

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE



Union-Discipline-Travail

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT

SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Institut National Polytechnique

Félix HOUPHOUËT-BOIGNY



ÉCOLE SUPÉRIEURE D'AGRONOMIE (ESA)

Cycle des Ingénieurs Agronomes

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du Diplôme d'Agronomie Approfondie (D.A.A)

Option : **Défense des cultures**

Thème :

**EVALUATION EN MILIEU PAYSAN DE L'EFFICACITE DE METHODES DE
LUTTE ALTERNATIVES AUX PESTICIDES CHIMIQUES POUR LA
PROTECTION DES CULTURES MARAICHES A YAMOISSOUKRO : BIO-
PESTICIDES A BASE D'EXTRAITS DE PLANTES ET FILET ANTI-INSECTE**

Présenté par :

OUM KOULTHOUM Abdou

Élève Ingénieure Agronome de la 51^{ème} Promotion ENSA

Encadreur pédagogique

Dr. GNAGO Ayekpa Jean

Enseignant-Chercheur

DFR-ARA/INP-HB

Encadreur de terrain

Dr. MARTIN Thibaud

Chercheur au Cirad

UR Hortsys

Année académique : 2019-2020

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| DEDICACE..... | 4 |
| AVANT-PROPOS | 5 |
| REMERCIEMENTS | 6 |
| SIGLES ET ABREVIATIONS..... | 7 |
| LISTES DES FIGURES..... | 8 |
| LISTES DES TABLEAUX..... | 9 |
| LISTES DES ANNEXES..... | 9 |
| RESUME..... | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| INTRODUCTION..... | 12 |
| PREMIERE PARTIE : REVUE DE LITTERATURE | 14 |
| CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DU PROJET | 15 |
| 1.1. Structure d’accueil..... | 15 |
| 1.1.1. Historique | 15 |
| 1.1.2. Activités et missions..... | 15 |
| 1.2. Présentation du projet : Transition Agroécologique des Maraîchers de Côte D’Ivoire (TAMCI) | 16 |
| 1.2.1. Historique et partenariat | 16 |
| 1.2.2. Objectifs du projet TAMCI..... | 16 |
| CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES CULTURES MARAICHÈRES | 17 |
| 2.1. Définition des cultures maraîchères | 17 |
| 2.2. Intérêt des cultures maraîchères | 17 |
| 2.3. Insectes ravageurs et maladies redoutables des cultures d’intérêt..... | 18 |
| 2.3.1. Cas de la tomate..... | 18 |
| 2.3.2. Cas de l’aubergine..... | 19 |
| 2.3.3. Cas du concombre et de la courgette..... | 21 |
| 2.3.4. Cas du chou | 22 |
| 2.4. Notions d’agroécologie et de biopesticides à base d’extraits de plantes..... | 22 |
| 2.4.1. Extraits de neem | 23 |
| 2.4.2. Autres extraits de plantes | 24 |
| CHAPITRE 3 : MILIEU D’ETUDE..... | 25 |
| 3.1. Situation géographique..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Milieu naturel | 25 |
| 3.2.1. Climat et précipitation | 25 |
| 3.2.2. Géologie et sols | 26 |
| 3.2.3. Hydrographie et végétation | 27 |
| DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES | 28 |
| CHAPITRE 4 : MATERIEL | 29 |
| 4.1. Matériel végétal | 29 |
| 4.2. Matériel technique utilisé | 29 |
| 4.3. Produits phytosanitaires et biopesticides utilisés | 30 |
| 4.3.1. En pépinière de chou | 30 |
| 4.3.2. En milieu paysan | 30 |
| 4.3.2.1. Pesticides chimiques | 30 |
| 4.3.2.2. Biopesticides commercialisés | 31 |
| 4.3.2.3. Biopesticides à base d'extraits de plantes | 32 |
| CHAPITRE 5 : METHODES | 34 |
| 5.1. Sites d'étude | 34 |
| 5.1.1. Pépinière de chou | 34 |
| 5.1.2. Milieu paysan : choix des producteurs et des cultures | 34 |
| 5.2. Choix du dispositif expérimental et technique d'échantillonnage | 36 |
| 5.2.1. En pépinière de chou | 36 |
| 5.2.2. En milieu paysan | 37 |
| 5.3. Méthode de préparation des extraits de plantes | 37 |
| 5.4. Collecte des données qualitatives | 38 |
| 5.5. Méthode de comparaison des productions : cas de la tomate | 38 |
| 5.6. Méthode de conservation de la tomate | 39 |
| 5.7. Analyse statistique | 39 |
| TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION | 40 |
| CHAPITRE 6 : RESULTATS | 41 |
| 6.1. Calendrier cultural des cultures suivies | 41 |
| 6.2. Insectes majeurs rencontrés | 41 |
| 6.3. Parasitisme général | 44 |
| 6.4. Dynamique des populations de ravageurs, prédateurs et pollinisateurs | 45 |
| 6.4.1. En pépinière : évaluation de l'effet des traitements sur les pucerons | 45 |

| | |
|--|----|
| 6.4.2. En milieu paysan | 45 |
| 6.4.2.1. Cas de la tomate | 45 |
| 6.4.2.2. Cas de l'aubergine..... | 47 |
| 6.4.2.3. Cas du concombre et de la courgette | 48 |
| 6.4.2.4. Evaluation de l'effet du filet anti-insecte sur le chou | 49 |
| 6.5. Adoption, perception et limites des pratiques agroécologiques | 50 |
| 6.5.1. Adoption..... | 50 |
| 6.5.2. Perception..... | 51 |
| 6.5.3. Limites..... | 52 |
| CHAPITRE 7 : DISCUSSION..... | 53 |
| 7.1. Efficacité et limites des extraits de plantes | 53 |
| 7.1.1. En pépinière de chou | 53 |
| 7.1.2. En milieu paysan | 53 |
| 7.2. Effets du filet anti-insecte sur le chou | 54 |
| 7.3. Adoption, perception et limites des pratiques agroécologiques | 54 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS | 56 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 58 |
| ANNEXES | 65 |

DEDICACE

A ma famille d'aujourd'hui et de demain.

AVANT-PROPOS

L'École Supérieure d'Agronomie (ESA) est l'une des huit (08) écoles qui forment aujourd'hui l'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (INP-HB), créé par le décret N°96-068 du 04 septembre 1996. Elle a en charge la formation des Ingénieurs Agronomes, des Ingénieurs des Techniques Agricoles et, depuis l'année académique 2016-2017, des Techniciens Supérieurs en Agronomie.

La branche des Ingénieurs Agronomes aboutit, à l'issue de deux premières années de tronc commun dites d'Agronomie Générale, au choix d'une spécialisation parmi dix filières, dont celle de la Défense des Cultures. L'année de spécialisation est sanctionnée par un stage de six mois portant sur un thème. Ce stage aboutit à la rédaction d'un mémoire de fin d'études soutenu devant un jury, en vue de l'obtention du Diplôme d'Agronomie Approfondie.

C'est dans ce cadre que, du 03 mai au 30 octobre 2020, nous avons effectué un stage au sein du Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) sur le thème : « **Evaluation en milieu paysan de l'efficacité de méthodes de lutte alternatives aux pesticides chimiques pour la protection des cultures maraîchères à Yamoussoukro : bio-pesticides à base d'extraits de plantes et filet anti-insecte** ».

REMERCIEMENTS

Au terme de ce mémoire de fin d'étude, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à rendre ce stage merveilleux et la rédaction possible. Il s'agit plus particulièrement de :

- M. KONE Siaka, Directeur de l'ESA et ses collaborateurs administratifs pour nous avoir offert cette belle opportunité de stage ;
- M. GNAGO Ayekpa Jean, Enseignant-chercheur au Département de Formation et de Recherche, Agriculture et Ressources Animales (DFR-ARA), notre encadreur pédagogique pour sa disponibilité, ses conseils et corrections apportées à la rédaction du mémoire ;
- M. MARTIN Thibaud, Chercheur au Cirad UR Hortsys (Unité de Recherche des systèmes de cultures horticoles), notre principal encadreur sur le terrain d'abord pour nous avoir proposé ce thème, aussi pour ses orientations scientifiques et techniques, sa rigueur et sa vigilance pour le travail bien fait, ses conseils avisés et surtout pour sa disponibilité ;
- M. DE TROIJ Antoine, Ingénieur à l'IECD (Institut Européen de Coopération et de Développement) chargé de projet TAMCI (Transition Agroécologique des Maraîchers de Côte d'Ivoire), notre co-encadreur de terrain pour ses conseils et son appui technique ;
- M. SARAKA Allou Isidore, Ethnobotaniste-Ethnopharmacologiste et chef de projet « Précurseur 2 » à l'IECD pour conseils et toutes les corrections apportées au présent document ;
- L'équipe TAMCI de Yamoussoukro : SOME Arnaud, TEKI Lucas, KOUADIO Franck et OSSEY Aristide pour tous ces bons moments passés ensemble ;

Que toutes les personnes, qui ont contribué à la réalisation de ce document et qui n'ont pas été citées, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude, de même que tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours scolaire.

SIGLES ET ABREVIATIONS

| | |
|------------|---|
| ANOVA | : Analysis of variance |
| CFU | : Colony Forming Unit |
| Cirad | : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement |
| CNRA | : Centre National de Recherche Agronomique |
| CRC | : Chrysomèle Rayée du Concombre |
| CVM | : Cucumber Mosaic Virus |
| DFR-ARA | : Département de Formation et de Recherche-Agriculture et Ressources Animales |
| ESA | : Ecole Supérieure d'Agronomie |
| FCFA | : Franc de la Communauté Financière Africaine |
| HSD | : Honestly Significant Difference |
| IECD | : Institut Européen de Coopération et de Développement |
| INP-HB | Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY |
| MAB | : Microorganismes Autochtones Bénéfiques |
| PCOPMAYA | Plateforme de Commercialisation des Produits Maraîchers de Yamoussoukro |
| PIB | : Produit Intérieur Brut |
| S L | : Soluble Liquid |
| TAMCI | : Transition Agroécologique des Maraîchers de Côte d'Ivoire |
| TSWV | : Tomato Spotted Wilt Virus |
| TYLCV | : Tomato Yellow Leaf Curl Virus |
| UFR | : Unité de Formation et de Recherches |
| UR Hortsys | Unité de Recherche des systèmes de cultures horticoles |
| WP | : Wettable (Poudre Mouillable) |

LISTES DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1: Géolocalisation du district autonome de Yamoussoukro | 25 |
| Figure 2: Diagramme climatique du département de Yamoussoukro (2020) | 26 |
| Figure 3: Cage hors sol..... | 34 |
| Figure 4: Géolocalisation des sites d'études (maps.me)..... | 35 |
| Figure 5: Dispositif expérimental en pépinière de chou | 36 |
| Figure 6: Différentes étapes de préparation d'extraits de feuilles de neem..... | 38 |
| Figure 7: Echantillonnage de la production de tomate..... | 39 |
| Figure 8 : Dégâts de larves de <i>T. absoluta</i> (a) et d' <i>H. armigera</i> (b) sur tomate | 42 |
| Figure 9: Adulte d'une mouche de fruits | 42 |
| Figure 10: Dégâts de larves d' <i>Autoba admota</i> (a) et de <i>Selepa docilis</i> (b) sur aubergine..... | 42 |
| Figure 11: Jasside adulte sur aubergine..... | 42 |
| Figure 12: Larves de <i>Spodoptera littoralis</i> sur concombre..... | 43 |
| Figure 13: Adulte de la mouche des cucurbitacées sur concombre | 43 |
| Figure 14: Dégâts de larves et adultes de chrysomèles sur courgette | 43 |
| Figure 15: Larves et adultes de <i>Plutella xylostella</i> sur chou..... | 43 |
| Figure 16: Larves d' <i>Hellula undalis</i> | 43 |
| Figure 17: Larves et adultes de pucerons | 43 |
| Figure 18: Entomofaune majeur observée par plant sur la tomate..... | 46 |
| Figure 19: Production de tomate | 47 |
| Figure 20: Durée de la conservation de la tomate par type de pratique | 47 |
| Figure 21: Entomofaune majeur observée par plant sur l'aubergine | 47 |
| Figure 22: Evolution de la dynamique des insectes majeurs de la courgette | 48 |
| Figure 23: Evolution de la dynamique des insectes majeurs du concombre..... | 49 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Variétés utilisées par les producteurs | 29 |
| Tableau 2: Récapitulatif du matériel de travail | 29 |
| Tableau 3: Caractéristiques des pesticides chimiques utilisés par les producteurs..... | 30 |
| Tableau 4 : Caractéristiques des biopesticides utilisés par les producteurs | 32 |
| Tableau 5: Extraits de plantes utilisés par les producteurs..... | 33 |
| Tableau 6: Répartition des producteurs pilotes | 35 |
| Tableau 7: Stades de développement des cultures observées | 41 |
| Tableau 8: Parasitisme général observé | 44 |
| Tableau 9: Analyse statistique des moyennes de pucerons..... | 45 |
| Tableau 10: Insectes observés au niveau du chou <i>Oxylus</i> selon la protection..... | 49 |
| Tableau 11: Moyennes de feuilles attaquées selon le mode de protection..... | 50 |
| Tableau 12: Nombre de feuilles par plant selon le mode de protection | 50 |
| Tableau 13: Intégration des extraits de plantes dans le programme de traitement phytosanitaire. | 51 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|---|----|
| Annexe 1: Préparation d'extraits de feuilles de neem et de poudre de tabac | 66 |
| Annexe 2: Installation de filet anti-insecte sur le chou (modèle tunnel bas) | 67 |
| Annexe 3: Programme d'interventions phytosanitaires des deux parcelles..... | 67 |
| Annexe 4: Questionnaire sur les extraits de plante | 68 |
| Annexe 5: Prédateurs et pollinisateurs majeurs des cultures rencontrées | 71 |
| Annexe 6: Différents tests d'analyse de la variance pour les pucerons en pépinière | 72 |
| Annexe 7: Différents tests d'analyse de la variance pour l'évaluation de l'effet filet anti-insecte sur le nombre de feuilles présentant des dégâts de <i>P. xylostella</i> | 73 |
| Annexe 8: Différents tests d'analyse de la variance pour l'évaluation de l'effet filet anti-insecte sur le nombre de feuilles totales..... | 74 |

RESUME

Dans le cadre d'une transition agroécologique, le Cirad s'est engagé à transmettre deux innovations aux producteurs maraîchers de Yamoussoukro et à évaluer leur efficacité en plein champ : biopesticides à base d'extraits de plantes et filet anti-insecte désignés par système agroécologique. A cet effet, un essai en randomisation totale a été mis en place pour évaluer l'efficacité de deux traitements sur les pucerons du chou en pépinière. Les traitements aqueux de feuilles de neem (T1) et de poudre de tabac (T2) ont été appliqués sur les pucerons du chou à intervalle régulier de trois jours en vue de suivre leur évolution en comparaison d'un témoin (T0). Au bout d'une semaine d'expérimentation les moyennes de pucerons étaient relativement proches (T0=18.2, T1= 13.9 et T2= 11.3). Les traitements ne sont pas efficaces par rapport au témoin (T0) selon les tests statistiques. En milieu paysan, des comptages d'insectes vivants étaient effectués par semaine pour les cultures suivies à savoir la tomate, l'aubergine, le concombre et la courgette dans les buts de comparer le système agroécologique au système conventionnel et de suivre la dynamique de population. Par comparaison de systèmes, aucune grande invasion d'insectes n'a été enregistrée dans chaque système. Sur la culture de la tomate, nous avons montré que la production en agroécologie était meilleure et les fruits se conservaient mieux par rapport à la production conventionnelle. Il ressort que les biopesticides à base d'extraits de plantes peuvent remplacer l'agriculture conventionnelle. Aussi, le filet anti-insecte a été testé sur le chou comme protection physique (T1). Les feuilles présentant des attaques de *Plutella xylostella* étaient moins élevées sous filet en moyenne (T1= 4) par rapport à la parcelle témoin (T0=3) mais ce n'était pas significatif selon les tests statistiques. Par contre, en termes de développement végétatif, le chou sous filet était nettement meilleur (T1=9) par rapport au témoin (T0= 5). En ce qui concerne l'adoption des pratiques agroécologiques, les 10 personnes enquêtées s'adonnent progressivement à l'agroécologie. Parmi les facteurs qui les motivent à le faire figurent par ordre d'intérêt : la préservation de leur santé personnelle et celle des consommateurs, l'économie d'argent, l'amélioration de la qualité de la production et la préservation de l'environnement.

Mots clés : pesticides chimiques, biopesticides, agroécologie, efficacité et filet anti-insecte

ABSTRACT

As part of an agroecological transition, Cirad has undertaken to transmit two innovations to market gardeners in Yamoussoukro and to assess their effectiveness in the field : biopesticides based on plant extracts and anti-insect netting designated by the agroecological system. To this end, a fully randomized trial was set up to evaluate the effectiveness of two treatments on cabbage aphids in the nursery. The aqueous treatments of neem leaves (T1) and tobacco powder (T2) were applied to the cabbage aphids at regular intervals of three days in order to follow their evolution in comparison with a control (T0). After a week of experimentation, the aphid averages were relatively close (T0 = 18.2, T1 = 13.9 and T2 = 11.3). The treatments are not effective compared to the control (T0) according to statistical tests. In the farming environment, counts of live insects were carried out per week for the crops monitored, namely tomato, eggplant, cucumber and zucchini in order to compare the agroecological system to the conventional system and to follow the population dynamics. By comparison of systems, no large insect invasions were recorded in each system. On tomato cultivation, we have shown that agroecological production was better and the fruits kept better compared to conventional production. It appears that biopesticides based on plant extracts can replace conventional agriculture. Also, the insect net has been tested on cabbage as physical protection (T1). The leaves showing attacks of *Plutella xylostella* were lower under mesh on average (T1 = 4) compared to the control plot (T0 = 3) but this was not significant according to statistical tests. On the other hand, in terms of vegetative development, the cabbage under fillet was clearly better (T1 = 9) compared to the control (T0 = 5). Regarding the adoption of agroecological practices, the 10 people surveyed gradually devote themselves to agroecology. Among the factors that motivate them to do so are in order of interest : preserving their personal health and that of consumers, saving money, improving the quality of production and preserving the environment.

Keywords : chemical pesticides, biopesticides, agroecology, efficacy and insect net

INTRODUCTION

Située en Afrique de l'ouest, la Côte d'Ivoire est un pays dont l'agriculture constitue le pilier de l'économie. Ce secteur représente 22% du PIB, plus de 50% des recettes d'exportation et les deux tiers des sources d'emploi et de revenu de la population selon la Banque mondiale (**Philibert, 2015**). La Côte d'Ivoire a pendant longtemps investi sur les cultures de rente comme le coton, le palmier à huile, l'hévéa, le café ou le cacao. Afin de diversifier les cultures, les politiques agricoles ont surtout mis l'accent sur les cultures vivrières de base comme le riz, le manioc, l'igname et la banane. Quant à la production maraîchère, elle compte plus de 40 espèces de plantes légumières et protéagineuses. Ces dernières sont très intéressantes sur le plan nutritionnel (**Kanda et al., 2014**).

La Côte d'Ivoire a une large diversité de cultures maraîchères (locales et/ou exotiques) notamment la tomate qui est considérée comme le légume le plus consommé avec une production nationale allant de 22 000 à 35 000 t/an (**Fondio et al., 2013**). Cependant, ces cultures sont menacées par de nombreux parasites et ravageurs qui rendent la production et la commercialisation instables sur le plan économique. A Yamoussoukro, le maraîchage s'inscrit dans une activité informelle (**Tano et al., 2011**). En effet, pour sécuriser les rendements, la majorité des producteurs recourent massivement aux pesticides de synthèse et parfois, à des mélanges de produits (**Doumbia et Kwadjo, 2009**). De plus, l'utilisation abusive des insecticides chimiques non homologués ou rigoureusement réglementés dans les pays en voie de développement, le manque de formation de qualité et d'informations liées à la manipulation des pesticides chimiques et le non-respect des réglementations sont autant de facteurs qui exposent les paysans à de graves risques sanitaires (**Ntow et al., 2006; Yarou et al., 2017**). Aujourd'hui, les pesticides chimiques qui sont indéniablement efficaces révèlent leurs limites par les effets pervers sur l'écosystème, la faune, la flore et par conséquent sur l'homme (**Adam et al., 2010; Ahouangninou et al., 2011**).

Il convient donc à l'instar des pays développés de rechercher des moyens de lutte qui limitent l'agression de l'écosystème et de l'homme. Pour ce faire, il existe plusieurs méthodes de lutte alternative. En ce qui concerne cette étude, nous nous orienterons vers les biopesticides à base d'extraits de plantes et l'utilisation du filet anti-insecte qui garantissent un moindre impact environnemental (**Regnault-Roger et al., 2002, Brodeur et Caron, 2006**). Ces innovations sont déjà transmises et utilisées par les producteurs.

L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'efficacité des innovations (biopesticides à base d'extraits de plantes et filet anti-insecte).

Plus spécifiquement il s'agit de :

- Tester l'efficacité de deux extraits de plantes en pépinière de chou ;
- Comparer les pratiques (agroécologiques et conventionnelles) à travers les comptages d'insectes (ravageurs, prédateurs et pollinisateurs) sur l'ensemble des cultures rencontrées ;
- Mesurer l'efficacité du filet anti-insecte sur le chou à travers le développement végétatif et les dégâts de *Plutella xylostella* ;
- Mener une enquête auprès des producteurs maraîchers sur l'adoption, la perception et les limites des innovations.

Ce mémoire de fin d'études comprend quatre grandes parties. La première partie est dédiée à la revue de la littérature. La seconde est consacrée à la démarche méthodologique de cette étude tandis que la troisième présente les résultats et leurs discussions avant la conclusion et recommandations de cette étude.

PREMIERE PARTIE :
REVUE DE LITTERATURE

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET

1.1. Structure d'accueil

1.1.1. Historique

Le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) est un organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes. Le Cirad a été créé sous la forme d'un établissement public à caractère industriel et commercial en 1984. Son siège social se situe à Paris. A partir de ses directions régionales, le Cirad mène des activités de coopération avec plus de 100 pays notamment en Côte d'Ivoire où depuis le 2 mars 2016, le Cirad a renouvelé son partenariat dans le domaine de la recherche agricole. Dans ces pays, le Cirad met son expertise scientifique et institutionnelle au service de la transition agroécologique.

Depuis 2018 en Côte d'Ivoire le Cirad s'est associé avec le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) et une équipe de l'UFR Bioscience de Université Felix Houphouët-Boigny de Cocody pour mener des projets de recherche sur la production agroécologique des cultures maraîchères (C2D maraîchage et arboriculture fruitière) et en particulier de la tomate (HortiNet-CI du PRESED-CI de 2018 à 2021).

1.1.2. Activités et missions

Ses activités relèvent des sciences du vivant, des sciences sociales et des sciences de l'ingénieur appliquées à l'agriculture, à l'alimentation, à l'environnement et à la gestion des territoires. Avec ses partenaires du Sud, le Cirad produit et transmet de nouvelles connaissances pour accompagner l'innovation et le développement agricole. Dans les systèmes de cultures maraîchères, les équipes du Cirad en Afrique sub-saharienne testent en station puis évaluent avec des petits producteurs, des techniques culturales innovantes inspirées des principes de l'agroécologie :

- des systèmes de culture sous filets anti-insectes ;
- des techniques de lutte biologique ;
- des plantes de services sélectionnées sur une base multicritères ;
- des micro-organismes autochtones bénéfiques (MAB).

1.2. Présentation du projet : Transition Agroécologique des Maraîchers de Côte D'Ivoire (TAMCI)

Le projet TAMCI est un projet visant à changer les pratiques conventionnelles des producteurs par des techniques innovantes et respectueuses de l'environnement. Basé à Yamoussoukro, ce projet réunit l'IECD (Institut Européen de Coopération et de Développement), la PCOPMAYA (Plateforme de Commercialisation des Produits Maraîchers de Yamoussoukro) et le Cirad. Le projet TAMCI permettra au Cirad et à l'IECD d'étendre leur collaboration sur une nouvelle géographie et de renforcer les liens opérationnels entre recherche et développement. Le projet a une durée de 36 mois (juillet 2019-juillet 2022).

1.2.1. Historique et partenariat

L'IECD est une association de solidarité internationale reconnue d'utilité publique. Elle a développé en Côte d'Ivoire un projet de formation et d'accompagnement des petits producteurs, et souhaite aujourd'hui intégrer des thématiques agroécologiques. Depuis 30 ans, l'IECD a particulièrement développé son expertise dans la formation des jeunes et des adultes et le renforcement des compétences de partenaires locaux.

1.2.2. Objectifs du projet TAMCI

Le présent projet vise de façon générale à :

- Contribuer à améliorer les conditions de vie des populations vulnérables de Côte d'Ivoire ;
- Améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations urbaines et rurales ;
- Améliorer l'impact environnemental des pratiques agricoles de Côte d'Ivoire.

Pour cela, il se fixe comme objectif spécifique d'accompagner les agriculteurs ivoiriens à produire et valoriser sur le marché des produits locaux issus de l'agroécologie. Ainsi, il accompagnera l'autonomisation des producteurs en réduisant leur dépendance aux intrants importés, en diminuant les charges de production et en augmentant la marge bénéficiaire (**Belmin et Martin, 2019**). Ce projet s'engage à former et accompagner 450 agriculteurs sur les volets techniques et de gestion, dont 400 producteurs maraîchers de la Plateforme des producteurs maraîchers de Yamoussoukro (PCOPMAYA) et 50 producteurs individuels du district de Yamoussoukro et du district des Lagunes (région de l'Agneby-Tiassa).

CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES CULTURES MARAICHERES

2.1. Définition des cultures maraîchères

Les cultures maraîchères sont des plantes alimentaires consommées crues ou cuites par des procédés simples. Selon la partie des légumes consommée, on distingue les légumes fruits ou grains, les légumes fleurs, les légumes racines ou bulbes et les légumes feuilles. Les légumes cultivés en Côte d'Ivoire sont regroupés en 43 espèces réparties en 30 genres et 17 familles. Ils sont d'origine locale et/ou exotique (**Kanda *et al.*, 2014**). Parmi ces familles on peut citer : les *Fabaceae* (tous les légumes secs), les *Solanaceae* (tomates, poivrons, pomme de terre, etc), les *Brassicaceae* (choux, navets, radis, etc), les *Cucurbitaceae* (courges, concombre, courgette, etc) et même des herbes aromatiques (*Apiaceae*, *Lamiaceae*, et *Liliaceae*).

2.2. Intérêt des cultures maraîchères

D'un point de vue nutritionnel, les légumes sont le plus souvent consommés sous forme de sauce en Afrique pour compléter l'apport nutritionnel des céréales ou des tubercules. Mais la consommation en frais sous forme de salade est la meilleure car les légumes verts contiennent une proportion de vitamines non négligeables qui peuvent être dégradées par la cuisson.

D'un point de vue social, la pratique du maraichage permet aux femmes et aux jeunes disposant des surfaces réduites et un minimum de capital d'obtenir des revenus substantiels (**James *et al.*, 2010**).

Au niveau sanitaire et économique, les légumes possèdent plusieurs vertus notamment la résistance aux infections, l'entretien de la vue (carottes) et de la peau (concombre) et une meilleure digestion garantie. Le plus souvent ils sont destinés à l'autoconsommation ou livrés aux marchés locaux. Ils apportent un revenu important lorsque le marché existe et surtout s'ils sont cultivés en contre saison (**Mawussi *et al.*, 2014**).

Au plan environnemental, les exploitations légumières se localisent dans les régions urbaines et périurbaines souvent délaissées (**James *et al.*, 2010**). Elles peuvent réutiliser une partie des ordures ménagères sous forme de compost (**Tiembré *et al.*, 2016**). Une exploitation rationnelle de ces sites donne des aires dégagées et aérées tout en réduisant le taux d'insalubrité. Cela concourt à une hygiène saine pour la population et une source de revenus.

2.3. Insectes ravageurs et maladies redoutables des cultures d'intérêt

Dans notre étude, nous nous intéresseront à cinq cultures maraîchères. Il s'agit de : la tomate, l'aubergine, le concombre, la courgette et le chou.

2.3.1. Cas de la tomate

Cultivée pour son fruit, la tomate est originaire d'Amérique du sud. Du nom scientifique *Solanum lycopersicon* L., elle fait partie de la famille des *Solanaceae* comme la pomme de terre, l'aubergine, le piment et le poivron. Cultivée à l'échelle mondiale sous serre ou en plein champ, celle-ci est sujette à de nombreuses maladies parasitaires et attire de nombreux ravageurs dont les insectes. Ce sont la mineuse américaine, les noctuelles, les thrips, les aleurodes, les pucerons, les mouches ainsi que les acariens (Adje *et al.*, 2009).

- Mineuse sud-américaine *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae)

La mineuse sud-américaine *Tuta absoluta* est l'un des ravageurs le plus redoutable de la tomate. Par sa voracité en feuilles consommées, elle cause des dégâts considérables à la plante à tous les différents stades de son développement aboutissant à des pertes de rendement (Koudjil *et al.*, 2015). Les pertes peuvent varier de 80 à 100% que ça soit en production de plein champ comme en serre (Farid *et al.*, 2012 ; Wychuys *et al.*, 2013).

Dans le cadre d'une lutte intégrée contre la mineuse, quatre substances actives réparties en chimiques et biologiques ont montré leur efficacité (Kaouthar *et al.*, 2010). C'est le cas de *Bacillus thuringiensis* pour la lutte contre les larves de *T. absoluta* (Houamel, 2013). Aussi l'utilisation de filet anti-insecte ou de capsules de phéromone pour le piégeage de masse a montré de l'efficacité (Ouardi *et al.*, 2012). L'utilisation d'ennemis naturels, de champignons entomopathogènes et de plantes insectifuges sont autant de techniques efficaces contre la mineuse (Boualem *et al.*, 2012).

- Noctuelle *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae)

Un autre ravageur redoutable de la tomate qui dévore les feuilles et les fruits est la noctuelle *Helicoverpa armigera* (Diatte *et al.*, 2016). Il s'agit d'un insecte qui dispose d'une large gamme de cultures hôtes comme le maïs, le soja et le coton partout où elle se trouve et dont la lutte chimique est incontournable (Pratissoli *et al.*, 2015). L'application de doses exagérées a conduit cette dernière à développer des résistances à certains insecticides en Côte d'Ivoire. Une résistance aux pyréthrinoïdes est confirmée par Vassal *et al.* (1997), à la cyperméthrine par Martin *et al.* (2000), aux deltaméthrines, profénofos, et abamectines (Tendeng *et al.*, 2015).

- Autres ravageurs

Certains insectes sont capables de transmettre des maladies virales qui peuvent ralentir ou interrompre le développement de la plante. C'est le cas de l'aleurode *Bemisia tabaci* qui est responsable du jaunissement et de l'enroulement des feuilles de la tomate appelée Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) (Camara *et al.*, 2016). La tomate constitue un réservoir de la mouche blanche qui réduit considérablement le rendement (Nzi *et al.*, 2010).

Au Costa Rica, afin de contrôler *B. tabaci* sur la tomate, il convient de protéger les plants en phase de pépinière avec des filets. Sur le terrain, il est préférable de combiner différentes méthodes de lutte. Par exemple : utiliser des produits insectifuges et insecticides avec des barrières visuelles mais aussi en facilitant la présence d'ennemis naturels comme les prédateurs et les parasitoïdes (Hilje-Quirós, 1993).

Par ailleurs, le puceron *Aphis gossypii* est vecteur de la virose de la tomate cultivées en plein champ (Escriu *et al.*, 2007). Aussi, le virus de la mosaïque du concombre (CMV) peut être transmis par les thrips, les mouches blanches et d'autres insectes (Houamel, 2013). Les insectes ne demeurent pas le seul obstacle que rencontre la culture, il y a aussi les maladies.

- Principales maladies de la tomate

L'une des maladies extrêmement sérieuse de la tomate en Afrique de l'Ouest est le flétrissement bactérien causé par *Rastonia solanacearum*, bactérie tellurique réduisant une part considérable du rendement (Hortense *et al.*, 2010). Les variétés disponibles sont plus ou moins sensibles au flétrissement bactérien. Pour améliorer la performance des variétés sensibles, il faut poursuivre les recherches dans une approche agronomique intégrant le greffage, le recours à des plantes assainissantes, une bonne fertilisation organique et une gestion intégrée des ravageurs et des maladies pendant le cycle cultural (Fondio *et al.*, 2013).

2.3.2. Cas de l'aubergine

Originnaire d'Asie méridionale (Inde et Birmanie), l'aubergine (*Solanum melongera*) est une plante potagère de la famille des *Solanaceae* cultivée pour ses fruits. Par la sélection et l'amélioration, plusieurs variétés sont cultivées dans le monde. De la même famille que la tomate, elles partagent plus ou moins les mêmes maladies et ravageurs qui tendent à réduire la production.

Par contre, des lépidoptères comme *Autoba admota* et *Selepa docilis* sont spécifiques à l'aubergine. *A. admota* ronge et plie le limbe sur lui-même. *S. docilis* ronge les feuilles et laissent subsister les nervures principales.

L'une des maladies qu'on rencontre le plus souvent chez les solanacées est le flétrissement bactérien avec les mêmes dégâts que sur la tomate (Lebeau, 2010). Quant aux insectes ravageurs en plus des dégâts qu'ils causent aux plantes, ils peuvent être vecteurs de maladies virales.

- **Pucerons** (Hemiptera) et **thrips** (Thysanoptera)

Les pucerons *Myzus persicae* et *A. gossypii* sont considérés comme les plus redoutables du fait de leur phytophagie (Halima-Kamel et Hamauda, 1993). De l'autre côté, les thrips causent des dommages aux plantes suite à leur alimentation, et lors des prélèvements ils peuvent transmettre des viroses. La lutte chimique a sélectionné des individus résistants aux insecticides notamment l'espèce *Thrips palmi* (Funderburk et al., 2011).

Cependant les plantes de service comme la tanaïsie (attirer les thrips) et le sarrasin (attirer les syrphes) sont utilisées pour lutter contre les pucerons et les thrips en culture d'aubergine afin de les contrôler et parallèlement augmenter la diversité d'auxiliaires (Minet, 2018). Pour limiter les populations de *A. gossypii*, la coccinelle *Coccinella septempunctata* est efficace sur le concombre sous serre (El Habi et al., 1999).

- **Aleurodes** (Hemiptera, Aleyrodoidea)

L'aleurode *Bemisia tabaci* connue par le nom commun de mouche blanche, est un important ravageur des solanacées et des cucurbitacées. La lutte chimique a aussi sélectionné des individus résistants (Houndété et al., 2010). La lutte biologique reste envisageable par la libération en quantité suffisante de parasitoïdes qui vont pondre leurs œufs à l'intérieur des larves de l'aleurode notamment l'utilisation du micro-hyménoptère *Encarsia formosa* en serre (Gnankine et al., 2013).

- **Autres ravageurs**

En ce qui concerne les acariens, les tarsonèmes étaient rencontrés uniquement sur les solanacées notamment *Polyphagotarsonemus latus* était l'acarien ravageur le plus dominant et il infligeait plus de dégâts aux solanacées (Adango et al., 2006). Au Bénin, l'acarien rouge de la tomate originaire d'Afrique du Sud, *Tetranychus evansi* avait remplacé toutes les espèces locales observées sur les *Solanaceae* dans la région du littoral (Azandéme-Hounmalon et al., 2015).

2.3.3. Cas du concombre et de la courgette

Le concombre (*Cucumis sativus*) est une plante potagère herbacée et rampante. Il fait partie de la famille des *Cucurbitaceae* comme la courgette (*Cucurbita pepo*). Malheureusement, il est attaqué par de nombreux ravageurs et maladies susceptibles de réduire sa production. Il s'agit notamment de la mouche des cucurbitacées (*Didacus spp.*), de la chrysomèle rayée du concombre, les pucerons, les thrips, les acariens, les mouches blanches, les limaces et les asticots.

- Mouche des cucurbitacées (*Didacus spp.*)

Elle est capable de commettre des dégâts considérables conduisant à la forte réduction des surfaces cultivées de manière intensive. Devenue résistante à plusieurs insecticides chimiques, **Badji et al. (2001)** suggèrent la protection avec les produits naturels (neem) comme alternative pour réduire leurs impacts sur l'environnement et l'homme. Par ailleurs l'insertion du maïs (*Zea mays*) dans les agrosystèmes peut servir de plante-piège pour attirer les mouches hors de la parcelle mais aussi permettre d'attirer les adultes des syrphes qui jouent un rôle de prédation et de pollinisation pendant la floraison (**Delpoux et al., 2011**).

- Chrysomèle rayée du concombre (CRC)

La CRC (*Acalymma vittata*) est le principal insecte ravageur des cucurbitacées. Elle est attirée par l'odeur de ces dernières qu'elles soient cultivées ou sauvages. En fonction de son stade de développement, elle peut créer des dommages à différents niveaux (feuilles, tiges, fleurs, fruits et racines) et même servir de vecteurs à certaines maladies notamment la flétrissure bactérienne (*Erwinia tracheiphila*) et virale (CMV) (**Allen et al., 2001**)

- Autres ravageurs

Le puceron *A. gossypii* est aussi l'un des principaux ravageurs du concombre dont la dynamique des populations peut atteindre des niveaux très importants causant ainsi des dégâts considérables (**Habi et al., 1999**). Il peut même transmettre des virus comme le virus de la mosaïque du concombre (CVM). Pour diminuer la pression de ce polyphage, il faut faciliter l'installation des coccinelles, syrphes et chrysopes qui sont ses ennemis naturels.

Par ailleurs le *Thrips palmi* peut détruire rapidement les concombres sous abris par rapport à ceux cultivés en plein champ (**Ryckewaert, 1993**).

En ce qui concerne les acariens, ils constituent un frein majeur sur les cucurbitacées surtout en absence de pluie correspondant à une période favorable à leur pullulation (**Ryckewaert, 1993**). L'intégration de l'auxiliaire *Neoseiulus californicus* sur les cultures a permis de diminuer non seulement la fréquence et l'intensité des dégâts mais aussi la réduction des applications de produits phytosanitaires (**Greco et al., 2005**).

Pour les limaces et asticots qui envahissent les concombres, pour s'en débarrasser il est conseillé de prendre quelques tranches de concombre, de les déposer dans un moule à tarte en aluminium. Il est important de noter que la mise en contact du concombre et l'aluminium produit une odeur désagréable qui repousse les nuisibles (**Kalt, 2014**).

2.3.4. Cas du chou

Origine du sud-ouest de l'Europe, le chou pommé (*Brassica oleracea*) est une espèce de plante de la famille des *Brassicaceae* cultivée pour ses feuilles riches en vitamine et autres éléments. Plusieurs variétés existent et sont cultivées dans le monde. Malheureusement, nombreuses sont les contraintes qui freinent le développement de cette culture notamment les insectes ravageurs comme les chenilles défoliatrices.

La fausse-teigne des crucifères *Plutella xylostella* le principal insecte ravageur est présent sur la culture tout au long du cycle de production susceptible de causer jusqu'à 90% de perte de rendement (**Mondédji, 2010**). Mais d'autres insectes ravageurs sont considérés également important notamment le ver du cotonnier (*Spodoptera littoralis*) un lépidoptère polyphage et le foreur du chou (*Hellula undalis*).

L'une des méthodes alternatives aux insecticides chimiques est la barrière physique. La protection des cultures maraîchères avec des filets anti-insectes en climat tropical s'est avérée extrêmement efficace. Ils ont multiplié par trois le taux de rentabilité de la culture par rapport aux pratiques conventionnelles des petits producteurs (**Martin et al., 2014**).

2.4. Notions d'agroécologie et de biopesticides à base d'extraits de plantes

L'agroécologie est aujourd'hui le sujet de nombreuses études agronomiques. C'est une nouveauté scientifique mais pas nécessairement une nouveauté pour les paysans parce qu'elle regroupe un ensemble de pratiques et de techniques issues du monde paysan.

L'agroécologie repose sur l'utilisation des principes et concepts issus de l'écologie afin de profiter des interactions naturelles bénéfiques (**Gliessman et al., 2007**).

Ces pratiques sont orientées vers la lutte biologique notamment l'utilisation de prédateurs, de parasitoïdes, de méthodes culturales, de résistance variétale, d'insecticide botanique, de méthodes physiques (filet anti-insecte) et de micro-organismes (**Kouassi, 2001**). Tout en privilégiant ces pratiques alternatives, l'agroécologie n'exclut pas les intrants chimiques voire offre même de nouvelles orientations à la chimie (**Simon, 2018**). En ce qui concerne les biopesticides à base d'extraits de plantes en plus d'être moins toxiques face aux ennemis naturels des cultures (**Charleston et al., 2005**), ils sont biodégradables (**Abdallah et al., 2017**) et sélectifs (**Cloyd, 2004**).

2.4.1. Extraits de neem

Originaire d'Inde, le neem ou margousier (*Azadirachta indica*) est un arbre appartenant à la famille des *Meliaceae* qui a beaucoup de vertus. **Bélangier et Musabyimana (2005)** ont montré les formulations à base de neem n'ont aucun effet néfaste sur les insectes bénéfiques et le ravageur ne peut y développer aucune résistance. En Côte d'Ivoire, les feuilles et les écorces de neem sont utilisées pour soigner le paludisme (**Benoit-Vical et al., 1996**). Aussi, l'huile de neem a des effets fongicides contre la pourriture brune des cabosses de cacaoyer (**Pohe et Agneroh, 2013**).

Les graines et feuilles de neem utilisées en traitement foliaire sur la tomate ont réduit le nombre d'adultes de *B. tabaci* et le nombre de larves de *H. armigera* (**Diabaté et al., 2014**) et même en association avec le *Bacillus thuringiensis* (**Habou et al., 2016**). Aussi sur le cotonnier, comme alternative aux pyréthrinoïdes, l'huile est efficace pour lutter contre les populations des ravageurs (chenilles, *Bemisia tabaci* et *Aphis gossypii*) (**Sane et al., 2018 ; Bonni et al., 2018**).

Au Togo, l'efficacité d'extrait hydroéthanolique de feuilles de neem est efficace contre deux principaux ravageurs du chou à savoir *Plutella xylostella*, *Hellula undalis* et *Lipaphis erysimi* (**Mondedji et al., 2014**).

Les extraits aqueux de graine de neem sont efficaces également pour la lutte contre les pucerons vecteurs de la panachure du piment (**Biao et al., 2018**). De plus, la poudre et le tourteau de graines de neem sont efficaces pour réduire la densité des nématodes à galles sur la tomate (**Affokpon et al., 2012**).

Sur l'aubergine (*Solanum melongera*), l'utilisation d'extrait de graines de neem est recommandée pour la protection des plantes contre *Jacobiasca lybica*, *B. tabaci* et *A. gossypii* (**El Shafie et Basedow, 2003**). D'autres formulations de neem ont réduit les dégâts produits par *Sylepta derogata* (**Cobbinah et Osei-Owusu, 1988**).

2.4.2. Autres extraits de plantes

Explorer la possibilité d'utiliser les propriétés pesticides des plantes est devenu un axe de recherche clé dans la lutte intégrée contre les nuisibles. Certaines plantes sont reconnues pour leurs propriétés bioactives à partir des extraits végétaux (aqueux, en poudre ou en huiles essentielles). Elles ont des effets répulsifs, attractifs ou toxiques sur une large gamme d'insectes ravageurs pour la protection des cultures d'intérêt (**Mondal et Khalequzzaman, 2010**).

En dehors du neem, ce sont par exemple : la citronnelle (*Cymbopogon citratus*), le romarin (*Salvia rosmarinus*), le tagète (*Tagetes patula*), le cataire (*Nepeta cataria*), l'ail (*Allium sativum*).

Aussi les extraits de tabac (*Nicotiana tabacum*), de basilic (*Ocimum gratissimum*), de piment (*Capsicum annuum*), de feuilles de papayer (*Carica papaya*), de margousier (*Melia azedarach*), de la fleur de la fête des mères (*Thitonia diversifolia*), de l'hyptis à odeur (*Hyptis suaveolens*), de l'anamalao savoka (*Melanthera scandens*) sont également utilisés.

CHAPITRE 3 : MILIEU D'ETUDE

3.1. Situation géographique

Les zones d'étude sont situées dans le district de Yamoussoukro, la capitale politique et administrative de la République de Côte d'Ivoire. Le département de Yamoussoukro est situé au centre de la Côte d'Ivoire et couvre une superficie de 3500 km². Il est limité au Nord par le département de Tiébissou, au Sud par le département d'Oumé, à l'Est par le département de Dimbokro et à l'Ouest par les départements de Sinfra et de Bouaflé, dans la région de la Marahoué. La **Figure 1** présente la localisation du district autonome de Yamoussoukro.



Figure 1: Géolocalisation du district autonome de Yamoussoukro¹

3.2. Milieu naturel

3.2.1. Climat et précipitation

Le climat de Yamoussoukro est de type équatorial atténué. Il est caractérisé par quatre saisons :

- Une grande saison des pluies de mi-mars à mi-juillet ;
- Une petite saison sèche marquée par un ralentissement des précipitations de mi-juillet à mi-septembre ;

¹ <http://www.cosmovisions.com/CoteIvoire.htm>

- Une petite saison des pluies de mi-septembre à mi-octobre ;
- Une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars et marquée par la présence d'harmattan².

La température moyenne de la région est d'environ 26 °C et l'humidité relative varie entre 75 et 85 % avec des chutes de 40 % en période d'harmattan et entre 80 et 85% en période pluvieuse. La région reçoit en moyenne 1137 mm de pluie par an avec une répartition spatiale très variable dans l'année et d'une année à l'autre (**Kouamé et al., 2014**). La **Figure 2** illustre les prévisions annuelles de la température et de la pluviométrie de l'année 2020.

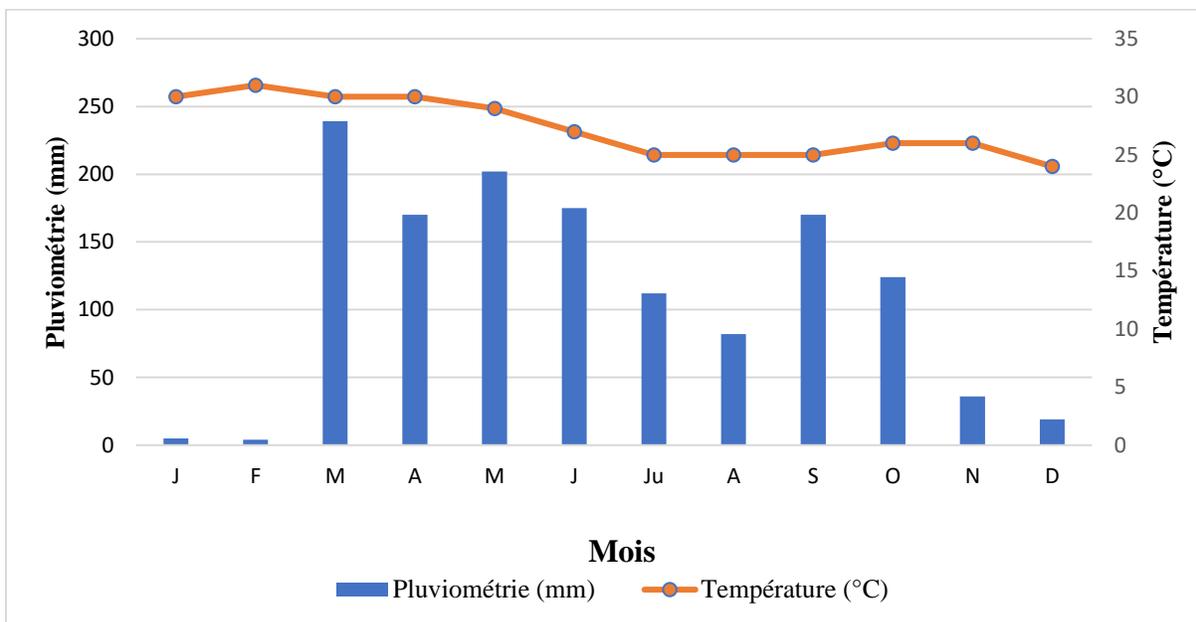


Figure 2: Diagramme climatique du département de Yamoussoukro³ (2020)

3.2.2. Géologie et sols

Le sous-sol du département est caractérisé par une variété de formations géologiques. On y trouve des granites à biotite, des granites à deux micas, des granodiorites, des roches volcaniques basiques et des roches volcano-sédimentaires. Selon la typologie utilisée, les sols du département appartiennent aux grandes classes des sols ferrallitiques et des sols brunifiés au niveau des plateaux et reliefs et aux classes des sols peu évolués des sols hydromorphes dans les plaines et des bas-fonds⁴.

² Vent sec soufflant du Nord vers le Sud de mi-décembre à mi-février

³ <https://www.historique-meteo.net/afrique/cote-d-ivoire/yamoussoukro/2020/>

⁴ https://www.memoireonline.com/12/13/8109/m_etude-de-faisabilite-de-la-mise-en-place-du-reseau-d-information-economique-du-tourisme-pour-la6.html

3.2.3. Hydrographie et végétation

Le département est parcouru par un réseau hydrographique dense et ramifié avec le fleuve Bandama, les rivières N'zi et Kan et leurs affluents. Sur le fleuve Bandama, il a été construit le barrage hydroélectrique de Kossou. Sur chacune des deux rivières et leurs affluents, de nombreux barrages hydro-agricoles y sont également construits.

La flore du département est dominée par la savane pré-forestière parsemée plus ou moins de petits arbres et entrecoupée de bosquets et îlots forestiers. Sur les sols sableux drainés, apparaissent des peuplements de rôniers (*Borassus aethiopium*).

DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 4 : MATERIEL

4.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé :

- Des pépinières de chou pour l'expérimentation au bureau régional de l'IECD au quartier millionnaire de Yamoussoukro ;
- Des principales plantes cultivées par les maraichers notamment la tomate, le concombre, la courgette, le chou et l'aubergine de différentes variétés (**Tableau 1**) et à différents stades de développement en plein champ.

Tableau 1: Variétés utilisées par les producteurs

| Cultures | Variétés |
|-----------|------------|
| Tomate | Cobra F1 |
| Concombre | Green-go |
| Courgette | Nimba |
| Aubergine | Kalenda F1 |
| Chou | Oxylus |

4.2. Matériel technique utilisé

Pour mener à bien notre étude, nous avons eu recours à certains outils et supports techniques pour la réalisation des activités (**Tableau 2**).

Tableau 2: Récapitulatif du matériel de travail

| Fonction du matériel | Types de matériel |
|--|--|
| Mise en place des pépinières | Structure hors-sol, plaques alvéolées (72 alvéoles), substrat |
| Géoréférence des parcelles des producteurs | Application « maps.me » |
| Préparation et traitement des extraits de plantes (Annexe 1) | Mortiers, mixeur, pilons, balance de 100 kg model, seau, caisse, tamis, cache-nez, pulvérisateur manuel, seringue, gants |
| Prise de notes | Papier RAM (format A4), stylo |
| Prises de vues | Appareil photo numérique (iPhone 6) |
| Identification des insectes | Loupe binoculaire, manuel de guide pratique |
| Collectes et analyse de données | Pack office 2019, XLSTAT 2019, Zotero |

4.3. Produits phytosanitaires et biopesticides utilisés

4.3.1. En pépinière de chou

Trois traitements ont été mis en comparaison à savoir :

- Le témoin non traité (T0);
- L'extrait aqueux de feuilles de neem (T1) ;
- L'extrait aqueux poudre de tabac (T2).

4.3.2. En milieu paysan

Pour cette étude, plusieurs pesticides chimiques, biopesticides commercialisés et biopesticides à base d'extraits de plantes ont été utilisés par les producteurs pilotes.

4.3.2.1. Pesticides chimiques

Pour l'ensemble des pesticides chimiques utilisés par les producteurs, leurs composition en substances actives, leurs modes d'action, et les cultures cibles sont synthétisés dans le **Tableau 3**.

Tableau 3: Caractéristiques des pesticides chimiques utilisés par les producteurs

| Nom commercial | Natures | Substances actives | Compositions | Modes d'action | Coûts (FCFA) | Cultures cibles |
|-------------------------------|--------------------------|---|-----------------|-----------------------|--------------|---|
| Kapaas | Insecticide et acaricide | Emamectine benzoate + Abamectine + Acetamipride | 20g/120g/140g/l | Systémique et contact | 2500/125 ml | Concombre, chou pommé, tomate et aubergine violette |
| Ivory/ Mancozèbe 80 WP | Fongicide | Mancozèbe | 800g/kg | Contact | 3500/kg | Tomate, aubergine violette, chou pommé et concombre |
| Cypercal | Insecticide | Cypermethrine | 50g/l | Contact | 5500/l | Tomate |
| K-optimal | Insecticide | Lambda-cyhalothrine + Acétamipride | 15g/20g/l | Systémique | 4500/l | Concombre, aubergine violette, chou pommé |

| | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|---|--|------------|-----------------|---|
| | | | | | | courgette verte et tomate |
| Viper | Insecticide | Indoxacarb + acétamipride | 30g/16g/l | Systemique | 12000/l | Aubergine violette |
| Ortherne 75 S.P | Insecticide | Acéphate | 75% | Systemique | 4000/200g | Aubergine violette |
| Folialm | Engrais foliaire | NPK | 11%N+8%P ₂ O ₅ +6%K ₂ O | Systemique | 3000/l | Aubergine violette |
| Abalone | Acaricide | Abamectine | 18g/l | Systemique | 3000F/200 ml | Aubergine et tomate |
| Alliette | Fongicide/ bactéricide | Fosétyl-Al | 800 g/kg | Systemique | 6500/kg | Concombre, chou pommé et aubergine violette |
| Tihan | Insecticide | Flubendiamide + Spirotetramate | 100g/175g/l | Systemique | 5000/100 ml | Chou pommé |
| Callicuivre | Fongicide | Oxychlorure de cuivre | 50% | Contact | 8000/kg | Courgette verte |
| Sauveur | Insecticide | Lambda- cyhalothrine + Acétamipride | 30g/30g/l | Systemique | 5000/0,5l | Chou pommé et aubergine violette |
| Banko plus | Fongicide | Chlorothalonil +Carbendazime | 550g/100g/l | Systemique | 10000/l | Tomate |

4.3.2.2. Biopesticides commercialisés

Des biopesticides commercialisés existent et certains sont également utilisés par quelques producteurs pilotes. L'ensemble de ces produits sont représentés dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Caractéristiques des biopesticides utilisés par les producteurs

| Nom commercial | Natures | Matières actives | Compositions | Modes d'action | Coûts (en FCFA) | Cultures cibles |
|---------------------------|--|---|---|----------------|-----------------|---|
| GREEN-FERTI plus | -Organique -Fongicide -Bactéricide - Régénérateur de terre | Phosphore total P ₂ O ₃ , potassium K ₂ O, cobalte, bore, fer, magnésium, zinc, cuivre | 15.1g/2.80g/1.80g/1.22mg/3.8mg/5.2mg/8.3mg/2.2mg/6.5mg/100g | Systemique | 13000F/l | Tomate, concombre |
| CONTROL-ACTIF plus | -Insecticide -Acaricide | Nimbine +Salanine +Azadirachtine | 3,450g/4,423g/2,786g/L | Systemique | 13000F/l | Tomate, aubergine violette, courgette verte |
| Tricost | Fongicide | <i>Trichoderma viride</i> | 2*10 ⁶ CFU/g | Systemique | 4000F/kg | Tomate, concombre, |
| Batik | Insecticide | <i>Bacillus thuringiensis var Kurstaki</i> | 32000UI/mg | Systemique | 4500F/160g | Chou pommé |

4.3.2.3. Biopesticides à base d'extraits de plantes

Des biopesticides à base d'extraits de plantes sont préparés en association ou non par les producteurs eux-mêmes suite aux formations qu'ils ont reçues en amont par les formateurs du projet TAMCI.

L'ensemble de ces extraits et leurs caractéristiques spécifiques selon les producteurs sont représentés dans le **Tableau 5**.

Tableau 5: Extraits de plantes utilisés par les producteurs

| Plantes | Parties utilisées | Types d'extrait | Natures du traitement | Cultures cibles |
|--|--------------------------|------------------------|------------------------------|--|
| Neem (<i>Azadirachta indica</i> A.J.) | Feuilles | Aqueux | Insecticide | Tomate, aubergine violette, courgette verte et concombre |
| Tabac (<i>Nicotiana tabacum</i>) | Poudre | Aqueux | Insecticide | Concombre, courgette verte et chou pommé |
| Phyllanthus (<i>Phyllanthus niruri</i>) | Feuilles | Aqueux | Insecticide | Chou pommé, courgette verte et aubergine violette |
| Ail (<i>Allium sativum</i>) | Gousses | Aqueux | Insecticide et fongicide | Tomate et aubergine violette |
| Papaye (<i>Carica papaya</i>) | Feuilles | Aqueux | Fongicide | Tomate, courgette verte et concombre |
| Piment (<i>Capsicum annuum</i>) | Poudre de piment | Aqueux | Insecticide | Tomate, courgette verte et aubergine violette |
| Manioc (<i>Manihot esculenta</i>) | Poudre d'amidon | Aqueux | Fongicide | Tomate et aubergine violette |
| Kaolin | Poudre | Aqueux | Insecticide | Tomate, aubergine violette et courgette verte |
| Savon | Liquide | Aqueux | Insecticide | Tomate, courgette verte et concombre |
| Banane | Rachis | Aqueux | Fertilisation foliaire | Tomate et aubergine violette |
| Bouse de vache | Séchée | Aqueux | Fertilisation foliaire | Tomate, aubergine violette et courgette verte |
| MAB (Microorganismes Autochtones Bénéfiques) | Liquide | Aqueux | Fertilisation foliaire | Tomate, concombre et courgette verte |

CHAPITRE 5 : METHODES

5.1. Sites d'étude

5.1.1. Pépinière de chou

Les essais en pépinière ont été menés sur le site du bureau régional de l'IECD à Yamoussoukro (06°48'25.85''N 05°14'40.68''W). Les pépinières de chou ont été placées dans les conditions ambiantes dans une cage hors sol (**Figure 3**).



Figure 3: Cage hors sol

Un essai en pépinière a été mené spécifiquement sur le chou contre les pucerons verts (*Myzus persicae* ou *Lipaphis erysimi*). Cet essai visait l'évaluation de l'efficacité de deux extraits de plantes utilisés par les producteurs (extrait aqueux de feuilles de neem et extrait aqueux de poudre de tabac). Les pucerons aptères étaient sélectionnés à cause des dégâts qu'ils peuvent commettre au démarrage des plantules et de leur faible mobilité. Les plantules de pépinières accompagnées du substrat, provenaient de la parcelle du **Producteur 1**.

5.1.2. Milieu paysan : choix des producteurs et des cultures

L'étude a été réalisée dans trois localités du district de Yamoussoukro que sont : N'gattakro (9 km), Zatta (16.8 km). et Akpessekro (11 km). L'ensemble des producteurs choisis selon leur répartition est regroupé dans le **Tableau 6** et la localisation des sites d'études est représentée sur la **Figure 4** (en rouge). En plein champ, le choix des cultures a été fait sur la base de leur importance économique, de la forte pression des ravageurs et de leur valeur nutritive (**Tableau 1**).

Tableau 6: Répartition des producteurs pilotes

| Producteurs | Superficies totales | Localisations géographiques | Villages |
|--------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| Producteur 1 | 5 ha | 06°53'10.5''N 05°22'24.45''W | |
| Producteur 2 | 1 ha | 06°53'05.3''N 05°21'02.93''W | N'gattakro |
| Producteur 3 | 1 ha | 06°51'13.76''N 05°20'08.90''W | |
| Producteur 4 | 2 ha | 06°51'38.92''N 05°24'21.61''W | Zatta |
| Producteur 5 | 1 ha | 06°44'00.4''N 05°19'51.15''W | Akpessekro |

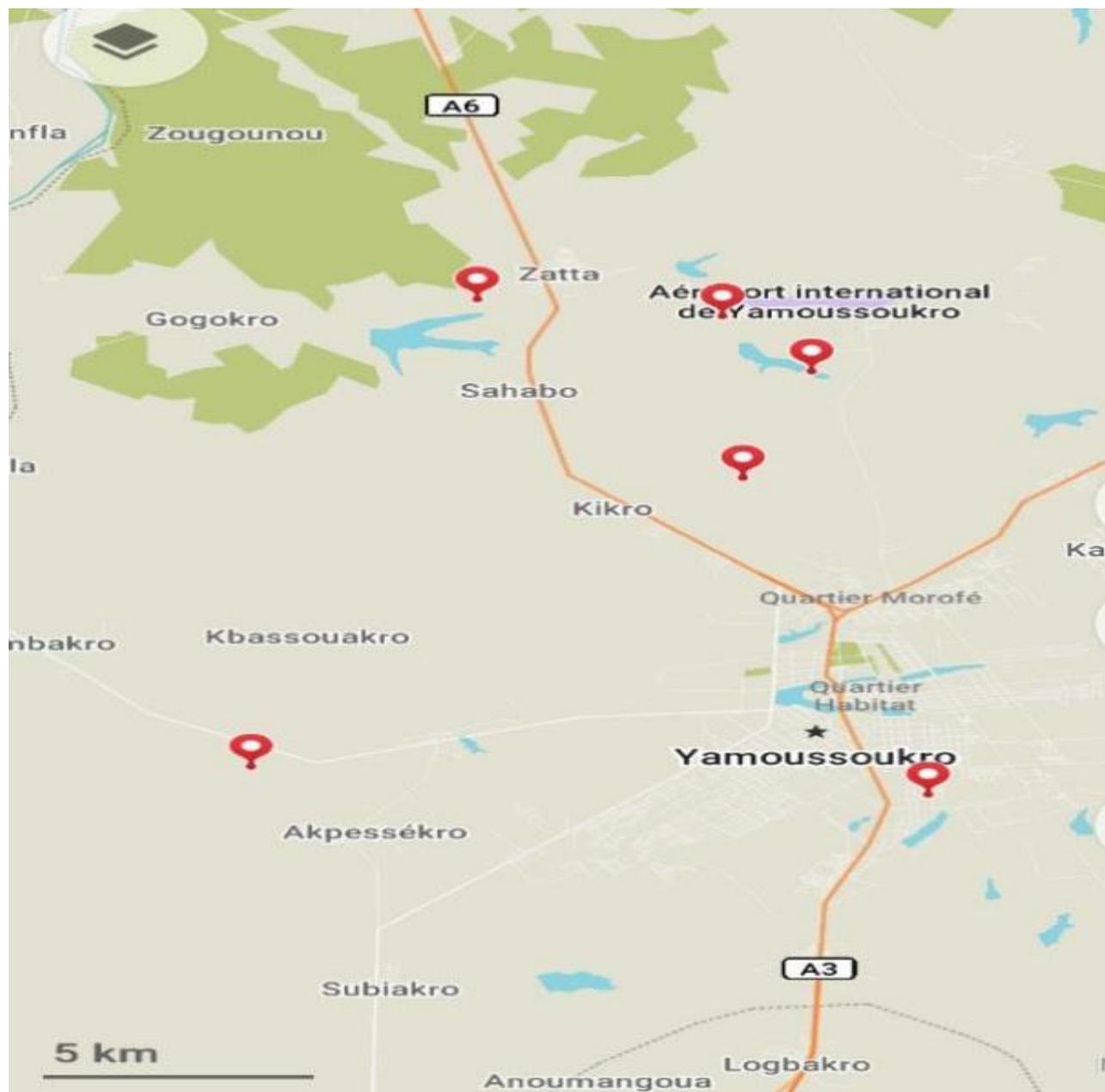


Figure 4: Géolocalisation des sites d'études (maps.me)

Pour mener à bien cette étude, cinq producteurs relais volontaires, répartis en ces trois zones ont été sélectionnés sur la base de leurs motivations et des compétences techniques pour mener les expérimentations et démonstrations en lien avec les chercheurs du Cirad. Ils sont accompagnés de manière rapprochée.

5.2. Choix du dispositif expérimental et technique d'échantillonnage

5.2.1. En pépinière de chou

Le dispositif en bloc aléatoire complet a été utilisé. Nous avons 3 blocs ou répétitions de 3 traitements en randomisation totale sur 3 plaques. Chaque bloc était constitué de 5 plants de chou. Cinq jours après le repiquage, chaque plant a été inoculé par cinq pucerons (**Figure 5 a**). Les plants étaient disposés de telle sorte qu'ils ne se touchent pas (**Figure 5 b**). Les pulvérisations à base d'extraits de feuilles de neem ou de poudre de tabac ont eu lieu tous les 3 jours pendant une semaine. La technique consistait à faire des comptages des pucerons par plant avant chaque pulvérisation.



Figure 5: Dispositif expérimental en pépinière de chou

Les principaux traitements mis en expérimentation étaient :

- T0 : Témoin non traité ;
- T1: Traitement avec feuilles de neem ;
- T2: Traitement avec poudre de tabac.

5.2.2. En milieu paysan

Les cultures en plein champ ont servi de démonstration en comparaison (ou pas) avec la pratique habituelle des producteurs.

Le dispositif expérimental aléatoire était donc constitué d'une parcelle dans laquelle une partie significative (1/3 ou 1/2) était protégée avec l'innovation (extrait de plante/filet anti-insecte) et l'autre partie de témoin (pratiques habituelles du producteur).

Les choix des traitements sont faits par les producteurs eux-mêmes selon les saisons. Les pulvérisations d'extraits de plantes sont généralement effectuées deux fois par semaine (trois en cas de pluie ou de forte infestation) et une seule fois par semaine en production conventionnelle (deux en cas de pluie ou de forte infestation). En ce qui concerne le filet anti-insecte (tissage 10 par 8 et taille des mailles : 710*960 µm) sur le chou, il est installé dès le repiquage jusqu'à la récolte (**Annexe 2**).

Sur chaque parcelle, des comptages d'insectes vivants (ravageurs, prédateurs et pollinisateurs) sont réalisés chaque semaine sur 20 à 10 plants, selon le stade de développement des plantes constituant autant de répétitions pour l'ensemble des cultures rencontrées. L'échantillonnage des plants se faisait au hasard suivant la diagonale en éliminant autant que possible les plantes de bordure et en espaçant de 3, 5 ou 10 plants selon la superficie de la parcelle.

Pour le dénombrement, étant donné la taille relativement importante de la plupart des insectes, nous avons procédé par un comptage à vue, méthode décrite par **Lecomte (1962)**. Plus précisément la méthode consistait à effectuer un dénombrement instantané sur une surface beaucoup plus importante (plus de 1m). Dans le comptage, certains insectes sont pris en compte au stade larvaire et adulte. Pour identifier les insectes, nous nous sommes servis du guide pratique de **Philippe et Béatrice (2017)** et des sites de recherche (Ephytia-Inra, Plantwise Knowledge Bank, Tropicultura, etc).

5.3. Méthode de préparation des extraits de plantes

Nous avons appliqué les recommandations du guide pratique de l'ONG **ESSOR (2018)** basé sur des résultats scientifiques mis en pratique par des producteurs maraîchers de Brazzaville. Les feuilles de neem et la poudre de tabac sont les extraits les plus utilisés par les producteurs pilotes. D'où l'intérêt d'évaluer leur efficacité sur un ravageur cible abondant et disponible : les pucerons du chou. Le mode de préparation se résume en 5 étapes pour l'extrait de feuilles de neem (**Figure 6**).

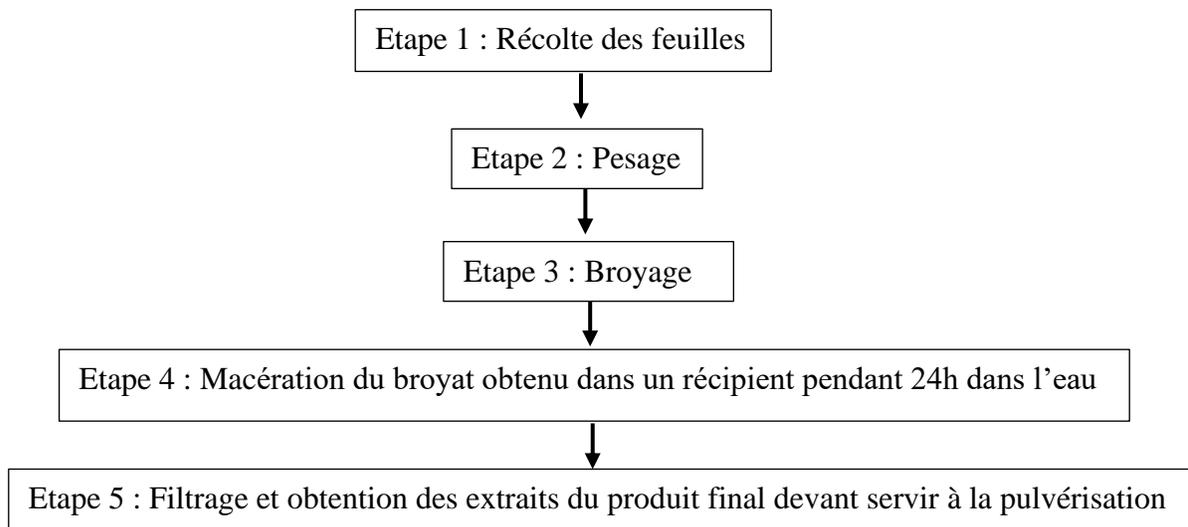


Figure 6: Différentes étapes de préparation d'extraits de feuilles

- Pour une préparation d'extrait de feuilles de neem pour 15 l d'eau, il faut broyer 3 kg de feuilles et laisser macérer 24h.
- Pour préparer l'extrait de poudre de tabac il faut : 20 mg de la poudre de tabac pour 400 ml d'eau correspondant à une solution mère. A chaque traitement il fallait prélever 12.5 ml pour 400 ml d'eau.

5.4. Collecte des données qualitatives

Les données qualitatives reposaient spécifiquement sur l'efficacité des biopesticides utilisés sur leurs parcelles en termes d'adoption, de perception et de limites des innovations. A cet effet, un questionnaire a été rédigé pour le recueil d'informations prenant en compte les avantages et les limites des biopesticides (**Annexe 4**).

5.5. Méthode de comparaison des productions : cas de la tomate

Pour comparer les rendements en production conventionnelle et en production agroécologique, deux parcelles de tomate de la même variété (Cobra F1) ont été mises en place servant de comparaison. Ces deux parcelles étaient à leur 3^{ème} récolte au moment de l'échantillonnage. Pour comparer les productions, cinq (5) séries de 10 plants ont été sélectionnées par 5 lignes par production (agroécologique et conventionnelle) et au hasard tout en excluant les lignes de bordure. Nous avons cueilli et pesé tous les fruits vendables par 10 plants (**Figure 7**). Qu'il y ait des tomates vendables ou pas, le plant est compté s'il fait partie des 10 plants sélectionnés.

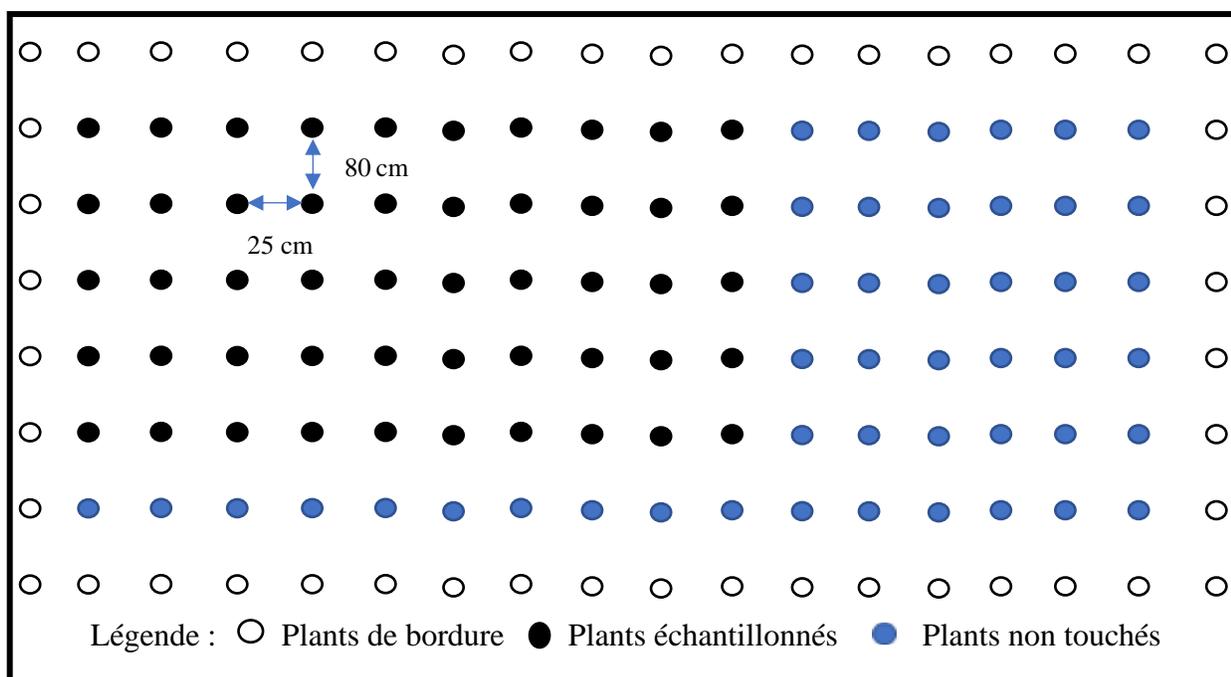


Figure 7: Echantillonnage de la production de tomate

5.6. Méthode de conservation de la tomate

Pour évaluer la durée de la conservation de la tomate produite en agroécologie et en conventionnelle, 10 tomates vendables ont été récoltées au hasard dans chaque parcelle (agroécologique et conventionnelle). Ces deux échantillons étaient ensuite identifiés par des numéros. A partir des observations nous avons enregistré les dates de pourritures.

5.7. Analyse statistique

La saisie des données a été effectuée avec l’outil informatique à l’aide du logiciel Excel 2019. Il a permis de calculer les moyennes et écart-types des insectes observés en plein champ. Ces moyennes ont permis de faire des diagrammes et des courbes d’évolution des insectes.

En pépinière de chou, l’analyse statistique des données s’est faite avec le logiciel XLSTAT 2019 avec une analyse des variances (ANOVA) à un facteur (traitement d’extraits de plantes). Elle a concerné essentiellement la comparaison des différents traitements en fonction de l’évolution des populations de pucerons. Les tests de Turkey et Dunnett ont été appliqués à l’ensemble des couples de traitements possibles (T0-T1, T0-T2 et T1-T2) pour savoir quel couple de traitement est significativement différent par rapport à d’autres. La méthode de comparaison utilisée pour la ségrégation des moyennes en cas de différence significative est le test de Duncan à 5%.

TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET
DISCUSSION

CHAPITRE 6 : RESULTATS

6.1. Calendrier culturel des cultures suivies

Les pratiques culturelles variaient selon les cultures. La tomate, l'aubergine et le chou passaient en pépinière alors que la courgette et le concombre allaient en semis direct. Les dates de début de cultures variaient d'une spéculation à une autre mais tous les suivis de parcelles s'étalaient en saison pluvieuse. Aussi, les superficies des essais en agroécologie étaient réduites par rapport aux pratiques habituelles des producteurs. Les stades de développement des cultures suivies sont regroupés dans le **Tableau 7**.

Tableau 7: Stades de développement des cultures observées

| Cultures | Pratiques | Superficiés (m ²) | Variétés | Date de repiquage/semis | Date de floraison | Date de fructification | Date de la première récolte |
|-----------------|-----------------|-------------------------------|----------|-------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Tomate | Agroécologique | 500 | Cobra F1 | 01/05/2020 | 27/05/2020 | 10/06/2020 | 01/07/2020 |
| | Conventionnelle | 7000 | | | | | |
| Aubergine | Agroécologique | 500 | Kalenda | 03/05/2020 | 03/07/2020 | 09/07/2020 | 01/08/2020 |
| | Conventionnelle | 1500 | F1 | 10/05/2020 | 15/07/2020 | 23/07/2020 | 01/08/2020 |
| Concombre | Conventionnelle | 700 | Greengo | 03/07/2020 | 05/08/2020 | 14/08/2020 | 19/08/2020 |
| Courgette verte | Agroécologique | 300 | Nimba | 22/06/2020 | 14/07/2020 | 29/07/2020 | 04/08/2020 |
| Chou | Sous filet | 30 | Oxylus | 02/09/2020 | 07/10/2020 (début de pomaison) | | --- |
| | Sans filet | 250 | | | | | |

6.2. Insectes majeurs rencontrés

– Tomate

Les principaux insectes rencontrés sur la tomate et leurs dégâts sont :

- Les chenilles *Tuta absoluta* (a) et *Helicoverpa armigera* (b) dont les dégâts sont représentés respectivement aux **Figure 8 (a)** et **(b)** ;
- Les adultes d'une mouche de fruits (**Figure 9**) ;
- Les mouches blanches, les thrips et les pucerons.

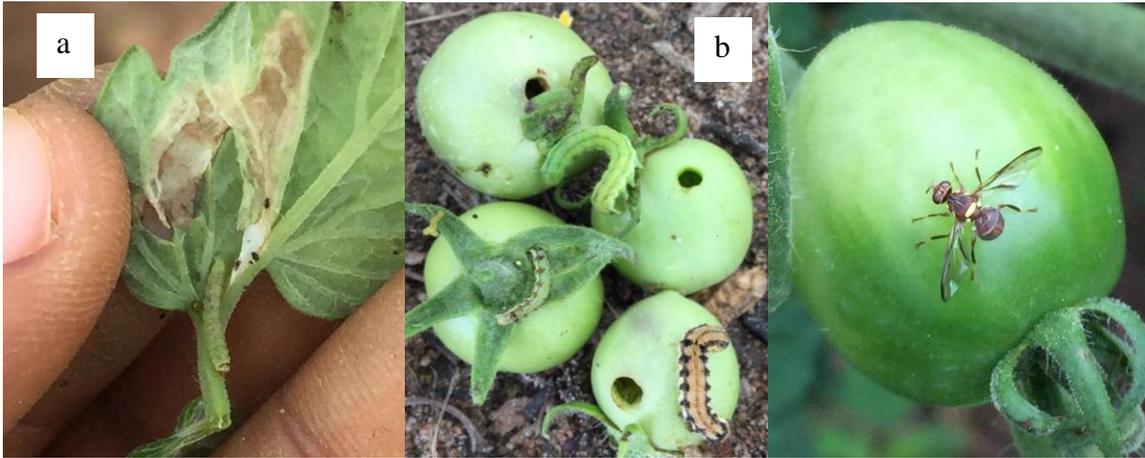


Figure 8 : Dégâts de larves de *T. absoluta* (a) et d'*H. armigera* (b) sur tomate

Figure 9 : Adulte d'une mouche de fruits sur tomate

- Aubergine violette

Sur l'aubergine violette, des dégâts de larves de chenilles (*Autoba admota* (a) et *Selepa docilis* (b)), des jassides et des thrips sont observés. Comme les **figures 10 (a et b)** le montrent, ces chenilles sont défoliatrices tandis que les jassides (**Figure 11**) semblaient ne pas causer des dommages directs à la plante.

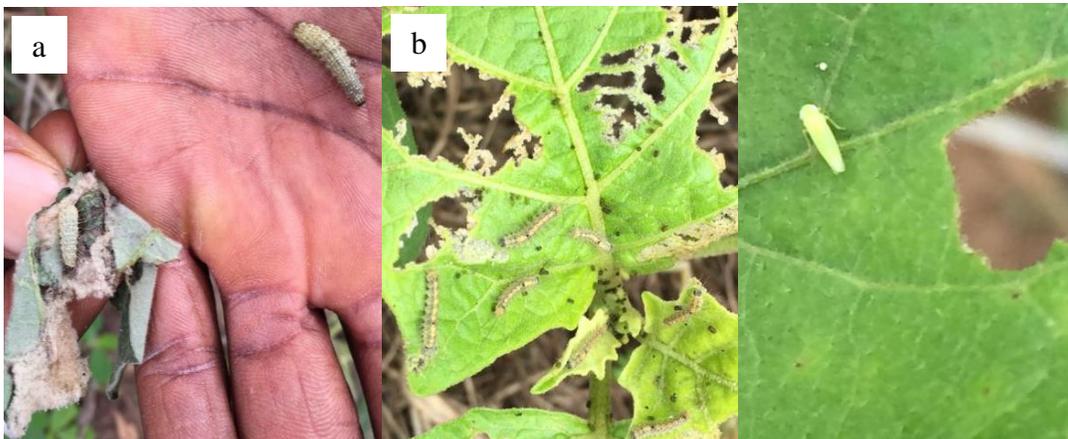


Figure 10 : Dégâts de larves d'*Autoba admota* (a) et de *Selepa docilis* (b) sur aubergine

Figure 11 : Jasside adulte sur aubergine

- Concombre / courgette

Sur le concombre nous avons observé des chenilles comme *Spodoptera littoralis* (**Figure 12**), la mouche des cucurbitacées (*Dacus ciliatus*) (**Figure 13**) et les thrips.



Figure 12 : Larves de *Spodoptera littoralis* sur concombre

Figure 13 : Adulte de la mouche des cucurbitacées

Pour la courgette, le principal ravageur (la chrysomèle) et ses dégâts sont surtout observés au niveau des feuilles (**Figure 14 a et b**) qu'au niveau des fleurs (**Figure 14 c**). Des populations de pucerons, de mouches blanches et de thrips étaient aussi observées.

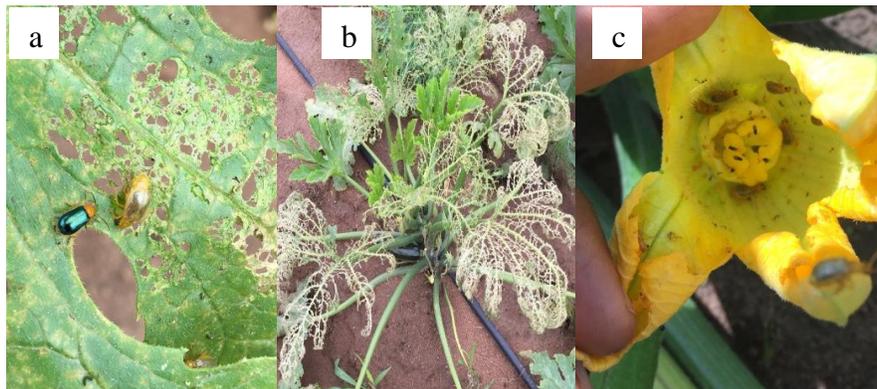


Figure 14 : Dégâts de larves et adultes de chrysomèles sur courgette

– Cas du chou

Les ravageurs observés sont : les larves et adultes de *Plutella xylostella* (**Figure 15**), les larves de *Hellula undalis* (**Figure 16**) et les pucerons (**Figure 17**).



Figure 15 : Larves et adultes de *Plutella xylostella* sur chou

Figure 16 : Larves d'*Hellula undalis*

Figure 17 : Larves et adultes de pucerons

Les insectes ravageurs des cultures n'étaient pas les seuls rencontrés. Des prédateurs et des pollinisateurs sont également identifiés (**Annexe 5**). Ce sont les coccinelles, les punaises prédatrices, les mantes religieuses, les araignées, les guêpes, etc. Aussi, le concombre était sensible au mildiou.

6.3. Parasitisme général

L'entomofaune des cultures suivies était diversifiée quelle que soit le système de pratiques (agroécologique ou conventionnelle). Certains insectes étaient abondants par rapport à d'autres durant le cycle de production (**Tableau 8**).

Tableau 8: Parasitisme général observé

| Insectes / Cultures | | Tomate | Concombre | Courgette | Aubergine | Chou |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Ravageurs | Pucerons | ++ | + | + | ----- | +++ |
| | Thrips | ++ | +++ | +++ | ++ | ----- |
| | Jassides | ----- | + | + | +++ | ----- |
| | Mouche blanche | +++ | + | + | + | ----- |
| | Mouches de fruits | + | +++ | +++ | ----- | ----- |
| | <i>Helicoverpa spp.</i> | ++ | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | <i>Tuta absoluta</i> | +++ | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | <i>Spodoptera littoralis</i> | ----- | + | ----- | ----- | ----- |
| | <i>Selepa docilis</i> | ----- | ----- | ----- | + | ----- |
| | <i>Plutella xylostella</i> | ----- | ----- | ----- | ----- | +++ |
| | <i>Hellula undalis</i> | ----- | ----- | ----- | ----- | + |
| | Chrysomèles | ----- | ++ | +++ | ----- | ----- |
| | Acariens | + | + | ----- | ++ | ----- |
| | Prédateurs et pollinisateurs | Punaises prédatrices | ++ | + | + | ++ |
| Coccinelles | | + | ++ | +++ | ----- | ----- |
| Fourmis | | ++ | ++ | +++ | + | ++ |
| Araignées | | ++ | ++ | ++ | ++ | +++ |
| Libellules | | +++ | +++ | ++ | ++ | + |
| Abeilles | | +++ | +++ | +++ | + | ----- |

Légende : ---- Absence + Peu abondant ++ Moyennement abondant +++ Très abondant 44

6.4. Dynamique des populations de ravageurs, prédateurs et pollinisateurs

6.4.1. En pépinière : évaluation de l'effet des traitements sur les pucerons

Le début des observations correspond à 35 jours après le repiquage et 18 jours après l'inoculation des pucerons verts. Le test de Fisher est égal à 0.505 (>5%). Les moyennes des pucerons par traitement sont : 18.2 (T0), 13.9 (T1) et 11.3 (T2). Le nombre de pucerons reste relativement élevé sur le témoin et faible au niveau des plants traités à la poudre de tabac. Les tests de comparaison montrent que les traitements ne sont pas significativement différents par rapport au témoin (**Annexe 6**). Le **Tableau 9** présente les moyennes des pucerons par traitement.

Tableau 9: Analyse statistique des moyennes de pucerons

| Traitements | Pucerons du chou |
|----------------|------------------|
| T0 | 18,200 a |
| T1 | 13,900 a |
| T2 | 11,300 a |
| Pr > F(Modèle) | 0,505 |
| Significatif | Non |

T0 : Témoin

T1 : Feuilles de neem

T2 : Poudre de tabac

6.4.2. En milieu paysan

6.4.2.1. Cas de la tomate

– Niveau d'infestation

Les moyennes des insectes majeurs dans les deux systèmes depuis le repiquage à la première récolte sont représentées sur la **Figure 18**.

Les ravageurs majeurs comme *T. absoluta* et les thrips respectivement 7 et 3 étaient relativement les plus nombreux au sein des deux systèmes. Par ailleurs, les fourmis étaient plus élevées en production agroécologique. Pour les autres insectes, en comparant les pratiques des deux systèmes (Conventionnel et agroécologique), nous constatons que le niveau d'infestation était pratiquement le même.

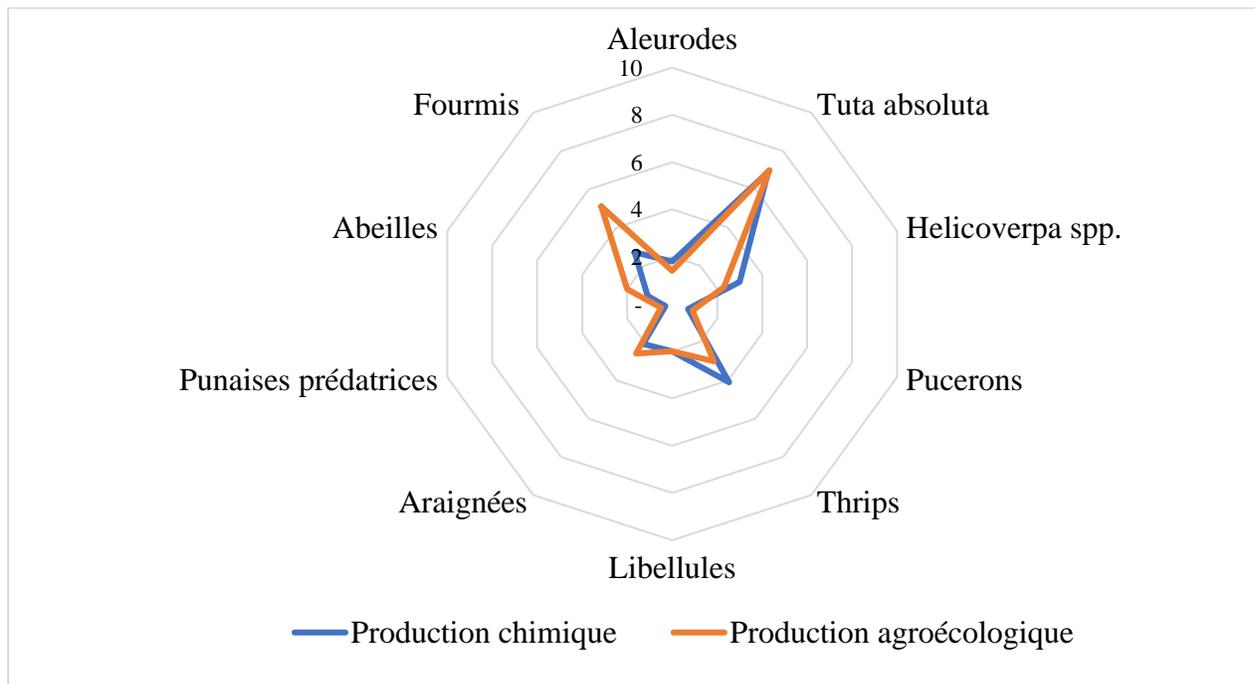


Figure 18 : Entomofaune majeure observée par plant sur la tomate

- Production et durée de conservation de la tomate

Sur la même culture et sous les mêmes conditions, la production a été évaluée ainsi que la durée de conservation.

Au niveau de la production, une différence de 60 g au profit de la production agroécologique (**Figure 19**).

En ce qui concerne la conservation, au bout de 10 jours, deux fruits pourris sont enregistrés en production conventionnelle alors qu'en agroécologie les tomates sont au complet. Au 17^{ème} jour de conservation, nous avons enregistré 4 pourritures de tomate conventionnelle et 2 en agroécologie. Au bout d'un mois, toutes les tomates en production conventionnelle étaient pourries alors qu'en agroécologie nous enregistrons 2 en stock.

Le système agroécologique est bien prometteur en termes de production (**Figure 19**) et de durée de conservation de fruits (**Figure 20**).

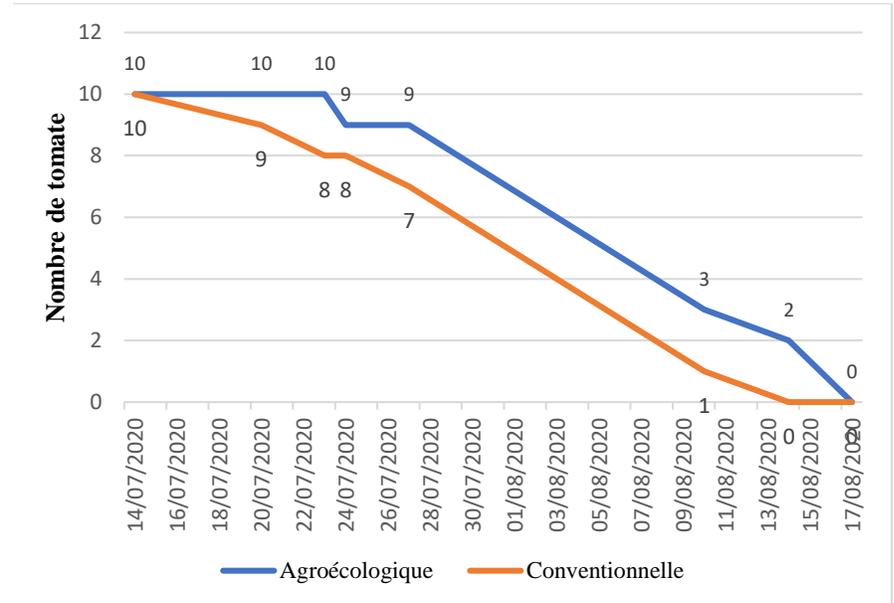
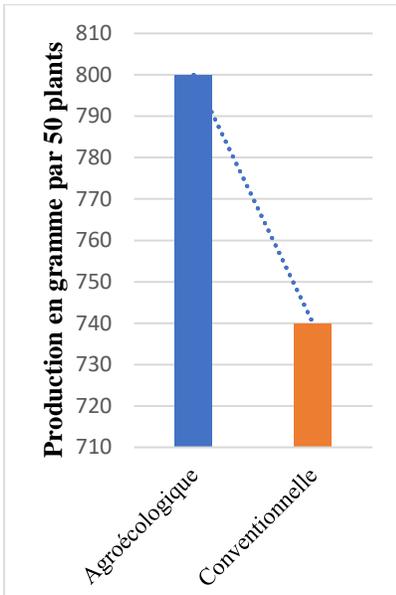


Figure 19 : Production de tomate

Figure 20 : Durée de la conservation de la tomate par type de pratique

6.4.2.2. Cas de l'aubergine

Les insectes ont été observés de la floraison à la première récolte et on a pu constater que le système agroécologique est autant efficace que le système conventionnel (**Figure 21**). Les insectes représentés sur la figure 21 sont les moyennes d'insectes majeurs par plant de la floraison à la première récolte. En conventionnel, nous constatons que l'effectif des thrips et des jassides était plus élevé qu'en production agroécologique. En ce qui concerne les aleurodes, nous avons compté jusqu'à 45 par plant du repiquage à la première récolte. La chenille *Autoba admota*, les fourmis, les papillons, les libellules et les punaises prédatrices y étaient minoritairement dénombrés.

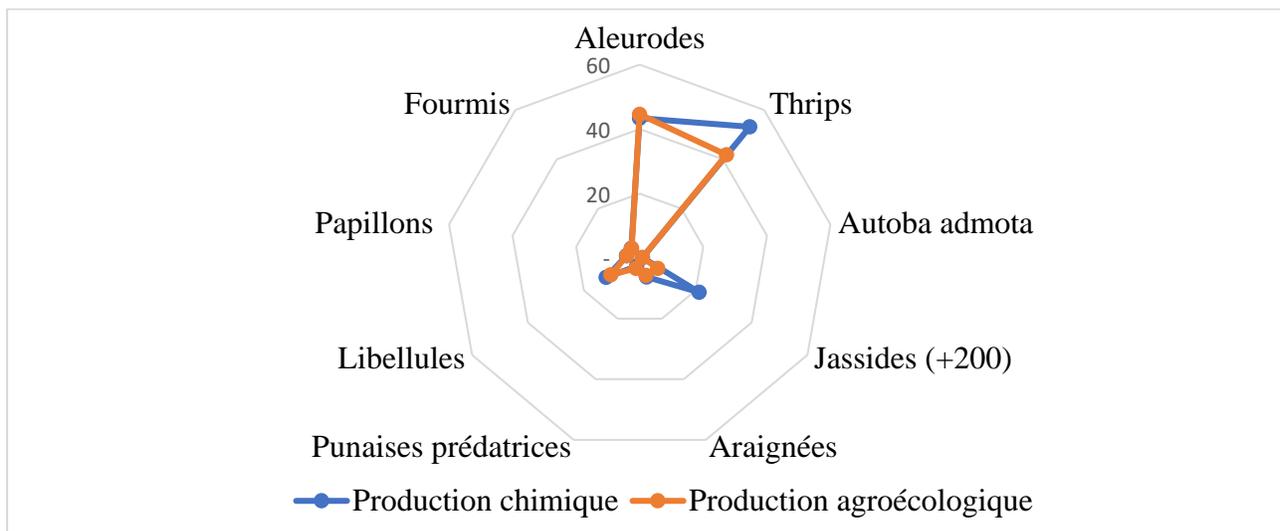


Figure 21 : Entomofaune majeur observée par plant sur l'aubergine

6.4.2.3. Cas du concombre et de la courgette

Les cultures de concombre et de courgette étaient soit en production conventionnelle (concombre) et soit en production agroécologique (courgette). L'efficacité des deux systèmes a été évaluée en termes de dynamique de populations majeures en fonction des apports phytosanitaires. La **Figure 22** représente la dynamique des insectes majeurs de la courgette tout le long du cycle et la **Figure 23** représente celle du concombre.

- Au niveau de la courgette, nous remarquons que les aleurodes étaient les plus nombreux relativement, ensuite viennent les pucerons et les thrips. Par contre les chrysomèles considérées comme le ravageur principal de la courgette, dont les espèces pourraient être *Lamprocopa occidentalis*, *Asbecesta cyanipennis* ou *Aulacophora africana*, étaient aussi observées tout au long du cycle mais minoritairement.

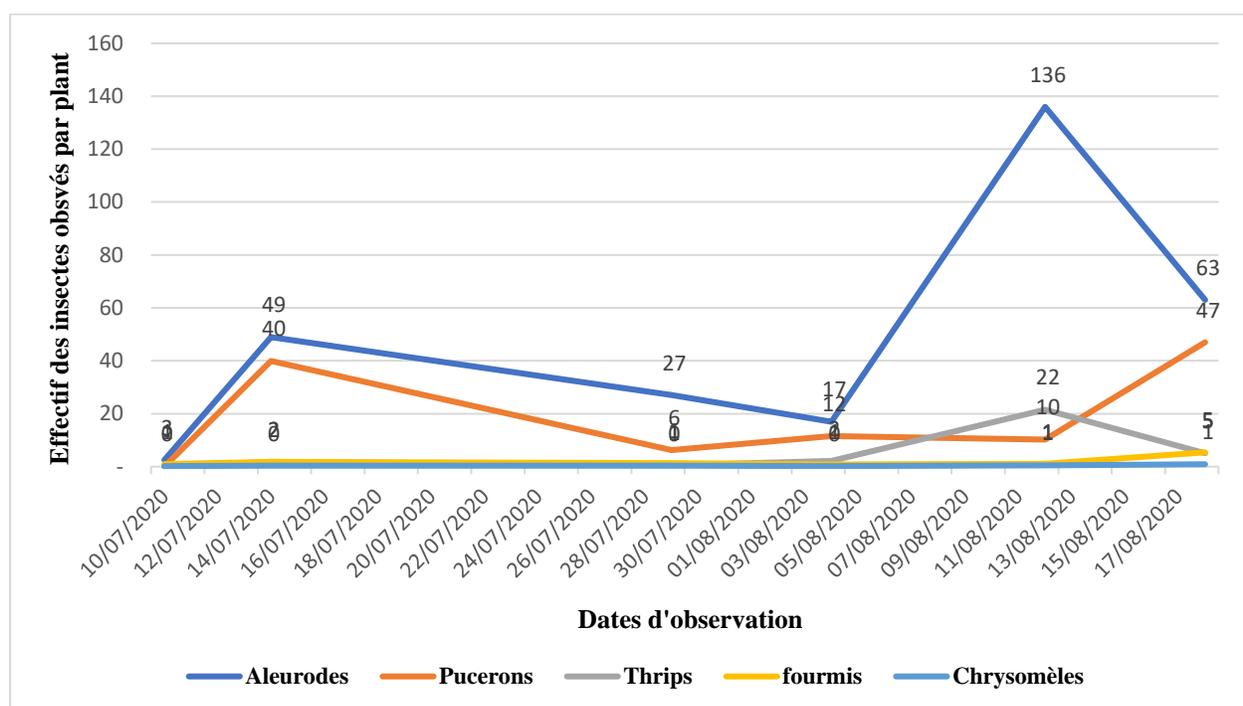


Figure 22 : Evolution de la dynamique des insectes majeurs de la courgette

- Pour le concombre, on remarque que les traitements chimiques contrôlent moins les thrips. Ils étaient les plus nombreux avec un pic le 05 août 2020. Le cycle de vie des thrips peut aussi justifier cette pullulation. Par ailleurs des pucerons et des abeilles sont aussi observés minoritairement tout au long du cycle de production.

Les producteurs ne conduisaient pas qu'une seule culture, ce qui occasionnait le retard des traitements et l'installation de certains ravageurs comme les thrips.

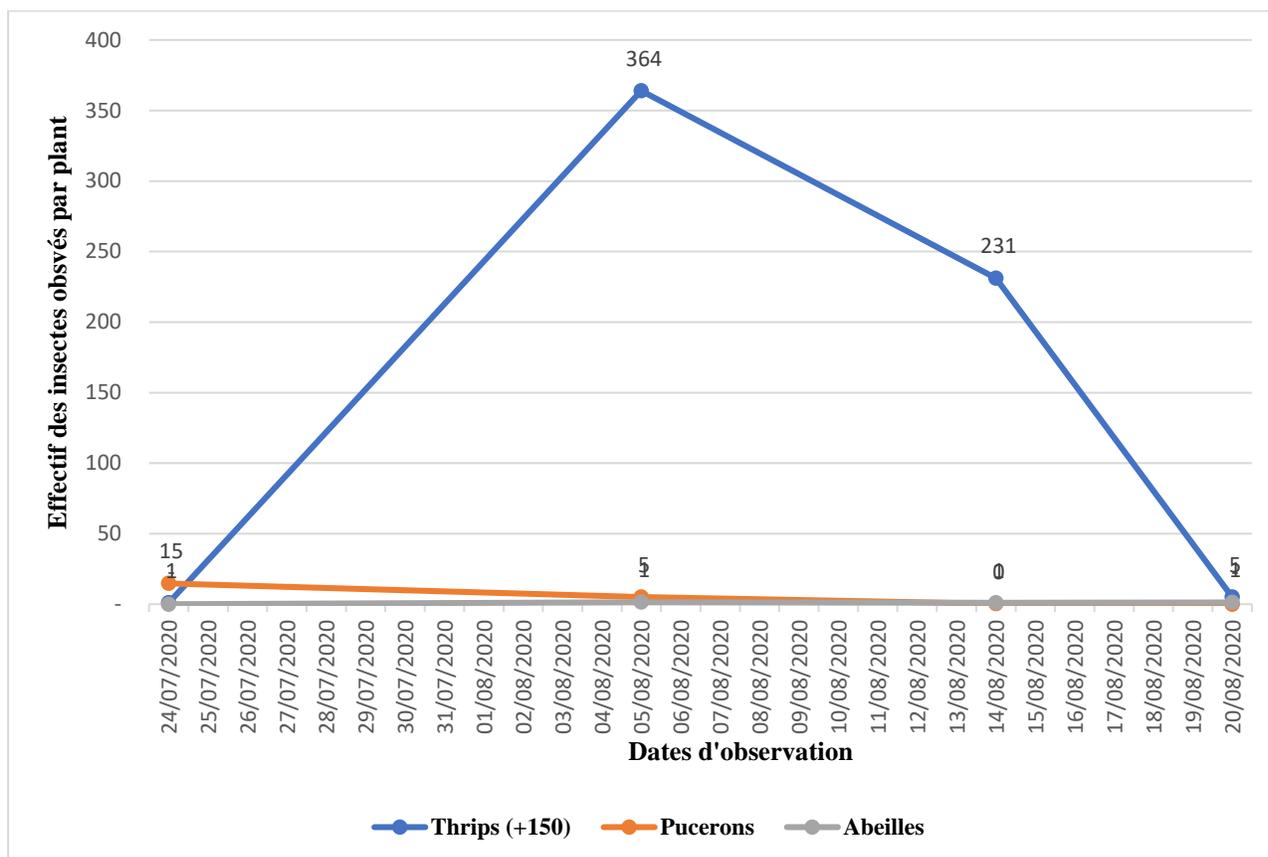


Figure 23 : Evolution de la dynamique des insectes majeurs du concombre

6.4.2.4. Evaluation de l'effet du filet anti-insecte sur le chou

– Insectes observés

Les insectes observés ont varié sur le chou selon la présence ou l'absence de filet sur les parcelles expérimentales (**Tableau 10**). Sur les parcelles avec filet, des araignées, *H. undalis* et des pucerons ont été observés contre *P. xylostella* et des pucerons pour les parcelles non couvertes. La présence de *H. undalis* montre que le filet n'offre pas une protection complète aux choux même s'il les protège contre *P. xylostella*.

Tableau 10: Insectes observés au niveau du chou Oxylus selon la protection

| Type de protection | Insectes observés |
|-----------------------|--|
| Protection sous filet | Araignées, <i>Hellula undalis</i> , pucerons |
| Sans protection | <i>Plutella xylostella</i> , pucerons |

- Dégâts de *Plutella xylostella*

Les dégâts de *P. xylostella* ont été évalués en termes de nombre de feuilles trouées par rapport aux feuilles saines. Les feuilles attaquées sous filet sont 4 en moyenne contre 3 sans filet. Le test de Fisher est égal à 0.273 (>5%). Le test de Dunnett (bilatéral) a montré que le nombre de feuilles attaquées par *P. xylostella* n'est pas significativement différent selon la protection (**Annexe 7**). Le **Tableau 11** présente les moyennes des feuilles attaquées.

Tableau 11: Moyennes de feuilles attaquées selon le mode de protection

| Protection | Nombre de feuilles attaquées |
|----------------|------------------------------|
| Sans filet | 3,500 a |
| Sous filet | 2,600 a |
| Pr > F(Modèle) | 0,273 |
| Significatif | Non |

- Développement végétatif de la plante

Par le même test statistique que précédemment (**Annexe 8**) mais cette fois-ci en mettant en évidence le nombre de feuilles par plant sous filet et sans filet, la différence de développement de la plante est nettement significative (**Tableau 12**).

Le test de Fisher est inférieur à 0.0001 (<5%). Nous comptons 9 feuilles de chou en moyenne sous filet contre 5 sans protection. La différence de 4 feuilles en faveur des choux sous filet est largement significative.

Tableau 12: Nombre de feuilles par plant selon le mode de protection

| Protection | Nombre de feuilles totales |
|----------------|----------------------------|
| Sous filet | 9,300 a |
| Sans filet | 4,700 b |
| Pr > F(Modèle) | < 0,0001 |
| Significatif | Oui |

6.5. Adoption, perception et limites des pratiques agroécologiques

6.5.1. Adoption

Lors d'une enquête qui s'est déroulée le **11/09/2020** sur 10 producteurs, certains sont très avancés en termes de pratiques agroécologiques que d'autres mais eux tous ont déjà adopté l'innovation. Sur les 10 personnes enquêtées, 3 ont remplacé 25% des pratiques conventionnelles par les pratiques agroécologiques particulièrement sur le plan phytosanitaire (biopesticides à base

d'extraits de plantes). Par ailleurs un seul a remplacé à 75% les pratiques conventionnelles par les extraits de plantes.

Les extraits de plante les plus utilisés par les producteurs étaient ceux de feuilles de neem, de poudre de tabac et de feuilles de papayer. Cela était dû généralement à la disponibilité des plantes dans les zones de production. Les producteurs ayant bénéficié des formations en biopesticides à base d'extraits de plantes se convertissent progressivement en agroécologie. Le **Tableau 13** résume la part des extraits de plantes dans le programme des traitements phytosanitaires (**Annexe 4**) chez l'ensemble des producteurs enquêtés.

Tableau 13: Intégration des extraits de plantes dans le programme de traitement phytosanitaire

| Nombre de producteurs | Pratiques agroécologiques (%) | Pratiques conventionnelles (%) |
|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 75% | 25% |
| 2 | 65% | 35% |
| 3 | 25% | 75% |
| 4 | 50% | 50% |

6.5.2. Perception

multiples raisons poussent les producteurs à préférer les extraits de plantes aux pesticides chimiques. Sur 10 personnes enquêtées, toutes ont évoqué les raisons suivantes par ordre d'intérêt : préservation de leur santé et celle des consommateurs, économie d'argent, amélioration de la qualité de la production et préservation de l'environnement. Leurs explications sont les suivantes :

- Préserver leur santé et celle du consommateur : après pulvérisation, les enquêtés n'avaient pas de démangeaison ni de vertige. En plus les produits issus du système agroécologique sont plus appréciés par les consommateurs ;
- Economiser de l'argent : les biopesticides à base d'extraits de plantes étaient gratuitement disponibles dans la nature sauf l'ail, la poudre de tabac et le piment mais leur coût d'achat ne dépassait pas 500 FCFA pour 250m² ;

- Améliorer la qualité de la production : les produits issus du système agroécologique ont une durée de conservation plus longue ;
- Préserver l'environnement : les extraits de plantes sont moins nocifs pour l'environnement et facilitent le développement des auxiliaires.

6.5.3. Limites

L'utilisation des extraits de plantes n'offre pas que des intérêts, elle présente aussi des limites à savoir le manque de matériel adapté à leurs préparations. La préparation d'extrait nécessite souvent l'utilisation de matériel comme le mortier et le pilon pour broyer les feuilles. Cette étape de la préparation est perçue fastidieuse surtout pour les producteurs âgés qui n'ont pas de main d'œuvre et nécessite du temps (en moyenne 1h). Des problèmes de rémanence et de conservation des extraits de plantes sont également soulevés par les producteurs lors de l'enquête.

CHAPITRE 7 : DISCUSSION

7.1. Efficacité et limites des extraits de plantes

7.1.1. En pépinière de chou

Les résultats issus des tests en pépinière sont similaires à ceux de **Gnago *et al.* (2010)**. Avec des doses relativement élevées et l'ajout d'éthanol, ils ont montré que l'extrait de feuilles de neem était moins efficace contre les pucerons du chou par rapport aux graines. Aussi, l'ajout d'un agent tensio-actif (savon neutre) pourrait contribuer à adhérer l'extrait sur la surface de la cible avec une couverture plus large (**Belmain *et al.*, 2012**).

En ce qui concerne l'extrait de poudre de tabac, **Anjarwalla *et al.* (2016)** ont énoncé l'action insecticide de la nicotine sur les pucerons mais sans préciser la dose ni la fréquence. L'inefficacité de notre essai pourrait s'expliquer par une dose insuffisante.

7.1.2. En milieu paysan

Le système agroécologique est apparu aussi efficace que le système conventionnel. Au Sénégal, **Ba (2018)** a montré que les pratiques en agroécologie comme en agriculture conventionnelle sont en majorité semblables avec des différences significatives au niveau du rendement de la tomate. Le rendement moyen en production conventionnelle était supérieur au rendement moyen en agroécologie. Ce qui est contraire à nos résultats sur l'évaluation de la production de tomate.

Certains ravageurs comme les chenilles (*T. absoluta* et *Helicoverpa spp.*), les thrips et les jassides étaient moins contrôlés par les extraits de plantes. **Gnago *et al.* (2010)** dans leur étude ont aussi montré que les extraits de feuilles de neem étaient moins efficaces contre les chenilles que les graines. En effet la rémanence des extraits de plantes est réduite. Les extraits de plantes sont moins stables par rapport aux insecticides chimiques. De plus les producteurs ne conduisaient pas qu'une seule culture, ce qui facilitait le retard des traitements et l'installation de certains ravageurs comme les thrips. Selon **Bélanger et Musabyimana (2005)**, il est important de traiter régulièrement les plants pour maintenir une couverture constante des produits à base de neem sur l'ensemble des parties de la plante car ces produits sont principalement utilisés en prévention comme répulsifs ou anti-appétant.

Le concombre était en production conventionnelle totale. Cela était dû au fait que les producteurs prenaient moins de risque en produisant en conventionnel pour assurer leur production. En plus, le concombre est facilement commercialisable sur le marché local. Pourtant, les propriétés insecticides des feuilles de neem ont été testées avec succès en plein champ au Burkina Faso sur

les pastèques contre la mouche des cucurbitacées l'un des plus grands ravageurs des cucurbitacées en saison sèche (**Bélangier et Musabyimana, 2005**).

En ce qui concerne la courgette, les producteurs n'ont pas hésité à la produire en agroécologie du fait qu'une partie de la vente était assurée par le projet à un meilleur prix. Comme l'ont signifié **Fares et al. (2012)**, la commercialisation des produits agroécologiques à un prix relativement élevé pourrait influencer le choix d'adoption des nouvelles pratiques. Du point de vue entomofaune, du fait que les observations soient effectuées en saison pluvieuse pourrait influencer la dynamique de populations observées notamment celle de la chrysomèle. Nos résultats sont proches de ceux obtenus par **Kone et al. (2018)** en saison pluvieuse dans le Nord de la Côte d'Ivoire.

7.2. Effets du filet anti-insecte sur le chou

Le principal ravageur du chou (*P. xylostella*) était absent partout (choux sous filet et sans filet). Mais par contre *H. undalis* était présente uniquement sous filet anti-insecte. Ces résultats sont conformes à ceux de **Licciardi et al. (2007)** sur le fait que les filets ne permettent pas une protection totale contre tous les insectes.

Le filet anti-insecte crée un microclimat qui favorise le développement végétatif du chou. Ce résultat est pareil à celui de **Talekar et al. (2003)**. Ils ont prouvé que les filets anti-insectes de mailles plus petites (40 et 50 mesh⁵) réduisaient fortement le flux d'air dans les zones tropicales et subtropicales, ce qui entraîne une augmentation de l'humidité et de la température. Ils ajoutent également que même si les pucerons et les thrips traversent les mailles, ils ont un impact négligeable sur la culture.

7.3. Adoption, perception et limites des pratiques agroécologiques

Au niveau de l'adoption, les producteurs ayant bénéficié des formations en biopesticides à base d'extraits de plantes se convertissaient progressivement en agroécologie. Mais des limites comme la disponibilité de la plante autour de la zone de production et le manque de matériel adapté à la préparation influençaient fortement. Ces contraintes majeures ont été identifiées aussi par **Adétonah et al. (2011)** lors de leur étude menée au Bénin et au Ghana. Ce qui pousse certains producteurs à acheter des biopesticides qui sont vendus sur le marché. Au sud du Togo, pour acquérir les biopesticides les maraîchers consentent à payer une prime de 18 à 22% par rapport au prix du Decis, un insecticide chimique parmi les plus chers (**Yovo, 2010**).

⁵ En anglais « mesh » signifie « maille » et la valeur associée exprime le nombre de mailles par pouce. L'unité Mesh exprime le nombre de mailles du tamis par pouce (1 pouce ou inch= 2,54 cm).

En termes de perception des techniques transmises, les producteurs ont compris l'intérêt d'utiliser les extraits de plantes. Ces derniers sont énoncés par ordre de priorité : la préservation de leur santé et celle du consommateur, le gain en argent, la qualité de la production et la préservation de l'environnement. Selon **Doumbia *et al.* (2009)**, en Côte d'Ivoire plusieurs producteurs de légumes mènent leur activité sans tenir compte de la préservation de l'environnement, de leur santé et celle des consommateurs.

Il est vrai que l'utilisation des biopesticides à base d'extraits de plantes leur permet de gagner de l'argent cependant si les producteurs produisaient eux-mêmes ces plantes pesticides, les transformaient et si possible les vendaient, cela leur procurerait plus de marge. En plus ceci permettrait de créer de l'emploi, de nouveaux produits contre les ravageurs et rendre les agriculteurs indépendants des pesticides synthétiques importés (**Anjarwalla *et al.*, 2016**).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude réalisée en station et en milieu paysan sur les cultures maraîchères s'inscrit dans le cadre d'une transition agroécologique. Elle vise la production des fruits et légumes sains qu'ils soient locaux ou exotiques par la démonstration et le transfert auprès des maraîchers d'innovations simples et adaptées aux conditions tropicales. Elle vise aussi la valorisation d'une production de qualité. L'objectif de cette étude était d'évaluer en plein champ, l'efficacité des biopesticides à base d'extraits de plantes et du filet anti-insecte. Leur adoption, perception et limites auprès des producteurs ont été prises en compte.

Pour tester l'efficacité de deux extraits de plantes (feuilles de neem et poudre de tabac), un essai d'une semaine a été mené sur les pucerons en pépinière de chou. Les résultats de l'essai ont révélé que les deux extraits n'ont pas eu de différence significative par rapport au témoin en termes de moyennes de populations par plant. Il faudra envisager d'évaluer d'autres extraits afin d'identifier le meilleur d'entre eux mais sur un temps plus long.

L'évaluation de l'efficacité de ces techniques en plein champ a consisté à comparer deux systèmes en termes de pratiques agroécologiques à savoir l'utilisation d'extraits de plantes et de filet anti-insecte et/ou conventionnelles relatives aux pratiques paysannes. Pour les cultures qui étaient en comparaison (tomate, aubergine et chou), le parasitisme était pratiquement pareil et relativement faible dans les deux types de pratiques. Il ressort que les pratiques agroécologiques peuvent bien remplacer l'agriculture conventionnelle. Pour les cultures qui n'étaient pas en comparaison (courgette et concombre), nous avons suivi la dynamique de population de ravageurs, prédateurs et pollinisateurs. Le concombre était en protection chimique totale et la courgette en agroécologie. Nous notons que le producteur a ses objectifs à atteindre qui le conduisent à ne pas commettre d'erreurs en mettant ces deux cultures en comparaison. Leurs objectifs étaient d'écouler au plus vite leur production de concombre sur le marché local et de respecter les pratiques agroécologiques acquises par la structure d'encadrement à travers les formations reçues pour en contrepartie assurer la vente de la courgette.

Toujours en milieu paysan, des essais de chou sous filet anti-insecte et sans filet étaient mis en place. Il ressort de cette technique qu'elle ne limite pas les dégâts du ravageur principal du chou (*P. xylostella*) mais par contre elle accélérât le développement végétatif du chou et par conséquent le poids. En ce qui concerne l'adoption et la perception de ces alternatives aux pesticides chimiques, les producteurs s'y convertissent progressivement.

Ils ont compris l'intérêt de ces alternatives en mettant en avance leur propre santé et celle du consommateur et en pensant à l'économie d'argent qu'ils feront grâce aux alternatives.

Aussi, s'intéressent-ils à la qualité de leur production avant de penser à la préservation de l'environnement. Les feuilles de neem sont les plus utilisées par les producteurs étant donnée leur disponibilité et leur accessibilité dans la nature. Malheureusement le manque de matériel adapté au broyage empêche certains producteurs à les utiliser. La mise à disposition d'un mixeur électrique leur permettrait de gagner du temps, de faire autant d'extraits de plantes selon leur besoin. En ce qui concerne l'installation du filet anti-insecte, il faudrait envisager l'amélioration du modèle en hauteur et en largeur permettant ainsi de faciliter le travail du producteur. Cependant les résultats obtenus lors de ce stage de six mois sont à consolider. Il faudrait notamment poursuivre le suivi de la dynamique de population pendant au moins une année. Par ailleurs, il faut envisager de mieux expliquer aux producteurs les principes de l'agroécologie et de ses enjeux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdallah, M., Muhammad, I. et Warodi, F. (2017).** Review on some plants as biopesticides. *International Journal of Contemporary Research and Review*, 8(7), 20186-20191.
- Adam, S., Edoth, P. A., Totin, H., Koumolou, L., Amoussou, E., Aklikokou, K. et Boko, M. (2010).** Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(4), 10.
- Adango, E., Onzo, A., Hanna, R., Atachi, P. et James, B. (2006).** Inventaire de la faune des acariens sur *Amaranthus cruentus* (Amaranthaceae), *Solanum macrocarpon* et *Solanum aethiopicum* (Solanaceae) dans le Sud Bénin. *International Journal of Tropical Insect Science*, 26(3), 155-165.
- Adétonah, A., Koffi-Tessio, E., Coulibaly, O., Sessou, E. et Mensah, G. (2011).** Perceptions et adoption des méthodes alternatives de lutte contre les insectes des cultures maraichères en zone urbaine et péri-urbaine au Bénin et au Ghana. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, 69, 1-10.
- Adje, K., Djidji, A. H., Fondio, L., N'Zi, J. C. et Kouame, C. (2009).** Efficacité des traitements phytosanitaires contre les ravageurs et maladies de quatre variétés de tomate au Centre de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 21(2), 165-172.
- Affokpon, A., Dan, C., Houedjissi, M., Hekpazo, B. et Tossou, C. (2012).** L'efficacité des dérivés de graines de neem contre les nématodes à galles en cultures maraichères diffère en fonction du type de dérivé. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 72, 48-58.
- Ahouangninou, C., Fayomi, B. E. et Martin, T. (2011).** Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraichers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures*, 20(3), 216-222.
- Allen, J. K. M. I., Scott-dupree, C. D., Tolman, J. H. et Harris, C. R. (2001).** Evaluation of Application Methods for the Chemical Control of Striped Cucumber Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Attacking Seedling Cucurbits. *Journal of Vegetable Crop Production*, 7(2), 83-95.
- Anjarwalla, P., Belmain, S., Sola, P., Jamnadass, R. et Stevenson, P. (2016).** Guide des plantes pesticides. *World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya*, 74p.
- Azandéme-Hounmalon, G. Y., Affognon, H. D., Komlan, F. A., Tamo, M., Fiaboe, K. K., Kreiter, S. et Martin, T. (2015).** Farmers' control practices against the invasive red spider mite, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard in Benin. *Crop Protection*, 76, 53-58.
- Ba, A. A. (2018).** Etat des lieux de l'agriculture biologique au Sénégal : comparaison des pratiques agroécologiques des cultures maraichères, 180p.
- Badji, H., Coly, E. victor, Han, S. heat et Niang, A. A. (2001).** Lutte contre les mouches des Cucurbitacées, *Didacus* spp. au Sénégal (Diptera, Tephritidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 106(2), 181-191.

- Bélangier, A. et Musabyimana, T. (2005).** Le Neem contre les insectes et les maladies. *Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et développement en horticulture*, 430.
- Belmain, S. R., Amoah, B. A., Nyirenda, S. P., Kamanula, J. F. et Stevenson, P. C. (2012).** Highly variable insect control efficacy of *Tephrosia vogelii* chemotypes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(40), 10055-10063.
- Belmin, R. et Martin, T. (2019).** Compte rendu de mission exploratoire dans la zone maraichère de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *Agritrop*, 29p.
- Benoit-Vical, F., Valentin, A., Pelissier, Y., Marion, C., Castel, D., Milhau, M., Mallie, M., Bastide, J., Diafouka, F. et Kone-Bamba, D. (1996).** Confirmation, in vitro, de l'activité antimalarique de certaines plantes d'origine africaine utilisées en médecine traditionnelle. *Médecine d'Afrique Noire*, 43(7), 393-400.
- Biao, F., Afouda, L. et Koné, D. (2018).** Effet des extraits aqueux à base d'ail (*Allium sativum*), de neem (*Azadirachta indica*), d'hyptis (*Hyptis* spp.) et d'huile d'arachide sur les pucerons, vecteurs du virus de la panachure du piment vert (*Capsicum chinense*) au Nord-Bénin. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 38(3), 6336-6348.
- Bonni, G., Adegniko, M. et Paraiso, A. (2018).** Efficacité d'un insecticide à base de neem dans la lutte contre les ravageurs du cotonnier au Bénin. *Tropicultura*, 36(4), 762-772.
- Boualem, M., Allaoui, H., Hamadi, R. et Medjahed, M. (2012).** Biologie et complexe des ennemis naturels de *Tuta absoluta* à Mostaganem (Algérie). *EPPO Bulletin*, 42(2), 268-274.
- Brodeur, J. et Caron, J. (2006).** Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement, 80p.
- Camara, M., Sarr, S. M., Sarr, I. et Noba, K. (2016).** Caractérisations morphologique et génétique d'espèces d'aleurodes prélevées dans les cultures de tomate atteinte de la virose du TYLC, dans la zone des Niayes au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4), 1562-1572.
- Charleston, D. S., Kfir, R., Dicke, M. et Vet, L. E. M. (2005).** Impact of botanical pesticides derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on the biology of two parasitoid species of the diamondback moth. *Biological Control*, 33(2), 131-142.
- Cloyd, R. (2004).** Natural Instincts Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides ? *American Nurseryman*, 200, 38-41.
- Cobbinah, J. R. et Osei-Owusu, K. (1988).** Effects of Neem Seed Extracts on Insect Pests of Eggplant, Okra and Cowpea. *International Journal of Tropical Insect Science*, 9(5), 601-607.
- Delpoux, C., Deguine, J.-P., Atiama-Nurbel, T., Douraguia Quessary, E., Petite, A., Duhautois, S., Bonnet, E., Ajaguin Soleyen, C., Moutoussamy, M.-L. et Quilici, S. (2011).** Insertion du maïs dans les agroécosystèmes comme plante-piège des mouches des cucurbitacées, *Agritrop*, p 126-127.

Diabaté, D., Gnago, J. A., Koffi, K. et Tano, Y. (2014). The effect of pesticides and aqueous extracts of *Azadirachta indica* (A. Juss) and *Jatropha carcus* L. on *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrididae) and *Helicoverpa armigera* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) found on tomato plants in Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 80, 7132-7143.

Diatte, M., Brévault, T., Sall-Sy, D. et Diarra, K. (2016). Des pratiques culturales influent sur les attaques de deux ravageurs de la tomate dans les Niayes au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 681-693.

Doumbia, M. et Kwadjo, K. (2009). Pratiques d'utilisation et de gestion des pesticides par les maraîchers en Côte d'Ivoire : cas de la ville d'Abidjan et deux de ses banlieues (Dabou et Anyama). *Journal of Applied Biosciences*, 18, 992-1002.

El Habi, M., El Jadd, L., Sekkat, A. et Boumezzough, A. (1999). Lutte contre *aphis gossypii* Glover (homoptera: aphididae) sur concombre sous serre par *coccinella septempunctata* Linnaeus (coleoptera: coccinellidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 19(1), 57-63.

El Shafie, H. A. F. et Basedow, T. (2003). The efficacy of different neem preparations for the control of insects damaging potatoes and eggplants in the Sudan. *Crop Protection*, 22(8), 1015-1021.

Escriu, F., Perry, K. L. et García-Arenal, F. (2007). Transmissibility of cucumber mosaic virus by *Aphis gossypii* correlates with viral accumulation and is affected by the presence of Its satellite RNA. *Virology*, 5p.

ESSOR. (2018). Guide pratique du maraîcher agroécologique de Brazzaville, 40p.

Fares, M., Magrini, M.-B. et Triboulet, P. (2012). Transition agroécologique, innovation et effets de verrouillage : le rôle de la structure organisationnelle des filières. *Cahiers Agricultures*, 21(1), 34-45 (1).

Farid, A., Mohamed Amine, H., Ismail, O., Lamari, N. et Fatma, D. (2012). Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* Meyrick (Gelichiidae), un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*, 149-155.

Fondio, L., Djidji, H. A., N'Gbesso, F. et Kone, D. (2013). Evaluation de neuf variétés de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) par rapport au flétrissement bactérien et à la productivité dans le Sud de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(3), 1078-1086.

Funderburk, J., Reitz, S., Stansly, P., Olson, S., Sui, D., McAvoy, G., Whidden, A., Demirozer, O., Nuessly, G. et Leppla, N. (2011). Managing thrips in pepper and eggplant. *EDIS Document*, 114p.

Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C. et Jaffe, R. (2007). Agroecología : promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*, 16(1), 11p.

Gnago, J. A., Danho, M., Agneroh, T. A., Fofana, I. K. et Kohou, A. G. (2010). Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(4).

Gnankine, O., Mouton, L., Savadogo, A., Martin, T., Sanon, A., Dabire, R. K., Vavre, F. et Fleury, F. (2013). Biotype status and resistance to neonicotinoids and carbosulfan in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Burkina Faso, West Africa. *International Journal of Pest Management*, 59(2), 95-102.

Greco, N. M., Sánchez, N. E. et Liljesthröm, G. G. (2005). *Neoseiulus Californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a Potential Control Agent of *Tetranychus Urticae* (Acari: Tetranychidae): Effect of Pest/Predator Ratio on Pest Abundance on Strawberry. *Experimental & Applied Acarology*, 37(1), 57-66.

Habi, M. E., Jadd, L. E., Sekkat, A. et Boumezzough, A. (1999). Dynamique des populations d'*Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) sur concombre sous serre en zone côtière Marocaine. *International Journal of Tropical Insect Science*, 19(1), 17-22.

Habou, Z. A., Ibrahim, M. C., Zabeirou, H. et Adam, T. (2016). Efficacité de l'huile de neem (*Azadirachta indica*) et de *Bacillus thuringiensis* (Biobit 2X) sur la dynamique de la population de *Bemisia tabaci* (Gennadius 1889) et *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1808) dans une plantation de tomate au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 497-505.

Halima-Kamel, M. et Hamauda, M. (1993). Les pucerons des cultures protégées et leurs ennemis en Tunisie. *Tropicultura*, 11(2), 50-53.

Hilje-Quirós, L. (1993). Un esquema conceptual para el manejo integrado de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de tomate. A conceptual plan for integrated control of the whitefly (*Bemisia tabaci*) on tomato crop. *Manejo Integrado de Plagas.*, (29), 51-57.

Hortense, D. A., Pierre, Z. G., Lassina, F., Claude, N. J. et Christophe, K. N. (2010). Effet de l'abri sur le comportement de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en saison pluvieuse dans le Sud de la Côte-d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 25, 1557-1564.

Houamel, S. (2013). Etude bioécologique des thrips infeodes aux cultures sous serre dans la région d'el Ghrous. *Mémoire de stage*, 82p.

Houndété, T. A., Kétoh, G. K., Hema, O. S., Brévault, T., Glitho, I. A. et Martin, T. (2010). Insecticide resistance in field populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in West Africa. *Pest management science*, 66(11), 1181-1185.

James, B., Atcha-Ahowé, C., Godonou, I., Baimey, H., Goergen, G., Sikirou, R. et Toko, M. (2010). Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. *IITA*. 125p.

Kalt, A. (2014). Le concombre est un vrai petit bijou. *Environnement lançonnais*, 2p.

- Kanda, M., Akpavi, S., Wala, K., Djaneje-Boundjou, G. et Akpagana, K. (2014).** Diversité des espèces cultivées et contraintes à la production en agriculture maraîchère au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(1), 115-127.
- Kaouthar, L. G., Manel, S., Mouna, M. et Ridha, B. (2010).** Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tunisie. *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*, 63(3), 125-132.
- Kone, K., Tuo, Y., Yapo, M. L. et Kouakou, H. K. (2018).** Entomofaune de la courgette (*Cucurbita pepo* L) en saison pluvieuse, à Korhogo, dans le nord de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(3), 1286-1297.
- Kouamé, A. N., Amani, M. K., Gnaboa, R., Traoré, K. S. et Houenou, P. V. (2014).** Analyse de phénomènes hydrologiques dans un bassin versant urbanisé : cas de la ville de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire). *LARHYSS Journal*, (17), 135-154.
- Kouassi, M. de. (2001).** La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides ? *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2(2), 5p.
- Koudjil, M., Boukabcha, F. et Harichane, H. (2015).** Perte en rendement et déprédation par la mineuse, *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) sur la culture de tomate| dans la wilaya de Chlef (Algérie). *Nature & Technology*, (12), 71.
- Lecomte, J. (1962).** Techniques d'étude des populations d'insectes pollinisateurs. *Les Annales de l'Abeille*, 5(3), 201-213.
- Licciardi, S., Assogba-Komlan, F., Sidick, I., Chandre, F., Hougard, J. M. et Martin, T. (2007).** A temporary tunnel screen as an eco-friendly method for small-scale farmers to protect cabbage crops in Benin. *International Journal of Tropical Insect Science*, 27(3-4), 152-158.
- Martin, T., Ochou, G. O., Hala-N'Klo, F., Vassal, J.-M. et Vaissayre, M. (2000).** Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in West Africa. *Pest Management Science*, 56(6), 549-554.
- Martin, T., Saidi, M., Komlan, F. A., Simon, S., Kasina, M., Vidogbéna, F., Parrot, L., Adegbedi, A., Wasilwa, L. A. et Subramanian, S. (2014).** Des filets anti insectes pour protéger les cultures maraîchères en Afrique Subsaharienne : une technologie rentable et adaptée aux conditions climatiques. *Agritrop*, 7p.
- Mawussi, G., Kolani, L., Devault, D. A., Alaté, K.-K. A. et Sanda, K. (2014).** Utilisation de pesticides chimiques dans les systèmes de production maraîchers en Afrique de l'Ouest et conséquences sur les sols et la ressource en eau : le cas du Togo. *44e congrès du Groupe Français des Pesticides*, 8p.
- Minet, H. (2018).** Utilisation de plantes de service pour lutter contre les pucerons (et les thrips) en culture de fraises et d'aubergines : REGULEG. *Mémoire de stage*, 56 p.
- Mondal, M. et Khalequzzaman, M. (2010).** Toxicity of naturally occurring compounds of plant essential oil against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Biological Sciences*, 10(1), 10-17.

- Mondédji, A. D. (2010).** Potentiel d'utilisation d'extraits de feuilles de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) et de *Carica papaya* L.) dans le contrôle des insectes ravageurs du chou (*Brassica oleracea* L.) en zones urbaines et périurbaines au sud du Togo. *Thèse de doctorat*, 193p.
- Mondedji, A. D., Nyamador, W. S., Amevoin, K., Ketoh, G. K. et Glitho, I. A. (2014).** Efficacité d'extraits de feuilles de neem *Azadirachta indica* (Sapindale) sur *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae), *Hellula undalis* (Lepidoptera : Pyralidae) et *Lipaphis erysimi* (Hemiptera : Aphididae) du chou *Brassica oleracea* (Brassicaceae) da. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(5), 2286-2295.
- Nabie, B. (2018).** Analyse des pratiques phytosanitaires et des facteurs d'adoption de la gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère en milieu urbain et périurbain au Burkina Faso : Cas de la ville de Ouagadougou. *matheo*, 96p.
- Ntow, W. J., Gijzen, H. J., Kelderman, P. et Drechsel, P. (2006).** Farmer perceptions and pesticide use practices in vegetable production in Ghana. *Pest Management Science : formerly Pesticide Science*, 62(4), 356-365.
- Nzi, J., Kouamé, C., N'guetta, A., Fondio, L., Djidji, A. et Sangare, A. (2010).** Evolution des populations de *Bemisia tabaci* Genn. selon les variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) au Centre de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, 7(1), 31-40.
- Ouardi, K., Chouibani, M., Rahel, M. et El Akel, M. (2012).** Stratégie Nationale de lutte contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick. *EPPO bulletin*, 42(2), 281-290.
- Philibert, A. E. (2015).** L'agriculture, richesse et avenir de la Côte d'Ivoire. *France 3 Paris Ile-de-France*, 3p.
- Philippe, R. et Béatrice, R. (2017).** Insectes et acariens des cultures maraîchères en milieu tropical humide, Quae, 154p.
- Pohe, J. et Agneroh, T. (2013).** L'huile des graines de neem, un fongicide alternatif à l'oxyde de cuivre dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses de cacaoyer en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 62, 4644-4652.
- Pratissoli, D., Lima, V. L., Pirovani, V. D., Lima, W. L., Pratissoli, D., Lima, V. L., Pirovani, V. D. et Lima, W. L. (2015).** Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. *Horticultura Brasileira*, 33(1), 101-105.
- Regnault-Roger, C., Philogène, B. J. et Vincent, C. (2002).** Biopesticides d'origine végétale. *Tropicultura*, 24(2), 66-68.
- Ryckewaert, P. (1993).** Insectes et acariens ravageurs en cultures maraîchères sous abri à la Martinique. *AMADEPA*, 7p.
- Sane, B., Badiane, D., Gueye, M. T. et Faye, O. (2018).** Évaluation de l'efficacité biologique d'extrait de neem (*Azadirachta indica* Juss.) comme alternatif aux pyréthrinoïdes pour le contrôle des principaux ravageurs du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 157-167.

- Simon, S. (2018).** La chimie dans l'agro-écologie pour un développement durable de l'agriculture. *Agritrop*, 1p.
- Talekar, N. S., Su, F. C. et Lin, M. Y. (2003).** How to grow safer leafy vegetables in nethouses and net tunnels. *International Cooperator's Guide*, 03(558), 6p.
- Tano, B. F., Abo, K., Dembele, A. et Fondio, L. (2011).** Systèmes de production et pratiques à risque en agriculture urbaine : Cas du maraîchage dans la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(6), 2317-2329.
- Tendeng, E., Brévault, T., Diatte, M., Faye, C., Dabo, A., Diallo, A. O. et Diarra, K. (2015).** Résistance aux insecticides chez deux ravageurs clés des cultures maraîchères au Sénégal : la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*) et la teigne du chou (*Plutella xylostella*). *Agritrop*, 1p.
- Tiembré, I., Soumbre Aka, E., Djoman, C., Benié, J., Ekra, D. et Gnagne, T. (2016).** Impact environnemental et sanitaire de l'utilisation des pesticides dans le maraîchage urbain et périurbain dans la zone de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 64, S249-S250.
- Vassal, J.-M., Vaissayre, M. et Martin, T. (1997).** Decrease in the susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to pyrethroid insecticides in Côte d'Ivoire. *Resistant Pest Management*, 9(2), 14-15.
- Wychuys, K., Bordat, D., Desneux, N. et Fuentes Quintero, L. S. (2013).** Tuta absoluta (Meyrick) 2: Un ravageur invasif des cultures maraîchères pour l'Afrique sub-saharienne. *Agritrop*, 14p.
- Yarou, B. B., Silvie, P., Assogba Komlan, F., Mensah, A., Alabi, T., Verheggen, F. et Francis, F. (2017).** Plantes pesticides et protection des cultures maraîchères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 21(4), 288-304.
- Yovo, K. (2010).** Consentement à payer les biopesticides : une enquête auprès des maraichers du littoral au Sud-Togo. *Tropicultura*, 2, 101-106.

ANNEXES

Annexe 1: Préparation d'extraits de feuilles de neem et de poudre de tabac



Annexe 2: Installation de filet anti-insecte sur le chou (modèle tunnel bas)



Annexe 3: Programme d'interventions phytosanitaires des deux parcelles

| Cultures | Traitements | Production agroécologique | Production conventionnelle |
|-----------------------------|-------------|--|----------------------------|
| Tomate Cobra F1 | 15/05/2020 | Tabac+ thé de fumier+ amidon de manioc+ kaolin +piment | Viper+Kapaas+mancozebe |
| | 27/05/2020 | Green ferti plus | Green ferti plus |
| | 11/06/2020 | Thé de fumier+phyllanthus | ivory+viper |
| | 18/06/2020 | neem+phyllantus+ail+kaolin | ---- |
| | 19/06/2020 | ---- | Kapaas+ivory+callicuivre |
| | 27/06/2020 | Rachis de banane+kaolin+piment+poudre de tabac | Cypercal+ivory |
| Aubergine Kalenda F1 | 19/05/2020 | | Ortherne |
| | 07/07/2020 | Poudre de tabac+piment | Viper+folliam |
| | 09/07/2020 | | Viper+folliam |
| | 11/07/2020 | Neem+Thé de fumier+ail+piment+poudre de tabac | |
| | 23/07/2020 | | Kapaas+ivory+folliam |
| | 27/07/2020 | Poudre de tabac+piment+feuilles de neem préparé | Ivory+viper |
| | 30/07/2020 | Control actif plus | |
| | 05/08/2020 | Piment+ poudre de tabac+rachis | Ivory+viper |

Annexe 4: Questionnaire sur les extraits de plante

Genre : Masculin Féminin

Sous-préfecture : _____ Village : _____

Tranche d'âge (ans) : âge<30 30<âge<40 40<âge<50 âge>50

1. Avez-vous déjà utilisé un extrait de plante ? Oui non

2. Quels extraits de plante avez-vous utilisé ? (Cocher)

| Num | Plante | Lieu d'approvisionnement | | | | Mode de préparation | | | Coût par pulvérisateur (FCFA) | | | | | |
|-----|-------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|---------------------|-----------|----------|-------------------------------|-------|----------|-----------|-----------|-------|
| | | Maison | Champ | Marché | Autres | Macération | Décoction | Infusion | 0 | 0-500 | 500-1000 | 1000-2000 | 2000-5000 | +5000 |
| 1 | Feuilles de neem | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Huile de neem | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Poudre tabac | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Poudre piment | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Feuilles de phyllanthus | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Ortie africaine | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Basilic | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Marguerite africaine | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Cendre | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Ail | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Rachis de banane | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Feuilles de papayer | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Kondu | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Calotropis | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

| Num | Plante | Temps de préparation (heure) | | | Pénibilité | | | | Efficacité | | | |
|-----|------------------|------------------------------|---|---|------------|-----|------------|----------|------------|-----|----------|--|
| | | 1 | 2 | 3 | Oui | Non | Quel stade | Pourquoi | Oui | Non | Pourquoi | |
| 1 | Feuilles de neem | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 2 | Huile de neem | | | | | | | | | | | |
| 3 | Poudre tabac | | | | | | | | | | | |
| 4 | Poudre piment | | | | | | | | | | | |
| 5 | Feuilles de phillanthus | | | | | | | | | | | |
| 6 | Ortie africaine | | | | | | | | | | | |
| 7 | Basilic | | | | | | | | | | | |
| 8 | Marguerite africaine | | | | | | | | | | | |
| 9 | Cendre | | | | | | | | | | | |
| 10 | Ail | | | | | | | | | | | |
| 11 | Rachis de banane | | | | | | | | | | | |
| 12 | Feuilles de papayer | | | | | | | | | | | |
| 13 | Kondu | | | | | | | | | | | |
| 14 | Calotropis | | | | | | | | | | | |
| 15 | Autres (préciser) | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

3. Fréquence des extraits de plantes par semaine quand il pleut et s'il ne pleut pas ? 0 1 2 3

4. Portez-vous une protection pendant la préparation ? Oui non

Pourquoi :

5. Portez-vous une protection pendant la pulvérisation ? Oui non

Pourquoi :

6. Ressentez-vous des effets secondaires 24h après pulvérisation ?

Non

Si oui, précisez : Démangeaison mal de tête palpitation vertige

Autres :

7. Quels intérêts pour vous d'utiliser les extraits de plantes ? (Classer par ordre)

Pour préserver votre santé Pour préserver la santé des consommateurs Pour la préservation de l'environnement

Pour économiser de l'argent Pour améliorer la qualité de la production

8. Quelles sont les facteurs limitants de l'utilisation des extraits de plantes ? (Classez par ordre)

- Indisponibilité de la plante dans la zone Extrait de plante inefficace seul Pas le temps
- Rémanence réduite Méthode de préparation fastidieuse Manque de matériels
- Autres (préciser)

9. Si quelqu'un se chargeait de la préparation, combien seriez-vous prêt à lui donner par litre ? (FCFA)

- 0-500 500-1000 1000-2000 2000-5000 Autres (préciser).....

10. Quel est la part des extraits de plantes dans votre programme de traitement ?

- 1/4 1/3 1/2 2/3 3/4 Autres (préciser)

Annexe 5: Prédateurs et pollinisateurs majeurs des cultures rencontrées



Adultes de coccinelles



Abeilles



Araignées



Guêpes



Mildiou du concombre



Punaises prédatrices



Mante religieuse et fourmis



Larves de coccinelles



Libellule

Annexe 6: Différents tests d'analyse de la variance pour les pucerons en pépinière

| Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Pucerons du chou) : | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Pr > Diff | Significatif | Lim inférieure | Lim supérieure | Lim inférieure (95%) | Lim supérieure (95%) | |
| T0 vs T2 | 6,900 | 1,164 | 2,406 | 0,479 | Non | -7,359 | 21,159 | | | |
| T0 vs T1 | 4,300 | 0,726 | 2,406 | 0,749 | Non | -9,959 | 18,559 | | | |
| T1 vs T2 | 2,600 | 0,439 | 2,406 | 0,900 | Non | -11,659 | 16,859 | | | |
| Valeur critique du d de Tukey : | | | 3,403 | | | | | | | |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | Lim inférieure | Lim supérieure | Groupes | | | | | |
| T0 | 18,200 | 4,190 | 9,810 | 26,590 | A | | | | | |
| T1 | 13,900 | 4,190 | 5,510 | 22,290 | A | | | | | |
| T2 | 11,300 | 4,190 | 2,910 | 19,690 | A | | | | | |
| Traitement / Duncan / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Pucerons du chou) : | | | | | | | | | | |
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Pr > Diff | Alpha (Modifié) | Significatif | Lim inférieure | Lim supérieure | Lim inférieure (95%) | Lim supérieure (95%) |
| T0 vs T2 | 6,900 | 1,164 | 2,106 | 0,479 | 0,098 | Non | -5,582 | 19,382 | | |
| T0 vs T1 | 4,300 | 0,726 | 2,002 | 0,471 | 0,050 | Non | -7,565 | 16,165 | | |
| T1 vs T2 | 2,600 | 0,439 | 2,002 | 0,662 | 0,050 | Non | -9,265 | 14,465 | | |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | Lim inférieure | Lim supérieure | Groupes | | | | | |
| T0 | 18,200 | 4,190 | 9,810 | 26,590 | A | | | | | |
| T1 | 13,900 | 4,190 | 5,510 | 22,290 | A | | | | | |
| T2 | 11,300 | 4,190 | 2,910 | 19,690 | A | | | | | |
| Traitement / Dunnett (bilatéral) / Analyse des différences entre la modalité témoin Traitement-T0 et les autres modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Pucerons du chou) : | | | | | | | | | | |
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Valeur critique | Pr > Diff | Significatif | | | | |
| T0 vs T2 | 6,900 | 1,164 | 2,268 | 13,440 | 0,405 | Non | | | | |
| T0 vs T1 | 4,300 | 0,726 | 2,268 | 13,440 | 0,690 | Non | | | | |
| Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Traitement (Tukey (HSD)) : | | | | | | | | | | |
| Modalité | Moyenne (Pucerons) | Groupes | | | | | | | | |
| T0 | 18,200 | A | | | | | | | | |
| T1 | 13,900 | A | | | | | | | | |
| T2 | 11,300 | A | | | | | | | | |
| Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Traitement (Duncan) : | | | | | | | | | | |
| Modalité | Moyenne (Pucerons) | Groupes | | | | | | | | |
| T0 | 18,200 | A | | | | | | | | |
| T1 | 13,900 | A | | | | | | | | |
| T2 | 11,300 | A | | | | | | | | |
| Synthèse (Moyennes) - Traitement : | | | | | | | | | | |
| Pucerons du chou | | | | | | | | | | |
| T0 | 18,200 a | | | | | | | | | |
| T1 | 13,900 a | | | | | | | | | |
| T2 | 11,300 a | | | | | | | | | |
| Pr > F(Modèle) | 0,505 | | | | | | | | | |
| Significatif | Non | | | | | | | | | |

Annexe 7: Différents tests d'analyse de la variance pour l'évaluation de l'effet filet anti-insecte sur le nombre de feuilles présentant des dégâts de *P. xylostella*

| Protection / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Nombre de feuilles attaquées) : | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Pr > Diff | Significatif | ≥ inférieure | ≤ supérieure | ≥ inférieure | ≤ supérieure (95%) | |
| Sans filet vs | 0,900 | 1,132 | 2,101 | 0,273 | Non | -0,770 | 2,570 | | | |
| Valeur critique du d de Tukey : | | | 2,971 | | | | | | | |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | ≥ inférieure | ≤ supérieure | Groupes | | | | | |
| Sans filet | 3,500 | 0,562 | 2,319 | 4,681 | A | | | | | |
| Sous filet | 2,600 | 0,562 | 1,419 | 3,781 | A | | | | | |
| Protection / Duncan / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Nombre de feuilles attaquées) : | | | | | | | | | | |
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Pr > Diff | Alpha (Modifié) | Significatif | ≥ inférieure | ≤ supérieure | ≥ inférieure | ≤ supérieure (95%) |
| Sans filet vs | 0,900 | 1,132 | 2,101 | 0,273 | 0,050 | Non | -0,770 | 2,570 | | |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | ≥ inférieure | ≤ supérieure | Groupes | | | | | |
| Sans filet | 3,500 | 0,562 | 2,319 | 4,681 | A | | | | | |
| Sous filet | 2,600 | 0,562 | 1,419 | 3,781 | A | | | | | |
| Protection / Dunnett (bilatéral) / Analyse des différences entre la modalité témoin Protection-Sans filet et les autres modalités avec un intervalle de confiance à 95% : | | | | | | | | | | |
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Valeur critique | Pr > Diff | Significatif | | | | |
| Sans filet vs | 0,900 | 1,132 | 2,101 | 1,670 | 0,273 | Non | | | | |
| Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Protection (Tukey (HSD)) : | | | | | | | | | | |
| Modalité | Nombre de feuilles | Groupes | | | | | | | | |
| Sans filet | 3,500 | A | | | | | | | | |
| Sous filet | 2,600 | A | | | | | | | | |
| Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Protection (Duncan) : | | | | | | | | | | |
| Modalité | Nombre de feuilles | Groupes | | | | | | | | |
| Sans filet | 3,500 | A | | | | | | | | |
| Sous filet | 2,600 | A | | | | | | | | |
| Synthèse (Moyennes) - Protection : | | | | | | | | | | |
| Nombre de feuilles attaquées | | | | | | | | | | |
| Sans filet | 3,500 | a | | | | | | | | |
| Sous filet | 2,600 | a | | | | | | | | |
| Pr > F (Modèle) | 0,273 | | | | | | | | | |
| Significatif | Non | | | | | | | | | |

Annexe 8: Différents tests d'analyse de la variance pour l'évaluation de l'effet filet anti-insecte sur le nombre de feuilles totales

| Protection / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Nombre de feuilles totales) : | | | | | | | | | | |
|--|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Pr > Diff | Significatif | Lim inférieure | Lim supérieure | Lim inférieure | Lim supérieure (95%) | |
| Sous filet vs Sans filet | 4,600 | 0,597 | 2,101 | < 0,0001 | Oui | 2,826 | 6,374 | | ■ ■ ■ | |
| Valeur critique du d de Tukey : | | 2,971 | | | | | | | | |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | Lim inférieure | Lim supérieure | Groupes | | | | | |
| Sous filet | 9,300 | 0,597 | 8,045 | 10,555 | A | | | | | |
| Sans filet | 4,700 | 0,597 | 3,445 | 5,955 | B | | | | | |
| Protection / Duncan / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Nombre de feuilles totales) : | | | | | | | | | | |
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Pr > Diff | Alpha (Modifié) | Significatif | Lim inférieure | Lim supérieure | Lim inférieure | Lim supérieure (95%) |
| Sous filet vs Sans filet | 4,600 | 0,597 | 2,101 | < 0,0001 | 0,050 | Oui | 2,826 | 6,374 | | ■ ■ ■ |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | Lim inférieure | Lim supérieure | Groupes | | | | | |
| Sous filet | 9,300 | 0,597 | 8,045 | 10,555 | A | | | | | |
| Sans filet | 4,700 | 0,597 | 3,445 | 5,955 | B | | | | | |
| Protection / Dunnett (bilatéral) / Analyse des différences entre la modalité témoin Protection-Sans filet et les autres modalités avec un intervalle de confiance à 95% : | | | | | | | | | | |
| Contraste | Différence | Erreur standard | Valeur critique | Valeur critique | Pr > Diff | Significatif | | | | |
| Sans filet vs Sous filet | -4,600 | 0,597 | 2,101 | 1,774 | < 0,0001 | Oui | | | | |
| Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Protection (Tukey (HSD)) : | | | | | | | | | | |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | Groupes | | | | | | | |
| Sous filet | 9,300 | 0,597 | A | | | | | | | |
| Sans filet | 4,700 | 0,597 | B | | | | | | | |
| Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Protection (Duncan) : | | | | | | | | | | |
| Modalité | Moyenne | Erreur standard | Groupes | | | | | | | |
| Sous filet | 9,300 | 0,597 | A | | | | | | | |
| Sans filet | 4,700 | 0,597 | B | | | | | | | |
| Synthèse (Moyennes) - Protection : | | | | | | | | | | |
| Nombre de feuilles totales | | | | | | | | | | |
| Sous filet | 9,300 | 0,597 | a | | | | | | | |
| Sans filet | 4,700 | 0,597 | b | | | | | | | |
| Pr > F (Modèle) | < 0,0001 | | | | | | | | | |
| Significatif | Oui | | | | | | | | | |