parcelle traité au Success Appât ; LB : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local pur ; LB25 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 25% ; LB50 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 50%.

b)



Des lettres différentes au dessus des histogrammes pour une même date correspondent à des différences significatives. T0 : parcelle non traité (témoin contrôle) ; SA : parcelle traité au Success Appât ; LB : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local pur ; LB25 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 25% ; LB50 : parcelle traitée avec l'appât alimentaire local dilué à 50%.

Figure 14 : Effet des traitements sur les indices journaliers moyens de captures de *Ceratitissilvestrii* : a) verger 1 et b) verger 2.

5.1.5. Effet des appâts alimentaires sur l'incidence des attaques des mangues par les mouches des fruits

Au niveau du verger 1, aucune différence significative entre les traitements au terme de l'étude ($P = 0,910$) (Tableau V). Au niveau du verger 2, nous observons une différence significative entre la parcelle non traitée (témoin contrôle) et les parcelles traitées ($P = 0,020$). Aucune différence significative n'est donc enregistrée entre la parcelle traitée au Success Appât et celles traitées avec les différentes formulations de l'appât alimentaire local.

Tableau V : Effet des traitements sur l'incidence des attaques des mouches des fruits sur les mangues

Traitements	Verger 1	Verger 2
T0	17,00 ± 13,22a	17,00 ± 13,22a
SA	16,00 ± 9,80a	49,00± 20,23ab
LB	12,00 ± 14,24a	34,00 ± 17,44ab
LB25	14,00 ± 18,04a	28,00 ± 12,65ab
LB50	11,00 ± 12,38a	40,00 ± 18,76b
Valeur de F	0,24	4,32
Pr(>F)	0,910	0,020
Signification	NS	S

Dans la même colonne, les moyennes affectées de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Tukey) ; Temoin : témoin contrôle (T0) ; SA : Success Appât (T1) ; LB : appât alimentaire local pur (T2) ; LB25 : appât alimentaire local dilué à 25% (T3) ; LB50 : appât alimentaire local dilué à 50% (T4) ; **S** : Significatif ; **NS** : Non significatif.

5.1.6. Effet des appâts alimentaires sur la sévérité des attaques des mangues par les mouches des fruits

En ce qui concerne l'effet des appâts alimentaires sur la sévérité des attaques des mangues, aucune différence significative entre les traitements au niveau du verger 1 n'a été observée (P = 0,980). Le même constat a été réalisé au niveau du verger 2 (P = 0,220) (Tableau VI).

Tableau VII : Effet des traitements sur la sévérité des attaques des mouches des fruits sur les mangues

Traitements	Verger 1	Verger 2
T0	0,59 ± 0,36a	0,58 ± 0,36a
SA	0,61 ± 0,37a	1,98 ± 1,20a
LB	0,52 ± 0,61a	1,42 ± 1,01a
LB25	0,55 ± 0,69a	1,05 ± 0,66a
LB50	0,41 ± 0,44a	1,44 ± 0,56a
Valeur de F	0,15	3,11
Pr(>F)	0,960	0,060
Signification	NS	NS

Dans la même colonne, les moyennes affectées de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Tukey) ; Temoin : témoin contrôle (T0) ; SA : Success Appât (T1) ; LB : appât alimentaire local pur (T2) ; LB25 : appât alimentaire local dilué à 25% (T3) ; LB50 : appât alimentaire local dilué à 50% (T4) ; **S** : Significatif ; **NS** : Non significatif.

5.1.7. Evaluation de la rentabilité financière de l'utilisation de l'appât alimentaire local

Une estimation des charges de protection d'un hectare de verger de manguiers contre les mouches des fruits au cours d'une campagne de production de la mangue est présentée (Tableau VII). Notons que pour la variété brooks considérée dans le cadre de notre essai, la durée de la campagne de production est de quatre mois. Vu que les traitements se font de façon hebdomadaire aussi bien pour le Success Appât que pour l'appât alimentaire local, au total seize traitements sont nécessaires pour couvrir la campagne de production.

De l'analyse des données de notre étude, il ressort que l'utilisation de l'appât alimentaire local permet de réduire les charges liées à la protection des vergers de manguiers plus que l'utilisation du Success Appât. Les gains monétaires obtenus par l'utilisation de la nouvelle technologie s'élèvent à 134 000 FCFA/ha (soit environ 200 euros/ha) (tableau VII). Aussi, l'utilisation de l'appât alimentaire local permet de faire face aux problèmes de disponibilité et d'accessibilité des produits de lutte contre les mouches des fruits d'une part ; et de préservation de l'environnement d'autre part.

Tableau VII : Etude comparée de l'utilisation du Success Appât et de l'appât alimentaire local

Rubriques	Unités	Quantité	Coût unitaire (en FCFA)	Coût total (en FCFA)
Success Appât				
Success Appât	Litre	16	12 000	192 000
Pulvérisateur à pression entretenu	Pulvérisateur	1	35 000	35 000
Bidon vide (capacité 20 litres)	Bidon	2	3 000	6 000
Cuvette plastique	Cuvette	2	5 000	10 000
EPI complet	EPI	1	50 000	50 000
Prise en charge de l'applicateur	Nombre d'applications	16	15 000	240 000
Total1				533 000
Appât alimentaire local				
Levure thermolysée	Litre	16	-	-
Coût de transport de la Levure thermolysée	FF	FF	20 000	20 000
Graines de jatropha	Kg	16	2 000	32 000
Broyage des graines de jatropha	FF	FF	5 000	5 000
Toile mousseline	Toile mousseline	1	1 500	1 500
Pulvérisateur à pression entretenu	Pulvérisateur	1	35 000	35 000
Bidon vide (capacité 20 litres)	Bidon	2	3 000	6 000
Cuvette plastique	Cuvette	2	5 000	10 000
EPI complet	EPI	1	50 000	50 000
Prise en charge de l'applicateur	Nombre d'applications	16	15 000	240 000
Total2				399 000
Gain monétaire en franc CFA (Total1 – Total2)				134 000

NB : Aucun montant n'a été affecté pour la levure thermolysée car pour l'heure, elle est livrée gratuitement par la BRAKINA après le processus de fabrication de la bière.

5.2. Discussion

La présente étude nous a permis de dresser un inventaire de l'entomofaune présente dans les vergers de manguiers. Ainsi, une gamme variée d'insectes appartenant à six ordres et répartie en 27 familles a été répertoriée. La famille des Tephritidae, composés exclusivement des mouches des fruits frugivores ont été les insectes les plus abondants (94,37% des captures). D'où notre intérêt pour ce groupe au regard de son importance économique pour la filière mangue due aux dégâts qu'il occasionne et de son statut d'insecte de quarantaine dans de nombreuses régions du monde. Nos investigations nous ont permis d'identifier quelques individus d'un parasitoïde des larves de mouches, principalement des drosophiles, appartenant à la famille des Figitidae. Ainsi, en nous basant sur leurs critères morphologiques décrites dans différentes clés d'identification, nous avons identifié ces individus comme étant *Leptopilina heterotoma*. Etant donné que les mouches des fruits appartiennent à la même famille que les drosophiles, nous avons émis l'hypothèse que ces individus sont probablement de potentiels parasitoïdes des mouches des fruits. A ce titre, des pistes de recherche méritent d'être explorées pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Le dispositif de piégeage de masse mis en place nous a permis de montrer qu'il existe une diversité d'espèces de mouches des fruits dans les vergers dont les abondances varient d'une espèce à une autre. Au total, huit espèces appartenant aux genres *Bactrocera* et *Ceratitidis* ont été identifiées. Cependant, Ouédraogo (2011) et Zida (2019) ont recensé respectivement 18 et 32 espèces de mouches des fruits présentes dans la même zone. Le faible nombre d'espèces enregistré au cours de notre étude pourrait se justifier par la courte durée de la conduite de notre expérimentation d'une part, mais aussi par le fait qu'elle soit conduite durant la campagne hivernale uniquement. En effet, Ouédraogo (2011) a montré que la dynamique des populations des mouches des fruits et leur composition interspécifique dépendaient de plusieurs paramètres climatiques dont la température et l'humidité. Les espèces les plus dominantes enregistrées sont *B. dorsalis*, *C. cosyra* et *C. sylvestrii*. En effet, *B. dorsalis* et *C. cosyra* représentent à elles seules environ 97% des captures réalisées. Ouédraogo (2011), Zida (2019), Zida et al. (2020) et Bakouan (2018) étaient parvenus à des résultats similaires. Ces auteurs ont montré que *B. dorsalis* et *C. cosyra* étaient les espèces les plus dominantes dans les vergers de manguiers et les formations végétales du Burkina Faso.

L'incubation des mangues a permis d'identifier trois espèces de mouches des fruits responsables des dégâts sur les mangues. Il s'agit principalement de *B. dorsalis*, *C. cosyra* et *C. quinaria*. Nos résultats sont en conformité avec ceux de Zida (2019) qui avait enregistré cinq espèces de mouches

des fruits (dont les trois espèces citées) responsables des dégâts observés sur les mangues au Burkina Faso. Ouédraogo (2011) avait aussi abouti à des résultats similaires. Pour ces deux auteurs, *B. dorsalis* et *C. cosyra* sont les deux espèces à l'origine du plus grand nombre de dommages infligés aux mangues par les Tephritidae au Burkina Faso.

Les tests de l'efficacité biologique de différentes formulations de l'appât alimentaire local à base de levure thermolysée et d'extraits aqueux de graines de *Jatropha curcas* dans le contrôle des populations de mouches des fruits au champ, ont montré des résultats très intéressants. Les analyses statistiques ont permis de mesurer l'efficacité de chaque formulation testée sur les principales espèces de mouches des fruits rencontrées dans les vergers de manguiers. Durant toute la période de notre étude, les résultats de l'analyse de variance n'ont montré aucune différence significative entre le Success Appât (produit commercial homologué contre les mouches des fruits) et les différentes formulations de l'appât alimentaire local sur les principales espèces de mouches des fruits rencontrées dans les vergers de manguiers ; sauf pour *C. cosyra* où nous avons enregistré une différence significative au terme de l'essai entre l'appât alimentaire local dilué à 50% et le produit commercial. Ces résultats permettent d'affirmer que l'appât alimentaire local, même dilué à 25%, reste aussi efficace que le Success Appât dans le contrôle des mouches des fruits. Toutes les formulations de l'appât alimentaire local ont eu une efficacité similaire au Success Appât sur l'incidence et la sévérité des attaques des mangues et partant, dans la protection des celles-ci. De cette analyse, nous pouvons donc dire que l'extrait aqueux de jatropha à la dose de 800g/l a les mêmes effets insecticides que le Spinosad 0,24g/l contenu dans le Success Appât et que la levure thermolysée a la même efficacité d'attraction que l'attractif contenu dans le Success Appât. De ce fait, l'appât alimentaire local pourrait donc constituer une alternative au Success Appât dans le contrôle des mouches des fruits dans les vergers de manguiers. Mais dans un souci de rationalisation de la matière première, l'appât alimentaire local dilué à 25% pourrait donc être conseillé dans la mise en place de stratégies de lutte contre les mouches des fruits. Nos résultats sont en accord avec ceux de nombreux auteurs (Piñero *et al.*, 2017 ; Umeh et Garcia, 2007 ; Cai *et al.*, 2018 ; Bego *et al.*, 2021) qui ont mis en évidence l'attractivité de différentes levures dans le contrôle de différents ravageurs dont les mouches des fruits. Aussi, d'autres auteurs comme Heller (1996), Solsoloy et Solsoloy (1997), Fatnassi *et al.* (2014), Dao (2010), Somé (2016) et Bakouan (2018), ont démontré l'activité insecticide des extraits de jatropha (huiles et extraits aqueux) sur différents nuisibles des cultures dont les mouches des fruits.

Une analyse comparée des charges liées à l'utilisation du Success Appât par rapport à l'appât alimentaire local a permis de montrer un avantage certain de ce dernier. En effet, en plus de sa disponibilité, de son accessibilité et de son faible impact sur l'environnement, l'utilisation de l'appât alimentaire local permet de parvenir à un gain monétaire de 134 000 FCFA/ha (soit environ 200 euros/ha).

Conclusions et recommandations

La présente étude avait pour objectif global de contribuer à la lutte contre les mouches des fruits par la mise au point d'un appât alimentaire à base de déchets de brasserie et d'extraits aqueux des graines de *Jatropha curcas*. Au cours de l'étude, un inventaire de l'entomofaune associée aux vergers de manguiers a été dressé. De cet inventaire, il ressort que les Tephritidae composés essentiellement par les mouches des fruits, avec 94,37% des captures totales réalisées, constituent la famille d'insectes la plus abondante enregistrée dans les vergers de manguiers. Au total, huit espèces de mouches des fruits ont été identifiées dans les vergers de manguiers. *Bactrocera dorsalis*, *C. cosyra* et *C. silvestrii* demeurent les espèces les plus abondantes enregistrées. Ces trois espèces représentent à elles seules 99,65% des captures réalisées. L'échantillonnage et l'incubation des mangues ont permis de mettre en évidence trois espèces associées aux dégâts observés sur les fruits. Il s'agit de *B. dorsalis* (associée à 51,97% des dégâts), *C. cosyra* (47,82%) et *C. quinaria* (0,21%).

L'efficacité de trois formulations d'un appât alimentaire local à base de levure thermolysée et d'extraits aqueux de graines de *J. curcas* a été comparée à un produit commercial (le Success Appât) dans le contrôle des mouches des fruits. Il s'agit de l'appât alimentaire local pur, de l'appât alimentaire local dilué à 25% et de l'appât alimentaire local dilué à 50%. A l'exception de l'appât alimentaire dilué à 50% contre *C. cosyra*, il n'y a pas de différences significatives entre le Success Appât et les autres formulations de l'appât alimentaire local dans le contrôle des principales espèces des mouches des fruits présentes dans les vergers de manguiers mettant ainsi en évidence l'efficacité de celles-ci. En outre, toutes les formulations de l'appât alimentaire local se sont révélées efficaces au même titre que le Success Appât sur l'incidence et la sévérité des attaques des mangues et partant, dans la protection des celles-ci. Ces résultats permettent d'affirmer que l'extrait aqueux de jatropha à la dose de 800g/l a les mêmes effets insecticides que le Spinosad 0,24g/l contenu dans le Success Appât et que la levure thermolysée a la même efficacité d'attraction que l'attractif contenu dans le Success Appât. De ce fait, nous pouvons conclure que l'appât alimentaire à base de levure thermolysée et d'extraits de graines de *J. curcas* constitue une alternative aux produits chimiques de synthèse dont le Success Appât pour une gestion durable des mouches des fruits. Mais dans un souci de rationalisation de la matière première, l'appât alimentaire local dilué à 25% pourrait donc être conseillé dans la mise en place de stratégies de lutte contre les mouches des fruits. Aussi, l'adoption de cette technologie permettra de résoudre un

problème lié à la gestion des déchets de brasserie au niveau de la BRAKINA et partant, de préservation de l'environnement. Une analyse des charges liées à l'utilisation de l'appât alimentaire local dans le contrôle des mouches des fruits a permis de montrer que cette technologie permet de parvenir à des gains monétaires substantiels par rapport au Success Appât. Aussi, sa disponibilité, son accessibilité et son faible impact sur l'environnement, constituent-ils des avantages certains à la promotion de cette technologie. Toutefois, cette étude n'a pas permis d'évaluer en détails l'aspect technico-économique de la technologie mise au point sur le rendement des vergers.

Au regard de l'importance de la filière mangue dans l'économie du Burkina Faso et des résultats forts intéressants obtenus au cours de cette étude, nous recommandons ce qui suit :

- reprendre l'étude et l'étendre aux autres zones agroécologiques de production de mangues du pays ;
- travailler à l'homologation de l'appât alimentaire local à base de la levure de brasserie et d'extraits aqueux de graines de *J. curcas* ;
- aller vers une production industrielle à grande échelle de l'appât alimentaire formulé afin de faciliter sa disponibilité, son accessibilité et son utilisation par les producteurs ;
- procéder à une analyse technico-économique détaillée de la technologie ;
- reprendre l'étude en testant l'effet insecticide des extraits d'autres espèces botaniques (*Azadirachta indica* et *Khaya senegalensis* par exemple) en alternance avec *J. curcas* afin d'éviter un éventuel phénomène de résistance des mouches des fruits suite à un usage répété de ce dernier.

Bibliographie

- Adandonon A., Vayssières J-F., Sinzogan A. A. C., Van Mele P., 2009.** Density of pheromone sources of the weaver ant *Oecophylla longinoda* affects oviposition behaviour and damage by mango fruit flies (Diptera : Tephritidae). International journal of pest management, 55 (4), 285-292.
- APROMAB, 2021.** Statistiques de la filière mangue_APRMAB_2015 à 2021_Brochure_Version finale. 2 p.
- Arbonnier M., 2000.** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches de l'Afrique tropicale. Dif. CIRAD, MNHN, Montpellier, France. 544 p.
- Bakouan B. B., 2015.** Évaluation de l'efficacité du Great Fruit Fly Bait (GFFB) contre les mouches des fruits dans l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Agriculture ; Burkina Faso, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou (CAP/M). 71 p.
- Bakouan B. B., 2018.** Évaluation de l'efficacité biologique d'extraits aqueux d'*Azadirachta indica* A. Juss., d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh et de *Jatropha curcas* L. sur les larves et les adultes de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) en conditions de laboratoire. Mémoire de Master en Gestion Durable des Agroécosystèmes Horticoles ; Sénégal, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 33 p.
- Bateman M. A., 1972.** The ecology of fruit flies. Annual Review of Entomology 17 : 493-518.
- Bateman M., Boller E.F., Bush G.L., Chambers D.L., Economopoulos P., Fletcher B., 1976.** Fruit flies. Cambridge: Cambridge University. Press., V. L. Delucchi 1, 304.
- Bego A., Burul F., Popovic M., Špika M. J., Bratincevic M. V., Pošćic F. and Vitanovic E., 2021.** *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera : Tephritidae) Response to Different Blends of Olive Fruit Fly-Associated Yeast Volatile Compounds as Attractants. Agronomy 2022, 12, 72.
- Blin J., Dabat M-H., Faugere G., Hanff E. & Weisman N., 2009.** Enjeux et défis de l'introduction des agro carburants au Burkina Faso. Grain de Sel n°46-47. 5-6.
- Braz J., 2004.** Panorama du marché international de la mangue : cas de la filière d'exportation du Brésil. Thèse requise pour l'obtention du titre de Master of Science du Centre International des Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM), Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (IAMM). 131 p.

- Cai P., Yi C., Zhang Q., Zhang H., Lin J., Song X., Yang J., Wang B., Ji Q., and Chen J., 2018.** Evaluation of Protein Bait Manufactured From Brewery Yeast Waste for Controlling *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Economic Entomology*, 112(1), 2019, 226–235.
- CTA, 2013.** Comment lutter contre les mouches des fruits infestant les mangues. Collection Guides pratiques du CTA, N°14. Programme PIP/COLEACP, Brussels-Belgique Revised version CTA 2013. 8 p.
- Dao K., 2010.** Les agents de moisissures des semences de sorgho au Burkina Faso : transmission, localisation et efficacité de quelques extraits aqueux en traitement de semences ; Mémoire de fin de cycle, présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural ; Burkina Faso, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural (IDR). 63 p.
- Deguine J. P., Toulassi A. N. and Quilici S., 2010.** Net choice is key to the augmentation technique of fruit fly sequestration and parasitoid release. CIRAD, UMR PVBMT Cirad/ Université de la Réunion. 1 p.
- Delvare G., Aberlenc H. P., 1989.** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale : clé de reconnaissance des familles d'insectes, CIRAD-GERDAT, Montpellier, France, 302 p.
- Diakité A., 2018.** Extraction et caractérisation des extraits cireux de graines de *Jatropha curcas* pour application biopesticide ; Mémoire de Maitrise en Génie Agroalimentaire, Québec, Canada, Université de Laval. 65 p.
- Domergue M. et Pirot R., 2008.** *Jatropha curcas* L. - Rapport de synthèse bibliographique, CIRAD/ AGROgeneration. 118 p.
- Drew R. A. I., Tsuruta T. and White I. M., 2005.** A new species of pest fruit fly (Diptera: Tephritidae: *Dacinae*) from Sri Lanka and Africa. *Fruits* 55, 259-270.
- Fatnassi M., Padalino B., Monaco D. and Aube L., 2014.** Effect of different management systems on rutting behavior and behavioral repertoire of housed Maghrebi male camels (*Camelus dromedarius*). *June*, 46 (5) : 861–867.
- Guinko S, 1984.** Végétation de la haute Volta, Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bordeaux II, France 318 p.
- Guira M., 2002.** Rapport d'activités de recherche en arboriculture fruitière. INERA/Burkina Faso ; document interne. 15 p.

Heller J., 1996. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.1. PHISC NUT: *Jatropha curcas* L. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, 54 Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy, 67p.

Ilboudo K., 2013. Etude de l'efficacité de produits locaux à base de déchet de brasserie moderne et traditionnelle sur le piégeage alimentaire des principales espèces de mouches de la mangue dans l'Ouest du Burkina Faso. Master Professionnel en Protection et Amélioration des Plantes (MP-PAP), Université de Ouagadougou au Burkina Faso. 25 p.

MAAH, 2018. Mise en place d'une base de données dans la filière mangue ; Rapport d'étude. 40p.

Mignon J., Haubruge E., Francis F., 2016. Clé d'identification des principales familles d'insectes d'Europe, 87 p.

Mwatawala M. W., De Meyer M., Makundi R. H. and Maerere A. P., 2006. Biodiversity of fruit flies (Diptera, Tephritidae) in orchards in different agro-ecological zones of the Morogoro region, Tanzania. *Fruits* 61, 321-332.

Nébié K., Dabiré R. A., Fayama S., Zida I. and Sawadogo A., 2021. Diversity, damage and seasonal abundance of fruit fly species (Diptera : Tephritidae) associated with citrus crops in Western Burkina Faso. *MPH J. ent. Res.*, 45 (4) : 615-621 (2021).

Norrbom A., 2004. Fruit Fly (Diptera : Tephritidae) : Classification and diversity, Systematic and Entomology Laboratory, ARS, USDA, Departement of entomology, NMNH, SI; The Diptera Site.

Ouattara S. G., 2009. Analyse socio-économique et institutionnelle de l'adoption des technologies d'amélioration de la productivité des manguiers à l'ouest du Burkina Faso ; Mémoire de fin d'études, présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, option Sociologie et économie rurales ; Burkina Faso, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural (IDR). 62 p.

Ouédraogo N. S., 2011. Diversité et dégâts des mouches des fruits du manguiers au Burkina Faso : étude de la dynamique spatio-temporelle en fonction des facteurs biotiques et abiotiques ; Thèse de doctorat unique, France, Université Paris Est. 166 p.

Ouédraogo S. N., Vayssières J-F, Dabiré A. R., Rouland-Lefèvre C., 2011. Biodiversité des mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) en vergers de manguiers de l'ouest du Burkina Faso : structure et comparaison des communautés de différents sites. *Fruits*, 2011, vol. 66, p. 393–404 © 2011 Cirad/EDP Sciences All rights reserved DOI: 10.1051/fruits/2011054.

PAFASP, 2011. Cartographie pilote des vergers de manguiers au Burkina Faso – Rapport définitif. 76 p.

Paramathma M., Venkatachalam P., Sampathrajan A., 2007. Jatropha Improvement, Management and Production of Biodiesel. Centre of Excellence in Biofuels Agricultural Engineering, College & Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore 641003; 262 p.

Parrot L., Biard Y., Kabré E., Klaver D. et Vannière H., 2017. Analyse de la chaîne de valeur mangue au Burkina Faso : Rapport final - Novembre 2017. Rapport pour la Commission Européenne, DG DEVCO. 249 p.

Piñero J. C., Souder S. K., Smith T. R., and Roger I. V., 2017. Attraction of *Bactrocera cucurbitae* and *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) to beer waste and other protein sources laced with ammonium acetate. Florida Entomologist, 100(1) : 70-76.

PLMF, 2019. Effets de l'utilisation des technologies de lutte contre les mouches de fruits sur le revenu des producteurs de mangues dans le cadre de la mise en œuvre du Projet de soutien au Plan Régional de Lutte et de contrôle des mouches des fruits au Burkina Faso (RC 2.1) - CN-Burkina Faso ; Rapport final. 44 p.

PTRAMAB, 2019. Données statistiques sur la transformation de la mangue en 2019 ; Rapport bilan. 12 p.

Rousse P., Fabre F., Duyck Pierre F., Quilici S., Ryckewaert P., 2003. Développement et optimisation d'attractifs alimentaires pour la mouche du melon *Bactrocera cucurbitae* Coquillet (Diptera, Tephritidae). In : AMAS (Annual Meeting of Agricultural Scientists), Le Réduit, Ile Maurice, 8-9 mai 2003. s.l. : s.n., Résumé, 1 p. Annual Meeting of Agricultural Scientists, Le Réduit, Maurice, 8 mai 2003/9 Mai 2003.

Sanga S., 2019. Caractérisation des vergers de manguiers et évaluation de la performance du dispositif de surveillance des mouches des fruits au Burkina Faso, Rapport de stage, présenté en vue de l'obtention du Brevet de Technicien Supérieur d'Agriculture, Burkina Faso, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou (CAP). 61 p.

Sanogo S., 2014. Propriétés physiques et chimiques des sols sous Jatropha et productivité de la plante en fonction des types de sol dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso : cas des terroirs de Torokoro et de Tin. Mémoire d'Ingénieur d'agriculture, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 59 p.

Simdé R., 2013. Importance des plantes hôtes et des zones refuges dans le maintien des populations de mouches de fruits en période hors production de mangues dans le bassin fruitier de l'ouest du Burkina Faso ; Mémoire de fin d'étude, présenté en vue de l'obtention du Master professionnel en protection et amélioration des plantes (MP-PAP), Burkina Faso, Université de Ouagadougou. 62p.

Solsoloy A. D. and Solsoloy T. S., 1997. Pesticidal efficacy of formulated *J. curcas* oil on pests of selected field crops. In Biofuels and Industrial Products from *Jatropha curcas*, Gübitz GM, Mittelbach M, Trabi M (eds). DBV Graz ; 216-226.

Somé H. K., 2016. Caractérisation des vergers de manguiers, inventaire des agents fongiques de la mangue dans la zone ouest du Burkina Faso et recherche in vitro de méthodes alternatives de lutte basées sur l'utilisation des extraits de plantes, Mémoire de fin d'études, présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Agriculture, Burkina Faso, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou (CAP). 68 p.

Staubmann R., Schubert-Zsilavec M., Hiermann A., Kartnig T., 1997. The anti-inflammatory effect of *J. curcas* leaves. In Biofuels and Industrial Products from *Jatropha curcas*. Gübitz GM, Mittelbach M, Trabi M (eds). DBV Graz ; 60-64.

Umeh V. C. and Garcia L. E., 2007. Monitoring and managing *Ceratitis* spp. complex of sweet orange varieties using locally made protein bait of brewery waste. *Fruits*, 2008, vol. 63, p. 209–217 © 2008 Cirad/EDP Sciences.

Van Mele P., Vayssières J-F., Adandonon, A., Sinzogan, A. A. C., 2009. Ant cues affect the oviposition behaviour of fruit flies (Diptera : Tephritidae) in Africa. *Physiological entomology*, 34 (3), 256-261.

Vayssières J-F. et Sinzogan A., 2008. Piégeage de détection des mouches des fruits dans le cadre du Projet Régional de Lutte Contre les Mouches des Fruits en Afrique de l'Ouest. Fiche Technique 3, CIRAD, UPR Production Fruitière, Montpellier, F-34398 France ; IITA Cotonou Bénin. 4 p.

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

Vayssières J-F., Korie S. and 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, 477-488.

- Vayssières J-F., Sanogo F. et Noussourou M., 2004.** Inventaire des espèces de mouches de fruits (Diptera : Tephritidae) inféodées au « manguier » au Mali et essai de lutte raisonnée. *Fruits* 59, 1-14.
- Vayssières J-F., Sinzogan A., Adandonon A., 2010.** Projet Régional de Lutte Contre les Mouches des Fruits en Afrique de l'Ouest / West African Fruit Fly Initiative (WAFFI) (Rapport Final / WAFFI 2, CIRAD-IITA). Bénin, Cotonou. 62 p.
- Vayssières J-F., Sinzogan A., Bokonon-Ganta A., 2008.** Les mouches des fruits du genre *Ceratitis* (Diptera : Tephritidae) en Afrique de l'Ouest. CIRAD, UPR Production Fruitière, Montpellier, France, Fiche technique. 14 p.
- Virgilio M., White I. M. and De Meyer M., 2014.** A set of multi-entry identification keys to African frugivorous flies (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys* 428: 97–108.
- White I. M. and Elson-Harris M., 1992.** Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. Cab Int., Aciar, Redwood Press, Melksham, UK, 601 p.
- Zemba R., 2014.** Identification de variétés résistantes de manguiers contre la diversité pathologique des souches de *Xanthomonas citri* pv. *Mangiferae indicae*, bactérie responsable de la maladie des taches noires du manguier au Burkina Faso ; Mémoire de fin de cycle, présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Agriculture ; Burkina Faso, Bobo-Dioulasso, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou (CAP/M). 59 p.
- Zida I., 2019.** Statut des mouches des fruits (Diptera : Tephritidae) au Burkina Faso : diversité spécifique, dynamique des populations et possibilités de lutte intégrée ; Thèse de doctorat unique en développement rural - option : système de production végétale, Burkina Faso, Université Nazi Boni. 173 p.
- Zida I., Nacro S., Dabiré R. and Somda I., 2020.** Co-Existence of *Bactrocera dorsalis* Hendel (Diptera : Tephritidae) and *Ceratitis cosyra* Walker (Diptera : Tephritidae) in the Mango orchards in Western Burkina Faso. *Advances in Entomology*, 8, 46-55.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de collecte des données en verger

Verger/Site : _____ Date de relevés : _____ Nom de l'identificateur : _____

Traitements	Espèces capturées	<i>B. dorsalis</i>		<i>C. cosyra</i>		<i>C. silvestrii</i>		<i>C. quinaria</i>		<i>C. capitata</i>		<i>C. breinii</i>		<i>C. fasciventris</i>		<i>Z. cucurbitae</i>		<i>D. vertebratus</i>		<i>D. ciliatus</i>		<i>D. punctatifrons</i>		<i>Trititum sp.</i>		
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
T0 (témoin absolu)	P1																									
	P2																									
	P3																									
	P4																									
T1 (Success Appât)	P1																									
	P2																									
	P3																									
	P4																									
T2 (appât alimentaire brut)	P1																									
	P2																									
	P3																									
	P4																									
T3 (l'appât alimentaire dilué à ¼)	P1																									
	P2																									
	P3																									
	P4																									
T4 (appât alimentaire dilué à ½)	P1																									
	P2																									
	P3																									
	P4																									

Annexe 2 : Fiche d'incubation des fruits

Vergers/Site : _____

Dates de collecte	Dates d'incubation	Traitements	Nbre de fruits	Poids de fruits (kg)	Observation 1			Observation 2			Observation 3		
					FNA	FA	P	FNA	FA	P	FNA	FA	P
		T0											
		T1											
		T2											
		T3											
		T4											
		T0											
		T1											
		T2											
		T3											
		T4											
		T0											
		T1											
		T2											
		T3											
		T4											
		T0											
		T1											
		T2											
		T3											
		T4											

FNA : Fruits Non Attaqués ; FA : Fruits Attaqués ; P : Pupes

Annexe 3 : Fiche d'identification des mouches des fruits et des parasitoïdes associés

Date de collecte	Traitements	Poids de fruits (kg)	Observations	Nombre de pupes collectées	Nombre de pupes écloses	Mouches des fruits																Parasitoïdes											
						<i>B. dorsalis</i>		<i>C. cosyra</i>		<i>C. silvestrii</i>		<i>C. quinaria</i>		<i>C. capitata</i>		<i>C. brevil</i>		<i>C. fasciventris</i>		<i>Z. cucurbitae</i>		<i>D. vertebratus</i>		<i>D. ciliatus</i>		<i>D. punctatifrons</i>		<i>Tritium sp.</i>		P1	P2	P3	P4
						M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F				
	T0																																
	T1																																
	T2																																
	T3																																
	T4																																
	T0																																
	T1																																
	T2																																
	T3																																
	T4																																
	T0																																
	T1																																
	T2																																
	T3																																
	T4																																

M : Mâle ; F : Femelles ; P : Parasitoïde