

Faculté des bioingénieurs

# Mouches des fruits et auxiliaires de culture

Étude de l'impact de quatre biopesticides sur l'entomofaune des vergers de manguiers ivoiriens

Auteur : Briec Van Hassel

Promoteur : Prof. Anne Legrève

Co-promoteur : Dr. Taofic Alabi

Lecteurs : Prof. Claude Bragard et Prof. Thierry Hance

Année académique 2019-2020

Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de Bioingénieur : sciences agronomiques

## AVANT-PROPOS

Ce travail est le résultat d'un souhait qui a motivé mes quatre dernières années d'études : l'envie de voyager.

Initialement, mon mémoire portait sur la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*). Je devais arriver à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) au début du mois de février 2019 pour réaliser mes recherches. Malheureusement, à cause d'une situation sécuritaire devenue subitement dangereuse, j'ai été contraint d'annuler mon séjour quelques jours seulement avant mon départ. Mon nouveau sujet de mémoire m'a été proposé par Mr. Alabi avec qui j'ai commencé à travailler à la fin du mois de février 2019. Il s'agissait d'étudier la dynamique des mouches de fruits (*Bactrocera* et *Ceratitis*) et des auxiliaires de culture à la suite de l'application de quatre biopesticides dans les vergers de mangues du nord de la Côte d'Ivoire. Ce séjour de recherche s'est déroulé entre le 9 avril et le 31 mai 2019.

Pour mener à bien ce mémoire, j'ai dû faire preuve de débrouillardise. Quelques (més)aventures rocambolesques m'ont amené à acquérir de nouvelles compétences :

- J'ai appris à rouler à moto pour me déplacer de vergers en vergers, j'ai dompté les nids de poules de la A12 reliant Korhogo à Ferkessédougou, et j'ai appris à slalomer entre les chèvres qui traversent les voies rapides sans prévenir.
- J'ai fait preuve d'ingéniosité en développant, à partir d'outils achetés sur les marchés locaux, mes propres pièges de capture d'insectes.
- J'ai développé ma diplomatie en apprenant à marchander le matériel nécessaire à la construction de mes pièges, et à négocier avec les policiers le montant du bakchich pour pouvoir passer le barrage routier barrant l'entrée de Korhogo (en effet, la moto mise à ma disposition n'était pas immatriculée).
- Enfin, j'ai dû faire preuve de management en embauchant et dirigeant plusieurs jeunes hommes pour m'aider à construire et à entretenir mes pièges.

Mon mémoire ne fut pas un long fleuve tranquille, mais je pense que peu d'étudiants peuvent se vanter d'une telle expérience à l'étranger. J'ai le sentiment d'avoir grandi au travers de ces diverses aventures, tantôt cocasses, tantôt anxiogènes. J'ai appris de nouvelles choses sur moi et sur le monde. Même si ce fut difficile, je garde un bon souvenir de mon séjour en Côte d'Ivoire, et j'espère avoir un jour l'occasion de retourner travailler en Afrique.

## REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui m'ont, de près ou de loin, soutenu durant l'élaboration de ce travail.

Je tiens tout d'abord à remercier ma promotrice, la Professeure Anne Legrève, pour son soutien, ses relectures, ses conseils avisés, et son encadrement tout au long de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent ensuite à mon co-promoteur, le Docteur Taofic Alabi, qui m'a offert l'opportunité de découvrir la Côte d'Ivoire au travers d'un sujet de mémoire captivant.

Je tiens ensuite à remercier le Professeur Daouda Kone qui m'a accueilli au sein du CEA-CCBAD et qui m'a permis de participer au projet de recherche de l'Université Felix Houphouët-Boigny.

Mes remerciements vont ensuite à Marc Migon, mon ange tombé du ciel, qui m'a aidé, après plusieurs mois d'errance, à avancer dans l'identification des insectes capturés. Mille mercis pour ses services, sa gentillesse, et ses conseils avisés.

Je tiens également à remercier tous mes amis pour leur soutien, et tout particulièrement Silvain Bacalu, mon bro, qui est venu me rendre visite à Korhogo et qui n'a pas hésité à mouiller sa chemise pour m'aider à construire mes pièges à insectes.

Merci ensuite à ma sœur, mes parents et à ma famille de m'avoir toujours soutenu et d'avoir cru en mes capacités.

Enfin, merci à mon amour, Alicia Lambert, pour ces lectures, ces re-lectures, ces re-re-lectures, et son soutien durant l'entièreté de la réalisation de ce mémoire.

## RÉSUMÉ

La Côte d'Ivoire produit chaque année plus de 100 000 tonnes de mangues à l'intention du marché international. Cependant, la variété de mangue Kent, principalement produite pour l'exportation, est très sensible aux attaques de mouches des fruits (Diptera : Tephritidae). Cette maladie cause énormément de pertes au sein de la filière de la mangue ivoirienne. Plusieurs méthodes de lutte efficace au moyen d'insecticides existent, mais certaines impactent négativement la présence des auxiliaires de culture, et peuvent entraîner l'accumulation de résidus de pesticides sur les fruits.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact de quatre biopesticides composés d'huiles essentielles (le Neco, le Proraly, l'Aston et le Docus) sur l'entomofaune des vergers de manguiers ivoiriens. Des captures d'insectes ont été réalisées via l'utilisation de pièges collants et de pan-traps dans deux vergers de manguiers situés au nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo et Ferkessédougou). L'analyse a été réalisée de sorte à révéler si les quatre biopesticides étudiés affectent la quantité de Tephritidae, la quantité d'insectes, le niveau de biodiversité, et la quantité d'auxiliaires de culture présents dans les zones d'étude.

Les résultats de l'analyse ne permettent pas d'affirmer qu'un des biopesticides étudiés affecte les quantités de Tephritidae, d'insectes et d'auxiliaires de culture capturés. Seuls deux biopesticides (Aston et Docus) semblent favoriser l'augmentation du niveau de biodiversité dans les parcelles traitées. Le protocole expérimental qui a été suivi pour mener cette recherche est critiquable, et des propositions d'amélioration ont été faites pour pouvoir reproduire cette étude dans de meilleures conditions.

# TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	1
REMERCIEMENTS .....	2
RÉSUMÉ .....	3
TABLE DES MATIÈRES .....	4
INTRODUCTION .....	6
CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....	8
1.1. Généralités sur les manguiers .....	8
1.1.1. Origine et distribution .....	8
1.1.2. Taxonomie .....	9
1.1.3. Description .....	10
1.1.4. Écologie .....	10
1.1.5. Cycle phénologique .....	11
1.1.6. Culture .....	11
1.1.7. Importance .....	13
1.1.8. Filière de la mangue en Côte d’Ivoire.....	14
1.1.8.1. Variétés de mangues cultivées.....	14
1.1.8.2. Zones de production.....	15
1.1.8.3. Organisation de la filière .....	16
1.1.8.4. Commerce de la mangue.....	17
1.1.9. Principaux agents phytopathogènes du manguiers.....	18
1.1.9.1. <i>Colletotrichum gloesporioides</i> .....	18
1.1.9.2. <i>Xanthomonas campestris pv. mangiferaeindicae</i> .....	20
1.1.9.3. Mouches des fruits.....	22
1.2. Généralités sur les mouches des fruits .....	23
1.2.1. Taxonomie .....	23
1.2.2. Description .....	24
1.2.3. Importance .....	25
1.2.4. Cycle de vie.....	26
1.2.5. Stratégies de survie .....	26
1.2.6. Espèces rencontrées dans les vergers de manguiers ivoiriens .....	27
1.2.6.1. <i>Ceratitis cosyra</i> .....	27
1.2.6.2. <i>Bactrocera invadens</i> .....	29
1.3. Généralités sur les méthodes de lutte efficace contre les mouches des fruits .....	30
1.3.1. Traitement par tache.....	30
1.3.2. Lure-and-kill.....	30

1.3.3. Propagation de mâles stériles .....	31
1.3.4. Lutte biologique.....	31
1.3.4.1. Parasitoïdes .....	31
1.3.4.2. Prédateurs .....	32
1.3.4.2. Huiles essentielles .....	32
1.3.5. Gestion des attaques dans les vergers de manguiers ivoiriens.....	33
CHAPITRE 2 : CONTEXTE DE L'ETUDE .....	34
CHAPITRE 3 : OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	35
CHAPITRE 4 : MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	36
4.1. Sélection des zones d'étude.....	36
4.2. Aménagement des zones d'étude et pulvérisation des biopesticides.....	38
4.3. Collecte des insectes et entretien des pièges .....	41
4.4. Analyse en laboratoire .....	42
CHAPITRE 5 : RÉSULTATS.....	43
5.1. Captures via les pièges collants.....	43
5.1.1. Soucis techniques .....	43
5.1.2. Quantité de Tephritidae capturés .....	43
5.2. Captures via les pan-traps .....	44
5.2.1. Soucis techniques .....	44
5.2.2. Quantité d'insectes capturés.....	45
5.2.3. Nombre de familles différentes capturées.....	47
5.2.4. Quantité d'auxiliaires de culture capturés .....	52
CHAPITRE 6 : DISCUSSION .....	56
6.1. Méthode de piégeage .....	56
6.2. Zones d'études .....	57
6.3. Effets des biopesticides sur l'entomofaune .....	58
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES .....	59
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	61
LISTE DES FIGURES.....	66
LISTE DES TABLEAUX .....	68
ANNEXES.....	69

## INTRODUCTION

Au début du mois de mars, les rues marchandes ivoiriennes se colorent de rouge et de vert. Il est impossible de la manquer : la mangue est présente sur tous les étals. En Côte d'Ivoire, ce fruit, apprécié des consommateurs pour son goût doux, sucré, et rafraichissant, est principalement produit dans le District des Savanes, au nord du pays (Touré, 2012). Plus de 100 000 tonnes de mangues y sont produites chaque année, à l'intention du marché international (FAOSTAT, 2020) . La Côte d'Ivoire, après le Brésil et le Pérou, est le troisième fournisseur mondial de mangues. Cependant, avant d'être disponibles sur nos étals européens, ces mangues doivent subir un véritable parcours du combattant. La taille, les potentielles blessures à la surface du fruit, la couleur, rien n'est ignoré par les sociétés exportatrices qui décident si oui ou non, la mangue est éligible pour un voyage à l'étranger. En cas de refus de passeport, deux circuits s'offrent à elle : le marché local ou la poubelle (Touré, 2012).

La variété de mangue la plus produite en Côte d'Ivoire est la Kent. Du fait de son goût, sa faible teneur en fibre, son calibre et la petite taille de son noyau, elle est grandement appréciée des consommateurs européens (Touré, 2012). En revanche, cette variété est très sensible à plusieurs maladies, dont les attaques de mouches des fruits (Vannière *et al*, 2013). Les Tephritidae sont des diptères qui causent énormément de pertes dans les vergers ivoiriens. Pour se reproduire, ils pondent leurs œufs sous la surface des fruits. Ce faisant, ils altèrent la qualité visuelle des fruits et, à l'issue du développement de la larve, rendent la mangue impropre à la consommation. Les mangues touchées tombent plus rapidement de l'arbre et finissent par pourrir au sol, créant un foyer d'infection où de nouvelles mouches émergeront (Vannière *et al*, 2013). Les mouches des fruits touchent près de 80% des producteurs en Côte d'Ivoire et, au-delà de la perte en champ, ces diptères peuvent provoquer des pertes encore plus conséquentes après la récolte. Une mangue piquée ne peut pas rentrer en Europe (Dieguito *et al*, 2020). Si, à la douane, une seule mangue est contrôlée positive à la présence de Tephritidae, l'ensemble de la cargaison est arrêté, puis détruit. La perte est donc colossale. En 2014, 62 cargaisons en provenance de Côte d'Ivoire ont été interceptées à cause des mouches des fruits (EUROPHYT, 2020).

En 2015, l'état ivoirien a investi près de 3 milliards de FCFA (4,5 millions d'euros) dans l'achat de produits phytosanitaires, afin d'aider les producteurs à renforcer la lutte contre les mouches des fruits (Dieguito *et al*, 2020). Les choses ont évolué positivement avec une diminution des arrestations à la douane (11 cargaisons interceptées en 2019 (EUROPHYT, 2020)), mais la maladie reste présente.

Face aux problèmes rencontrés par les producteurs de mangues, l'Université Felix-Houphouët Boigny d'Abidjan a entrepris un projet de recherche, financé par le FCIAD (le Fonds Compétitif pour l'Innovation Agricole Durable). Ce projet, du nom de « Production durable et innovante de mangues en Côte d'Ivoire par le contrôle des parasites », s'intéresse à l'efficacité de quatre biopesticides (le Neco, le Proraly, le Docus et l'Astoun) dans la lutte contre l'antracnose, la bactériose du manguier et les attaques de mouches des fruits. Ces quatre produits biologiques à base d'huiles essentielles ont été développés au sein de l'Université Felix-Houphouët Boigny, et deux d'entre eux (le Neco et le Proraly) ont déjà été homologués pour lutter contre la cercosporiose noire du bananier. Outre la lutte contre les parasites, le projet vise également à sensibiliser les producteurs aux maladies des manguiers.

L'étude conduite dans ce mémoire a pour but d'analyser l'impact qu'ont les quatre biopesticides sur l'entomofaune des vergers de mangues, et plus particulièrement l'impact qu'ils ont sur les populations de mouches des fruits et sur les auxiliaires de culture. Pour ce faire, des collectes d'insectes ont été réalisées sur des parcelles traitées, dans le nord de la Côte d'Ivoire, dans la région de Korhogo et de Ferkessédougou. Pour cela, deux sortes de pièges ont été utilisés : des pièges collants et des pan-traps.

Le premier chapitre de ce mémoire présente la revue bibliographique. Une attention particulière est accordée aux études sur les manguiers, les mouches de fruits, et les méthodes de lutte efficace contre ces dernières. Après une présentation du contexte de l'étude (Chapitre 3) et de ses objectifs (Chapitre 4), le chapitre 5 est consacré au matériel et aux méthodes. Cela implique des explications détaillées relatives à la sélection des zones d'étude, leur aménagement, la pulvérisation des biopesticides, la collecte des insectes, l'entretien des pièges, ainsi que l'analyse en laboratoire. Ensuite, les résultats obtenus sont décrits en deux étapes. En premier lieu, l'étude s'intéresse aux insectes capturés grâce aux pièges collants, ensuite, ceux des pan-traps (Chapitre 5). Une discussion de ces résultats (Chapitre 6) précède la conclusion générale, qui offre des perspectives de recherches futures.

# CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1. Généralités sur les manguiers

### 1.1.1. Origine et distribution

Le manguiier (*Mangifera indica*) tient ses origines de la région Indo-Birmane. Il y 4000 ans, l'Inde cultivait déjà cet arbre fruitier. Sa dissémination dans le monde a commencé au moment des premiers échanges commerciaux entre l'Asie et l'Europe. C'est l'empire colonial portugais du début du 16<sup>ème</sup> siècle qui serait responsable de l'arrivée du manguiier en Afrique (Mukherjee, 1972). De nos jours, la culture de manguiers est réalisée dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde, à l'exception des régions où la pluie est absente et où les saisons sèches ne sont pas marquées (De Laroussilhe, 1980, figure 1). Les grandes zones de production mondiale se trouvent dans le sud-est de l'Asie (Inde, Pakistan, Indonésie, Chine), en Amérique centrale (Mexique, Cuba), en Amérique du Sud (Brésil), à Hawaï, dans le pourtour méditerranéen (Egypte, Israël) et en Afrique de l'Ouest (Mali, Burkina Faso, Côte d'Ivoire) (FAOSTAT, 2020).



*Figure 1. Verger de manguiers de la région de Korhogo en Côte d'Ivoire (Photo : Brieuc Van Hassel)*

### 1.1.2. Taxonomie

*Mangifera indica* est une espèce ligneuse appartenant au genre *Mangifera* et à la famille des Anacardiaceae. C'est une espèce dicotylée de l'ordre des Sapindales, qui compte plus de 1000 variétés différentes (Kurup, 1967 ; De Laroussilhe, 1980).

Les manguiers sont catégorisés selon leurs origines en deux grandes familles : la famille indienne (originaire d'Inde et du Pakistan) et la famille d'Asie tropicale (originaire de Birmanie, de Malaisie et des Philippines). La première famille produit des fruits arrondis jaune-orange au goût prononcé et aux semences mono-embryonnées. La seconde famille produit des fruits allongés vert-jaunâtre au goût faiblement marqué, et à la semence poly-embryonnées (Djioua, 2010).

Les variétés de manguiers se différencient également selon qu'elles soient ou non le résultat d'une sélection artificielle (figure 2). Les variétés sauvages sont communément appelées « mango » et produisent des petits fruits fibreux, sucrés, à l'odeur de sève. Leur rendement est considérable, mais les mangues produites sont trop fibreuses pour le consommateur. Les variétés améliorées (aussi appelées variétés greffées) produisent, quant à elles, des gros fruits moins fibreux. Elles ont été développées en Floride à partir des familles indiennes et celles d'Asie tropicale, puis sélectionnées afin de convenir au marché international. Les plus connues et les plus présentes sur le marché sont l'Amélie, la Kent et la Keitt (De Laroussilhe, 1980).



Figure 2. À gauche : mangue de variété « mango », à droite : mangue de variété Kent (Photo : Tangopaso).

### 1.1.3. Description

Le manguiier est un arbre important qui peut mesurer de 10 à 30 mètres de haut. Son puissant réseau racinaire pivotant lui permet un bon ancrage dans le sol et un accès aisé aux eaux souterraines des nappes peu profondes. Il est composé d'un feuillage simple alterne et persistant. Les feuilles sont elliptiques et leurs nervures pennées. Sa croissance est rythmique et influencée par les conditions climatiques des saisons. Un flush végétatif est suivi d'une période de repos. En fin de croissance, le manguiier produit des inflorescences en forme de grappe qui peuvent donner plusieurs milliers de fleurs mâles ou hermaphrodites. Ces dernières sont jaune-orangé et composées de 5 pétales et de 5 sépales. Le taux de nouaison est très faible (inférieur à 1/1000) car 90 à 95% des ovaires des fleurs hermaphrodites sont malformés. Le fruit obtenu est une drupe ferme ou juteuse, de coloration et teneur en fibre variables selon les variétés. Son épiderme est peu épais, recouvert de lenticelles, et sa chair prend une coloration jaune-orangé une fois le fruit arrivé à maturité. Au sein du fruit se trouve le noyau, aplati et protégé par un tégument lignifié. Cette semence peut être mono- ou poly-embryonnée, selon la variété. Dans le premier cas, la graine formée après fécondation abrite un embryon zygotique ayant subi un brassage génétique. Dans le second cas, plusieurs embryons coexistent au sein de la graine : soit deux embryons zygotiques (très rare), soit un embryon zygotique et un ou plusieurs embryons somatiques portant 100% des gènes maternels (Vannière *et al*, 2013).

### 1.1.4. Écologie

Le manguiier peut se cultiver sur plusieurs types de terrain mais il ne supporte pas les sols dont le pH et la salinité sont trop élevés. Du fait de son système racinaire conséquent, il nécessite un sol d'une profondeur supérieure à 2 mètres. Les cuirasses latéritiques ne sont pas propices à son enracinement et son origine tropicale lui confère une sensibilité au déficit hydrique et aux températures faibles durant sa phase végétative. Il se développe bien dans les régions où la pluviosité est comprise entre 600 et 1200 millimètres et où la température n'est pas inférieure à 30°C (De Laroussilhe, 1980 ; Shallendra, 2012).

### 1.1.5. Cycle phénologique

Pour obtenir des manguiers matures, il est possible d'utiliser des graines. Néanmoins, le greffage est plus souvent utilisé car il permet l'obtention plus rapide de mangues (une attente de 3 à 4 ans, contre une attente de 6 à 7 ans pour les manguiers issus de graines) (Van Ee, 1998). Le rythme de croissance et la floraison des manguiers sont influencés par les conditions climatiques. La déshydratation diminue drastiquement l'action photosynthétique, ce qui impacte fortement la croissance du manguiers. La température, quant à elle, ne peut pas descendre en dessous de 15°C, ce qui représente le zéro végétatif du manguiers. En revanche, une température en dessous de 20°C et un stress hydrique favorisent l'induction florale nécessaire à la production de fruits. Cette floraison est régulière chez les manguiers de moins de 10 ans. Passé cette période, la floraison est biennale. La pollinisation des fleurs est, quant à elle, essentiellement gérée par les insectes. Ces derniers appartiennent à différents ordres : les diptères, les hyménoptères et les thysanoptères (Vannière *et al*, 2013).

### 1.1.6. Culture

Si la majorité des variétés cultivées sont greffées, c'est parce qu'en plus de produire rapidement, elles sont plus petites, et donc plus faciles à entretenir. Par ailleurs, les variétés d'exportation comme l'Amélie, la Kent et la Keitt sont des variétés monoembryonnées. Les semences issues de ces manguiers ne sont donc pas utilisables à des fins de production, les caractères d'intérêt du pied-mère étant perdus à la suite du brassage génétique. En fixant des greffons identiques à plusieurs porte-greffes polyembryonnées, il est possible d'obtenir plusieurs individus semblables les uns aux autres (Rey *et al*, 2004). Généralement les porte-greffes proviennent de variétés « mango » bien adaptées à la zone de production. Ces derniers, après avoir subi la greffe, sont plantés sur des lignes à une distance variant de 8 à 10 mètres les uns des autres (Vannière *et al*, 2013, figure 3).



*Figure 3. Variété greffée (Photo téléchargée sur le site <http://www.commodafrica.com/27-02-2019-connaître-les-rendements-des-vergers-de-manguiers-au-sahel>).*

Afin d'assurer la bonne production des manguiers, plusieurs opérations phytotechniques sont réalisées durant l'année :

- La taille consiste en la découpe et le retrait de rameaux du manguiers. Cette opération permet d'atteindre un équilibre entre système racinaire et système aérien de sorte que le manguiers exprime au mieux son potentiel productif. Elle aère également l'arbre et laisse pénétrer la lumière vers les fruits, leur donnant leur couleur rouge, appréciée des consommateurs. Enfin, l'élimination des rameaux permet la diminution des risques de maladie et maintient l'arbre à une hauteur acceptable pour la récolte (Vannière *et al*, 2013).
- Le désherbage peut être réalisé de différentes façons : soit manuellement via la daba et la machette, soit mécaniquement avec les bœufs (labour), soit chimiquement via des désherbants synthétiques. Cette opération permet l'élimination des adventices qui sont des potentiels hôtes à pathogènes et des concurrents directs des manguiers pour l'accès aux ressources (Vannière *et al*, 2013).

- Des luttes contre les ravageurs sont réalisées à plusieurs moments durant l'année. Le choix des périodes de traitement est fait en fonction des maladies que l'on cherche à éviter, du niveau de présence du pathogène et du stade de sensibilité du manguiier. Les produits phytopharmaceutiques utilisés ne doivent pas se retrouver sur la mangue au moment de la récolte. Il y a donc des dates de pulvérisation à respecter pour chaque produit (Vannière *et al*, 2013).

La période de récolte varie en fonction des variétés cultivées. Afin que la mangue ait les qualités gustatives optimales, cette dernière doit être cueillie le plus tard possible avant le processus de maturation. Des signaux visibles tels que la couleur de l'épiderme, la couleur de la chair et la forme du fruit (enfoncement du pédoncule), permettent de mesurer le degré de maturation de la mangue. Une mangue récoltée trop tôt se fripe sans murir alors qu'une récoltée trop tard se conserve moins longtemps (PIP, 2013). Avant la récolte, des échantillons de mangues sont prélevés et inspectés afin de mesurer leur degré de maturité et la présence de dégâts physiques, physiologiques, climatiques ou pathologiques. Les parcelles dont le taux de défaut est trop élevé ne sont pas sélectionnées pour l'exportation. La collecte est ensuite réalisée à plusieurs moments afin d'homogénéiser aux mieux la maturité des fruits exportés (Parrot *et al*, 2017).

#### 1.1.7. Importance

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), la mangue est le 4<sup>ème</sup> fruit tropical le plus produit au monde. En 2018, plus de 55 millions de tonnes de mangues étaient produits sur le globe, dont 8,5 millions sur le continent africain. L'Europe ne produisant pas cette denrée, elle importe de grosses quantités pour répondre à la demande grandissante de ses consommateurs. Les quantités importées par les Pays-Bas, premier importateur européen de mangue, illustrent bien l'engouement autour du fruit. Entre 2012 et 2017, les Pays-Bas sont passés de 141 mille à 212 mille tonnes de mangues importées (FAOSTAT, 2020).

D'un point de vue nutritionnel, la mangue offre beaucoup de bienfaits aux consommateurs. Sa pulpe est équilibrée en glucides, lipides et protéines avec un apport énergétique de 56 kilocalories pour 100 grammes. Elle est riche en fibres, en sels minéraux et en vitamine C. Une mangue de 400 grammes contient approximativement 130 milligrammes de vitamine C, soit plus du double de l'apport journalier recommandé (Djuoua, 2010). Elle satisfait donc les besoins en vitamine C nécessaires à la croissance des jeunes enfants, et aux femmes enceintes (Rougerie, 2009 ; Becquey et Martin-Prevel, 2010). Elle joue généralement un rôle important dans l'alimentation des populations locales (Richard, 1977).

### 1.1.8. Filière de la mangue en Côte d'Ivoire

#### 1.1.8.1. Variétés de mangues cultivées

Les mangos à fruits fibreux poly-embryonnés ont été les premiers manguiers plantés en Afrique de l'Ouest. C'est durant les années 80, au moment de la mondialisation économique, que les variétés mono-embryonnées greffées (Amélie, Kent et Keitt) ont fait leur apparition. Ces dernières ont eu un intérêt commercial considérable : plus hâtives ou tardives que les variétés d'origine, elles ont permis d'étendre la période de commercialisation de la mangue sur 3 mois. Leur saveur et leur texture, correspondant d'avantage aux goûts des consommateurs européens, et leur temps de maturation plus long, propice au transport maritime, a créé un véritable engouement chez les producteurs ivoiriens qui ont greffé en masse la Kent et la Keitt dans leurs vergers. Aujourd'hui, plus de 95% des variétés greffées cultivées en Côte d'Ivoire sont des variétés d'exportation (Rey et al, 2004).

- L'Amélie est la variété commerciale la plus précoce. C'est elle qui débute la saison des mangues avec des fruits mûrs disponibles fin mars, mi-avril (Rey *et al*, 2004). Elle donne des mangues de petit calibre (300g – 600g l'unité), de couleur verte, à la chair orangée très fondante et agréable au goût. C'est une variété qui plait moins aux importateurs européens en raison du faible temps de conservation, de la couleur, et de ses fruits. Cependant, sa précocité lui permet une implantation sur le marché alors que les autres mangues ne s'y trouvent pas encore. L'Amélie est sensible à l'antracnose, ce qui limite sa production aux zones sèches. De plus, son taux de fructification est faible par rapport aux autres variétés d'export (Vannière *et al*, 2013).

- La variété Kent produit ses fruits entre le 10 avril et le 20 mai (Rey *et al*, 2004). Elle donne des mangues d'un bon calibre (500 – 900g l'unité), d'une couleur vert-rouge, en fonction de son exposition au soleil. Sa chair est ferme et son goût très apprécié des consommateurs. Sa maturation est lente et lui donne une couleur jaune attrayante. Elle se conserve bien au froid et supporte le transport. Toutes ces caractéristiques font d'elle une référence en termes de mangue d'exportation. En revanche, elle est fort sensible aux piqures de mouches, à l'antracnose et à la bactériose en conditions favorables (Vannière *et al*, 2013).
- La variété Keitt produit ses fruits de fin avril jusqu'à début juin (Rey *et al*, 2004). Elle annonce la fin de la campagne d'exportation en Côte d'Ivoire. Le calibre des mangues est variable (500g – 1kg) et leur couleur est vert-rouge en fonction de son exposition au soleil. Les importateurs l'apprécient moins que la Kent en raison de la fluctuation de son calibre et de sa moins bonne propension à la conservation, une fois mûre. Sa production tardive est un avantage, mais en fin de saison, la pression parasitaire est si conséquente qu'elle peut handicaper la commercialisation de la Keitt (Vannière *et al*, 2013).

#### 1.1.8.2. Zones de production

Les grandes zones de production de Côte d'Ivoire se trouvent au nord du pays dans le district des Savanes (figure 4). Grâce à un alizé sec en provenance du Sahara, le taux d'humidité y est plus faible qu'ailleurs sur le territoire. Cette situation permet une bonne floraison du manguier et un bon développement des fruits. Dans ce district, les régions de Korhogo, Sinématiali et Ferkessedougou cumulent une superficie de 2000 hectares allouées à la culture du manguier. Les producteurs y sont nombreux et 90% d'entre eux sont considérés comme des petits planteurs. Ces derniers possèdent des parcelles de 1 à 2 hectares (entre 120 et 250 manguiers), voire grand maximum 50 hectares, qui sont caractérisées par un rendement inférieur à 20 tonnes par hectare en raison d'une maîtrise plus ou moins bonne des paramètres de production et des traitements phytosanitaires. La saison de récolte de la mangue y a lieu entre le début du mois d'avril et le début du mois de juin (Touré, 2012).

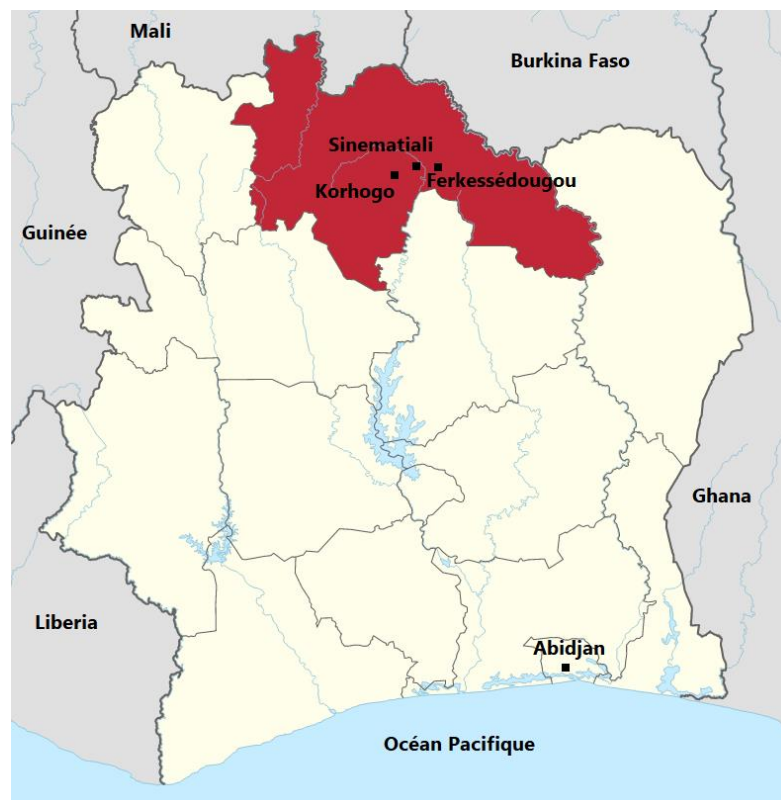


Figure 4. Localisation du District des Savanes au sein de la Côte d'Ivoire (Source Wikipédia).

### 1.1.8.3. Organisation de la filière

Différents acteurs sont impliqués dans la production et le commerce de la mangue fraîche :

- Les producteurs, souvent regroupés au sein de coopératives, assurent la production de mangues en Côte d'Ivoire. Ils sont soutenus par le FIRCA (Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricoles) et l'ANADER (Agence Nationale d'Appui au Développement Rural) qui contribuent au financement et au développement de l'agriculture durable (Touré, 2012). Les producteurs sont responsables de l'entretien de leurs vergers mais ils peuvent être encadrés et reçoivent l'aide de techniciens travaillant pour les sociétés exportatrices. Certaines coopératives gèrent elles-mêmes le conditionnement et l'exportation des mangues fraîches qu'elles produisent afin de bénéficier de la plus-value dégagée par l'activité (Kouassi, 2012).
- Les pisteurs jouent plusieurs rôles au sein de la filière de la mangue. Premièrement, ils mettent en contact les producteurs avec les sociétés exportatrices de mangues. Ils ont une bonne connaissance du cahier des charges de ces dernières et cherchent à répondre

au mieux à leurs attentes. Lorsque les fruits ne répondent pas à leurs critères, ils sont écartés et vendus sur le marché local à des grossistes ou à des petits détaillants. Les pisteurs peuvent encore une fois jouer le rôle d'intermédiaire entre les différentes parties. Leur second rôle est de gérer les récoltes. De par leurs connaissances et leur maîtrise, ils sont qualifiés de « techniciens de récolte ». A la tête d'une équipe de récolteurs, ils collectent, avec beaucoup de soin, les fruits répondant aux exigences du marché et les transportent dans des caisses vers les zones de conditionnement (Parrot *et al*, 2017).

- Les sociétés exportatrices achètent les productions des planteurs et les vendent hors du pays, à destination des marchés internationaux. Pour répondre aux exigences des consommateurs étrangers, elles respectent un cahier des charges bien établi. Elles recherchent des variétés qui se conservent bien durant le transport et veillent à sélectionner des fruits qui ne présentent aucune trace de maladies. Les mangues trop vertes, malformées ou blessées ne seront également pas prises en charge par les exportateurs. Les sociétés exportatrices possèdent généralement des zones de conditionnement avec, sous leurs tutelles, des pisteurs, des récolteurs et des ouvriers habilités à trier et à conditionner les mangues (Parrot *et al*, 2017).
- Les grossistes et les détaillants se chargent d'écouler les mangues fraîches qui ne répondent pas au cahier des charges des sociétés exportatrices. Les grossistes commercialisent les mangues sur les marchés nationaux et les détaillants vendent directement aux consommateurs (Parrot *et al*, 2017).

#### 1.1.8.4. Commerce de la mangue

Dans les années 1960, le Mali a initié l'exportation de la mangue vers l'Europe. D'autres pays ont suivi le mouvement, tels que le Burkina Faso, le Sénégal, la Guinée et la Côte d'Ivoire (Rey *et al*, 2004). Grâce à son accès maritime et son système d'exportation de masse des ananas et des bananes déjà bien mis en place à Abidjan, la Côte d'Ivoire a su se développer plus rapidement que ses pays voisins dans l'exploration de mangue fraîche (Djantou, 2016). Selon la FAO, la Côte d'Ivoire produit chaque année environ 100.000 tonnes de mangues. C'est le premier exportateur africain de mangue et le troisième plus grand fournisseur sur le marché européen. A titre d'exemple, en 2016, les Pays-Bas, deuxième plus grand importateur mondial de mangue fraîche importait 13.000 tonnes depuis la Côte d'Ivoire. C'est l'équivalent d'un tiers de l'exportation ivoirienne, le reste étant envoyé vers d'autres pays d'Europe.

Si l'entière de la production ivoirienne n'atteint pas le continent européen, c'est en raison de plusieurs goulots d'étranglement rendant difficile la production et l'exportation des mangues fraîches, comme par exemple les soucis logistiques liés au transport et au stockage des mangues. Cependant, les paramètres impactant le plus la filière sont les maladies pré- et post-récoltes (Touré, 2012).

Les principaux concurrents de la Côte d'Ivoire pour le marché européen sont le Brésil et le Pérou (Touré, 2012). Le Brésil maîtrise la floraison d'une variété, la Tommy Atkins, qui peut être produite en continu. Cette dernière est moins appréciée par les consommateurs européens mais elle peut être distribuée toute l'année. Parallèlement, le Brésil et le Pérou produisent de la Kent respectivement entre octobre et décembre et entre mi-décembre et mi-avril. La production de Kent ivoirienne fait donc face à la Tommy Atkins brésilienne entre avril et juin et à la Kent péruvienne pendant le mois d'avril (Laurent *et al*, 2017).

A l'intérieur du pays, sur les marchés, les mangues sont proposées en vrac aux acheteurs qui font leurs choix sur base d'aspects visuels. La consommation dans le pays est approximée à 50.000 tonnes par an, soit environ la moitié de la production annuelle. Malheureusement, une perte post-récolte estimée entre 30.000 et 40.000 tonnes a lieu chaque année, en raison du caractère hautement périssable de la mangue et du manque d'infrastructure pour les stocker et les transformer (Touré, 2012).

Les producteurs de mangues visent principalement le marché international. Un kilo de fruits vendu à un exportateur leur rapporte en moyenne 240 FCFA (0,36 euros), alors qu'un kilo de mangues revendu à un grossiste ou à des détaillants ne leur rapporte qu'environ 10 FCFA (0,015 euros). Le manque à gagner est donc conséquent pour les producteurs (Dieguito *et al*, 2020).

### 1.1.9. Principaux agents phytopathogènes du manguier

#### 1.1.9.1. *Colletotrichum gloesporioides*

En zone humide, l'antracnose est considérée comme la maladie fongique la plus importante du manguier. Elle est causée par l'agent fongique *Colletotrichum gloesporioides*. Ce champignon peut occasionner d'importants dégâts en champs et de lourdes pertes post-récoltes. Les fruits présentant le moindre symptôme sont tout de suite éloignés du circuit de vente internationale (N'Guettia, 2015).

*C. gloesporioides* peut être observé sur plusieurs organes du manguier : les feuilles, les inflorescences et les fruits. En cas d'infection des feuilles, des taches brunes nécrotiques irrégulières sont présentes en surface du limbe. Ces taches de plus d'1cm de diamètre peuvent devenir coalescentes et mener à l'apparition de trous dans la feuille, impliquant une diminution du rendement photosynthétique. En cas d'infection des inflorescences, les fleurs se nécrosent, ce qui réduit les chances de production du manguier. L'inoculum est bien souvent amené sur le fruit, par ruissèlement de gouttes, depuis les feuilles et les inflorescences infectées. Les conidies germent en surface de la mangue et forment un appressorium externe. Le mycélium en résultant pénètre la cuticule de la mangue mais finit quiescent en raison de substances inhibitrices propres au fruit immature. Des petites lésions arrondies de couleur brune sont alors visibles à la surface du fruit (figure 5). Lorsque l'inhibition est levée (généralement au moment de la récolte), les lésions s'étendent, pénètrent dans la chair du fruit et provoquent la putréfaction de la mangue. Cette nécrose peut atteindre le noyau en conditions favorables. D'autres arbres fruitiers comme l'anacardier, le bananier et les agrumes, peuvent aussi être atteints par *C. gloesporioides* (Uddin *et al*, 2018 ; Vannière *et al*, 2013).



**Figure 5.** Symptômes de l'anthracnose sur mangue (Photo téléchargée sur le site <https://www.accessagriculture.org/fr/gestion-de-lanthracnose-du-manguier>).

Pour une bonne croissance, *C. gloesporioides* requière des températures comprises entre 20 et 30°C et une humidité relative supérieure à 95%. Il existe plusieurs fongicides utiles pour lutter contre l'antracnose du manguiier : des fongicides de contact comme l'oxyde de cuivre, mais aussi des fongicides systémiques à base de benzimidazoles, de dithiocarbamate, ou d'inhibiteurs de la biosynthèse d'ergostérol (Yah, 2005). Cependant, leur utilisation est assez limitée en raison des réglementations en vigueur dans les pays producteurs et importateurs, et des risques de développement de résistance. Dès lors, il est conseillé aux producteurs de contrôler et d'assainir leur verger pour diminuer les risques de contamination. Les blessures en surface du fruit et les mauvaises conditions de stockage sont également des paramètres à contrôler car ils favorisent le développement de la maladie (Uddin *et al*, 2018).

#### 1.1.9.2. *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*

La bactériose du manguiier, aussi appelée chancre bactérien, est une maladie causée par *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*. C'est un pathogène capable de s'attaquer à plusieurs variétés de manguiier, et pouvant causer de lourdes pertes économiques. Il est responsable de 10 à 70 % des chutes de fruits, d'une perte de rendement pouvant aller jusqu'à 85 % et de la pourriture post-récolte de 5 à 100 % des fruits touchés (Wafaa, 2010).

Pour contaminer son hôte, *X. campestris* pv. *mangiferaeindicae* requière une ouverture naturelle : les stomates ou les lenticelles. Les symptômes sont donc surtout visibles sur les feuilles et sur les fruits, mais les branches peuvent également être touchées par l'apparition de chancre. Des petites taches huileuses évoluant en taches noires à halos jaunes sont visibles sur les feuilles quand elles sont touchées. Ces taches peuvent se rejoindre entre elles et former une plage nécrotique sur le limbe. Plus tard, la feuille infectée se décolore, sèche et tombe. La défoliation du manguiier peut s'accroître en cas de vent violent. Sur le fruit, l'infection est visible au niveau des lenticelles. Dans un premier temps, des gouttes apparaissent, puis les lenticelles se transforment en taches noires étoilées suppurant une gomme infectieuse (figure 6). Les fruits largement atteints se décrochent et pourrissent par terre. Plusieurs autres espèces de la famille des anacardiées peuvent être touchées par *X. campestris* pv. *mangiferaeindicae* (Vannière *et al*, 2013).



*Figure 6. Symptômes de la bactériose sur mangue (Photo : Brieuc Van Hassel).*

Cette bactérie est principalement véhiculée par l'eau de pluie mais elle peut aussi être disséminée par les machines agricoles lors des phases d'entretien du verger. Il n'existe pas de traitement curatif contre la bactériose du manguier mais certains sels de cuivre ont montré une efficacité moyenne dans la lutte contre l'apparition de la maladie (Vannière *et al*, 2013). Afin d'endiguer celle-ci, il est conseillé aux producteurs de surveiller l'état de leur verger et de détruire les parties malades des arbres touchés lors des opérations de taille. Ces opérations ne doivent, en revanche, jamais être menées lorsque le feuillage est mouillé, sans quoi les risques de transmission par l'eau pourraient être plus élevés (Gagnevin et Pruvost, 2007).

### 1.1.9.3. Mouches des fruits

Les mouches des fruits sont des diptères de la famille des Tephritidae, qui ont une incidence économique très lourde auprès de la filière mangue (Vayssières *et al*, 2015). Lorsque les conditions sont favorables, les femelles pondent des œufs sous l'épiderme des fruits hôtes (figure 7). Les larves se nourrissent de la chair de la mangue et creusent des galeries, ouvrant ainsi la porte à d'autres pathogènes (Vannière *et al*, 2013). Les Tephritidae sont des insectes de quarantaine, et ils apparaissent tous sans distinction dans la liste A1 de l'EPPO (liste reprenant tous nuisibles de quarantaine absents de la région euro-méditerranéenne) (EPPO, 2019). Dès lors, chaque année, plusieurs tonnes de mangues sont arrêtées aux douanes européennes. Il suffit d'une seule pique de mouche des fruits dans un lot de mangues pour que l'ensemble de la cargaison soit détruit (Seydou, 2012).



**Figure 7.** Ponte d'une mouche des fruits (*Ceratitis cosyra*) sur une mangue (Photo téléchargée sur le site <https://www.biovision.ch/fr/nouvelles/mango-images/>).

Au visuel, une mangue piquée présente des petites taches brunes d'où s'écoule légèrement de la gomme. Lorsque les asticots se développent, ils accélèrent le processus de fructification de la mangue. Elles tombent précocement au sol et pourrissent (Vannière *et al*, 2013).

Ces insectes sont, pour la plupart, polyphages et multivoltines, ce qui signifie qu'ils possèdent plusieurs plantes hôtes et qu'ils sont capables de se reproduire plusieurs fois pendant l'année. Les populations de Tephritidae augmentent et diminuent en fonction du rythme saisonnier et du stade de maturité des fruits hôtes (Vayssières *et al*, 2015). Passé un certain seuil, les populations de mouches dans les vergers peuvent être trop conséquentes pour une lutte efficace et rentable. Dès lors, il est important de prévenir au mieux leur apparition. Il est conseillé aux producteurs de contrôler régulièrement leur verger afin de détruire les fruits piqués. De plus, les plantes hôtes alternatives (adventices, anacardiens, agrumes, etc.) sont à proscrire. Pour la lutte chimique, des pièges attractifs existent pour capturer et tuer les mâles. Des pesticides moins spécifiques à base de spinosad existent aussi, mais ces derniers sont toxiques pour la faune environnante (CTA, 2013).

Chaque année, plusieurs tonnes de mangues sont arrêtées aux douanes européennes. En 2019, 17 lots de produits d'exportation ivoirienne ont été stoppés. Parmi eux, 11 ont été interceptés en raison de la présence de Tephritidae (EUROPHYT, 2020). Une perte financière conséquente découle de ce problème sanitaire. Les sociétés exportatrices sont davantage regardantes et les producteurs se retrouvent mis sous pression face à l'exigence des exportateurs.

## 1.2. Généralités sur les mouches des fruits

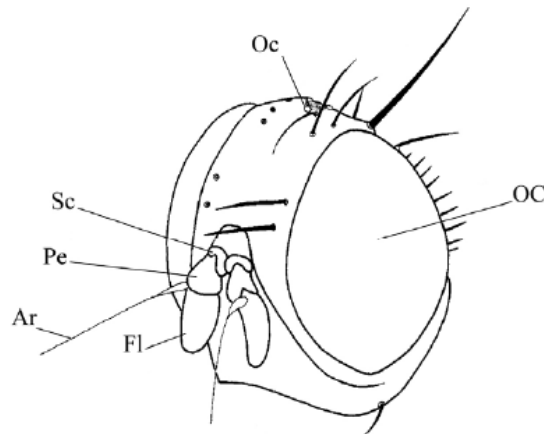
### 1.2.1. Taxonomie

Il existe plus de 4000 espèces de mouches des fruits réparties en 500 genres différents. Toutes font partie d'une même famille d'insectes appartenant à l'ordre des diptères : les Tephritidae (Evenhuis *et al*, 2007).

Au sein des Tephritidae, 6 sous-familles existent : les Dacinae, les Tephritinae, les Phytalmiinae, les Trypetinae, les Tachiniscinae et les Blepharoneurinae (Delvare et Aberlenc, 1989). En Afrique de l'Ouest, c'est au sein de la sous-famille des Dacinae, dans les genres *Ceratitis* et *Bactrocera*, que l'on retrouve le plus d'espèces inféodées aux manguiers (N'Dépo *et al*, 2010).

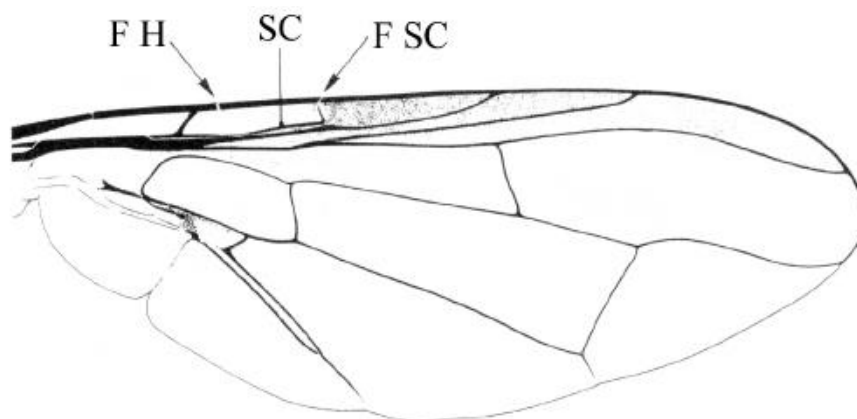
### 1.2.2. Description

D'un point de vue morphologique, la famille des Tephritidae est définie par plusieurs caractères spécifiques. Les mouches des fruits ont des ocelles visibles sur le dessus de leur tête, une arista bien développée au bout de leurs antennes et elles ne possèdent pas de vibrisse (figure 8).



**Figure 8.** Représentation de la tête d'un Tephritidae. Ar : arista ; Fl : funicule ; Oc : ocelle ; OC : œil composé ; Pe : pédicelle ; Sc : premier article antennaire (D'après White et Elson-Harris, 1992).

La plupart du temps, leurs ailes sont tachetées et possèdent une fracture humérale et une fracture de la nervure sous-costale. La nervure sous-costale est coudée à son extrémité (figure 9).



**Figure 9.** Représentation de l'aile d'un Tephritidae. FH : fracture humérale ; SC : nervure sous-costale ; FSC : fracture de la nervure sous-costale (D'après White et Elson-Harris, 1992).

Les Tephritidae présentent un dimorphisme sexuel visible grâce à la présence, chez la femelle, d'un ovipositeur (figure 10).



*Figure 10.* Représentation de l'abdomen d'une femelle Tephritidae. O : ovipositeur (D'après White et Elson-Harris 1992).

### 1.2.3. Importance

On retrouve des Tephritidae sur l'ensemble des écosystèmes terrestres, à l'exception des régions polaires. Au sein des 4.625 espèces recensées dans le monde, 35 % sont nuisibles aux fruits. Parmi celles-ci, environ 200 espèces ont un impact économique majeur en agriculture (White et Elson-Harris 1992). Les dégâts de ces insectes sont liés à la ponte et au développement des larves dans le fruit. Lorsque la femelle transperce l'épiderme, elle dépose, en plus de ses œufs, des bactéries qui accélèrent la dégradation des fruits. Ces derniers tombent plus rapidement au sol et deviennent impropres à la consommation. Les galeries creusées par les larves exacerbent le phénomène (Vannière et al, 2013). Un grand nombre d'espèces sont polyphages, ce qui implique qu'elles sont capables de se développer et de se nourrir sur différentes plantes hôtes (White et Elson-Harris 1992). Il n'est donc pas étonnant qu'une grande partie d'entre elles soient considérées comme des agents de quarantaine.

#### 1.2.4. Cycle de vie

Au moment de pondre, la femelle Tephritidae perfore, à l'aide de son ovipositeur, l'épiderme des fruits hôtes pour y déposer ses œufs. Ces derniers, logés à l'abri sous la peau du fruit, sont des organismes fragiles adaptés aux environnements aquatiques. Passé un certain temps, l'œuf donne naissance à une larve. Celle-ci se nourrit de la chair végétale et passe trois stades larvaires à grossir sous la protection du fruit. En grossissant, la larve mue et, arrivée au troisième stade de croissance, elle s'empupe (forme une nymphe) dans le fruit ou dans le sol à une profondeur d'environ 3 centimètres. Sous cette forme sensible à la dessiccation, l'insecte se développe une dernière fois avant d'émerger sous la forme d'une mouche des fruits adulte (Mille, 2010).

#### 1.2.5. Stratégies de survie

Dès leur naissance, les larves adoptent des comportements spécifiques, améliorant ainsi leurs chances de survie. D'après Bower (1975), elles suivraient un gradient chimique afin de rejoindre le centre du fruit et de s'y développer à l'abri des prédateurs. La périodicité de sortie des larves du fruit serait, quant à elle, influencée par des conditions environnementales spécifiques. Les températures minimales et l'humidité nocturne favoriseraient ainsi l'empupement (Causse, 1974). Les vibrations provoquées par la pluie stimuleraient également la sortie des larves (Mc Phail et Bliss, 1933 ; Bower, 1975). Encore plus impressionnant, les larves seraient capables de sauter depuis le fruit vers des zones ombragées pour éviter la dessiccation (Denlinger et Zdarek 1994).

Arrivées à maturité, les mouches des fruits cherchent à se nourrir, à se reproduire et à pondre. Pour réaliser au mieux ces activités, elles ont mis en place plusieurs stratégies :

- Les protéines sont, pour certaines espèces, essentielles au développement ovarien et à l'ovogenèse, mais toutes nécessitent des hydrates de carbone et de l'eau pour survivre (Hendrichs et Prokopy, 1994). La plupart du temps, les Tephritidae se nourrissent sur les plantes hôtes. Ils se repèrent dans l'espace grâce à leur vision et leur système sensoriel. Les kairomones sont des substances dégagées par les fruits qui attirent les Tephritidae. Via ces substances et grâce à leurs chimiorécepteurs, les mouches sont capables de détecter les fruits mûrs dans leur environnement (Fletcher et Prokopy, 1991). En outre, des études sur la vision des Tephritidae ont démontré que certaines espèces sont attirées par des formes et des couleurs définies. La couleur jaune et la forme

sphérique auraient un fort pouvoir attractif sur la plupart des Tephritidae (Katsoyannos, 1987). Les stimuli visuels correspondent généralement aux fruits hôtes des espèces concernées.

- Pour trouver un partenaire et se reproduire, les mouches des fruits utilisent plusieurs stratégies. Le mâle, lorsqu'il souhaite s'accoupler, produit des phéromones sexuelles pour attirer la femelle (Katsoyannos *et al*, 1980). Certaines de ces substances volatiles ne peuvent être produites qu'après l'assimilation et la métabolisation d'autres substances précurseurs dégagées par la plante hôte (Shelly *et al*, 2014). Ce phénomène crée ainsi une forte relation entre le parasite et la plante hôte. Certains mâles sont également capables de produire des sons avec leurs ailes pour appeler les femelles. Ces mouvements d'ailes aident à la diffusion des phéromones sexuelles (Kanmiya, 2005). L'accouplement se fait généralement sur la plante hôte ou à proximité.
- La survie de la descendance est cruciale pour le bon maintien de l'espèce. Il est dès lors essentiel pour la femelle d'optimiser le lieu de ponte. Plusieurs messages chimiques influencent son comportement. Certaines substances produites par les fruits, par exemple, ont pour effet de stimuler l'oviposition des femelles. Ces messages chimiques sont souvent associés au niveau de murissement des fruits et informent la femelle que les fruits peuvent accueillir leurs œufs (Damodaram *et al*, 2014). D'autres substances, dites phéromones de marquage, sont produites par les femelles lors de la ponte pour inhiber l'oviposition des mouches des fruits rivales (Prokopy, 1972). Une trop grosse concentration de larves dans un fruit diminuerait leur chance de survie. La couleur des fruits joue également un rôle dans le comportement de ponte (Katsoyannos, 1987). Les fruits plus mûrs seront d'avantage infestés.

## 1.2.6. Espèces rencontrées dans les vergers de manguiers ivoiriens

### 1.2.6.1. *Ceratitis cosyra*

*Ceratits cosyra* fait partie de la sous-famille des Dacinae. Elle est originaire d'Afrique subsaharienne et est surtout présente dans les régions de savane sèches (N'Dépo, 2010).

D'un point de vue morphologique, les *Ceratitis* sont reconnaissables grâce aux bandes présentes sur leurs ailes, et à leur scutellum renflé tacheté de noir et de jaune. Les cellules basales des ailes possèdent des mouchetures grises. L'adulte *C. cosyra* mesure entre 3 et 6 millimètres et possède de larges bandes jaunes sur ses ailes. Son mésonotum est de couleur orange pâle et son scutellum porte 3 taches noires sur la partie apicale (EPPO, 2002, figure 11).



Figure 11. Photo de *Ceratitis cosyra* adulte (Vayssières *et al*, 2018).

Ce sont des insectes qui préfèrent les climats chauds et secs. Lors de la saison des mangues, les femelles sont attirées par l'odeur et la couleur jaune du fruit mature. C'est donc à partir du mois de mars, au moment de la maturation des variétés Amélie, qu'apparaît *C. cosyra* dans les vergers. Outre le manguier, cette espèce polyphage se développe sur plusieurs plantes, agricoles ou sauvages, tels que l'anacardier, le goyavier, les agrumes et le karité (Vayssières *et al*, 2008). La plupart de ces arbres sont parfois présents dans les vergers de manguiers ivoiriens. Les anacardiens, par exemple, en plus de produire des fruits exploitables, sont souvent utilisés pour clôturer les champs. Cette forte concentration de plantes hôtes est bien entendu favorable à la multiplication de *C. cosyra*, qui est capable de produire plusieurs générations par an.

### 1.2.6.2. *Bactrocera invadens*

*Bactrocera invadens* fait également partie de la sous-famille des Dacinae. Comme son nom l'indique, c'est une espèce invasive. Elle a été introduite en Afrique de l'Ouest, en Amérique Centrale et en Amérique du Sud de manière accidentelle et tiendrait ses origines du sud de l'Asie ou du Sri Lanka (Drew *et al*, 2005 ; De Meyer *et al*, 2010). Elle a été recensée pour la première fois dans le nord de la Côte d'Ivoire en 2005 (N'Dépo *et al*, 2010).

Décrite pour la première fois en 2005, *B. invadens* mesure approximativement 1 centimètre de long. Cette mouche possède des ailes transparentes avec une nervure anale bien distincte. Son abdomen est de forme ovale et de couleur orangée et son thorax possède deux lignes jaunes. Le dessin de son scutum est variable et encore mal décrit (EPPO, 2002 ; Drew *et al*, 2005, figure 12)



Figure 12. Plusieurs individus de l'espèce *Bactrocera invadens* (Photo : Entomology Unit, IAEA, Seibersdorf, Austria)).

À partir d'avril, *B. invadens* pullule et prend le dessus sur les autres populations de mouches des fruits. C'est une espèce plus agressive, plus possessive et plus féconde que *C. cosyra*, ce qui explique sa surabondance dans les vergers. *B. invadens* est, elle aussi, une espèce polyphage qui produit plusieurs générations par an. Elle s'attaque aux anacardiens, aux citrus, aux bananiers, mais aussi à des espèces sauvages telles que le karité ou la marula (N'Dépo *et al*, 2010). Une étude béninoise a permis de démontrer que *B. invadens* était capable de se développer sur 117 espèces végétales appartenant à 43 familles différentes (Goergen *et al*, 2011). Il n'est donc pas étonnant que des mesures de restriction pour le marché international soient mises en place.

## 1.3. Généralités sur les méthodes de lutte efficace contre les mouches des fruits

### 1.3.1. Traitement par tache

Le traitement par tache consiste en l'application localisée d'insecticides de contact sur les arbres sujets aux attaques de Tephritidae. Ces produits sont composés d'hydrolysats de protéine pour attirer les individus femelles et d'une substance active létale comme le fenthion, le malathion ou la deltaméthrine. Ces substances organophosphorées agissent sur le système nerveux des insectes et provoquent leur mort (inhibition de la cholinestérase) (Steiner, 1952). Cette méthode de lutte est très efficace et peu onéreuse. En revanche, elle laisse des résidus dans les récoltes, et elle n'est pas associable aux méthodes de lutte intégrée, tant les produits utilisés sont toxiques pour les auxiliaires de culture (Mille, 2010).

### 1.3.2. Lure-and-kill

La méthode du « lure-and-kill » associe deux techniques de destruction des Tephritidae : l'une destinée aux mâles, l'autre aux femelles. La méthode de lutte contre les femelles est similaire à celle citée plus haut, avec l'utilisation d'un gel insecticide comprenant un attractif alimentaire fait d'hydrolysats de protéines. Pour lutter contre les mâles, des plaquettes imprégnées d'un insecticide et d'un attractif sexuel sont utilisées. Le méthyle-eugénol (ME), une substance aromatique présente dans les huiles essentielles de basilique (*Ocimum basilicum*) et de noix de muscade (*Myristica fragrans*), est l'un des attractifs sexuels les plus utilisés pour lutter contre les Tephritidae. Cette substance est un précurseur des phéromones sexuelles mâles. Elle est intégrée par le Tephritidae mâle et biotransformée en une hormone capable d'attirer des femelles pour l'accouplement. Le ME n'attire pas les individus femelles. Cependant, il n'est pas rare qu'un mâle contaminé empoisonne une femelle lors de l'accouplement. Cette méthode de lutte est efficace contre les petites populations de mouches et permet une bonne gestion des Tephritidae sur le long terme (Mille, 2010).

### 1.3.3. Propagation de mâles stériles

La propagation de mâles stériles élevés en laboratoire permet de créer une compétition au sein des populations de Tephritidae sauvages. Une femelle s'étant accouplée avec un mâle stérile ne donnera que des œufs non-fécondés et ne pourra donc pas donner de descendance. Cette opération, bien que séduisante, est très lourde et onéreuse. De plus, la compétitivité n'est pas identique entre mâles sauvages et mâles stériles (Mille, 2010).

### 1.3.4. Lutte biologique

#### 1.3.4.1. Parasitoïdes

Les parasitoïdes sont des insectes qui se développent sur (ectoparasitoïde) ou à l'intérieur (endoparasitoïde) d'autres organismes appelés hôtes. Ces hôtes peuvent soit être immobilisés ou tués au moment de la ponte (idiobiont), soit être maintenus vivants avec le parasitoïde en eux. À l'issue du développement du parasitoïde, l'organisme hôte meurt ou devient stérile.

Lorsqu'une espèce de parasitoïde a été identifiée comme étant antagoniste à une espèce de mouche des fruits, elle peut être élevée en laboratoire, puis lâchée pour inonder la zone de culture. Cependant, cette opération coûte très cher et les chances de succès sont minces (Mille, 2010).

En Afrique subsaharienne, une importante diversité de parasitoïdes capables de s'attaquer aux Tephritidae a été découverte. Cependant, la biologie et le spectre d'hôte de ces individus ne sont pas encore bien connus. Ces parasitoïdes appartiennent à plusieurs groupes mais font majoritairement partie de la famille des Braconidae et de la super-famille des Chalcidoidea (Silverstri, 1914).

#### 1.3.4.2. Prédateurs

La lutte par conservation favorise la biodiversité et donc la présence de prédateurs naturels potentiels de mouches des fruits. Parmi ceux-ci, les Coccinellidae et les Carabidae ont déjà été étudiés pour leur capacité à se nourrir d'œufs et de larves de Tephritida (Yu *et al*, 2018 ; Dinis *et al*, 2016). L'espèce *Oecophylla smaragdinales* (Hyménoptère Formicidae), présente en Afrique de l'Ouest, a également montré son efficacité dans la lutte contre les Tephritidae. Cependant, ces fourmis voraces et agressives peuvent également s'attaquer aux autres insectes, dont les auxiliaires de culture (Vannière *et al*, 2013, figure 13).



**Figure 13.** *Oecophylla smaragdinales* (Formicidae) attaquant des larves de Tephritidae sur mangue (Photo : Jean-François Vayssières).

#### 1.3.4.2. Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des liquides hydrophobes composés de substances aromatiques donnant aux plantes leurs saveurs et leurs odeurs. La toxicité de certains de ces composés a été étudiée sur les Tephritidae et les résultats semblent être concluants. L'eugénol et le thymol sont issus des huiles essentielles du trèfle (*Eugenia caryophyllus*) et du thym (*Thymus vulgaris*). Une exposition trop importante à ces deux substances peut provoquer le dérèglement du système nerveux et entraîner la mort (perturbation des récepteurs GABA de type A). Un bioessai réalisé sur *Anastrepha ludens* (Tephritidae) a permis de démontrer que l'ingestion de ces substances peut aider à la suppression des mouches des fruits (Wong et al,

2015). Il en est de même pour l'huile essentielle d'eucalyptus composée à 66,48 % de  $\alpha$ -citronellal et à 4,81 % de  $\beta$ -citronellol. Son efficacité a été démontrée contre *Ceratitis capitata* (Alves, 2018).

### 1.3.5. Gestion des attaques dans les vergers de manguiers ivoiriens

Plusieurs méthodes de lutte sont mises en place pour gérer les attaques de mouches des fruits en Côte d'Ivoire (CTA, 2013) :

- Entre la formation et la récolte des fruits, les producteurs sont invités à ramasser quotidiennement les mangues tombées au sol et à les détruire en les plaçant au soleil dans des sacs-poubelles noirs.
- Avant et pendant la récolte, des pièges à paraphéromones (ME) destinés aux Tephritidae mâles sont utilisés. Ils permettent de lutter contre l'arrivée des mouches des fruits, mais aussi de mesurer l'abondance des populations. Lorsque le seuil économique de nuisibilité est dépassé (nombre de mouches capturées au sein d'un ou plusieurs pièges), des interventions peuvent avoir lieu dans les vergers avec l'utilisation du Success Appat ou d'autres produits de lutte similaires.
- Le Success Appat est un produit de lutte accepté en bio. C'est un insecticide (spinosad) mélangé à un hydrolysate de protéines et de sucre qui attire et tue les adultes Tephritidae. Il est appliqué sous forme de bouillie sur la cime des arbres via un pulvérisateur. Ce n'est pas un insecticide cible. Il peut donc être dangereux pour d'autres insectes tels que des parasitoïdes ou prédateurs naturels des Tephritidae. D'autres insecticides non-spécifiques à base de thiaclopride et de deltaméthrine peuvent être également utilisés, mais un délai de 15 jours avant la récolte doit être respecté pour éviter toutes traces de résidus sur les fruits.

Ces techniques doivent être couplées entre elles pour donner de bons résultats. Il est primordial que l'ensemble des producteurs agissent de manière coordonnée dans leur verger. La négligence de l'un peut engendrer l'apparition de foyers d'infection contraignants pour l'ensemble des producteurs.

## CHAPITRE 2 : CONTEXTE DE L'ETUDE

Les producteurs de mangues ivoiriens doivent faire face à diverses maladies parasitaires dans leur verger. Celles-ci impactent négativement l'exportation des fruits, et il en résulte une perte financière conséquente pour les planteurs. Au-delà de la qualité gustative et visuelle recherchée par les exportateurs, les quantités de résidus en pesticides en surface des fruits doivent être inférieures aux limites maximales fixées par l'UE. La plupart des biocides actuellement utilisés dans les vergers de manguiers imposent un délai d'attente avant la récolte (DAR), ce qui peut poser des problèmes en cas d'infections parasitaires tardives. De plus, certaines substances utilisées impactent négativement la biodiversité, en s'attaquant à d'autres organismes non-ciblés comme les auxiliaires de culture.

Pour soutenir les producteurs de mangues ivoiriens, un projet de recherche (du nom de « Production durable et innovante de mangues en Côte d'Ivoire par le contrôle des parasites ») a été lancé par l'Université Felix-Houphouët Boigny d'Abidjan (UFHB). Ce projet est soutenu par le Fonds Compétitif pour l'Innovation Agricole Durable (FCIAD), qui s'inscrit dans l'ambitieux Programme d'Investissement Agricole (PNIA), initié par l'état ivoirien. Les subsides de ce programme viennent de l'Agence Française de Développement (AFD), dans le cadre du Contrat de Désendettement et de Développement (C2D), signé le 28 avril 2016 par l'état ivoirien.

Le projet de recherche de l'UFHB consiste en l'étude de l'efficacité de quatre biopesticides (le Neco, le Proral, le Docus et l'Astoun) dans la lutte contre l'antracnose et la bactériose du manguiers, et les attaques de mouches des fruits. Ces quatre produits biologiques ont été développés au sein de l'UFHB, et deux d'entre eux (le Neco et le Proral) ont déjà été homologués pour lutter contre la cercosporiose noire du bananier. Ces concoctions sont composées d'huiles essentielles et ont l'avantage d'avoir un DAR de 0 jour. Outre la lutte contre les parasites, le projet de recherche vise également à sensibiliser les producteurs aux maladies des manguiers. Les zones sélectionnées pour l'étude sont destinées à accueillir tous les producteurs des régions concernées afin de leur partager les connaissances et les techniques agricoles nécessaires à la bonne gestion des maladies de manguiers.

Ce mémoire s'inscrit dans le projet de recherche de l'UFHB. Les activités décrites dans ce document ont commencé au début du mois de mai de l'année 2019, dans le District des Savanes (à Korhogo et à Ferkessédougou).

## CHAPITRE 3 : OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'étude décrite dans ce mémoire s'intéresse à l'impact qu'ont le Neco, le Proraly, le Docus et l'Astoun sur l'entomofaune des vergers de manguiers, et plus particulièrement l'impact qu'ils ont sur les populations de mouches des fruits et sur les auxiliaires de culture.

Les quatre biopesticides étudiés ont un effet délétère potentiel sur l'anthracnose et la bactériose du manguiers. Il est dès lors légitime de se demander si une modification du complexe parasitaire peut impacter la présence des mouches des fruits dans les vergers. De plus, ces produits contiennent diverses substances actives, telles que l'eugénol et le thymol, qui ont déjà montré leur efficacité contre les Tephritidae. Il est donc envisageable de constater une diminution des populations de Tephritidae dans les parcelles traitées. En revanche, il n'est pas exclu que ces substances actives soient également nuisibles pour la faune auxiliaire. Sur base de ces hypothèses, la quantité de Tephritidae, la quantité d'insectes (toutes espèces confondues), la quantité d'auxiliaires de culture (Braconidae, Chalcidoidea, Coccinellidae et Carabidae) et le niveau de biodiversité de chaque parcelle traitée ont été analysés.

Les objectifs de ce travail sont donc multiples :

- Déterminer si les biopesticides étudiés affectent, dans le temps, la présence des Tephritidae inféodés aux manguiers.
- Déterminer si les biopesticides étudiés affectent, dans le temps, le nombre d'insectes présents en champs (toutes espèces confondues).
- Déterminer si les biopesticides étudiés affectent, dans le temps, le niveau de biodiversité des parcelles traitées et la quantité d'insectes présents en champ.
- Déterminer les biopesticides étudiés affectent, dans le temps, la présence de parasitoïdes et de prédateurs susceptibles de s'attaquer aux Tephritidae.

## CHAPITRE 4 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 4.1. Sélection des zones d'étude

Les zones d'études ont été sélectionnées afin de convenir aux attentes du projet de recherche de l'UFHB. Plusieurs critères devaient être pris en compte, à savoir :

- Des terrains proches des centres-villes de Korhogo et Ferkessedougou afin d'accueillir aisément les producteurs de ces zones lors des séances de formation.
- Des vergers malades, atteints par l'antracnose et la bactériose, et impactés par la présence des mouches des fruits, afin de constater les effets des biopesticides étudiés.
- Des vergers n'ayant pas été traités contre l'antracnose, la bactériose et les attaques des mouches des fruits.
- Des vergers identiques, de même densité, cultivant uniquement la variété Kent (au stade fruit), et ayant suivi le même itinéraire phytotechnique afin que les résultats obtenus dans une parcelle puissent être la répétition des résultats obtenus dans l'autre parcelle.
- Des vergers possédant des structures empêchant le pâturage du bétail.
- Des vergers ne possédant pas de ruches apicoles.

Dans le but de sélectionner au mieux les zones d'étude, un questionnaire reprenant les critères cités plus haut a été rédigé. D'autres questions, permettant de caractériser les producteurs et leur exploitation, ont également été posées. Ce questionnaire a été créé sans aucune connaissance en sciences sociales et techniques de sondage. Il a été écrit dans un français jugé simple avec une police d'impression facilitant la lecture. Des questions à choix multiples et des images ont été utilisées pour faciliter sa compréhension (cf. annexe 1 – Questionnaire rédigé pour l'enquête).

Durant les quelques visites de vergers, les producteurs rencontrés ont été interviewés oralement à l'aide du questionnaire. Ce dernier a également été distribué en version papier à plusieurs coopératives afin qu'un maximum de producteurs puisse participer à l'étude de terrain. Cependant, tous les participants au sondage n'ont pas été pris en compte pour la sélection des zones d'étude. La saison de production de la variété Kent touchant dangereusement à sa fin, il a fallu rapidement faire un choix parmi les quelques producteurs interrogés oralement. Ce sont les responsables du projet de l'UFHB qui ont tranché pour choisir les vergers impliqués dans l'étude. Néanmoins, les réponses de l'enquête ont tout de même été traitées et synthétisées graphiquement afin de caractériser les producteurs et les exploitations des régions concernées (cf. annexe 2 - Réponses de l'enquête).

Deux zones d'expérimentation ont été sélectionnées pour l'étude : un verger situé dans la région de Korhogo et un verger situé dans la région de Ferkessédougou.

- Le verger de Korhogo (9°23'01.0"N 5°33'38.2"W) appartient à Monsieur Yeo Naban. Il possède une superficie d'environ 4 hectares. Le verger est exploité depuis 17 ans et produit principalement de la variété Kent pour le marché international. La distance intra- et interligne est de 10 mètres entre les manguiers. Quelques plants d'Amélie sont présents au sein de la parcelle et des anacardiens servent à délimiter le pourtour du verger. Ceux-ci sont reliés entre eux par du fil barbelé et forment une barrière qui est supposée empêcher le bétail de rentrer. Cependant, les bouviers de la région coupent régulièrement les fils pour laisser pâturer leurs bêtes dans le verger. La plantation est fortement touchée par l'anthracnose et la bactériose du manguiers. Le producteur se plaint également de la présence de mouches des fruits. Avant la mise en place du bioessai, le verger a été traité au Success Appat (insecticide mélangé à un hydrolysate de protéines et de sucre qui attire et tue les adultes Tephritidae) du 10 au 31 mars à la fréquence d'une fois toutes les 2 semaines (4 L/ha). Durant la période de récolte, le producteur détruit régulièrement les fruits tombés au sol.
- Le verger de Ferkessédougou (9°34'52.2"N 5°14'01.7"W) appartient à Monsieur YEO Fagnigué et mesure environ 3 hectares. Il a 19 ans et produit majoritairement de la variété Kent à destination de l'Europe. La distance intra- et interligne est de 10 mètres entre les manguiers. Au sein du verger, d'autres essences telles que le karité, le goyavier et le néré sont présentes. Le pourtour du verger est délimité par des anacardiens reliés entre eux par du fil barbelé. Le planteur n'a pas de soucis avec les bœufs de la région qui ne pénètrent pas ses terres. En revanche, il déplore la présence de *C. gloeosporioides*, de *X. campestris mangifera* et de mouches des fruits dans son verger. Le dernier traitement anti-fongique à l'Ivory 80 WP date du mois de janvier. De mars à

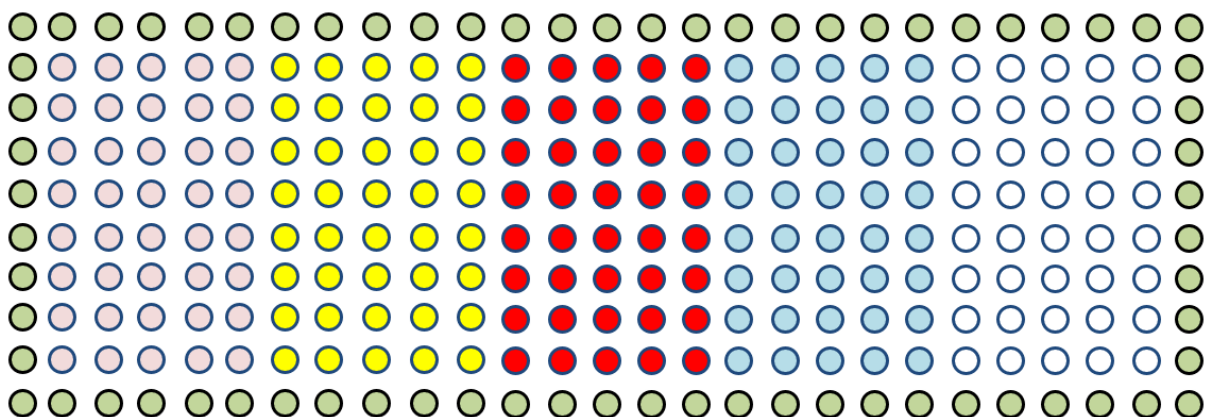
mi-avril du Timaye, un insecticide couplé à du méthyl-eugénol (ME), a été utilisé pour capturer et tuer les Tephritidae mâles. Le producteur déplore également la forte présence de fourmis tisserandes dans son verger.

Un peu plus de 65 kilomètres séparent les deux vergers. Durant la période d'étude (mai 2019), la température dans le District des Savanes était située entre 25 et 37°C. L'humidité moyenne était de 71%, et la précipitation moyenne par jour était de 12 mm.

#### 4.2. Aménagement des zones d'étude et pulvérisation des biopesticides

Les quatre biopesticides étudiés dans le cadre du projet de recherche sont : le Proraly, l'Aston, le Neco, et le Docus. Ils sont développés à partir d'extraits végétaux par l'UFHB. Le Proraly et le Neco ont tous deux été homologués pour lutter contre la cercosporiose noire du bananier (*Mycosphaerella fijiensis*) (cf. annexe 3 – Étiquettes jaunes pour la commercialisation du Neco et du Proraly). L'Aston et le Docus sont toujours en phase d'étude. Seules quelques informations concernant la composition du Proraly et du Néco ont été rendues publiques : le premier contient du thymol, de l'eugénol, du citronellal et du citronellol, le second contient du thymol-gamme terpinène-eugénol.

Afin d'estimer les effets de ces produits, cinq parcelles correspondant chacune à une modalité de traitement (Proraly, Aston, Neco, Docus et Témoin (pas de biopesticide)) ont été délimitées dans chaque zone d'étude. L'aménagement a été mis en place selon le protocole expérimental des chercheurs de l'UFHB travaillant sur l'antracnose et la bactériose du manguiier (figure 14). En raison du manque de place dans les vergers, ces cinq parcelles n'ont pas pu être répétées plusieurs fois dans une même zone d'étude.



**Figure 14.** Représentation schématique des cinq modalités de traitement dans un verger de manguiers (1 cercle = 1 manguiier). La distance intra- et interligne entre les manguiers est de 10 mètres. Chaque couleur représente une modalité de traitement (Proraly, Aston, Neco, Docus et Témoin). Les cercles verts représentent le rang de garde non-traité.

Les deux vergers sélectionnés n'ayant pas exactement la même conformation et la même superficie, l'aménagement des parcelles n'a pas pu être parfaitement identique entre les deux zones d'étude :

- Une partie du verger de Korhogo (figure 16) a été divisée en cinq parcelles de 40 mètres de largeur pour 70 mètres de long. Soit 40 manguiers par parcelle (8 arbres sur 5 rangées successives).
- Une partie du verger de Ferkessédougou (figure 15) a été divisée en cinq parcelles de 50 mètres de largeur pour 30 mètres de long. Soit 24 manguiers par parcelle (6 arbres sur 4 rangées successives).



**Figure 16.** Aménagement des parcelles à Korhogo. La somme des parcelles mesure 1,4 ha (Photo : Google maps).

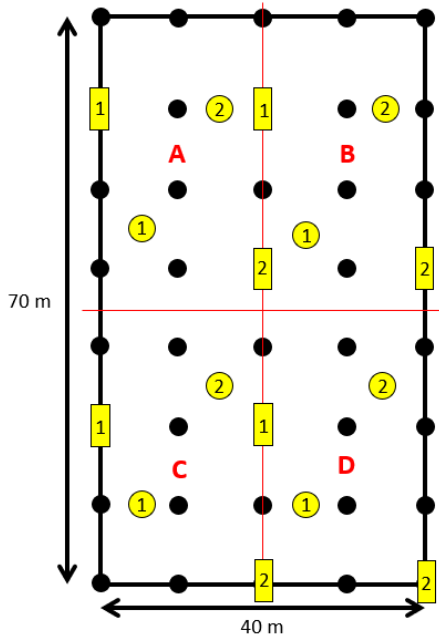


**Figure 15.** Aménagement des parcelles à Ferkessédougou. La somme des parcelles mesure 0,75 ha (Photo : Google maps).

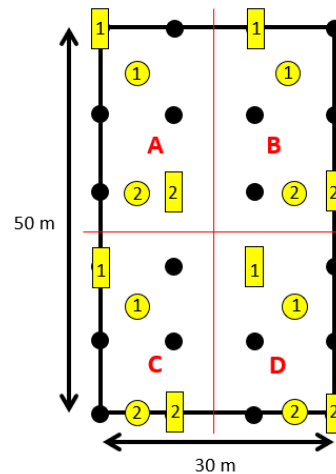
Pour collecter les Tephritidae et les autres insectes volants présents dans les vergers de manguiers, deux types de pièges jaunes ont été utilisés : des pièges collants et des pan-traps. Aucun d'entre eux n'emploie d'appâts alimentaires ou d'attractifs sexuels. Le seul stimulus amenant les insectes à se faire piéger est la couleur jaune des pièges.

- Les pièges collants sont des planches adhésives de la marque Biobest. Elles sont de couleur jaune et mesurent 10 centimètres de large pour 25 centimètres de long. Les surfaces rectos et versos de ces planches sont toutes deux adhésives et quadrillées pour faciliter le comptage des insectes. Les pièges ont été suspendus dans les manguiers, à hauteur d'homme (1,60-1,80m), à une branche du tiers inférieur de la frondaison. Ils ont été disposés de sorte qu'ils ne reçoivent pas directement les rayons du soleil et qu'ils ne soient pas cachés dans les feuillages. Ils sont à une distance de minimum 10 mètres les uns des autres et au nombre de 8 par parcelle (soit 40 pièges collants par verger). Au total, 160 pièges collants ont été utilisés dans le cadre de cette étude.
- Les pan-traps sont des vasques de couleur jaune créées artisanalement à partir de matériel acheté sur le marché de Korhogo (cf. annexe 4 – Construction des pan-traps). Ils mesurent 27 centimètres de diamètre pour 10 centimètres de profondeur. Ils ont été fixés sur des manches en teck à hauteur d'homme (environ 1,6 mètre), à une distance minimum de 15 mètres les uns des autres, dans les inter-rangs des vergers (pas directement sous les arbres). Une fois placés, ils ont été remplis d'eau savonneuse (le piégeage repose sur le principe de noyade des insectes). Au total, 80 pan-traps ont été utilisés dans le cadre de cette étude (8 pan-traps par parcelle).

Les pièges disposés dans les parcelles ont été nommés et recensés sur un plan afin de garder un suivi des collectes. Dans le but de faciliter l'encodage, les parcelles ont été subdivisées en sous-parcelles A, B, C et D, dans lesquelles le même schéma de répartition de pièges a été suivi (figures 16 et 17).



**Figure 18.** Représentation schématique de la distribution des pièges collants (rectangles) et des pan-traps (ronds) dans une parcelle de manguiers (points noirs) à Korhogo. Sous-parcelles délimitées par les bandes rouges.



**Figure 17.** Représentation schématique de la distribution des pièges collants (rectangles) et des pan-traps (ronds) dans une parcelle de manguiers (points noirs) à Ferkessedougou. Sous-parcelles délimitées par les bandes rouges.

Les biopesticides ont été appliqués à la mi-mai, à un jour d'intervalle entre les deux zones d'étude. Un volume de 50 litres de bouillie (1,5 litres de biopesticide dilués dans 50 litres d'eau) a été utilisé par hectare de surface traitée.

#### 4.3. Collecte des insectes et entretien des pièges

Tous les 3 jours, après l'application des biopesticides, un relevé des pan-traps était effectué. Durant ces relevés, les insectes morts noyés ont été récoltés à l'aide d'une épuisette et d'une pince d'entomologie, puis stockés dans une solution d'alcool, dans des Eppendorf d'un volume de 2 millilitres. Ces Eppendorfs ont été annotés spécifiquement (date de la collecte et numéro de piège associé) afin de ne pas perdre le suivi des collectes. Avant de quitter chaque zone, les niveaux des pan-traps étaient vérifiés et complétés avec de l'eau savonneuse. Au total, pour chaque verger, 4 collectes de pan-traps ont été réalisées (à « J+3 », « J+6 », « J+9 », et J+12 »).

Les pièges collants ont, quant à eux, été relevés tous les 6 jours après l'application des biopesticides. Au moment de la collecte, ils ont été emballés dans de la cellophane avec un code (date et lieu de capture), puis remplacés par des panneaux collants neufs. Au total, pour chaque verger, 2 collectes de pièges collants ont été réalisées (à « J+6 » et J+12 »).

Les deux zones d'étude étaient très éloignées l'une de l'autre (environ 65 kilomètres de distance). L'entretien régulier des pan-traps ne pouvait donc pas être fait correctement. Des employés ont donc dû être embauchés pour contrôler régulièrement le niveau d'eau des pan-traps entre les collectes.

#### 4.4. Analyse en laboratoire

Le comptage et l'identification des insectes capturés a été réalisé en Belgique, dans les laboratoires d'entomologie de Gembloux Agro-Bio Tech et dans les laboratoires de phytopathologie de l'Université Catholique de Louvain. Les insectes capturés via les pan-traps ont, dans un premier temps, été nettoyés et replongés dans de l'alcool à 70%. Étant donné la grande diversité et la quantité considérable d'insectes capturés, une approche pour leur reconnaissance a été mise en place : prendre des photos de chaque insecte morphologiquement différent, via une caméra (Moticam X3) fixée sur binoculaire, pour composer un album photo (une collection) sur laquelle se baserait l'entièreté du comptage et des identifications. Marc Migon, un spécialiste en entomologie de l'Université Catholique de Louvain, a accepté de participer à l'identification des photos. Monsieur Migon a identifié les insectes jusqu'à leur famille via diverses ouvrages et clés entomologiques (Chinery, 1988 ; Delvare et Aberlenc 1989 ; Borror *et al*, 1989). Sur base de la collection créée, les insectes de chaque piège ont pu être comptabilisés et classés par famille. Seuls les Tephritidae ont été dénombrés pour les pièges collants.

## CHAPITRE 5 : RÉSULTATS

### 5.1. Captures via les pièges collants

#### 5.1.1. Soucis techniques

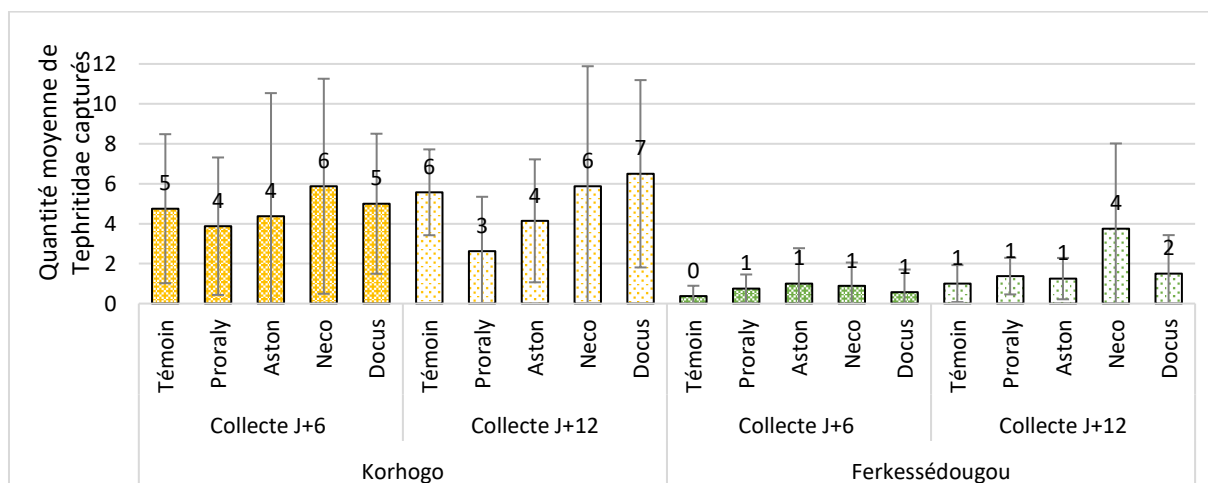
Que ce soit à Korhogo ou à Ferkessédougou, beaucoup de micro-hyménoptères et de moucheron sont venus se fixer aux pièges collants. En raison du vent et des pluies passagères, les insectes capturés se sont fragmentés et les planches collantes ont perdu en lisibilité. Seuls les Tephritidae visibles ont donc été dénombrés pour les pièges collants.

Il est important de noter qu'une activité prédatrice des fourmis tisserandes présentes dans certains manguiers a pu être observée durant le bioessai. Ces fourmis sont parfois venues collecter des insectes à même les pièges. Cette activité prédatrice a plus souvent été observée à Ferkessédougou qu'à Korhogo.

Durant le bioessai, dans la zone d'étude de Korhogo, 2 pièges collants ont disparu.

#### 5.1.2. Quantité de Tephritidae capturés

Au total (toutes modalités de traitements et tous moments de collecte confondus), 379 mouches des fruits (24 *Bactrocera* et 355 *Ceratitis*) ont été collectées à Korhogo, et 100 mouches des fruits (6 *Bactrocera* et 94 *Ceratitis*) ont été collectées à Ferkessédougou.



**Figure 19.** Graphique représentant la quantité moyenne de Tephritidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte et dans une zone d'étude donnée. Capture réalisée avec les pièges collants.

La figure 19 permet d’observer que la quantité moyenne de mouches des fruits capturées à Korhogo est bien plus élevée qu’à Ferkessédougou.

Un test de Fisher (p-valaleur = 0,05) a été réalisé afin de constater si les zones d’étude, les moments de collecte ou les traitements étudiés ont un effet significatif sur la quantité moyenne de Tephritidae capturés par parcelle (tableau 1). D’après les résultats du test et l’observation faite pour la figure 19, la quantité moyenne de Tephritidae capturés à Korhogo est significativement plus grande qu’à Ferkessédougou. En revanche, rien ne permet de dire que les traitements et les moments de collecte influencent significativement la quantité moyenne de Tephritidae capturés.

**Tableau 1.** Output SAS d’un test de Fisher (modèle ANOVA de type 3) estimant si l’un des paramètres étudiés (« Zone d’étude », « Moment de collecte » ou « Traitement ») influence significativement la quantité de Tephritidae capturés via les pièges collants.

Effet	Num DL	Den DL	F Value	Pr > F
<b>Zone d’étude</b>	1	138	46.03	<.0001
<b>Moment de collecte</b>	1	138	1.51	0.2215
<b>Traitement</b>	4	138	1.63	0.1710

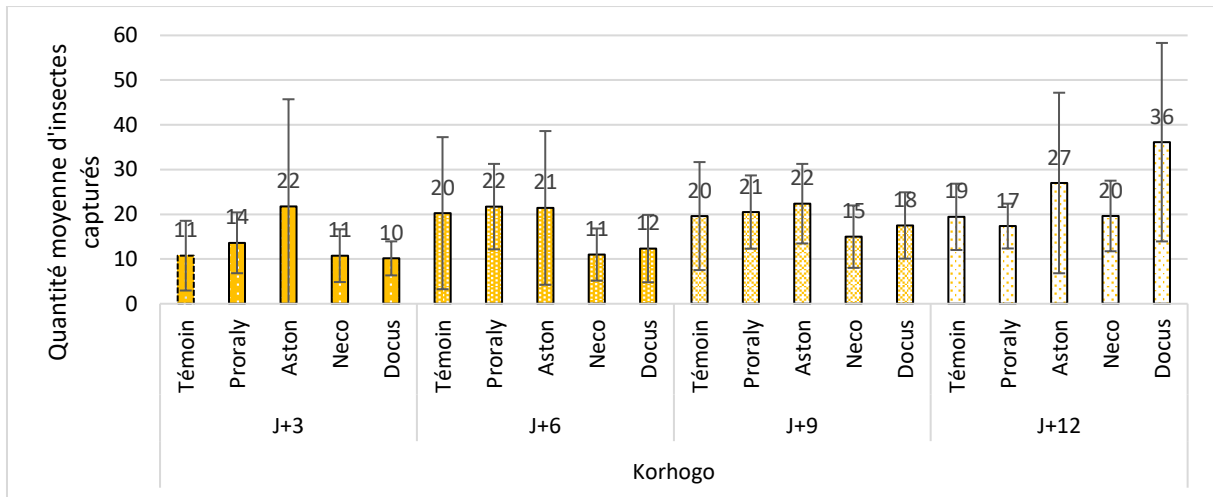
## 5.2. Captures via les pan-traps

### 5.2.1. Soucis techniques

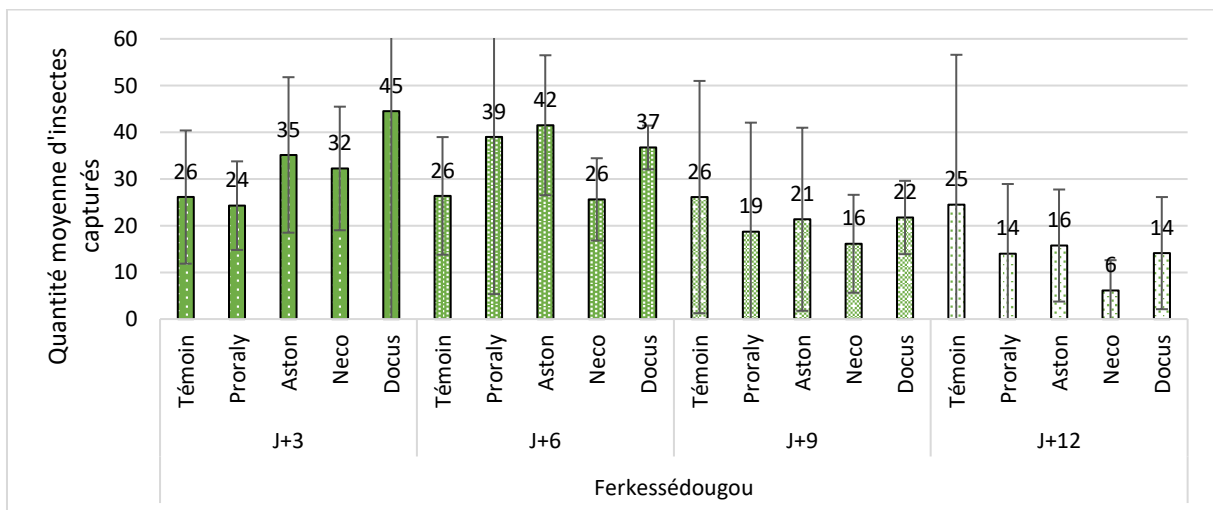
Le piégeage par pan-traps ne s’est pas déroulé comme espéré. Durant le bioessai, la solidité des pièges artisanaux a été mise à rude épreuve, et ce principalement dans la zone d’étude de Korhogo. Malgré les protections censées empêcher le bétail d’entrer dans le verger, un troupeau de bœufs est régulièrement venu pâturer dans la zone d’étude, détruisant et abimant ainsi plusieurs pièges. L’employé, chargé de faire fuir les bêtes et de contrôler le niveau d’eau des pièges, ne s’est malheureusement pas investi de sa tâche.

### 5.2.2. Quantité d'insectes capturés

Sur l'ensemble des collectes réalisées dans la zone d'étude de Korhogo, les pan-traps ont permis la capture de 2.278 insectes. À Ferkessédougou, 4.328 insectes ont été comptabilisés. Les figures 20 et 21 montrent que les valeurs des écarts-types pour les quantités moyennes d'insectes capturés par parcelle sont parfois très élevées mais les différences ne semblent pas être liées à un traitement particulier.



**Figure 20.** Graphique représentant la quantité moyenne d'insectes capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.



**Figure 21.** Graphique représentant la quantité moyenne d'insectes capturés pour chaque modalité traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.

Un test de Student (p-valeur = 0,05) a été réalisé afin de comparer les quantités moyennes d'insectes capturés dans les parcelles traitées (Aston, Docus Neco et Proraly), avec la quantité moyenne d'insectes capturés dans les parcelles témoins (les deux zones d'étude et les moments de collecte confondus) (tableau 2). Les résultats du test ne permettent pas de dire qu'une des quantités moyennes d'insectes capturés dans les parcelles traitées est significativement différente de la quantité moyenne d'insectes capturés dans les parcelles témoins (les deux zones d'étude et les moments de collecte confondus).

**Tableau 2.** Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) comparant la quantité moyenne d'insectes capturés dans la parcelle témoin avec la quantité moyenne d'insectes capturés dans les parcelles traitées avec Aston, Docus, Neco et Proraly (moyennes calculées sans tenir compte de la zone d'étude et du moment de collecte).

Effets	Traitement	Moyenne estimée	DL	Valeur t	Pr >  t
<b>Intercept</b>		15.7603	289	5.01	<.0001
<b>Traitement</b>	Aston	4.2695	289	1.34	0.1808
<b>Traitement</b>	Docus	3.4614	289	1.07	0.2857
<b>Traitement</b>	Neco	-4.1791	289	-1.31	0.1900
<b>Traitement</b>	Proraly	-0.2090	289	-0.07	0.9481
<b>Traitement</b>	Témoin	0	.	.	.

Un test de Fisher (p-valeur = 0,05) plus général a également été réalisé afin de voir si la quantité moyenne d'insectes capturés dans les parcelles est influencée par la zone d'étude ou par le moment de collecte (tableau 3). Les résultats du test montrent que les zones d'étude ont un effet significatif sur le nombre de Tephritidae capturés. En revanche, rien ne permet de dire que les moments de collecte (J+3, J+6, J+9 et J+12) influencent significativement la quantité moyenne d'insectes capturés dans les parcelles.

**Tableau 3.** Output SAS d'un test de Fisher (modèle ANOVA de type 3) estimant si l'un des paramètres étudiés (« Zone d'étude », « Moment de collecte » ou « Traitement ») influence significativement la quantité d'insectes capturés via les pan-traps.

Effet	Num DL	Den DL	Valeur F	Pr > F
<b>Zone d'étude</b>	1	289	11.34	0.0009
<b>Moment de collecte</b>	3	289	2.32	0.0759
<b>Traitement</b>	4	289	2.24	0.0648

### 5.2.3. Nombre de familles différentes capturées

Sur l'ensemble des collectes réalisées dans les deux zones d'étude, les pan-traps n'ont permis de collecter que 17 Tephritidae (*Ceratitis cosyra*) (13 à Korhogo et 4 à Ferkessédougou). En revanche, 64 autres familles d'insectes différents ont pu être identifiées (Tableau 2).

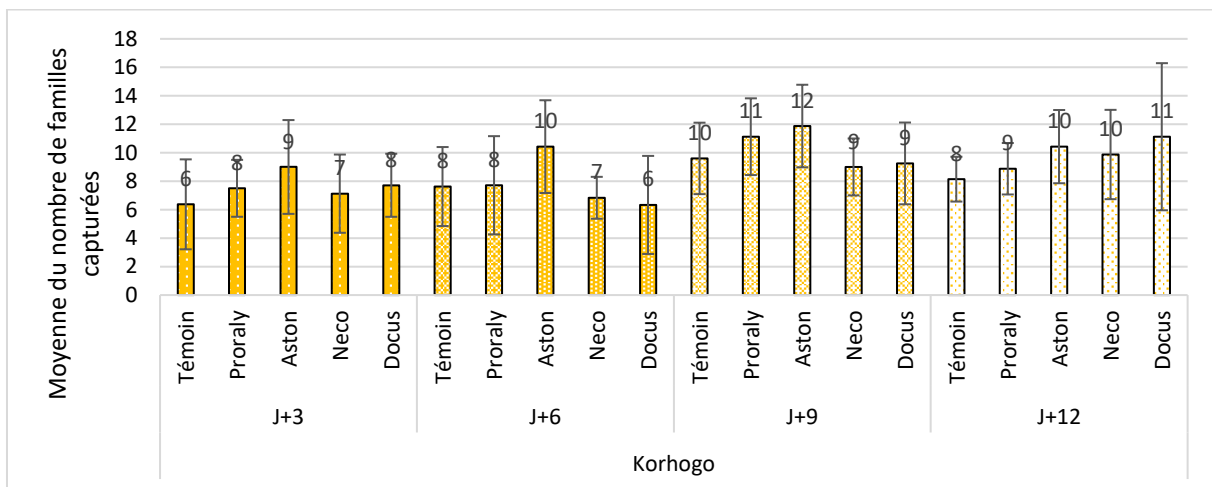
**Tableau 4.** Liste des familles d'insectes (classées par ordre et super-famille) capturées dans la zone d'étude de Korhogo et de Ferkessédougou.

Ordre	Super-famille	Famille
Blattoptère	Blattoidea	Kalotermitidae
Coléoptère	Bostrichoidea	Anobiidae
Coléoptère	Bostrichoidea	Bostrichidae
Coléoptère	Buprestoidea	Bupestridae
Coléoptère	Caraboidea	Carabidae
Coléoptère	Chrysomeloidea	Chrysomelidae
Coléoptère	Cucujoidea	Coccinellidae
Coléoptère	Cucujoidea	Nitidulidae
Coléoptère	Cucujoidea	Silvanidae
Coléoptère	Curculionoidea	Curculionidae
Coléoptère	Elateroidea	Elateridae
Coléoptère	Elateroidea	Lampyridae
Coléoptère	Hydrophiloidea	Hydrophilidae
Coléoptère	Scarabaeoidea	Cetoniidae
Coléoptère	Scarabaeoidea	Melolonthidae
Coléoptère	Scarabaeoidea	Scarabaeidae
Coléoptère	Staphylinoidea	Staphylinidae
Coléoptère	Tenebrionoidea	Meloidae
Diptère	Carnoidea	Chloropidae
Diptère	Chironomoidea	Chironomidae
Diptère	Chironomoidea	Ceratopogonidae
Diptère	Empidoidea	Dolichopodidae
Diptère	Ephydroidea	Drosophilidae
Diptère	Muscoidea	Muscidae
Diptère	Platyezoidea	Phoridae
Diptère	Sciaroidea	Sciaridae
Diptère	Syrphoidea	Syrphidae
Diptère	Tephritoidea	Otitidae
Diptère	Tephritoidea	Tephritidae
Lépidoptère	Noctuoidea	Noctuidae
Lépidoptère	Papilionoidea	Nymphalidae
Lépidoptère	Papilionoidea	Pieridae
Lépidoptère	Pyraloidea	Pyralidae
Lépidoptère	Tineoidea	Tineidae

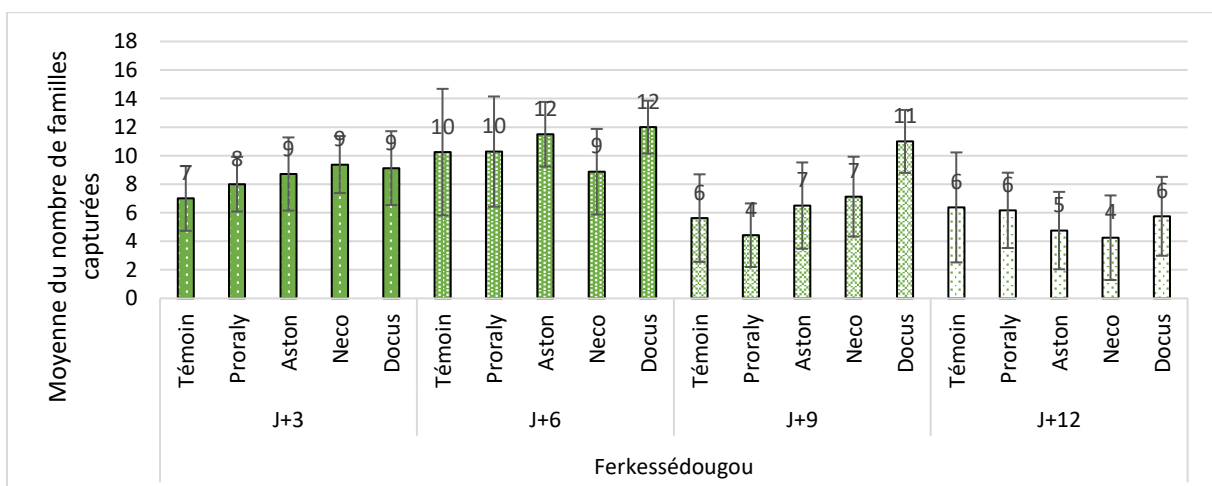
Ordre	Super-famille	Famille
Hémiptère	Aphidoidea	Aphididae
Hémiptère	Cimicoidea	Anthocoridae
Hémiptère	Coreoidea	Coreidae
Hémiptère	Fulgoroidea	Cixiidae
Hémiptère	Fulgoroidea	Lophopidae
Hémiptère	Lygaeoidea	Berytidae
Hémiptère	Lygaeoidea	Lygaeidae
Hémiptère	Membracoidea	Cicadellidae
Hémiptère	Membracoidea	Membracidae
Hémiptère	Miroidea	Miridae
Hémiptère	Miroidea	Tingidae
Hémiptère	Pentatomoidea	Cydnidae
Hémiptère	Pentatomoidea	Pentatomidae
Hémiptère	Pentatomoidea	Plataspidae
Hémiptère	Psylloidea	Psyllidae
Hémiptère	Reduvoidea	Reduviidae
Hyménoptère	Apoidea	Apidae
Hyménoptère	Apoidea	Crabronidae
Hyménoptère	Apoidea	Megachilidae
Hyménoptère	Apoidea	Sphecidae
Hyménoptère	Chalcidoidea	
Hyménoptère	Chrysoidea	Bethylidae
Hyménoptère	Cynipoidea	Cynipidae
Hyménoptère	Formicoidea	Formicidae
Hyménoptère	Ichneumonoidea	Braconidae
Hyménoptère	Vespoidea	Mutillidae
Hyménoptère	Vespoidea	Pompilidae
Hyménoptère	Vespoidea	Scoliidae
Hyménoptère	Vespoidea	Vespidae
Névroptère	Hemerobioidea	Hemerobiidae
Thysanoptère		

Les insectes de l'ordre des Thysanoptères et de la super-famille des Chalcidoidea n'ont pas pu être identifiés jusqu'à leur famille (identification trop complexe). Néanmoins, pour que ces insectes interviennent dans l'évaluation de la biodiversité des différentes parcelles, ils ont été dénombrés et identifiés comme appartenant à une famille fictive qui leur est propre: « la famille des Thysanoptère » et « la famille des Chalcidoidea ».

Pour avoir une vue globale de la diversité des familles d'insectes dans les parcelles, le nombre de familles capturées par piège a été moyenné (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle). Ces moyennes sont représentées selon le moment de collecte dans la figure 22 pour Korhogo, et dans la figure 23 pour Ferkessédougou.



**Figure 22.** Graphique représentant le nombre moyen de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.



**Figure 23.** Graphique représentant le nombre moyen de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.

Pour déterminer si les zones d'étude, les moments de collecte ou les traitements étudiés ont un effet significatif sur le nombre moyen de familles dénombrées par parcelle, un test de Fisher (p-valeur = 0,05) a été réalisé (tableau 5). Les résultats du test montrent que les trois paramètres analysés ont un effet significatif sur le nombre moyen de familles différentes capturées. Selon l'estimation des moyennes des deux zones (tableau 6) et les résultats du test de Fisher, le nombre moyen de familles différentes capturées à Korhogo est significativement plus grande qu'à Ferkessédougou.

**Tableau 5.** Output SAS d'un test de Fisher (modèle ANOVA de type 3) estimant si l'un des paramètres étudiés (« Zone d'étude », « Moment de collecte » ou « Traitement ») influence significativement le nombre moyen de familles différentes capturées via les pan-traps.

Effet	Num DL	Den DL	Valeur F	Pr > F
<b>Zone d'étude</b>	1	286	9.42	0.0024
<b>Collecte</b>	3	286	4.88	0.0025
<b>Traitement</b>	4	286	4.02	0.0034

**Tableau 6.** Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) estimant le nombre moyen de familles différentes capturées pour la zone de Ferkessédougou et pour la zone de Korhogo (moyennes calculées sans tenir compte de la modalité de traitement et du moment de collecte).

Zone d'étude	Moyenne estimée	Erreur standard	DL	Valeur t	Pr >  t
Ferkessédougou	7.8439	0.2354	286	33.32	<.0001
Korhogo	8.8896	0.2461	286	36.13	<.0001

Un test de Tukey (p-valeur ajustée = 0,05) a ensuite été réalisé pour permettre de comparer les effets des traitements entre eux (tableau 7). Selon l'estimation des moyennes des traitements (tableau 8) et les résultats du test de Tukey, le nombre moyen de familles différentes capturées dans les parcelles Aston et Docus est significativement plus grand que dans la parcelle témoin (toutes zones d'étude et moments de collecte confondus).

**Tableau 7.** Output SAS d'un test de Tukey (modèle ANOVA de type 3), comparant les moyennes du nombre de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement.

Effet	Traitement	Traitement	Ajustement	P Ajust
Traitement	Aston	Docus	Tukey-Kramer	0.9994
Traitement	Aston	Neco	Tukey-Kramer	0.1084
Traitement	Aston	Proraly	Tukey-Kramer	0.1970
Traitement	Aston	Temoin	Tukey-Kramer	0.0439
Traitement	Docus	Neco	Tukey-Kramer	0.0695
Traitement	Docus	Proraly	Tukey-Kramer	0.1341
Traitement	Docus	Temoin	Tukey-Kramer	0.0264
Traitement	Neco	Proraly	Tukey-Kramer	0.9991
Traitement	Neco	Temoin	Tukey-Kramer	0.9961
Traitement	Proraly	Temoin	Tukey-Kramer	0.9721

**Tableau 8.** Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) estimant le nombre moyen de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement (moyennes calculées sans tenir compte de la zone d'étude et du moment de collecte).

Traitement	Moyenne estimée	Erreur standard	DL	Valeur t	Pr >  t
Aston	9.1304	0.3751	286	24.34	<.0001
Docus	9.2521	0.3894	286	23.76	<.0001
Neco	7.8372	0.3753	286	20.88	<.0001
Proraly	7.9733	0.3814	286	20.90	<.0001
Témoin	7.6408	0.3789	286	20.17	<.0001

Un autre test de Tukey (p-valeur ajustée = 0,05) a ensuite été réalisé pour permettre de comparer les effets des moments de collecte entre eux (tableau 9). Selon l'estimation des moyennes des moments de collecte (tableau 10) et les résultats du test de Tukey, le nombre moyen de familles différentes capturées à J+12 est significativement plus grand qu'à J+3 pour Korhogo. L'effet inverse est constaté à Ferkessedougou (plus de familles d'insectes à J+3 qu'à J+12).

**Tableau 9.** Output SAS d'un test de Tukey (modèle ANOVA de type 3), comparant les moyennes du nombre de familles différentes capturée pour chaque moment de collecte à Ferkessédougou et à Korhogo.

Effet	Moment de collecte	Zone d'étude	Moment de collecte	Zone d'étude	Ajustement	P Ajust
<b>Collecte*Zone</b>	J+12	Ferkessédougou	J+3	Ferkessédougou	Tukey-Kramer	0.0001
<b>Collecte*Zone</b>	J+12	Ferkessédougou	J+6	Ferkessédougou	Tukey-Kramer	<.0001
<b>Collecte*Zone</b>	J+12	Ferkessédougou	J+9	Ferkessédougou	Tukey-Kramer	0.2108
<b>Collecte*Zone</b>	J+3	Ferkessédougou	J+6	Ferkessédougou	Tukey-Kramer	0.0346
<b>Collecte*Zone</b>	J+3	Ferkessédougou	J+9	Ferkessédougou	Tukey-Kramer	0.3563
<b>Collecte*Zone</b>	J+6	Ferkessédougou	J+9	Ferkessédougou	Tukey-Kramer	<.0001
<b>Collecte*Zone</b>	J+12	Korhogo	J+3	Korhogo	Tukey-Kramer	0.0306
<b>Collecte*Zone</b>	J+12	Korhogo	J+6	Korhogo	Tukey-Kramer	0.1461
<b>Collecte*Zone</b>	J+12	Korhogo	J+9	Korhogo	Tukey-Kramer	0.9771
<b>Collecte*Zone</b>	J+3	Korhogo	J+6	Korhogo	Tukey-Kramer	0.9998
<b>Collecte*Zone</b>	J+3	Korhogo	J+9	Korhogo	Tukey-Kramer	0.0016
<b>Collecte*Zone</b>	J+6	Korhogo	J+9	Korhogo	Tukey-Kramer	0.0133

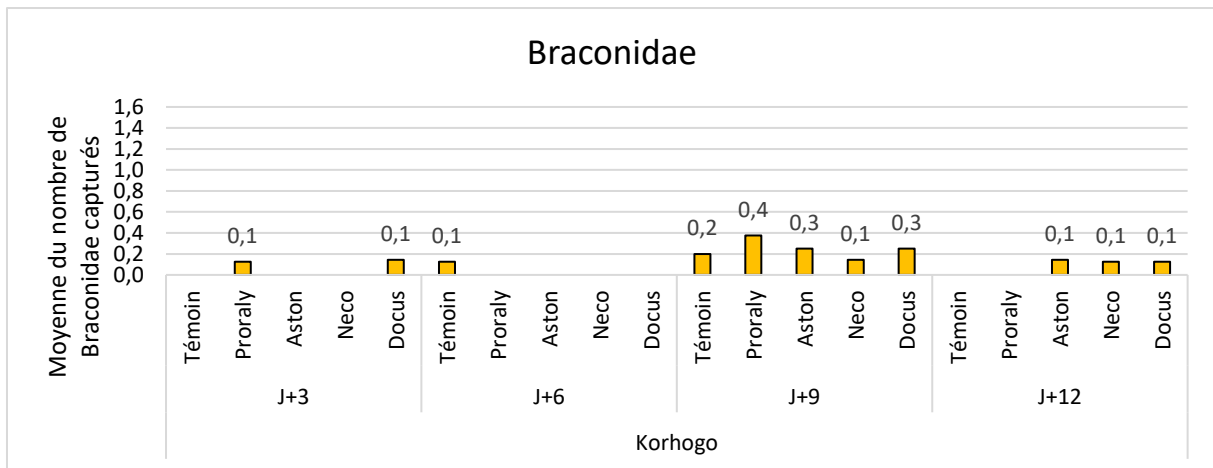
**Tableau 10.** Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) estimant le nombre moyen de familles différentes capturées par moment de collecte et par zone d'étude (moyennes calculées sans tenir compte du traitement)

Moment de collecte	Zone d'étude	Moyenne estimée	Erreur standard	DL	Valeur t	Pr >  t
J+3	Korhogo	7.5612	0.4690	286	16.12	<.0001
J+6	Korhogo	7.8848	0.5026	286	15.69	<.0001
J+9	Korhogo	10.4011	0.5196	286	20.02	<.0001
J+12	Korhogo	9.7115	0.4752	286	20.44	<.0001
J+3	Ferkessédougou	8.4571	0.4752	286	17.80	<.0001
J+6	Ferkessédougou	10.5797	0.4690	286	22.56	<.0001
J+9	Ferkessédougou	6.9899	0.4690	286	14.90	<.0001
J+12	Ferkessédougou	5.3489	0.4690	286	11.40	<.0001

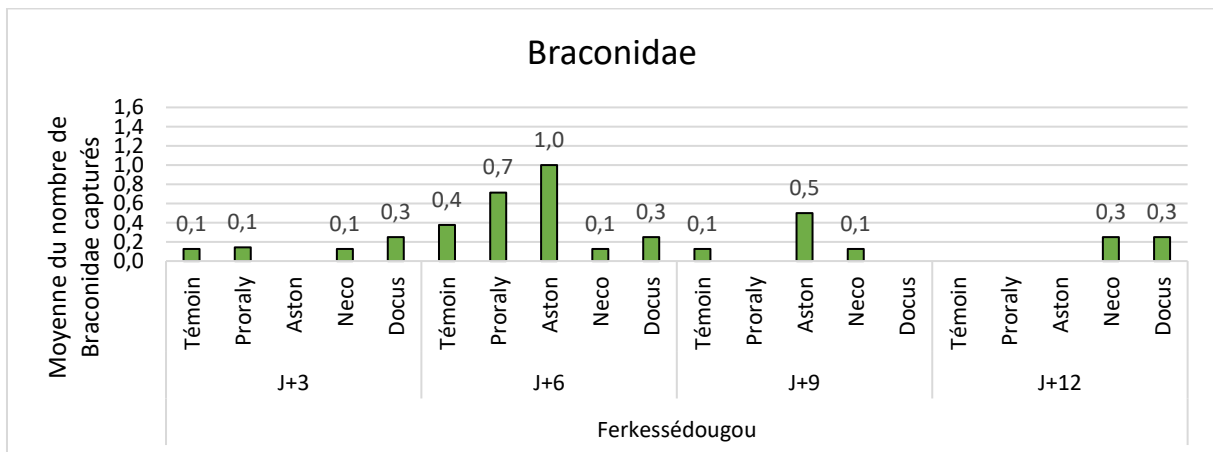
#### 5.2.4. Quantité d'auxiliaires de culture capturés

Parmi toutes les familles d'insectes qui ont été capturées durant le bioessai, seuls les Braconidae, les Chalcidoidea, les Coccinellidae et les Carabidae ont été comptabilisés comme étant des auxiliaires de culture. Au total, 48 Braconidae (12 à Korhogo et 34 à Ferkessédougou), 142 Chalcidoidea (98 à Korhogo et 44 à Ferkessédougou), 49 Carabidae (23 à Korhogo et 5 à Ferkessédougou) et 28 Coccinellidae (34 à Korhogo et 15 à Ferkessédougou) ont été capturés dans les deux zones d'étude (tous moments de collecte et traitements confondus). De manière générale, ces familles d'auxiliaires de culture ont été recensées en plus grand nombre à Korhogo qu'à Ferkessédougou.

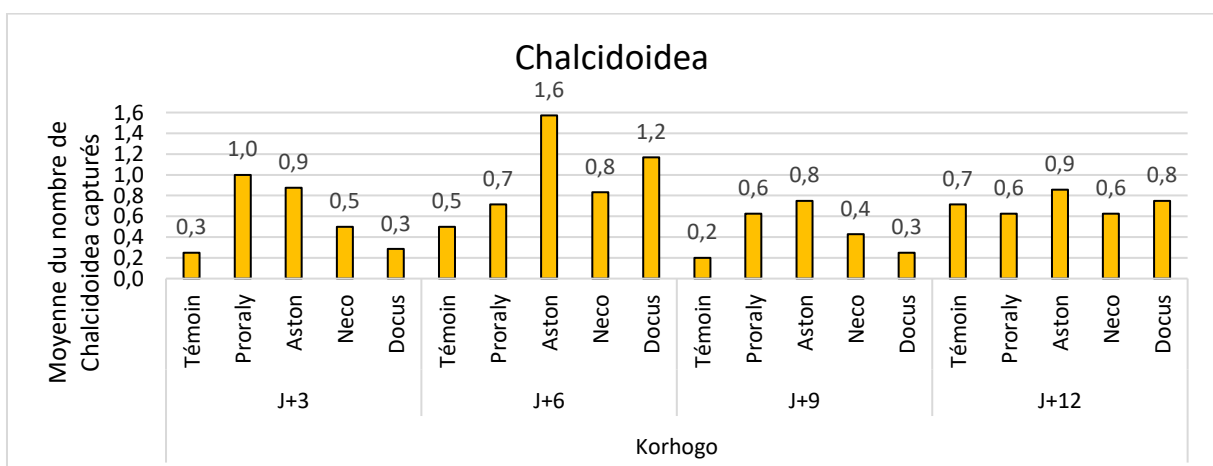
D'après les figures 24 à 31, montrant les quantités moyennes d'auxiliaires de culture capturés par parcelle (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle) dans les zones d'étude et à des moments de collecte donnés, aucune des familles étudiées ne semble suivre une cinétique d'apparition ou de disparition permettant de conclure à l'existence d'un effet de traitement ou d'un effet de collecte. La quantité d'auxiliaires de culture capturés est trop faible pour réaliser une étude statistique.



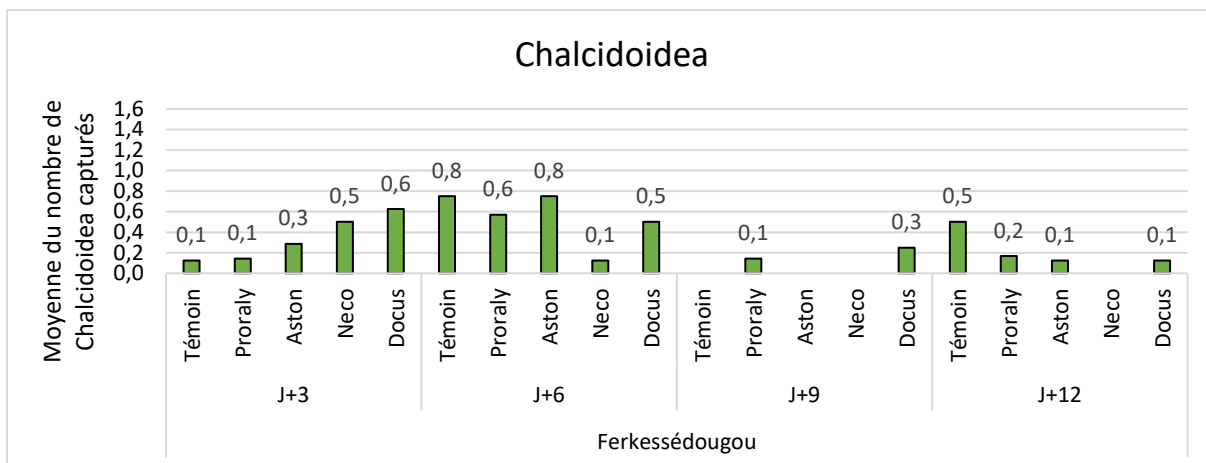
**Figure 24.** Graphique représentant la quantité moyenne de Braconidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.



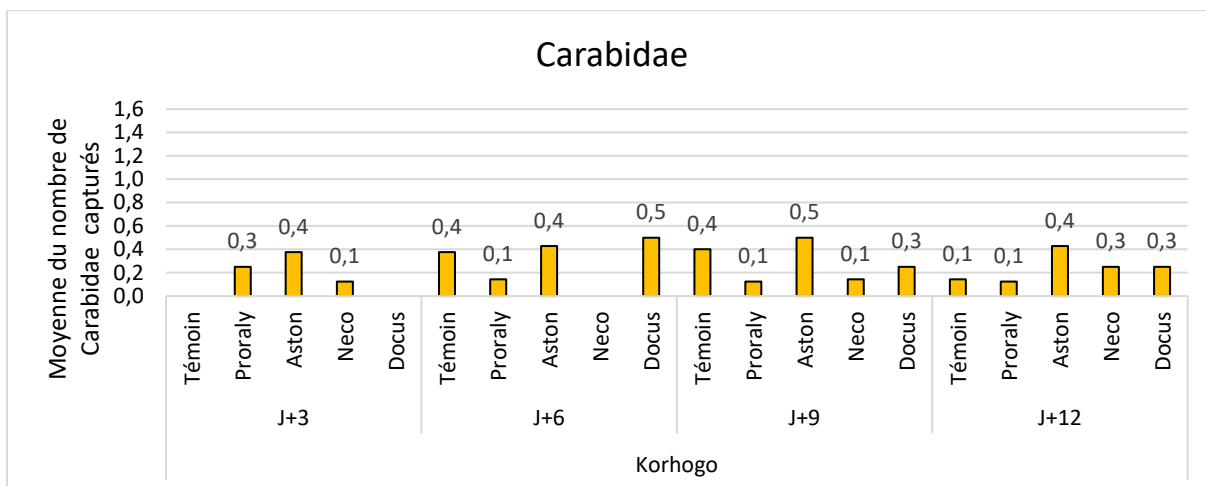
**Figure 25.** Graphique représentant la quantité moyenne de Braconidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.



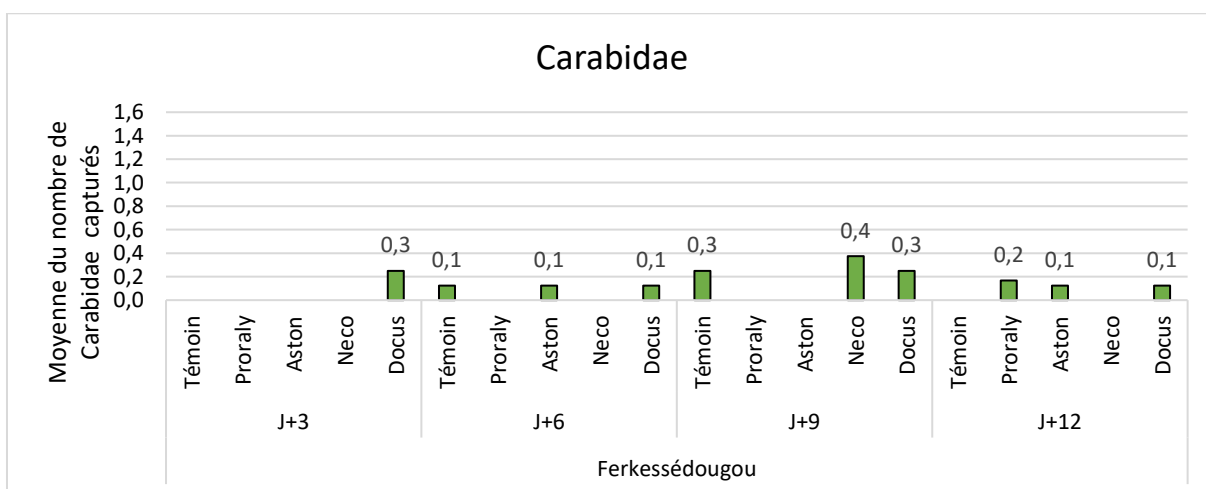
**Figure 26.** Graphique représentant la quantité moyenne de Chalcidoidea capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.



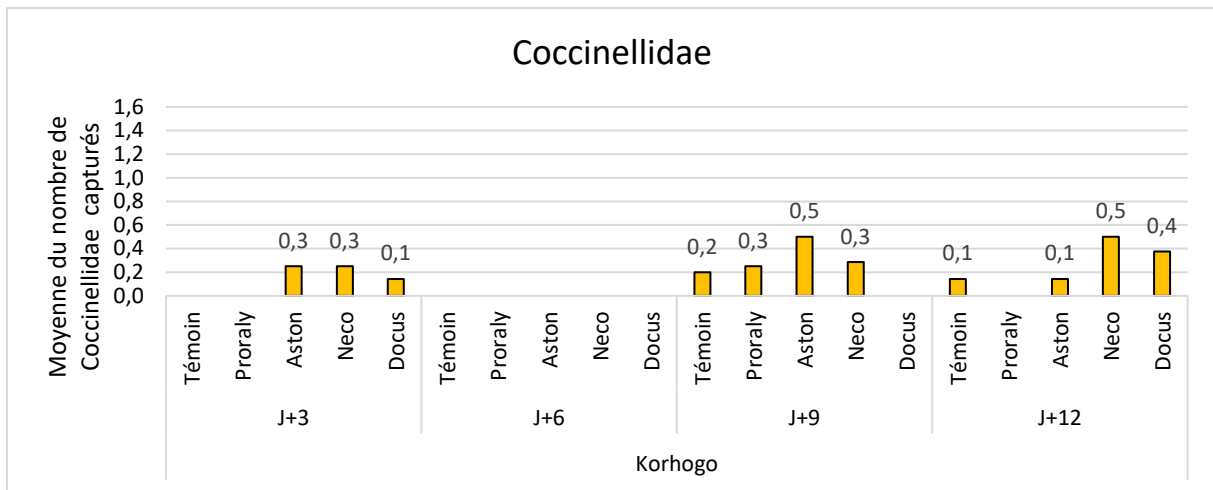
**Figure 27.** Graphique représentant la quantité moyenne de Chalcidoidea capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.



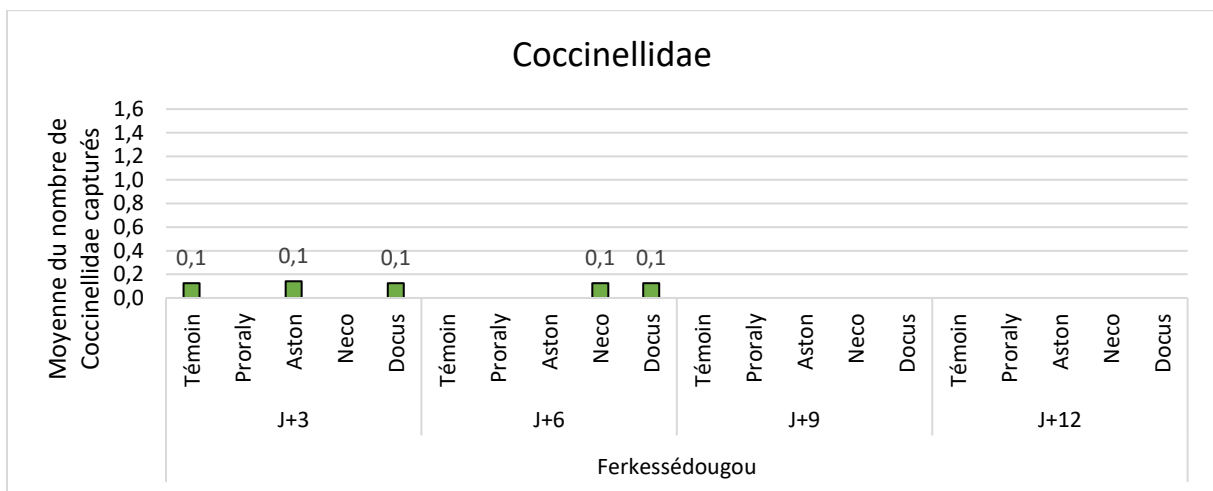
**Figure 28.** Graphique représentant la quantité moyenne de Carabidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.



**Figure 29.** Graphique représentant la quantité moyenne de Carabidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.



**Figure 30.** Graphique représentant la quantité moyenne de Coccinellidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.



**Figure 31.** Graphique représentant la quantité moyenne de Coccinellidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.

## CHAPITRE 6 : DISCUSSION

### 6.1. Méthode de piégeage

La méthode de piégeage par pan-traps ne semble pas être très efficace pour la capture des Tephritidae. Les pièges collants indiquent une présence de mouches des fruits dans les deux zones d'étude, alors que presque aucun Tephritidae n'a été capturé via les pan-traps. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce phénomène :

- La localisation des deux types de piège dans la zone d'étude n'était pas la même. Les pan-traps, contrairement aux pièges collants, n'ont pas été installés sous les manguiers, mais dans les inter-rangs de culture. Ils étaient donc constamment exposés à la chaleur du soleil, et se trouvaient à minimum 5 mètres d'une mangue fraîche. Ces deux paramètres ont peut-être diminué l'intérêt des mouches des fruits pour ce type de piège.
- Le mode de fonctionnement des deux types de piège n'est pas le même. Les pièges collants sont très efficaces car ils capturent les insectes au moindre contact. En revanche, pour qu'un pan-trap fonctionne, il faut que des insectes plongent au centre de la vasque. Un insecte qui se pose sur la surface externe ou interne du piège n'est pas capturé, et il est donc probable que plusieurs Tephritidae aient juste prospecté la surface des pan-traps sans se noyer.

La méthode de piégeage par pan-traps ne semble également pas adaptée à la capture des auxiliaires de culture étudiés. Les Carabidae, par exemple, sont des coléoptères terrestres. Il aurait sans doute été préférable d'essayer de les collecter via des pièges placés au niveau du sol (pitfall). En ce qui concerne les Coccinellidae, les Braconidae et les Chalcidoidea, il est probable qu'ils aient également prospecté les pièges sans se noyer. Placer les pan-traps plus près du sol aurait peut-être permis un meilleur rendement de capture.

## 6.2. Zones d'études

Quelle que soit l'analyse réalisée, les résultats obtenus pour les deux zones d'études sont toujours significativement différents. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce constat :

- Les bœufs et le mauvais entretien des pan-traps du verger de Korhogo ont certainement diminué la quantité d'insectes capturés dans cette zone.
- L'itinéraire phytotechnique suivi dans les deux zones d'étude n'était pas le même. Le propriétaire du verger de Korhogo a utilisé des produits de lutte contre les Tephritidae du 10 au 31 mars. Le producteur de Ferkessédougou a quant à lui continué de traiter contre les mouches des fruits jusqu'à la mi-avril (un mois avant le début du bioessai). Le verger de Ferkessédougou semble donc avoir été mieux protégé contre les attaques de mouches des fruits. Cela expliquerait pourquoi la quantité de Tephritidae capturés dans cette zone est significativement plus petite que la quantité de Tephritidae collectés à Korhogo.
- Les fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina*) étaient plus nombreuses dans le verger de Ferkessédougou que dans le verger de Korhogo. Ces insectes sont des prédateurs naturels des mouches des fruits. Leur forte présence pourrait expliquer pourquoi moins de Tephritidae ont été capturés à Ferkessédougou qu'à Korhogo. Étant donné leur agressivité à l'égard des autres espèces, ces mêmes fourmis pourraient également être responsables du plus faible niveau de biodiversité constaté dans la zone d'étude de Ferkessédougou.
- L'environnement des deux zones d'études n'est pas le même. À Ferkessédougou, des karités, des goyaviers et des nérés sont plantés au milieu du verger ce qui n'est pas le cas dans la zone d'étude de Korhogo. De plus, les deux vergers se situent à 65 kilomètres l'un de l'autre. La météo (pluie, température) n'est donc pas toujours la même aux deux endroits. Cette hétérogénéité pourrait être à l'origine des différences significatives observées entre les deux zones d'études (quantité de Tephritidae capturés, quantité d'insectes capturés, et le niveau de biodiversité).

### 6.3. Effets des biopesticides sur l'entomofaune

Les analyses menées ne permettent pas de conclure que les biopesticides étudiés affectent les quantités de Tephritidae et d'insectes capturés. Seul l'Aston et le Docus semblent augmenter le niveau de biodiversité des parcelles traitées.

Aucun effet de collecte n'a pu être constaté. La rémanence des produits n'est donc à aucun moment visible au travers des analyses menées.

## CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Les résultats de l'expérience ne permettent pas de dire si les biopesticides étudiés ont un impact sur la présence des Tephritidae inféodés aux manguiers, sur le nombre d'insectes présents en champs, ou sur la présence de parasitoïdes ou de prédateurs susceptibles de s'attaquer aux Tephritidae. Le seul effet qui a pu être observé est l'augmentation du niveau de biodiversité des insectes après l'application des biopesticides Aston et Docus.

Il faudra répéter cette expérience pour analyser à nouveau les effets des biopesticides sur l'entomofaune des vergers de manguiers. Cependant, si l'on souhaite des résultats plus probants que ceux présentés dans cette étude, il faudra appliquer quelques modifications au protocole expérimental :

- Premièrement, l'expérience devra débuter à la mi-avril. C'est le moment de l'année où la variété de mangue Kent est produite (Rey *et al*, 2004), et c'est également le moment où les Tephritidae inféodés aux manguiers sont les plus actifs (N'Dépo *et al*, 2010). Ainsi, la quantité de mouches des fruits susceptibles d'être capturées sera plus grande. Un meilleur échantillonnage des Tephritidae permettra peut-être de mettre en avant l'effet d'un des biopesticides.
- Deuxièmement, les zones d'étude devront changer pour être identiques entre elles. Idéalement, il faudra sélectionner un grand verger homogène dans lequel on pourra répéter plusieurs fois l'aménagement des parcelles. Ainsi, la variabilité entre les zones d'étude pourra être gommée. L'enquête menée pour l'étude de terrain a révélé qu'il existe plusieurs exploitations, à Korhogo et à Ferkessédougou, mesurant entre 15 et 20 hectares (cf. annexe 2.2 – Informations sur les exploitations). Un de ces exploitations pourrait donc accueillir le nouveau bioessai. Il faudra également s'arranger avec les producteurs afin qu'ils évitent de traiter leur verger contre les attaques de mouche des fruits un mois avant le début de l'expérience. De plus, il faudra s'assurer que les zones d'étude ne sont pas trop colonisées par les fourmis tisserandes, et qu'aucun bœuf ne peut pénétrer l'exploitation.
- Troisièmement, la méthode de piégeage devra elle aussi être modifiée. Les pièges collants seront collectés tous les 3 jours et non plus tous les 6 jours, afin d'avoir un meilleur suivi des piégeages et une meilleure lisibilité des planches collantes. En ce qui concerne les pan-traps, ils seront posés sur le sol, sous les manguiers des parcelles étudiées pour augmenter la chance de capture d'insectes. On peut supposer qu'à proximité des manguiers, plus de Tephritidae seront capturés. De plus, des études

menées sur la capture de Braconidae et de Coccinellidae ont démontré que des pan-traps posés au sol ont un meilleur rendement (Mena *et al*, 2016 ; Rodriguez *et al*, 2012).

Avant de conclure, il semble important d'attirer l'attention du lecteur sur une problématique différente, mais fortement connectée à cette étude : la sensibilisation des producteurs. L'enquête menée dans le cadre de la sélection des zones d'études (cf. annexe 1 – Questionnaire rédigé pour l'enquête) a révélé qu'environ un tiers des planteurs interrogés ne suivaient pas les pratiques agricoles recommandées pour une bonne productivité des vergers de manguiers. C'est le cas, par exemple, du ramassage des fruits tombés au sol (cf. annexe 2.3 – Informations sur l'itinéraire technique suivi). De plus, la moitié des producteurs interrogés n'ont pas été scolarisés et ont un niveau d'alphabétisation faible, ce qui peut être problématique lors de la lecture des étiquettes de produits phytopharmaceutiques (cf. annexe 2.1 – Informations sur les producteurs).

Proposer un substance « magique » aux producteurs risque donc de ne pas être suffisant. Si un nouveau bioessai, tel que proposé ci-dessus, permettait de mettre en avant une solution durable de lutte contre les Tephritidae, il ne suffirait pas de la proposer simplement aux producteurs ivoiriens. Il sera nécessaire de les accompagner et de les sensibiliser aux bonnes pratiques agricoles pour les aider à lutter convenablement et ensemble contre les attaques de mouches des fruits.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alves T. J. S, Murica A, Wanumen A. C, Teixeira A. A. C, Ortiz A, et Medina P. 2018.** Composition and Toxicity of a Mixture of Essential Oils Against Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*. Vol 112, pp. 164-172
- Becquey, E et Martin-Prevel, Y. 2010.** Micronutrient Adequacy of Women's Diet in Urban Burkina Faso Is Low. *The Journal of Nutrition*, Vol. 140, pp. 2079S-2085S.
- Borror D. J, Triplehorn C. A, et Johnson N. F. 1989.** An introduction to the study of Insects (6th edition). Saunders College Publishing. pp
- Bower C. C. 1975.** The Ecology and Behaviour of the Larvae of the Queensland Fruit Fly, *Dacus tryoni* (Frogg.). *Thesis*. pp. 257. University of Sydney.
- Causse R. 1974.** Étude d'un rythme circadien du comportement de prénymphose chez *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptère: Téphritidae). *Annales de Zoologie : Ecologie animale*, pp. 475-498.
- Chinery M. 1988.** Insectes d'Europe occidentale. Les édition Arthaud. pp. 320.
- Cochereau P. 1970.** Les mouches des fruits et leurs parasites dans la zone Indo-Australo-Pacifique et particulièrement en Nouvelle-Calédonie. *Cahiers ORSTOM*, pp. 15-50.
- CTA. 2013.** Comment lutter contre les mouches des fruits infestants les mangues. *Collection Guides pratiques du CTA*, N°14.
- Damodaram K. J. P, Kempraj V, Aurade R. M, Venkataramanappa R. K, Nandagopal B, Verghese A, et Bruce T. 2014.** Oviposition Site-Selection by *Bactrocera dorsalis* Is Mediated through an Innate Recognition Template Tuned to  $\gamma$ -Octalactone. *PLoS One*. Vol 9 (1) : e85764.
- De Laroussilhe F. 1980.** Le manguier : Techniques agricoles et productions tropicales. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*. G. P. Maisonneuve et Larose.
- Delvare G et Aberlenc H-P. 1989.** Les insectes d'Afrique et d'Amérique Tropicales. Clés pour la reconnaissance des familles. Montpellier : CIRAD-GERDAT, pp. 302.
- De Meyer M, Robertson M. P, Mansell M. W, Ekeso S, Tsuruta K, Mwaiko W, Vayssières JF, et Peterson A. T. 2010.** Ecological Niche and Potential Geographic Distribution of the Invasive Fruit Fly *Bactrocera Invadens* (Diptera, Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*, Vol. 100, pp. 35-48.
- Denlinger D. L, et Zdarek J. 1994.** Metamorphosis Behavior of Flies. *Annual Review of Entomology*, 39, pp. 243-266.

**Dieguito M. K, Badia T, et Kouamé N. 2020.** Made In Africa : Le parcours du combattant de la mangue ivoirienne. *RTI Info*.

**Dinis A. M, Pereira J. A, Benhadi-Marín J, et Santos S. A. P. 2016.** Feeding preferences and functional responses of *Calathus granatensis* and *Pterostichus globosus* (Coleoptera: Carabidae) on pupae of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*. Cambridge University Press. 106, 701-709.

**Djantou E. B. 2006.** Optimisation du broyage des mangues séchées (*Mangifera indica* var Kent) : influence sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles des poudres obtenues. *Thèse*. pp. 126. Université de Ngaoundéré et de l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

**Djioua T. 2010.** Amélioration de la conservation des mangues 4ème gamme par application de traitements thermiques et utilisation d'une conservation sous atmosphère modifiée. *Thèse*. pp. 149. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.

**Drew R. A. I, Tsuruta K, et White I. M. 2005.** A New Species of Pest Fruit Fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) From Sri Lanka and Africa. *African Entomology*, Vol. 13, pp. 149-154.

**Evenhuis, N. L., T. Pape, A. C. Pont, et F. C. Thompson. 2007.** Biosystematic Database of World Diptera.

**EPPO. 1998.** Tephritidae <https://gd.eppo.int/taxon/1TEPHF/categorization> (consulté 13.03.20)

**EPPO. 2002.** *Ceratitis cosyra* (CERTCO). <https://gd.eppo.int/taxon/CERTCO/documents> (consulté 25.03.20)

**EPPO. 2002.** *Bactrocera dorsalis* (DACUDO). <https://gd.eppo.int/taxon/DACUDO/documents> (consulté 25.03.20)

**Fletcher B. S, et Prokopy R. J. 1991.** Host Location and Oviposition in Tephritid Fruit Flies. *Book chapter. Reproductive Behavior of Insects: Individuals and Populations*, pp. 139-171, Bailey J. et Ridsill-Smith J., Chapman and Hall.

**Gagnevin L, et Pruvost O. 2007.** Epidemiology and Control of Mango Bacterial Black Spot. *Plant Disease*. Vol 85 (9), pp. 928-935.

**Goergen G, Vayssières J-F, Gnanvossou D, et Tindo M. 2011.** *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae), a new invasive fruit fly pest for the afro-tropical region: Host plant range and distribution in West and Central Africa. *Environmental Entomology*, Vol. 40, pp. 844-85.

**Hendrichs J, et Prokopy R. J. 1994.** Food Foraging Behavior of Frugivorous Fruit Flies. *Book chapter. Fruit flies and the sterile insect technique*. pp. 37-55, Clakins C. O, Klassen W, et Liedo P, CRC Press.

- Kanmiya K. 2005.** Communication by Vibratory Signals in Diptera. *Book chapter, Insects Sounds and Communication - Physiology, Behaviour, Ecology and Evolution*, pp. 381-396. Drosopoulos S, et Claridge M. F, CRC Press.
- Katsoyannos B. I. 1987.** Effect of Color Properties of Spheres on Their Attractiveness for *Ceratitis capitata* (Wiedemann) Flies in the Field. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, Vol. 104, pp. 79-85.
- Katsoyannos B. I, Boller E. F, et Remund U. 1980.** A Simple Olfactometer for the Investigation of Sex Pheromones and Other Olfactory Attractants in Fruit Flies and Moths. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, Vol. 90, pp. 105-112.
- Kouassi A. O. 2012.** Revue nationale pour identifier les initiatives de valorisation non alimentaire de la mangue en Côte d'Ivoire. *Journal de l'Afrique n°13*.
- Kurup C. G. 1967.** The Mango: a Handbook. *Indian Council of Agricultural Research*. pp. 210.
- Mc Phail M, et Bliss C. I. 1933.** Observations on the Mexican fruit fly and some related species in Cuernavaca, Mexico, in 1928 and 1929. *Circular n°. 255 United States Department of Agriculture*.
- Mena M. L. V, Pineda G. S, Martínez C. A. M, et Gómez R. B. 2016.** Influence of color and height of pan traps to capture braconids (Hymenoptera: Braconidae). *Revista colombiana de entomologia*. Vol. 42 (2), pp. 155-161.
- Mille C. 2010.** Les mouches des fruits de Nouvelle-Calédonie (Diptera, Tephritidae) : Systématique, comportement, Dynamique et Gestion des Populations. *Thèse*. pp. 349. Université de la Nouvelle-Calédonie.
- Mukherjee S. K. 1972.** Origin of Mango (*Mangifera indica*). *Economic Botany* Vol. 26, pp. 260-264.
- N'Dépo O. R, Hala N. F, Gnago A, Allou K, Kouassi K. P, et Vayssières J. F. 2010.** Inventaire des Mouches des Fruits de Trois Régions Agro-écologiques et des Plantes-hôtes Associées à L'espèce Nouvelle, *Bactrocera (Bactrocera) Invadens* Drew et al. (Diptera : Tephritidae) en Côte-d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, Vol. 46, pp. 62-72.
- Nguyen V. L, Meats A, Beattie A. C, Spooner-Hart R, Liu Z. M, et Jiang L. 2007.** Behavioural Responses of Female Queensland Fruit Fly, *Bactrocera Tryoni*, to Mineral Oil Deposits. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Vol. 122, pp. 215-221.
- Parrot L, Briard Y, Kabré E, Klaver D, et Vannière H. 2017.** Analyse de la chaine de valeur Mangue au Burkina Faso. CIRAD-Wageningen University. pp. 249

**Prokopy R. J. 1972.** Evidence for a Marking Pheromone Deterring Repeated Oviposition in Apple Maggot Flies. *Environmental Entomology*, Vol. 1, pp. 326-332.

**Rey J, Diallo T. M, Vannière H, Didier C, Kéita S, et Sangaré M. 2004.** La mangue en Afrique de l'Ouest francophone : variétés et composition variétale des vergers. *Fruits*, Vol. 59, pp. 191-208.

**Rodriguez S. C, Byers J. A, et Schiffhauer D. 2012.** Effect of trap color and height on captures of blunt-nosed and sharp-nosed leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) and non-target arthropods in cranberry bogs. *Crop Protection*. Vol 40, pp 132-144.

**Rougerie. 2009.** Identification, description et analyse des modes de préparation d'aliments constituant des sources potentielles en vitamine A dans l'alimentation des enfants de 6 à 35 mois au Burkina Faso. Université de Montpellier 1, p. 78 pages.

**Shallendra R.** Phenological Responses to Temperature and Rainfall : A Case Study of Mango. *Tropical Fruit Tree Species and Climate Change*. pp. 71-96.

**Shelly T, Epsky N, Jang E.B, Reyes-Flores J, et Vargas R. 2014.** Trapping and the Detection, Control, and Regulation of Tephritid Fruit Flies. Springer

**Silvestri F. 1914.** Report of an expedition to Africa in search of the natural enemies of fruit flies (Trypanidae) with descriptions, observations and biological notes. *Terr. Haw. Bd. Agric. For. Div. Entomol. Bull.* 3, 1-146.

**Steiner L. F. 1952.** Fruit Fly Control in Hawaii with Poison-Bait Sprays Containing Protein Hydrolysates. *Journal of Economic Entomology* Vol. 45, pp. 838-843.

**Stibick J. N. L. 2004.** Natural enemies of true fruit flies (Tephritidae). United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine. pp. 0-86.

**Touré S. 2012.** Côte d'Ivoire : Étude nationale mangue. Centre du Commerce International. pp 27.

**Uddin N, Shefat S. H. T., Afroz M, et Moon N. 2018.** Management of Anthracnose Disease of Mango Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Acta Scientific Agriculture*, Vol. 2.

**Van Ee S. 1998.** La culture fruitière sous les tropiques. *Agrodok* Vol. 5, pp. 92.

**Vannière H, Rey J, Vayssières J, et Maraite H. 2013.** PIP - Itinéraire technique mangue (*Mangifera indica*). Bruxelles : COLEACP. pp 87.

**Vayssières J-F, Antonio A. C, et Bokonon G. A. 2008.** Les mouches des fruits du genre *Ceratitis* [Diptera : Tephritidae] en Afrique de l'Ouest : Fiche n° 1. Projet régional de lutte contre les mouches des fruits en Afrique de l'Ouest. CIRAD. pp. 4.

**Vayssières J-F, De Leyer M, Ouagoussounou I, Sinzogan A, Adandonon A, Korie S, Wargui R, Anato F, Hounbo H, Didier C, De bon H, et Goergen G. 2015.** Seasonal Abundance of Mango Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) and Ecological Implications for Their Management in Mango and Cashew Orchards in Benin (Centre & North). *Journal of Economic Entomology*, Vol. 108, pp. 1-18.

**Wafaa M. H. 2010.** Mango diseases in Egypt. Agriculture and Biology. *Journal of North America*. Vol. 1, pp. 285-289.

**White I. M, et Elson-Harris M. M. 1992.** Fruit Flies of Economic Significance: Their identification and bionomics. International Institute of Entomology, London England.

**Wong S. B, Wong L. G, Nino K. A, Cantú V. A, et Verde G. R. 2015.** Toxicity of some essential oil formulations against the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae). *Industrial Crops and Products*. Vol 85, pp 58-62.

**Yah N'Guettia M. 2015.** Anthracnose de la mangue (*Mangifer indica* L.) en Côte d'Ivoire : Caractérisation de l'agent pathogène et efficacité in vitro et in vivo de deux fongicides chimiques. *Thèse*. Université Nangui Abrogoua.

**Yu J-Z, Chen B. H, Günçan A, Atihan R, Gökçe A, Smith C. L, Gümüs E, et Chi H. 2018.** Demography and Mass-Rearing *Harmonia dimidiata* (Coleoptera: Coccinellidae) Using *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) and Eggs of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*. Vol. 111 (2), pp 595-602.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Verger de manguiers de la région de Korhogo en Côte d'Ivoire (Photo : Briec Van Hassel) .	8
<b>Figure 2.</b> À gauche : mangue de variété « mango », à droite : mangue de variété Kent (Photo : Tangopaso). .....	9
<b>Figure 3.</b> Variété greffée (Photo téléchargée sur le site <a href="http://www.commodafrica.com/27-02-2019-connaître-les-rendements-des-vergers-de-manguiers-au-sahel">http://www.commodafrica.com/27-02-2019-connaître-les-rendements-des-vergers-de-manguiers-au-sahel</a> ). .....	12
<b>Figure 4.</b> Localisation du District des Savanes au sein de la Côte d'Ivoire (Source Wikipédia). .....	16
<b>Figure 5.</b> Symptômes de l'antracnose sur mangue (Photo téléchargée sur le site <a href="https://www.accessagriculture.org/fr/gestion-de-lanthracnose-du-manguier">https://www.accessagriculture.org/fr/gestion-de-lanthracnose-du-manguier</a> ). .....	19
<b>Figure 6.</b> Symptômes de la bactériose sur mangue (Photo : Briec Van Hassel). .....	21
<b>Figure 7.</b> Ponte d'une mouche des fruits ( <i>Ceratitis cosyra</i> ) sur une mangue (Photo téléchargée sur le site <a href="https://www.biovision.ch/fr/nouvelles/mango-images/">https://www.biovision.ch/fr/nouvelles/mango-images/</a> ).....	22
<b>Figure 8.</b> Représentation de la tête d'un Tephritidae. Ar : arista ; F1 : funicule ; Oc : ocelle ; OC : œil composé ; Pe : pédicelle ; Sc : premier article antennaire (D'après White et Elson-Harris, 1992). .....	24
<b>Figure 9.</b> Représentation de l'aile d'un Tephritidae. FH : fracture humérale ; SC : nervure sous-costale ; FSC : fracture de la nervure sous-costale (D'après White et Elson-Harris, 1992). .....	24
<b>Figure 10.</b> Représentation de l'abdomen d'une femelle Tephritidae. O : ovipositeur (D'après White et Elson-Harris 1992). .....	25
<b>Figure 11.</b> Photo de <i>Ceratitis cosyra</i> adulte (Vayssières et al, 2018). .....	28
<b>Figure 12.</b> Plusieurs individus de l'espèce <i>Bactrocera invadens</i> (Photo : Entomology Unit, IAEA, Seibersdorf, Austria)). .....	29
<b>Figure 13.</b> <i>Oecophylla smaragdinales</i> (Formicidae) attaquant des larves de Tephritidae sur mangue (Photo : Jean-François Vayssières). .....	32
<b>Figure 14.</b> Représentation schématique des cinq modalités de traitement dans un verger de manguiers (1 cercle = 1 manguiers). La distance intra- et interligne entre les manguiers est de 10 mètres. Chaque couleur représente une modalité de traitement (Proraly, Aston, Neco, Docus et Témoin). Les cercles verts représentent le rang de garde non-traité. .....	38
<b>Figure 15.</b> Aménagement des parcelles à Ferkessédougou. La somme des parcelles mesure 0,75 ha (Photo : Google maps).....	39
<b>Figure 16.</b> Aménagement des parcelles à Korhogo. La somme des parcelles mesure 1,4 ha (Photo : Google maps).....	39
<b>Figure 17.</b> Représentation schématique de la distribution des pièges collants (rectangles) et des pan-traps (ronds) dans une parcelle de manguiers (points noirs) à Ferkessédougou. Sous-parcelles délimitées par les bandes rouges.....	41
<b>Figure 18.</b> Représentation schématique de la distribution des pièges collants (rectangles) et des pan-traps (ronds) dans une parcelle de manguiers (points noirs) à Korhogo. Sous-parcelles délimitées par les bandes rouges.....	41
<b>Figure 19.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Tephritidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte et dans une zone d'étude donnée. Capture réalisée avec les pièges collants.....	43

<b>Figure 20.</b> Graphique représentant la quantité moyenne d'insectes capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.....	45
<b>Figure 21.</b> Graphique représentant la quantité moyenne d'insectes capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.....	45
<b>Figure 22.</b> Graphique représentant le nombre moyen de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps. ....	48
<b>Figure 23.</b> Graphique représentant le nombre moyen de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps. ....	48
<b>Figure 24.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Braconidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.....	53
<b>Figure 25.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Braconidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.....	53
<b>Figure 26.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Chalcidoidea capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps. ....	53
<b>Figure 27.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Chalcidoidea capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps. ....	54
<b>Figure 28.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Carabidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps.....	54
<b>Figure 29.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Carabidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps.....	54
<b>Figure 30.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Coccinellidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Korhogo. Capture réalisée avec les pan-traps. ....	55
<b>Figure 31.</b> Graphique représentant la quantité moyenne de Coccinellidae capturés pour chaque modalité de traitement (moyenne de maximum 8 pièges par parcelle), à un moment de collecte donné, dans la zone d'étude de Ferkessédougou. Capture réalisée avec les pan-traps. ....	55

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Output SAS d'un test de Fisher (modèle ANOVA de type 3) estimant si l'un des paramètres étudiés (« Zone d'étude », « Moment de collecte » ou « Traitement ») influence significativement la quantité de Tephritidae capturés via les pièges collants. ....	44
<b>Tableau 2.</b> Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) comparant la quantité moyenne d'insectes capturés dans la parcelle témoin avec la quantité moyenne d'insectes capturés dans les parcelles traitées avec Aston, Docus, Neco et Proralyl (moyennes calculées sans tenir compte de la zone d'étude et du moment de collecte). ....	46
<b>Tableau 3.</b> Output SAS d'un test de Fisher (modèle ANOVA de type 3) estimant si l'un des paramètres étudiés (« Zone d'étude », « Moment de collecte » ou « Traitement ») influence significativement la quantité d'insectes capturés via les pan-traps.....	46
<b>Tableau 4.</b> Liste des familles d'insectes (classées par ordre et super-famille) capturées dans la zone d'étude de Korhogo et de Ferkessédougou. ....	47
<b>Tableau 5.</b> Output SAS d'un test de Fisher (modèle ANOVA de type 3) estimant si l'un des paramètres étudiés (« Zone d'étude », « Moment de collecte » ou « Traitement ») influence significativement le nombre moyen de familles différentes capturées via les pan-traps. ....	49
<b>Tableau 6.</b> Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) estimant le nombre moyen de familles différentes capturées pour la zone de Ferkessédougou et pour la zone de Korhogo (moyennes calculées sans tenir compte de la modalité de traitement et du moment de collecte). ....	49
<b>Tableau 7.</b> Output SAS d'un test de Tukey (modèle ANOVA de type 3), comparant les moyennes du nombre de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement. ....	50
<b>Tableau 8.</b> Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) estimant le nombre moyen de familles différentes capturées pour chaque modalité de traitement (moyennes calculées sans tenir compte de la zone d'étude et du moment de collecte). ....	50
<b>Tableau 9.</b> Output SAS d'un test de Tukey (modèle ANOVA de type 3), comparant les moyennes du nombre de familles différentes capturée pour chaque moment de collecte à Ferkessédougou et à Korhogo. ....	51
<b>Tableau 10.</b> Output SAS d'un test de Student (modèle ANOVA de type 3) estimant le nombre moyen de familles différentes capturées par moment de collecte et par zone d'étude (moyennes calculées sans tenir compte du traitement) .....	52

## ANNEXES

### Annexe 1 - Questionnaire rédigé pour l'enquête

Le questionnaire ci-joint est la copie conforme du document qui a été transmis aux producteurs de Korhogo et Ferkessédougou dans le cadre de la recherche des zones d'étude.

---

## Étude de la gestion de production de mangues dans le département de Korhogo / Ferkessédougou

### Questionnaire à l'intention des producteurs

#### 1. Informations sur le producteur :

Nom : .....

Prénom(s) : .....

Numéro de téléphone : .....

Adresse mail : .....

Date de naissance : .....

Sexe (entourer la bonne réponse) : **Homme / Femme**

Passage à l'école (entourer la bonne réponse) : **Oui / Non**

Niveau d'alphabétisation (entourer la bonne réponse) : **Faible / Bon**

Année du début de l'activité de production de mangue : .....

#### 2. Informations sur l'exploitation :

Localisation du verger (distance depuis le centre-ville et nom de la localité) : .....

.....

Taille de la parcelle en hectare : .....

Variété(s) de mangues cultivée(s) : .....

Autre(s) espèce(s) végétale(s) cultivée(s) dans ou en périphérie du champ : .....

.....

Âge du verger : .....

Structure empêchant le passage du bétail dans le verger : **Oui / Non**

Présence de ruches apicoles dans le verger : **Oui / Non**

Nom de la coopérative associée : .....

Noms des filières de transformation associées : .....

Commercialisation des produits sous forme de : **Mangues fraîches / Mangues séchées / Jus de mangue / Confiture de mangue**

Noms des filières de commercialisation associées : .....

Commercialisation des produits sur le marché : **Local / International**

Production de l'année 2016 (5 = Excellente ; 1 = Médiocre) : **5 / 4 / 3 / 2 / 1**

Production de l'année 2017 : **5 / 4 / 3 / 2 / 1**

Production de l'année 2018 : **5 / 4 / 3 / 2 / 1**

Estimation de la production de l'année 2019 : **5 / 4 / 3 / 2 / 1**

### 3. Informations sur l'itinéraire technique suivi :

- Techniques de production :

#### **LES FERTILISANTS**

Des fertilisants sont-ils utilisés dans le verger ? **Oui / Non**

<b>Nom du produit</b>	<b>Quantité utilisée par hectare</b>	<b>Date de la première utilisation</b>	<b>Fréquence d'utilisation</b>	<b>Date de la dernière utilisation</b>

- Techniques d'entretien :

### LA TAILLE

Les arbres sont-ils taillés pendant l'année ? **Oui / Non**

Combien de fois pendant l'année ? .....

Durant quelle(s) période(s) ? .....

### LE DESHERBAGE

Le sol est-il travaillé pendant l'année (désherbage) ? **Oui / Non**

Comment ? **Manuellement / Mécaniquement / Chimiquement**

Nom de l'outil / du produit	Quantité utilisée par hectare (produit)	Date du premier traitement	Fréquence du traitement	Date du dernier traitement

### LES FRUITS POURRIS


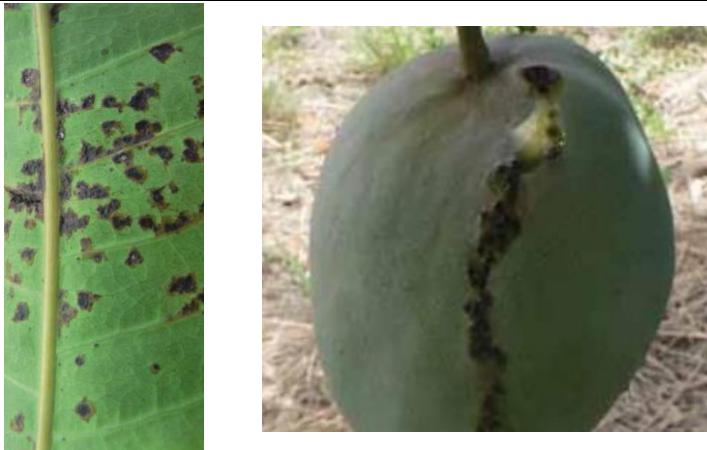
Les fruits pourris et tombés de l'arbre sont-ils détruits ? **Oui / Non**

À quelle fréquence ? .....

Comment ? .....

## LA LUTTE CONTRE LES PATHOGÈNES DU MANGUIER

Quelles sont les maladies présentes dans le verger (cocher la ou les réponse(s) adéquate(s) : X= présence faible ; XX = présence moyenne ; XXX = présence élevée) ?





Maladie	Photos	Cocher
<b>Anthracnose</b>  (Trous dans les feuilles)		
<b>Bactériose</b>  (Taches huileuses en forme d'étoile, larmes et cassure du fruit en deux)		
<b>Autre</b>		

Des produits phytopharmaceutiques sont-ils utilisés pour lutter contre ces maladies ?  
**Oui / Non**

Nom du produit	Cible du produit	Quantité utilisée par hectare	Date de la première utilisation	Fréquence d'utilisation	Date de la dernière utilisation

### LA LUTTE CONTRE LES PRÉDATEURS DU MANGUIER

Quels sont les insectes présents dans le verger (cocher la ou les réponse(s) adéquate(s) : X= présence faible ; XX = présence moyenne ; XXX = présence élevée) ?

Insecte	Photos		Cocher
<b>Mouches des fruits</b>			
<b>Termites</b>			
<b>Fourmis</b>			

Des pesticides ou pièges attractifs sont-ils utilisés pour lutter contre les insectes ravageurs ? **Oui / Non**

Nom du produit	Cible du produit	Quantité utilisée par hectare	Date de la première utilisation	Fréquence d'utilisation	Date de la dernière utilisation

4. Complément d'enquête :

Encadrement des producteurs :

Des structures vous encadrent-t-elles dans vos activités (formation, production, entretien, récolte, conditionnement, transformation, etc...) ? **Oui / Non**

Quels sont leurs noms ? .....

.....

.....

.....

Comment vous aident-elles ? .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A quelle fréquence vous rendent-elles visite ? .....

.....

.....

.....

Le climat :

Croyez-vous aux changements climatiques ? **Oui / Non**

Pensez-vous que ces changements ont une incidence sur la productivité de votre entreprise ? **Oui / Non**

Quels sont ces changements ? .....

.....

.....

.....

Quel a été la température de ces 4 dernières semaines ? **Elevée / Habituelle / Faible / En décroissance / En croissance / Irrégulière**

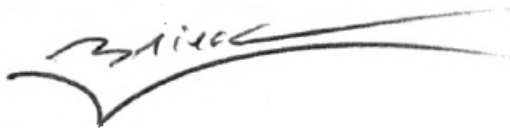
Température moyenne : .....

Quel a été l'humidité de ces 4 dernières semaines ? **Elevée / Habituelle / Faible / En décroissance / En croissance / Irrégulière**

Humidité moyenne : .....

Merci pour votre aide

Brieuc Van Hassel



brieuc.vanhassel@student.uclouvain.be

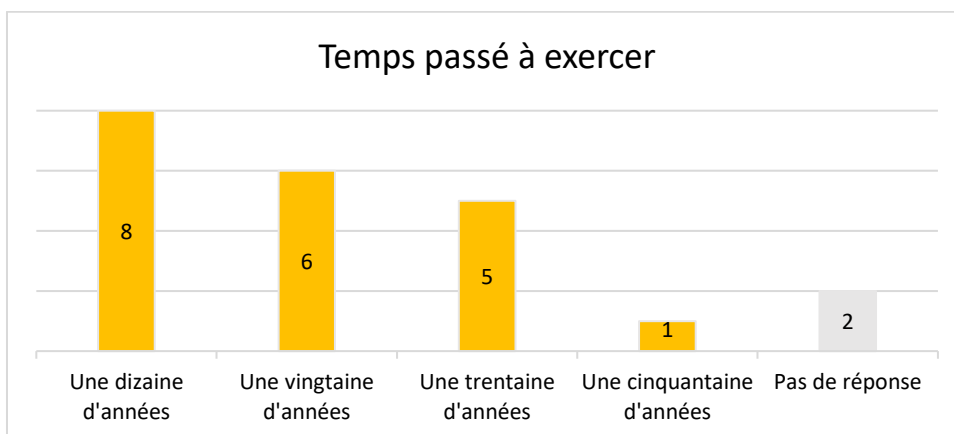
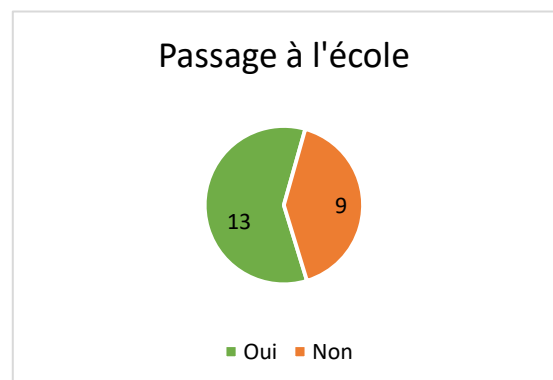
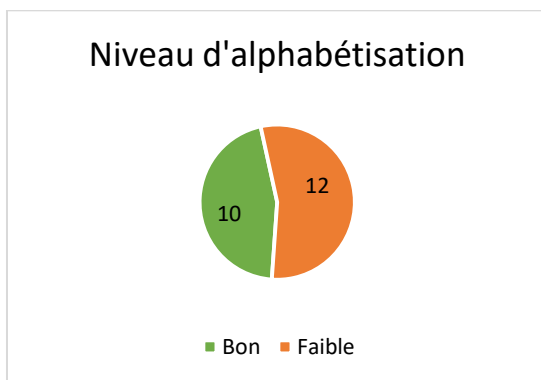
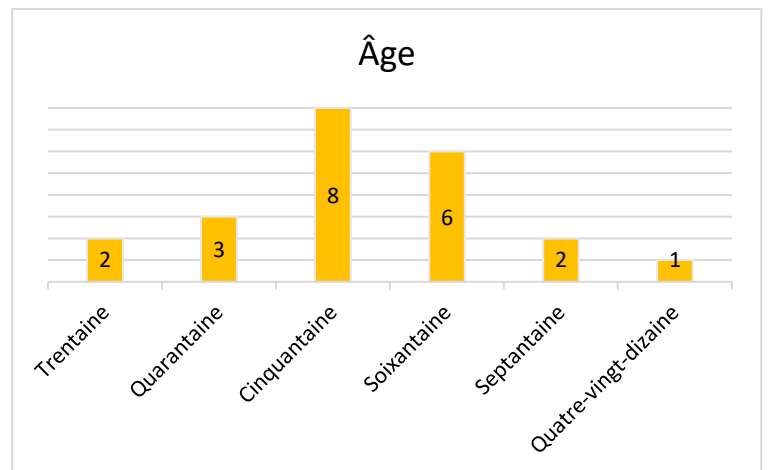
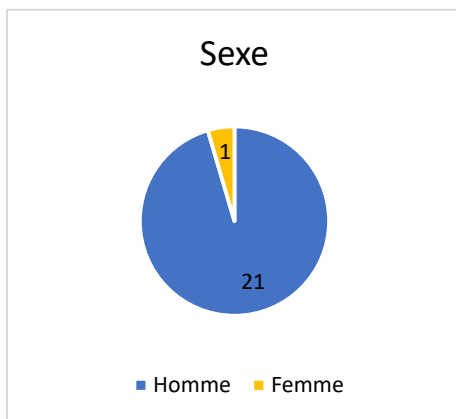
brieucvhl@hotmail.com

88953288

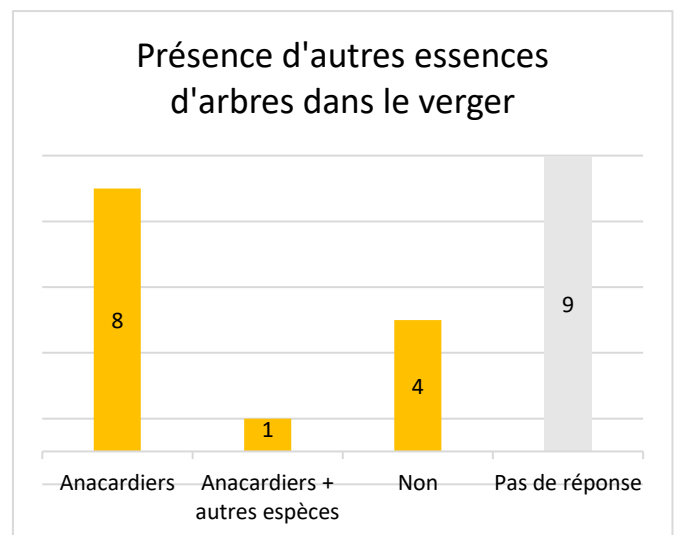
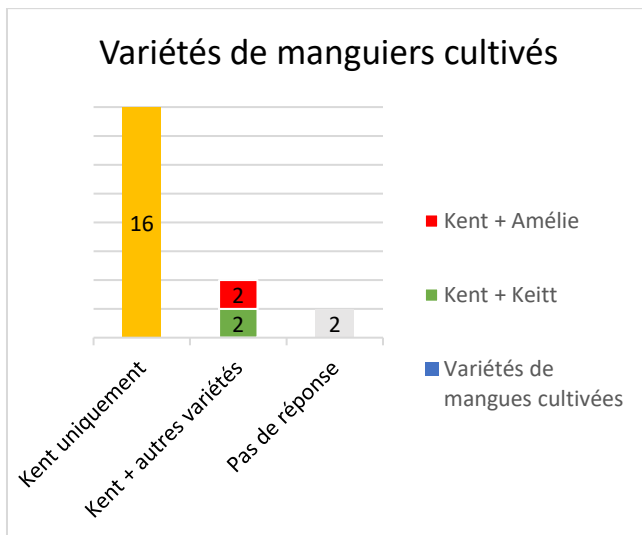
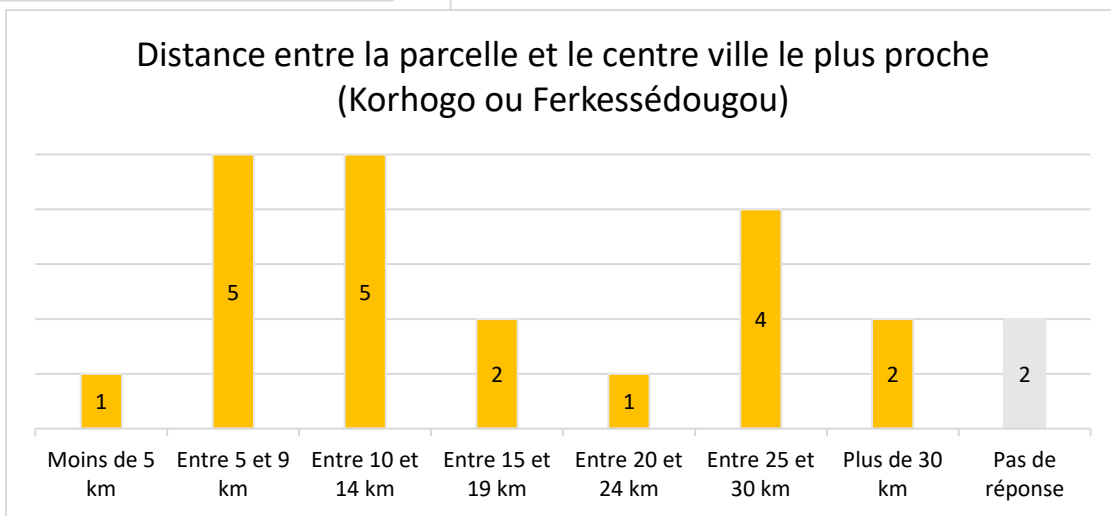
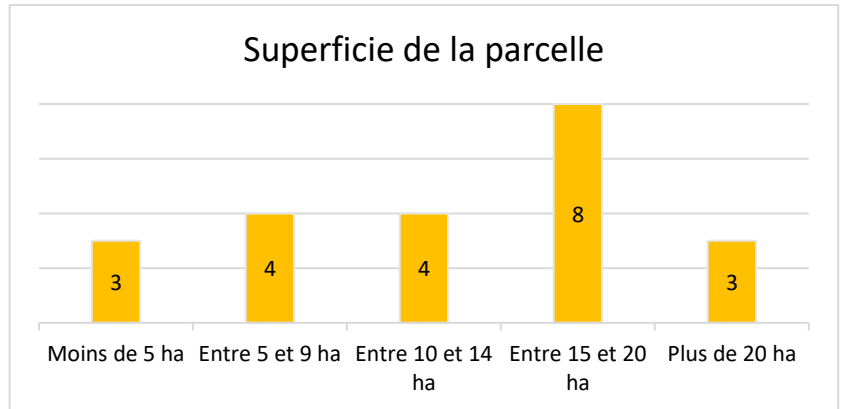
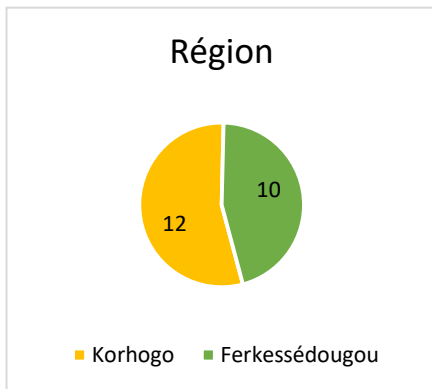
## Annexe 2 – Réponses de l'enquête

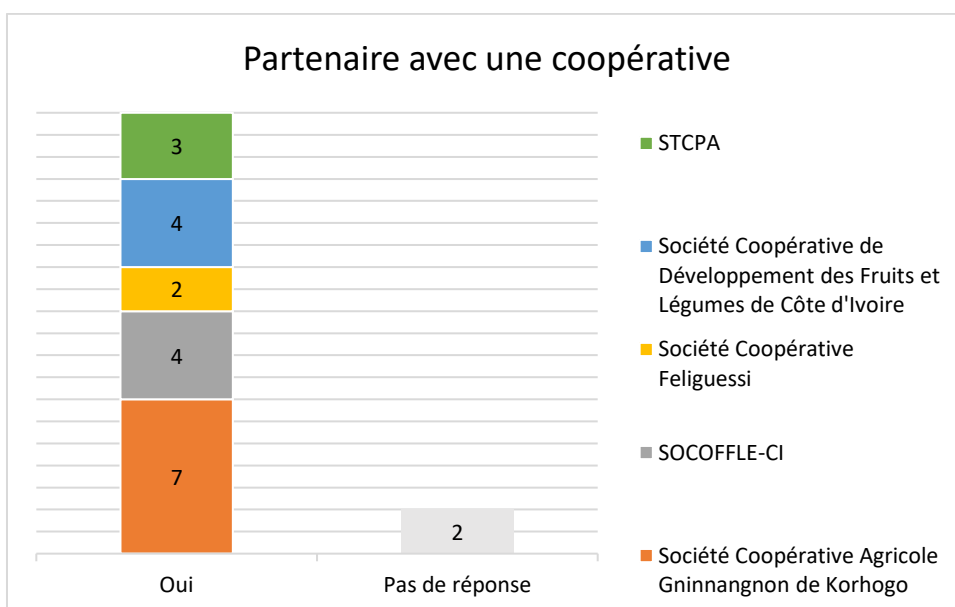
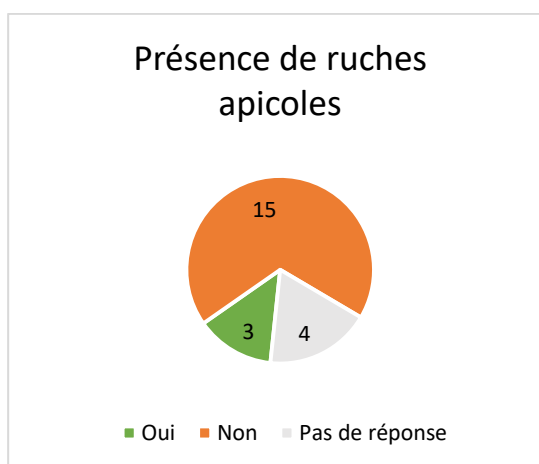
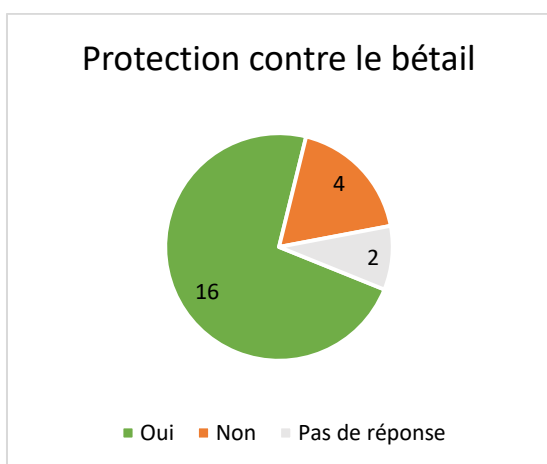
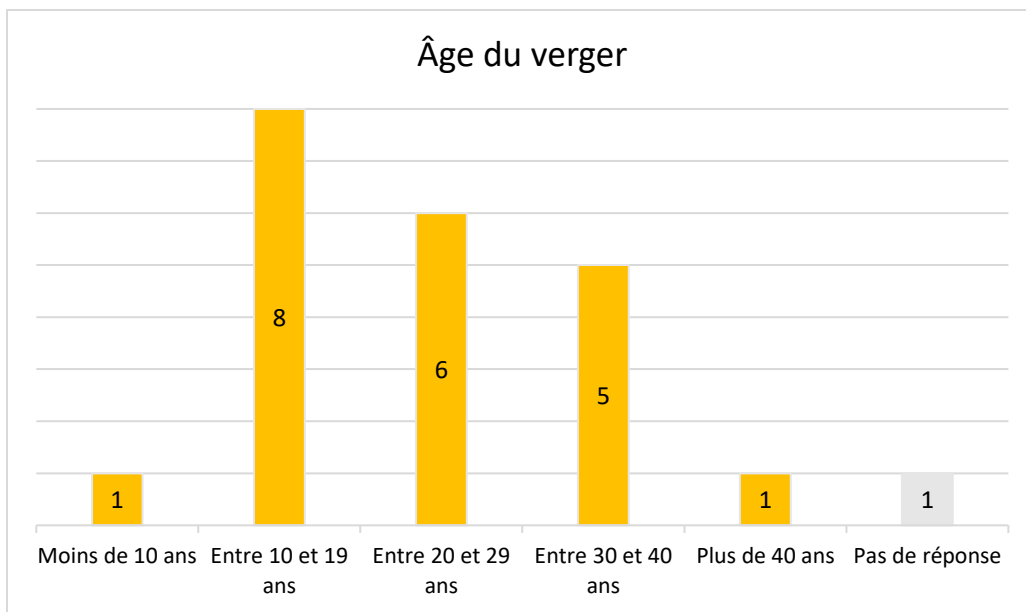
Les réponses présentées dans cette annexe suivent la chronologie des questions posées dans le questionnaire de l'annexe 1.

### Annexe 2.1 - Informations sur les producteurs

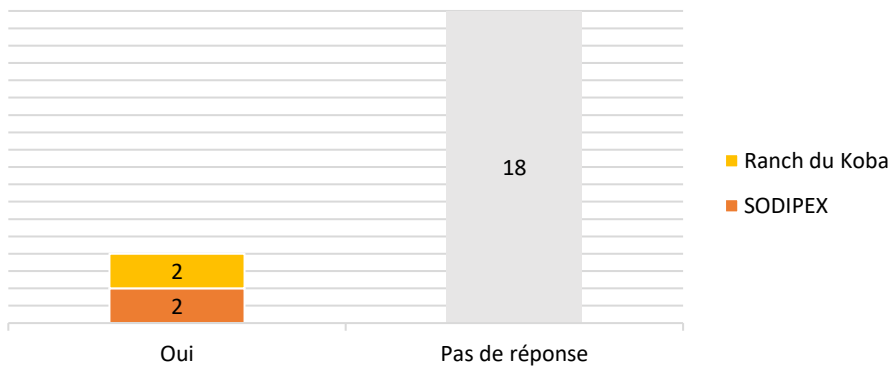


## Annexe 2.2 – Informations sur les exploitations

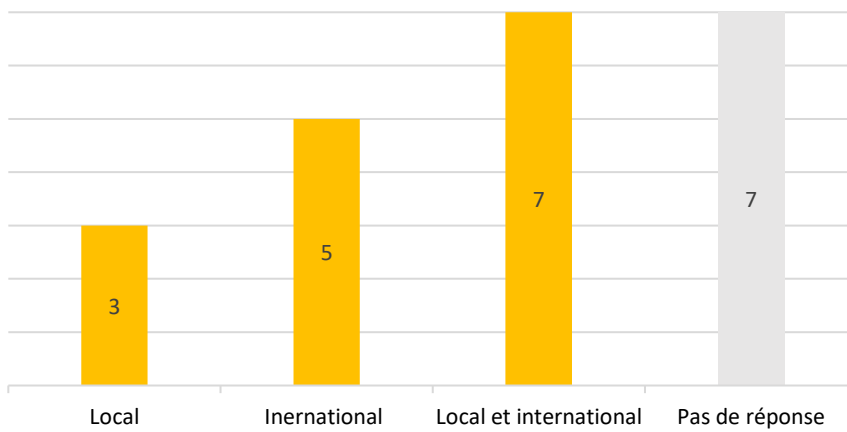




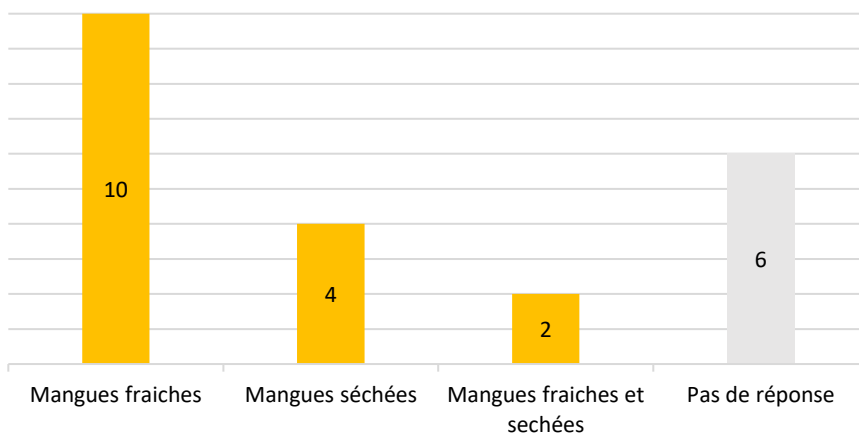
### Partenaire avec une société d'exportation



### Marché visé

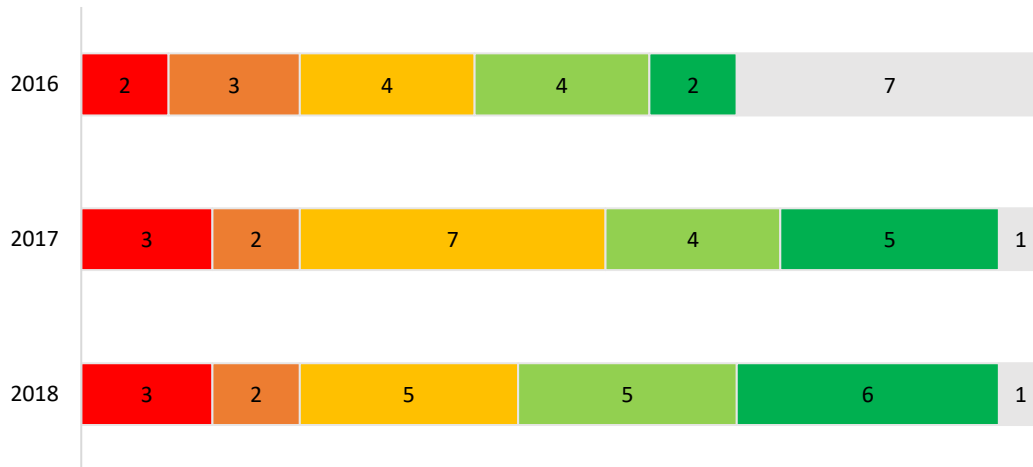


### Forme sous laquelle sont vendues les mangues



### Qualité de la production des années antérieures

■ Médiocre ■ Mauvaise ■ Ni bonne, ni mauvaise ■ Bonne ■ Excellente ■ Pas de réponse



### Estimation de la production de l'année en cours

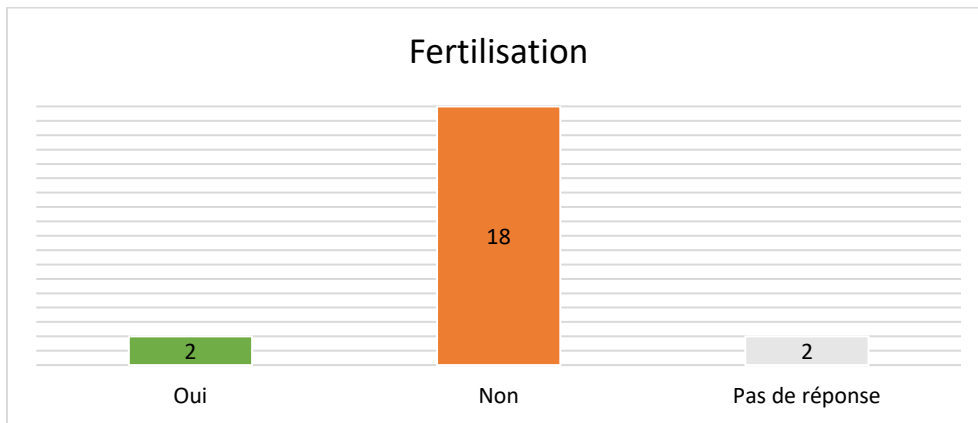
■ Médiocre ■ Mauvaise ■ Ni bonne, ni mauvaise ■ Bonne ■ Excellente ■ Pas de réponse



## Annexe 2.3 - Informations sur l'itinéraire technique suivi

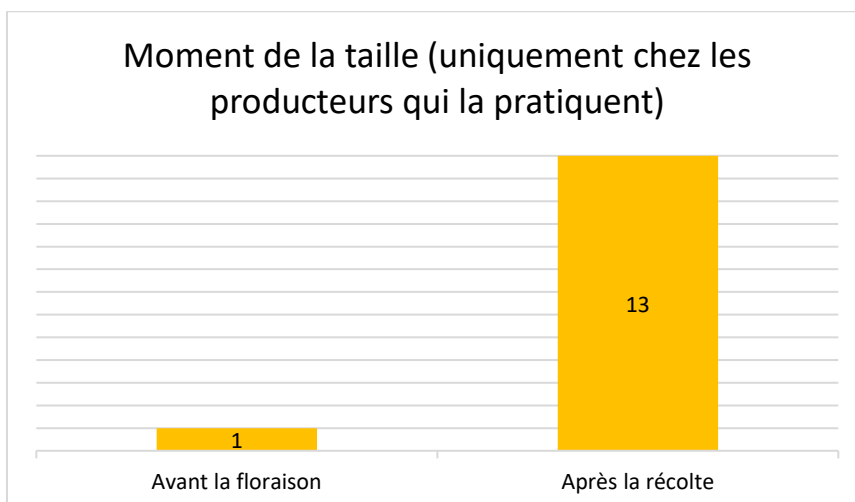
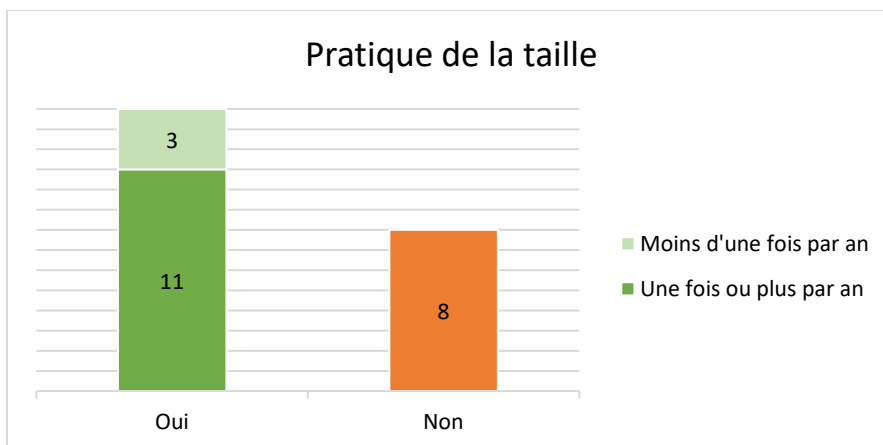
### Techniques de production :

#### LES FERTILISANTS

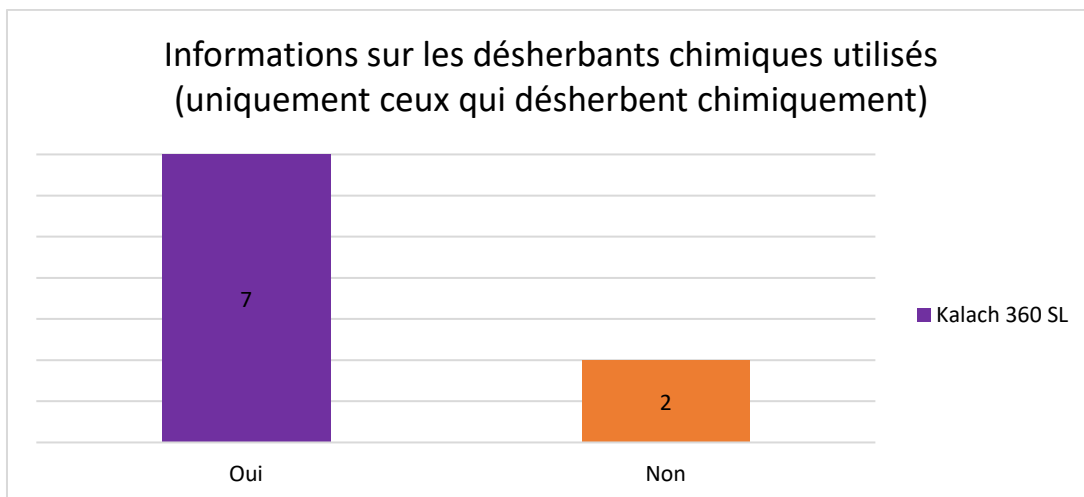
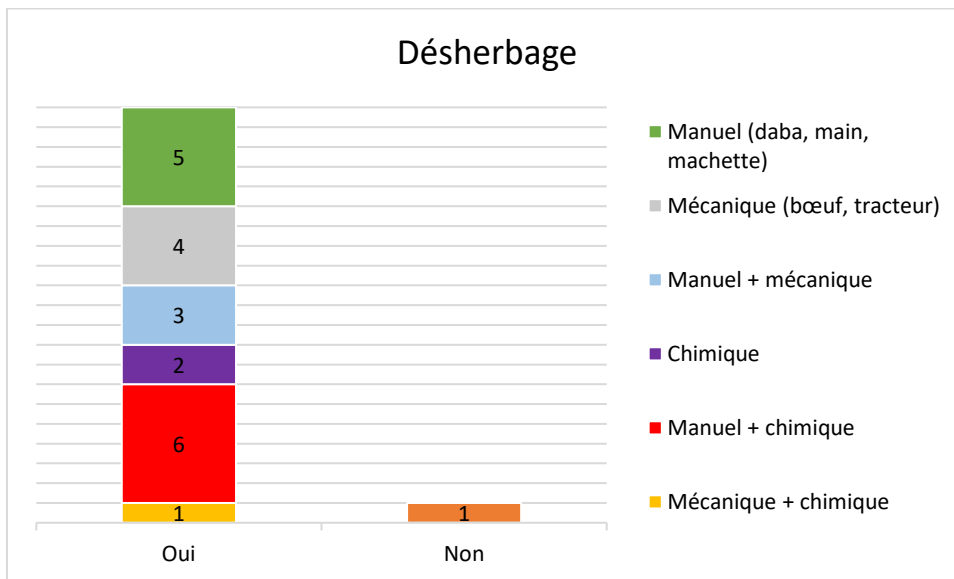


### Techniques d'entretien :

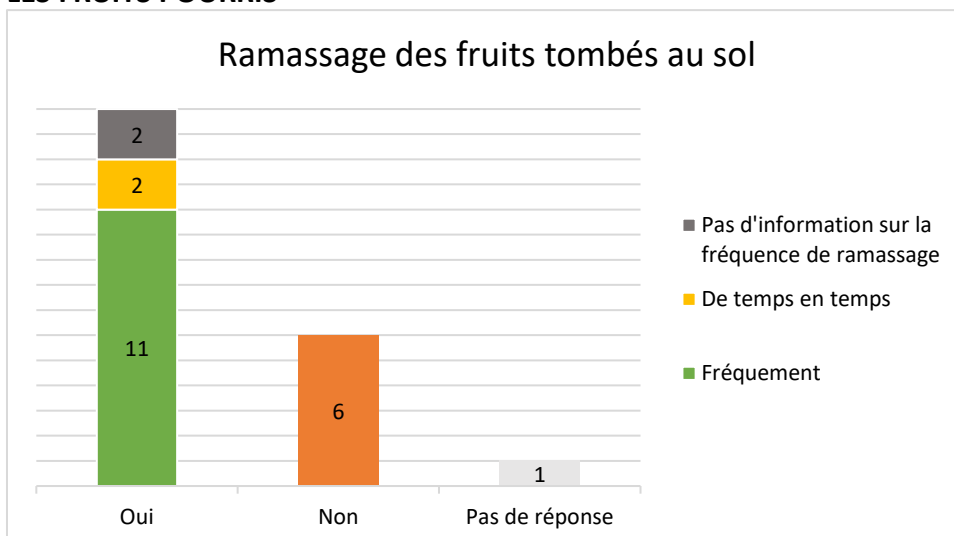
#### LA TAILLE



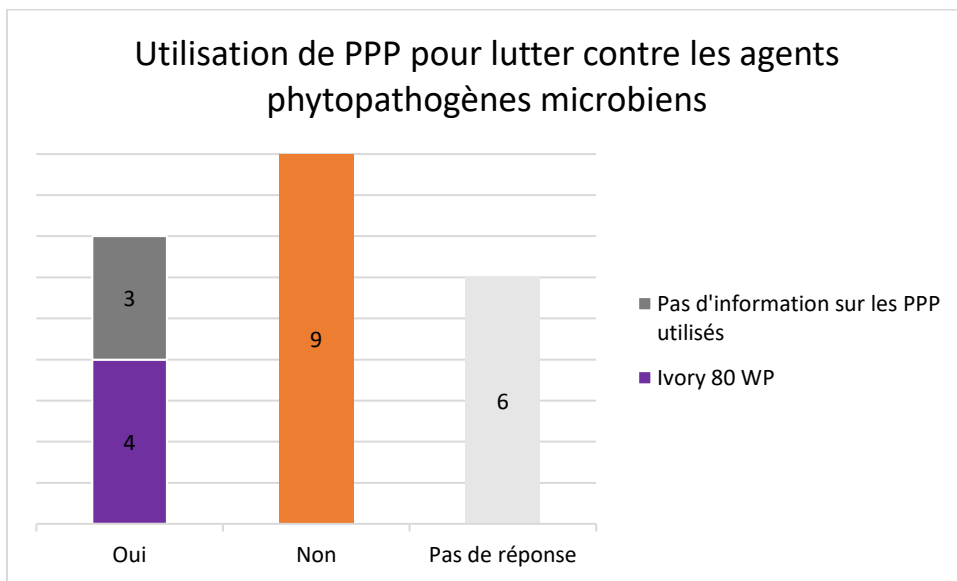
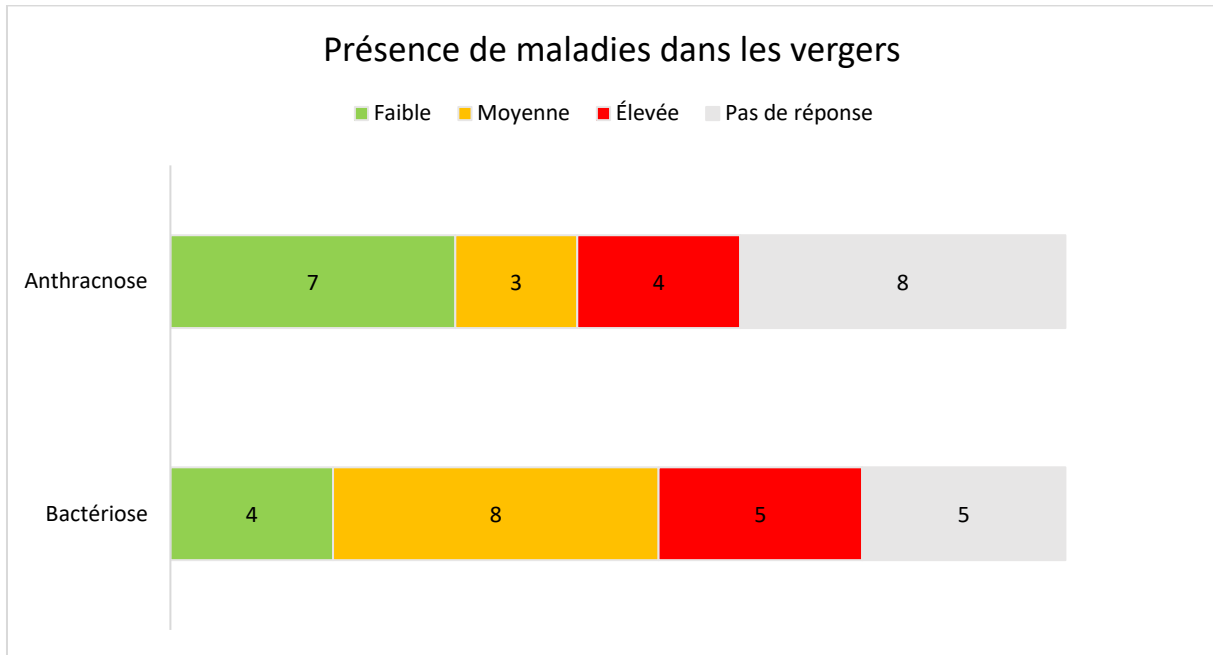
## LE DESHERBAGE



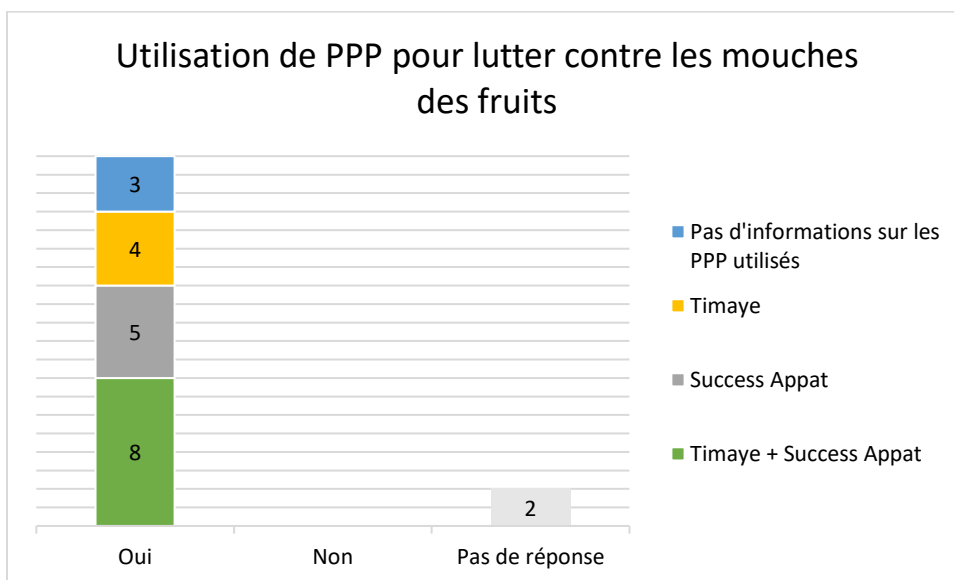
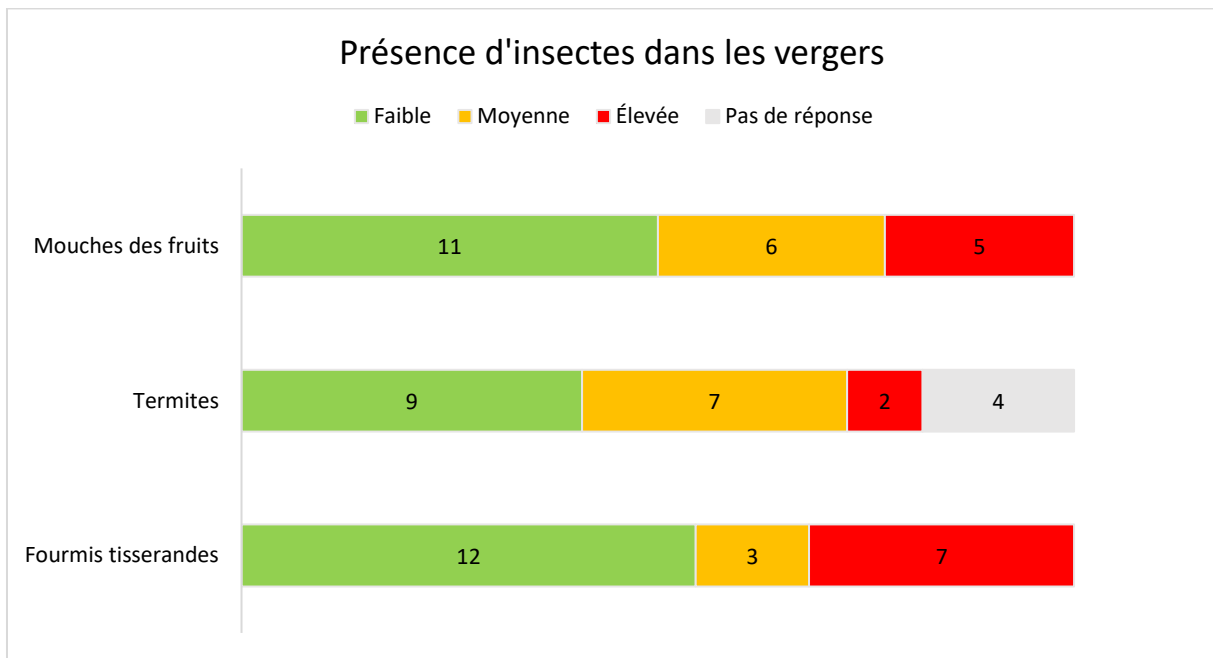
## LES FRUITS POURRIS



## LA LUTTE CONTRE LES PATHOGÈNES DU MANGUIER

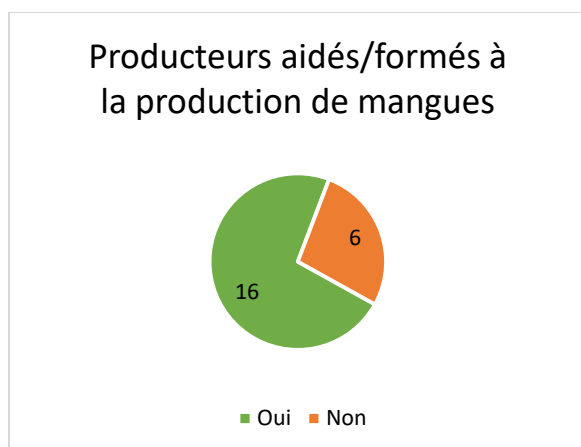


## LA LUTTE CONTRE LES PRÉDATEURS DU MANGUIER

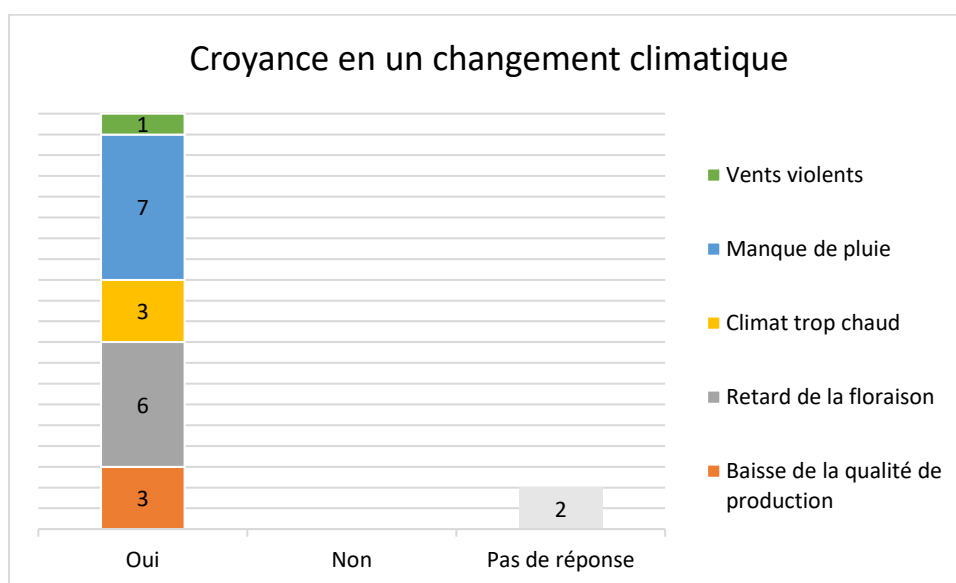


## Annexe 2.4 - Complément d'enquête

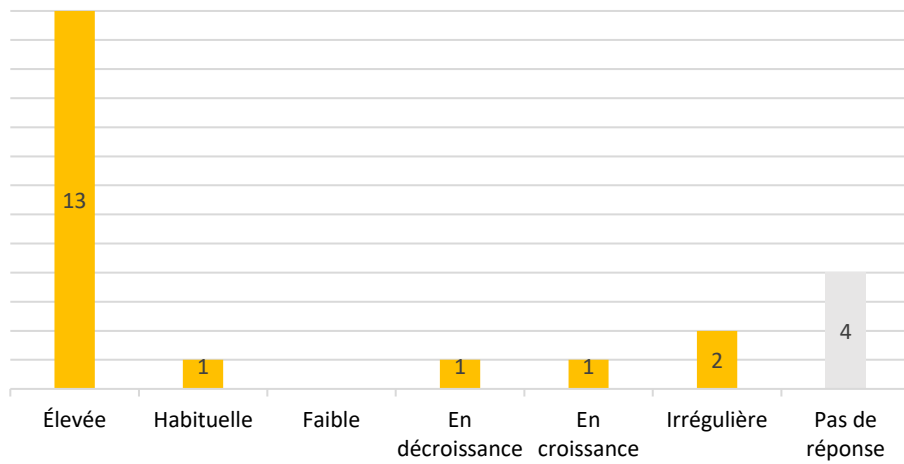
### Encadrement des producteurs :



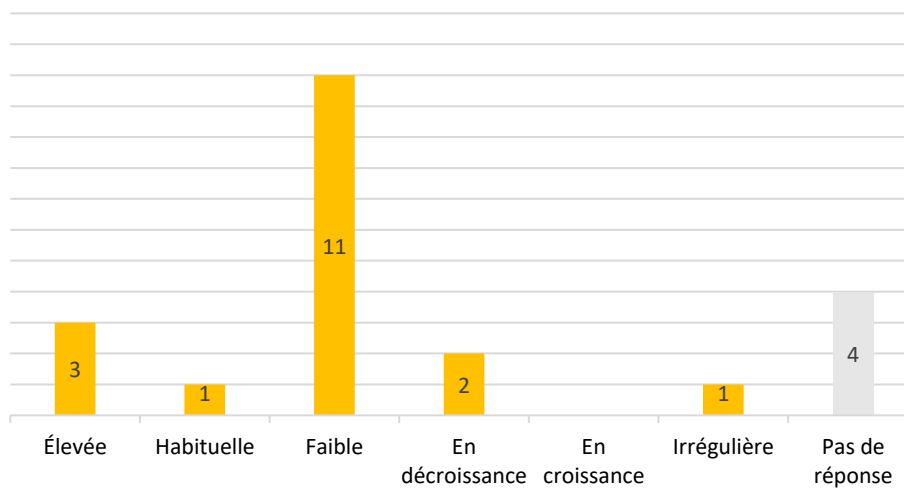
### Le climat :



### Température des 4 dernières semaines



### Humidité des 4 dernières semaines



## Annexe 3 - Étiquettes jaunes pour la commercialisation du Neco et du Proralyl



### NECO 50 EC

**Composition:** 50 ml/L d'extrait végétal (Thymol-Gamma terpinène-Eugéno)

Fongicide systémique et de contact à large spectre recommandé pour la protection contre les cercosporioses noire et jaune du bananier et d'autres maladies sur plusieurs plantes

Fabriqué par: Unité de Production de Biopesticide (UPB), Pôle scientifique de l'université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire) Tél: +225 05099960/ 08451726

Distribué par: Agro-Gam, 01 BP 4840 Abidjan 01, Tél: 22 52 96 84

**Délai de carence et de ré-entrée**  
Le délai de carence est de 0 jour. Le travail peut être poursuivi dès dissipation du nuage  
DAR : 0 jour




### PRORALY 50 EC

**Composition:** 50 ml/L d'extrait végétal (Thymol, Eugéno, Citronellal, Citronellol).

Fongicide systémique et de contact à large spectre recommandé pour la protection contre les cercosporioses noire et jaune du bananier et d'autres maladies sur plusieurs plantes

Fabriqué par: Unité de Production de Biopesticide (UPB), Pôle scientifique de l'université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire) Tél: +225 05099960/ 08451726

Distribué par: Agro-Gam, 01BP 4840 Abidjan 01, Tél: 22 52 96 84

**Délai de carence et de ré-entrée**  
Le délai de carence est de 0 jour. Le travail peut être poursuivi dès dissipation du nuage  
DAR : 0 jour




### NECO 50 EC

**DOSE :**  
1,2 L de NECO pour 15 litres d'huile minérale pour 1 hectare

**PÉRIODE D'APPLICATION :**  
Dès apparition des symptômes causés par l'organisme nuisible et traiter toutes les 3 semaines en période de forte humidité


**MODE D'EMPLOI:**  
Mettre un peu d'huile minérale dans l'atomiseur et verser le contenu de 1,2 L de NECO 50 EC. Agiter vigoureusement, puis compléter avec l'huile minérale jusqu'à 15 litres. Agiter une dernière fois et traiter immédiatement.

**CONSIGNES DE SECURITE:**

1. Ne pas fumer ni manger ni boire pendant la manipulation du produit
2. Mettre des équipements de protection avant toute manipulation
3. Respecter la dose prescrite de NECO 50 EC
4. Conserver le produit dans son emballage d'origine, hors de portée des enfants et à l'écart des boissons et aliments pour l'homme et pour les animaux
5. Se laver abondamment avec de l'eau et du savon ainsi que les vêtements après application du produit
6. Conserver NECO 50 EC dans un endroit frais et sec

**PREMIERS SECOURS:**  
**Contact avec la peau :** Nettoyer la partie touchée avec un chiffon sec, puis lave abondamment avec de l'eau et du savon.  
**Contact avec les yeux :** Les laver immédiatement et abondamment pendant plusieurs minutes puis consulter un médecin s'il y a des symptômes.  
**Ingestion :** Laver la bouche abondamment avec de l'eau. Consulter immédiatement un médecin.  
**Antidote :** Il n'y a pas d'antidote spécifique. Traitement symptomatique.  
Nos indications d'emploi résultent des données générales qui se sont avérées les plus constantes suites à des tests officiels et privés. Leur adaptation à des situations particulières est laissée à l'initiative de chaque utilisateur. De ce fait, nous déclinons toute responsabilité liée aux conséquences inhérentes à cette adaptation dont les paramètres échappent à notre contrôle. Notre responsabilité se limite expressément à la fourniture de spécialités légalement autorisées et conformes à la formule indiquée sur l'emballage.

N° d'homologation :  
Date de fabrication :

### PRORALY 50 EC

**DOSE :**  
1,2 L de PRORALY pour 15 litres d'huile minérale pour 1 hectare

**PÉRIODE D'APPLICATION :**  
Dès apparition des symptômes causés par l'organisme nuisible et traiter toutes les 3 semaines en période de forte humidité

**MODE D'EMPLOI:**  
Mettre un peu d'huile minérale dans l'atomiseur et verser le contenu de 1,2 L de PRORALY 50 EC. Agiter vigoureusement, puis compléter avec l'huile minérale jusqu'à 15 litres. Agiter une dernière fois et traiter immédiatement.

**CONSIGNES DE SECURITE:**

1. Ne pas fumer ni manger ni boire pendant la manipulation du produit
2. Mettre des équipements de protection avant toute manipulation
3. Respecter la dose prescrite de PRORALY 50 EC
4. Conserver le produit dans son emballage d'origine, hors de portée des enfants et à l'écart des boissons et aliments pour l'homme et pour les animaux
5. Se laver abondamment avec de l'eau et du savon ainsi que les vêtements après application du produit
6. Conserver PRORALY 50 EC dans un endroit frais et sec

**PREMIERS SECOURS:**  
**Contact avec la peau :** Nettoyer la partie touchée avec un chiffon sec, puis laver abondamment avec de l'eau et du savon.  
**Contact avec les yeux :** Les laver immédiatement et abondamment pendant plusieurs minutes puis consulter un médecin s'il y a des symptômes.  
**Ingestion :** Laver la bouche abondamment avec de l'eau. Consulter immédiatement un médecin.  
**Antidote :** Il n'y a pas d'antidote spécifique. Traitement symptomatique.  
Nos indications d'emploi résultent des données générales qui se sont avérées les plus constantes suites à des tests officiels et privés. Leur adaptation à des situations particulières est laissée à l'initiative de chaque utilisateur. De ce fait, nous déclinons toute responsabilité liée aux conséquences inhérentes à cette adaptation dont les paramètres échappent à notre contrôle. Notre responsabilité se limite expressément à la fourniture de spécialités légalement autorisées et conformes à la formule indiquée sur l'emballage.

N° d'homologation :  
Date de fabrication :



## Annexe 4 - Construction des pan-traps

Les pan-traps ont été construits à partir de saladiers transparents achetés sur le marché de Korhogo. Un modèle de cuvette jaune ramené de Belgique a servi de modèle pour reproduire les 80 pièges artisanaux.

La première étape a été de standardiser les saladiers afin qu'ils aient tous la même hauteur et la même forme. Une découpe à la scie a ensuite été réalisée.



*Standardisation des saladiers sur base du modèle ramené de Belgique*

L'étape suivante a été de fixer les saladiers découpés sur des bouts de bois provenant de palettes de transport. La fixation a été réalisée à l'aide de clous et d'un marteau. Il a fallu être très précautionneux durant cette étape, car un coup de marteau donné trop fort pouvait fendre la base du saladier.



*Saladier découpé et fixé sur son axe porteur*

Les perforations formées par les clous ont ensuite été rebouchées à l'aide d'une colle liquide, puis les saladiers ont été peints en jaune fluo avec de la peinture acrylique.



*Cuvettes jaunes peintes et prêtes à l'emploi*

Pour leur utilisation sur le terrain, les pan-traps ont été attachés (environ 1,30 mètres du sol), à l'aide de papier collant, à des branches de Tek fixés dans le sol.



*Pan-trap finalisé et installé*

# Mouches des fruits et auxiliaires de culture

## Étude de l'impact de quatre biopesticides sur l'entomofaune des vergers de manguiers ivoiriens

Auteur : Brieuc Van Hassel

La Côte d'Ivoire produit chaque année plus de 100 000 tonnes de mangues à l'intention du marché international. Cependant, la variété de mangue Kent, principalement produite pour l'exportation, est très sensible aux attaques de mouches des fruits (Diptera : Tephritidae). Cette maladie cause énormément de pertes au sein de la filière de la mangue ivoirienne. Plusieurs méthodes de lutte efficace au moyen d'insecticides existent, mais certaines impactent négativement la présence des auxiliaires de culture, et peuvent entraîner l'accumulation de résidus de pesticides sur les fruits.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact de quatre biopesticides composés d'huiles essentielles (le Neco, le Proral, l'Aston et le Docus) sur l'entomofaune des vergers de manguiers ivoiriens. Des captures d'insectes ont été réalisées via l'utilisation de pièges collants et de pan-traps dans deux vergers de manguiers situés au nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo et Ferkessédougou). L'analyse a été réalisée de sorte à révéler si les quatre biopesticides étudiés affectent la quantité de Tephritidae, la quantité d'insectes, le niveau de biodiversité, et la quantité d'auxiliaires de culture présents dans les zones d'étude.

Les résultats de l'analyse ne permettent pas d'affirmer qu'un des biopesticides étudiés affecte les quantités de Tephritidae, d'insectes et d'auxiliaires de culture capturés. Seuls deux biopesticides (Aston et Docus) semblent favoriser l'augmentation du niveau de biodiversité dans les parcelles traitées. Le protocole expérimental qui a été suivi pour mener cette recherche est critiquable, et des propositions d'amélioration ont été faites pour pouvoir reproduire cette étude dans de meilleures conditions.