



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et foresterie tropicale
Spécialité : Entomologie agricole

**Entomofaune utile du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. :
Inventaire et effets de quelques facteurs agroécologiques sur la
dynamique des populations de prédateurs et de pollinisateurs
dans la région du Tchologo au nord de la Côte d'Ivoire.**

CANDIDAT

Nom : SORO

Prénom : LACINA

JURY

Président : **M. AKAFFOU Doffou Sélastique**, Professeur Titulaire,
Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : **M. SORO Senan**, Maître de conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Rapporteur : **M. TONO Djè Kevin Christian**, Maître de conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Examineurs : **M. KOUASSI Kouassi Clément**, Maître de conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

: **M. TUO Yalamoussa**, Maître de conférences,
Université Péléforo Gbon Coulibaly

**Soutenu publiquement
le : 08 Janvier 2022**

TABLE DES MATIERES	Pages
TABLE DES MATIERES	ii
DEDICACES	vi
REMERCIEMENTS	vii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xiii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES.....	7
1.1. Généralités sur le Cotonnier.....	6
1.1.1. Origine et répartition géographique	6
1.1.2. Botanique et systématique.....	6
1.1.3. Caractères morphologiques	7
1.1.4. Ecologie.....	9
1.1.5. Physiologie et cycle de développement du cotonnier	9
1.1.6. Importance socio-économique	10
1.2. Principaux insectes ravageurs du cotonnier	11
1.2.1. Insectes phyllophages.....	11
1.2.2. Insectes carpophages	12
1.2.2.1. Carpophages à régime endocarpique.....	12
1.2.2.2. Carpophages à régime exocarpique.....	12
1.2.3. Insectes piqueur-suceurs	13
1.3. Méthodes de lutte contre les insectes ravageurs du cotonnier en Côte d'Ivoire	14
1.3.1. Lutte génétique.....	14
1.3.2. Lutte agronomique	15
1.3.3. Lutte chimique.....	16
1.4. Entomofaune utile	17

1.4.1. Prédateurs	17
1.4.2. Parasitoïdes.....	17
1.4.3. Organismes entomopathogènes.....	18
1.4.4. Principaux prédateurs et pollinisateurs du cotonnier	20
1.4.4.1. Coccinelles	20
1.4.4.2. Syrphes	23
1.4.4.3. Fourmis.....	26
1.4.4.4. Abeilles.....	29
1.5. Zone d'étude.....	32
1.5.1. Climat	32
1.5.2. Sol.....	32
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	37
2.1. Matériel	37
2.1.1. Matériel biologique	37
2.1.2. Matériel de piégeage et de conservation	37
2.1.3. Matériel de collecte des données climatiques	37
2.1.4. Matériel de traitements insecticides et de protection	37
2.1.5. Matériel de laboratoire	38
2.2. Méthodes	42
2.2.1. Etude de la diversité et de l'abondance des populations d'insectes utiles	42
2.2.1.1. Choix des parcelles en milieu paysan	42
2.2.1.2. Méthodes d'échantillonnage des insectes utiles et nuisibles.....	42
2.2.1.3. Identification des espèces.....	44
2.2.2. Méthodes d'exploitation des données	46
2.2.2.1. Indices écologiques de composition.....	46
2.2.2.2. Indices écologiques de structure	47
2.2.3. Influence de quelques facteurs écologiques sur les effectifs de l'entomofaune utile. ...	49

2.2.3.1. Méthodes de collecte des données climatiques	49
2.2.3.2. Analyse de l'influence de la localité	49
2.2.4. Etude de l'effet des pratiques culturales et des traitements insecticides	49
2.2.4.1. Méthodes de collecte de données des pratiques culturales	49
2.2.4.2. Analyse de l'effet des d'insecticides sur l'entomofaune utile.....	50
2.2.4.2.1. Dispositif expérimental	50
2.2.4.2.2. Conduite des traitements insecticides et collecte de l'insecte.....	52
2.2.4. Analyse statistique des données	53
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	39
3.1. Résultats	56
3.1.1. Inventaire général des populations d'insectes utiles	56
3.1.2. Inventaire de l'entomofaune nuisible	61
3.1.3. Indices écologiques de composition.....	61
3.1.3.1. Richesse totale (S).....	61
3.1.3.2. Richesse moyenne et similarité des espèces	61
3.1.3.3. Abondance relative des espèces	66
3.1.4. Indices écologiques de structure	72
3.1.4.1. Diversité et équitabilité des Coccinellidae	72
3.1.4.2. Diversité et équitabilité des Syrphidae.....	72
3.1.4.3 Diversité et équitabilité des Formicidae.....	72
3.1.4.4. Diversité et équitabilité des Vespidae	72
3.1.4.5. Diversité et équitabilité des Gomphidae et de Libellulidae	72
3.1.4.6. Diversité et équitabilité des Apidae	73
3.1.5. Influences de quelques facteurs écologiques sur l'entomofaune utile.	76
3.1.5.1. Influence de la localité	76
3.1.5.2. Influences de quelques facteurs climatiques	85
3.1.6. Relation entre l'abondance des insectes utiles et les insectes nuisibles.....	108

3.1.7. Effets de quelques pratiques agronomiques sur l'entomofaune utile.....	110
3.1.8. Effets des traitements insecticides sur l'espèce <i>Cheilomenes sulphurea</i>	128
3.1.8.1. Stade végétatif du cotonnier.....	128
3.1.8.2. Stade végétatif-fructifère du cotonnier.....	130
3.1.8.3. Stade fructifère du cotonnier.....	132
3.2. Discussion.....	134
CONCLUSION.....	142
RECOMMANDATIONS.....	141
REFERENCES.....	142
Publications issues de la thèse.....	143
Communications orales.....	144
Résumé.....	177

DEDICACES

Je dédie ce travail à la mémoire de mes deux parents : père Feu SORO Gounougo et mère Feu SORO Noukpa, que leurs âmes reposent en paix.

A mon grand frère SILUE Nahoua, pour son soutien financier et sans qui, je ne serais certainement pas scolarisé.

A mon épouse bien aimée, Madame SORO née YEO N'gandiahoua, pour sa patience, ses encouragements et son soutien et à mes enfants SORO N'dédjanhoua Thérèse, SORO Gnoudanhanfolo Caroline, SORO Noukpa Marie Samira, SORO Kontia Graciella et SORO Gounougo Richard David, pour leurs amours, leurs soutiens et leurs encouragements durant cette période de mon parcours. Veuillez trouver en ce modeste travail, toute l'expression de mon amour et de ma reconnaissance envers vous.

A mon ami et frère FONDIO Drissa, pour les conseils et encouragements mutuels durant la période des travaux.

REMERCIEMENTS

L'étude sur la dynamique des populations d'insectes utiles dans les parcelles cotonnières de la région du Tchologo, n'aurait probablement pas abouti sans les relations humaines exceptionnelles dont j'ai bénéficié durant mon cycle doctoral. Je tiens à exprimer ma gratitude à l'ensemble des personnes qui ont contribué à son aboutissement.

J'adresse toute ma gratitude à l'équipe dirigeante de l'Université Jean Lorougnon Guédé avec à sa tête la Présidente, Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse Koné ainsi que les vices Présidents, Professeurs AKAFFOU Doffou Sélastique et KONE Tidiani pour avoir accepté mon inscription dans cette institution.

Professeur AKAFFOU Doffou Sélastique, Vice président de l'université pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Docteur TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences de Physiologie Végétale, Directrice de l'UFR Agroforesterie pour ses encouragements, ses conseils et son encadrement depuis mon cycle de Master.

Docteur OCHOU Ochou Germain, Directeur de recherche, Responsable du programme coton au CNRA, Station de Bouaké pour ses conseils et sa contribution à la réalisation de ce travail

Docteur SORO Senan, Maître de Conférences, entomologiste agricole pour la Direction scientifique de ce travail et pour les solides bases scientifiques qu'il m'a enseignées, pour sa disponibilité, sa rigueur, son esprit critique, son implication dans mon travail, sa grande générosité et sa patience.

Docteur TANO Djè Kévin Christian, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Docteur DANHO Mathias, Maître de Conférences à INP-HB pour avoir accepté d'instruire ce mémoire ;

Docteur KOUASSI Kouassi Clément, Maître de conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Docteur TUO Yalamoussa, Maître de conférences à l'Université Péléforo Gbon Coulibaly, d'avoir accepté d'examiner cette thèse. Leurs critiques et suggestions ont fortement contribué à améliorer le document,

Professeur YEO Kolo et son équipe particulièrement Docteur Kouakou Lombart et à la doctorante Soro Nicodenin Angèle pour leurs collaborations à l'identification des insectes et des échanges

Docteur YEBOUE N'guessan Lucie pour ses conseils et sa contribution à l'amélioration de ce travail

Docteur COULIBALY Tenon (Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo) pour sa participation à la rédaction de mes articles scientifiques et ses conseils qui ont contribué à l'achèvement de ce travail.

Docteur Bruno BACHELIER, Directeur Adjoint de l'unité agroécologie et intensification durable des cultures annuelles (AÏDA) CIRAD, de m'avoir accepté promptement au sein de son équipe, malgré la distance.

Docteur Philippe MENOZZI, entomologiste au CIRAD, pour sa disponibilité, ses conseils, son esprit scientifique critique et son implication dans la réalisation de ce travail.

Docteur KOFFI Christophe Kobenan, agrophysiologiste pour ses conseils et son soutien pendant la période de traitement et d'analyse statistique de mes données.

Docteur KOUAKOU Malanno, chercheur entomologiste au programme coton du CNRA, pour ses conseils pratiques et sa disponibilité durant mes travaux de terrain et d'analyse statistique des données.

Tout le corps professoral de l'université Jean Lorougnon Guédé de Daloa pour la formation dont nous avons bénéficié;

Aux Doctorants ESSY Konan Jean François, YEO N'djamogo, KEITA N'gaoussou, BINI Kouakou Kra Norbert pour leur collaboration et les échanges fructueux que nous avons partagés ;

Monsieur KOFFI Konan Joseph, Coordonnateur de la production agricole de la SECO, pour ses conseils techniques.

Monsieur BADOU Kouassi Denis, chef de la cellule recherche et développement de la SECO, pour sa disponibilité et son sens élevé du travail bien fait.

Messieurs SEKONGO Wana Lassina, Aka KONAN Parfait et SILUE Téniloh, KOBENAN Gboko Pascal, TUO Leteche, respectivement Observateurs en Milieu paysan à SECO-SA pour leur collaboration sur le terrain durant toute la période de collecte des données.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ACM	: Analyse en Composantes Multiples
ACP	: Analyse en Composantes Principales
ANOVA	: Analysis of Variance
AR	: Abondance Relative
CAH	: Classification Ascendante Hiérarchique
CIDT	: Compagnie Ivoirienne de Développement du Textile
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRA	: Centre National de Recherche Agronomique
COIC	: Compagnie Ivoirienne de Coton
INTERCOTON	: Organisation interprofessionnelle agricole de la filière coton
OPA	: Organisation Professionnelle Agricole
PGRI	: Programme de Gestion de la Résistance aux Insecticides
PIB	: Produit Intérieur Brute
SECO	: Société d'Exploitation Cotonnière Olam.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Insecticides chimiques utilisés pour l'application des parcelles.....	41
Tableau II: Répartition des parcelles choisies en 2018	45
Tableau III: Répartition des parcelles choisies 2019	45
Tableau IV: Au plan quantitatif	58
Tableau V: Inventaire de l'entomofaune nuisible du cotonnier.....	60
Tableau VI: Richesse moyenne des espèces	63
Tableau VII: Effectifs moyennes des espèces de Coccinellidae	80
Tableau VIII: Effectifs moyennes des espèces de Syrphidae	80
Tableau IX: Effectifs moyennes des espèces de Formicidae	80
Tableau X: Effectifs moyennes des espèces de Vespidae.....	84
Tableau XI: Effectifs moyennes des espèces de Gomphidae et de Libellulidae.....	84
Tableau XII: Effectifs moyennes des espèces d'Apidae.....	84
Tableau XIII: Effectifs moyennes des espèces de Forficulidae et de Mantidae	84
Tableau XIV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Korokara.....	87
Tableau XV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Diawala	87
Tableau XVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Kaouara	87
Tableau XVII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Kong.....	88
Tableau XVIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Korokara.....	91
Tableau XIX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Diawala	91
Tableau XX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Kaouara.....	91
Tableau XXI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Kong.....	92
Tableau XXII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Korokara.....	96
Tableau XXIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Diawala	96

Tableau XXIV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Kaouara	96
Tableau XXV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Kong.....	97
Tableau XXVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Korokara.....	100
Tableau XXVII: XXVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Diawala.....	100
Tableau XXVIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Kaouara	101
Tableau XXIX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Kong.....	101
Tableau XXX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Korokara.....	104
Tableau XXXI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Diawala	104
Tableau XXXII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Kaouara	104
Tableau XXXIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Kong.....	104
Tableau XXXIV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Korokara.....	107
Tableau XXXV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Diawala	107
Tableau XXXVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Kaouara	107
Tableau XXXVII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Kong.....	107
Tableau XXXVIII: Effets des décades de semis sur les effectifs moyens des Coccinellidae	114
Tableau XXXIX: Effets des précédents culturaux sur les effectifs moyens des Coccinellidae	114
Tableau XL: Effets de la fumure organique sur les effectifs moyens des Coccinellidae.....	114
Tableau XLI: Effets du sarclage manuel sur les effectifs moyens des Coccinellidae.....	114
Tableau XLII: Effets des dates de semis sur les effectifs moyens des Syrphidae	116

Tableau XLIII: Effets du précédent cultural sur les effectifs moyens des Syrphidae	116
Tableau XLIV: Effets de la fumure organique sur les effectifs moyens des Syrphidae	116
Tableau XLV: Effets du sarclage manuel sur les effectifs moyens des Syrphidae	116
Tableau XLVI: Effets des dates de semis sur les effectifs des Formicidae	120
Tableau XLVII: Effets du précédent cultural sur les effectifs des Formicidae.....	120
Tableau XLVIII: Effets de la matière organique sur les effectifs moyens des Formicidae ...	121
Tableau XLIX: Effets du sarclage manuel sur les effectifs moyens des Formicidae	121
Tableau L: Effets des dates de semis sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae.....	123
Tableau LI: Effets du précédent cultural sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae .	123
Tableau LII: Effets de la fumure organique sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae	123
Tableau LIII: Effets du sarclage manuel sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae .	123
Tableau LIV: Effets des dates de semis sur les effectifs de Vespidae	125
Tableau LV: Effets du précédent cultural sur les effectifs de Vespidae	125
Tableau LVI: Effets de la fumure organique sur les effectifs de Vespidae	125
Tableau LVII: Effets du sarclage manuel sur les effectifs de Vespidae	125
Tableau LVIII: Effets des dates de semis sur les effectifs d'Apidae	127
Tableau LIX: Effets du précédent cultural sur les effectifs d'Apidae.....	127
Tableau LX: Effets de la fumure organique sur les effectifs moyens d'Apidae	127
Tableau LXI: Effets du sarclage manuel sur les effectifs d'Apidae	127

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Plant de cotonnier <i>Gossypium hirsutum</i> L.	8
Figure 2 : Adultes et cycle biologique d'une coccinelle (Durieux, 2012)	22
Figure 3: Adultes et cycle biologique d'un syrpehe (Djellab, 2013)	25
Figure 4 : Adultes et cycle biologique d'une fourmi (Cheny, 2020)	28
Figure 5: Adultes et cycle biologique d'une abeille (Belaid & Bensalem, 2020).....	31
Figure 6: Zone d'étude	33
Figure 7: Diagramme ombrothermique de la région du Tchologo de 2018 à 2020 (Soro, 2020)	33
Figure 8: Matériel de collecte des insectes utiles et nuisibles.....	39
Figure 9: Matériel de collecte de données climatiques	39
Figure 10: Insecticides utilisés	40
Figure 11: Matériel de collecte des données climatiques.....	40
Figure 12: Dispositif de collecte des données en milieu paysan (Ochou, 2011)	43
Figure 13: Dispositif d'échantillonnage des insectes en milieu contrôlé.....	51
Figure 14: Abondance relatives des familles de l'entomofaune utile du cotonnier	60
Figure 15: Abondance relatives des espèces de l'entomofaune nuisible du cotonnier	60
Figure 16: Richesse totale des espèces dans les localités.....	62
Figure 17: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Korokara	64
Figure 18: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Diawala	64
Figure 19: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Kaouara	65
Figure 20: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Kong.....	65
Figure 21: Abondance relative des Coccinellidae par localité.....	67
Figure 22 : Abondance relative des Syrphidae par localité.....	67
Figure 23: Abondance relative des Formicidae par localité.....	69
Figure 24: Abondance relative des Libellulidae par localité.....	70
Figure 25: Abondance relative des Vespidae par localité	70
Figure 26 : Abondance relative des Apidae par localité	71
Figure 27: Variation spatiale des indices écologiques de structure des espèces de différentes familles	74
Figure 28: Projection des espèces de Formicidae dans le plan factoriel de l'ACP	95
Figure 29: Projection des différentes familles d'insectes utiles et nuisibles dans le plan factoriel de l'analyse en composante principale (ACP)	109

Figure 30: Projection des variables dans le plan factoriel de l'analyse des correspondances multiples (ACM)	111
Figure 31: Projection des espèces de Formicidae dans le plan factoriel de l'analyse en composante principale (ACP)	118
Figure 32: Effets des insecticides vulgarisés sur <i>Cheilomenes sulphurea</i> au stade végétatif du cotonnier.....	129
Figure 33: Effets des insecticides vulgarisés sur <i>Cheilomenes sulphurea</i> pendant le stade végétatif-fructifère du cotonnier.....	131
Figure 34: Effets des insecticides vulgarisés sur <i>Cheilomenes sulphurea</i> au le stade fructifère	133



INTRODUCTION

Le cotonnier représente la plante à fibre la plus cultivée au monde. Les utilisations sous forme de tissus, de tricot, de fil et de fibre, sont nombreuses. La confection destinée à l'habillement consomme plus de 50% de la production mondiale. Le linge et les articles domestiques (serviettes, draps, couvertures, rideaux) consomment 30% suivi des produits industriels (fournitures médicales, bâches, fil, etc.) (Bachelier, 1998). Dans la sous-région ouest africaine, le coton constitue l'une des principales cultures de rente. En 2019, la production totale était de 2,5 millions de tonnes sur une superficie d'environ 2,7 millions d'hectares (Anonyme, 2020). En Côte d'Ivoire, la culture cotonnière génère 7% des recettes d'exportation et contribue à 1,7% du Produit Interieur Brute (PIB) (Koffi, 2013). Aussi, le coton joue un rôle stratégique dans l'économie agricole des zones savanicoles (Aïwa, 2015). En outre, la culture du coton a largement contribué à la modernisation de l'agriculture dans ces zones par la mécanisation et l'intensification des cultures. Elle a aussi aidé à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales, à la structuration du mouvement coopératif et au développement industriel par la construction d'usines d'égrenage, de filature et de trituration pour la production d'huile (Zagbaï, 2005). La superficie a commencé à baisser à partir de la campagne agricole 2000-2001. Cette baisse s'est amplifiée en 2003-2004 et à partir de 2006, à cause de la crise sociopolitique, la baisse des cours, la désorganisation du mouvement coopératif, etc. Cependant, la filière a amorcé sa relance avec une progression depuis les campagnes recentes (Nicolas, 2010 ; Koné, 2019 ; Intercoton, 2020).

Cependant, la filière cotonnière est confrontée à d'autres difficultés telles que la baisse de la fertilité des sols, la pression parasitaire et le coût élevé des intrants qui affectent la production et impactent l'économie (Badiane *et al.*, 2015). En effet, les ravageurs du cotonnier sont particulièrement importants et diversifié (Vaissayre *et al.*, 1995). Ce sont spécifiquement les Hétéroptères, les Homoptères et les Lépidoptères auxquels s'ajoutent les acariens. Les principaux Lépidoptères sont les chenilles des capsules, les pucerons et les chenilles défoliatrices (Brévault, 2010). En l'absence de protection phytosanitaire, les pertes de production imputables à ces arthropodes nuisibles peuvent varier entre 30 et 75% selon les années et les zones cotonnières (Badiane *et al.*, 2015).

Au regard donc de ce fort parasitisme, plusieurs méthodes de lutte (chimique, variétale, agronomique) ont été développées par la recherche et vulgarisées en milieu paysan. Dans le cadre de la protection phytosanitaire du cotonnier, les producteurs ont eu recours à une utilisation massive de matières actives de familles chimiques tel que l'endosulfan très efficace contre les ravageurs de la culture (Koné, 2019 ; Djagni & Fok, 2019). Cependant, toutes ces molécules chimiques libérées dans l'environnement, s'infiltrant dans le sol ou ruissellent et rejoignent les écosystèmes aquatiques comme réceptacle final (Chao & Perfang, 2009).

Les plus dangereux, en particulier les organochlorés, intègrent les chaînes alimentaires et sont surtout neurotoxiques tant pour les insectes (nuisibles et bénéfiques) que pour les mammifères, y compris l'homme (Adigoun, 2002 ; Kan & Meijer, 2007). Les dégâts sont encore plus importants lorsqu'il s'agit de la faune aquatique (Agbohessi *et al.*, 2012). Compte tenu de cette nuisance sur l'environnement et sur la santé humaine, les organochlorés, notamment l'endosulfan ont été interdits et remplacés par d'autres formulations à base de pyréthrinoides depuis 1977 (Mbaye, 2008 ; Agbohessi *et al.*, 2011). Cette forte dépendance de la culture cotonnière aux insecticides à base pyréthrinoides a entraîné l'apparition de la résistance chez la chenille carpophage *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) (Ochou *et al.*, 1998 ; Hema, 2004). De même, l'utilisation fréquente et peu raisonnée des insecticides depuis une trentaine d'année affecte fortement les populations d'insectes utiles, et continue à engendrer des mécanismes de résistance chez certaines espèces nuisibles en Afrique de l'Ouest (Koné, 2019). Cela réduit également la réalisation des services assurés par les écosystèmes tels que la pollinisation ou la régulation biologique des ravageurs (Benton *et al.*, 2003 ; Leroux *et al.*, 2008).

Face à ce phénomène, un Programme de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI), inspiré du modèle de programmes « fenêtres australien », a été proposé en Côte d'Ivoire en vue d'un meilleur contrôle des ravageurs du cotonnier (Ochou & Martin, 2002). Ce programme a pour but de réduire l'utilisation des produits à base de pyréthrinoides et fait ainsi appel à des alternatives chimiques (diamides, spinosynes, sulfoximines, inhibiteurs de croissance, etc.) pour assurer une partie des traitements foliaires (Ochou *et al.*, 2012). De même, les données sur les effets secondaires des produits phytosanitaires et en particulier les conditions de leur compatibilité avec les insectes auxiliaires entomophages présentent un intérêt majeur pour les pratiques de protection intégrée.

Afin de s'assurer que la lutte biologique, en particulier l'utilisation des insectes utiles, est une alternative durable d'un point de vue agronomique, environnemental et écologique, il est nécessaire de bien comprendre les effets qu'elle peut avoir sur les agroécosystèmes et les services qu'ils peuvent rendre à l'agriculture. Cependant, il existe très peu d'études sur les méthodes de lutte biologique basée sur l'action de l'entomofaune utile en Côte d'Ivoire en général, et en particulier la lutte biologique dans les exploitations cotonnières. Aussi, des études sur l'inventaire et l'influence des facteurs agroécologiques, sur la dynamique des populations d'insectes utiles dans le bassin cotonnier et la proposition de méthodes de lutte biologique prenant en compte l'entomofaune utile manquent-elles. Il est donc important de mener une étude sur l'entomofaune utile du cotonnier dans le bassin cotonnier ivoirien. Le travail a pour objectif général d'améliorer la production cotonnière en Côte d'Ivoire par la proposition de méthode de lutte intégrée durable contre les ravageurs de la culture. De façon spécifique, il s'agira de :

- faire l'inventaire des principaux insectes utiles : prédateurs des insectes ravageurs et pollinisateurs du cotonnier ;
- analyser l'effet du contexte spatial et l'influence de quelques facteurs climatiques sur la densité des populations dans les parcelles cotonnières ;
- Caractériser l'effet de quelques pratiques culturales sur l'abondance des insectes utiles dans les parcelles cotonnières ;
- déterminer l'effet de quelques familles chimiques d'insecticides vulgarisés en milieu paysan sur *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera : Coccinellidae) l'un des principaux insectes utiles.

Ces travaux contribueront à la connaissance des principales familles d'insectes utiles, en vue de leur préservation dans la gestion des organismes nuisibles et de mieux cerner les facteurs capables d'influencer leur abondance dans les parcelles cotonnières en Côte d'Ivoire.



PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1.1. Généralités sur le Cotonnier

1.1.1. Origine et répartition géographique

Le cotonnier du genre *Gossypium* est la plante à fibre la plus cultivée depuis des millénaires dans plusieurs régions du monde. C'est un arbuste originaire de l'Inde. Il est répandu dans la zone tropicale (Amérique du Sud et Centrale, Afrique, Indes, Pakistan et Asie du Sud Est), les zones désertiques (Moyen Orient, Asie Central) où la culture peut être irriguée et dans les zones tempérées (Etats-Unis, Chine, Europe) (Cirad-Gret, 2002). Les premières cultures de cotonnier en Afrique datent du XVII^{ème} siècle, époque à laquelle l'espèce *Gossypium barbadense* Linné 1753 a été introduite (Hau, 1988). La culture de cette espèce en Côte d'Ivoire a démarré à la fin du XVIII^{ème} siècle et a longtemps été la mieux cultivée (Mahdavi, 1997). L'introduction de la variété *Allen* et des techniques culturales qui lui sont associées, a marqué le démarrage d'une agriculture moderne et productive qui sera à la base, du développement économique des zones de savanes de la Côte d'Ivoire (Hau, 1988).

1.1.2. Botanique et systématique

Le cotonnier est une plante dicotylédone dialypétale de l'ordre des Malvales, de la famille des Malvacées (Cirad-gret, 2002). Dans cette famille, le genre botanique *Gossypium* L. rassemble 50 espèces de cottonniers répertoriées dont 45 sont diploïdes et 5 tétraploïdes. Les espèces diploïdes sont représentées par *Gossypium herbaceum* L. et *Gossypium arboreum* L. et les tétraploïdes par *Gossypium hirsutum* L. et *Gossypium barbadense* L. Les espèces diploïdes sont peu productives et donnent un coton à fibre courte, épaisse et peu tenace. On ne les retrouve que dans certaines régions d'agriculture traditionnelle en Asie et en Afrique. Elles représentent moins de 5% de la production mondiale de fibre (Parry, 1982 ; Bénédic, 1984). De nouvelles espèces continuent d'être découvertes (Wendel & Cronn, 2002). Le genre *Gossypium* serait issu d'un phylum ancestral, aujourd'hui disparu, qui se serait différencié il y a plus de cent millions d'années en plusieurs groupes génomiques sous l'influence de la pression de sélection induite par la dérive des continents (Wendel & Cronn, 2002). Huit groupes génomiques désignés par les lettres majuscules A, B, C, D, E, F, G et K, comprenant des espèces de cotonnier diploïdes, ($2n=2x=26$ chromosomes) sont à ce jour reconnus.

Par une hybridation naturelle entre espèces des génomes A et D suivie d'un doublement spontané du nombre de chromosomes, un groupe génomique allo-tétraploïde ($2n=4x=52$ chromosomes) désigné par le symbole (AD) est apparu, il y a environ un million d'années (Wendel & Cronn, 2002). *G. hirsutum* est une espèce allotétraploïde ($2n = 4x = 52$ chromosomes) qui est la plus cultivée, fournissant près de 95% de la production mondiale actuelle (Parry, 1982). Elle est plus productive et produit des fibres de bonne qualité.

La position systématique du cotonnier est la suivante (Parry, 1982) :

Règne	: Végétal
Classe	: Magnoliopsidae
Ordre	: Malvales
Famille	: Malvaceae
Genre	: <i>Gossypium</i>
Espèces	: <i>G. hirsutum</i> , <i>G. arboreum</i> , <i>G. barbadense</i> , <i>G. herbaceum</i>

1.1.3. Caractères morphologiques

Le cotonnier est une plante arbustive pérenne mais qui est exploitée sous forme de plante annuelle. Une espèce sauvage se présente sous la forme d'un arbuste pouvant atteindre plusieurs mètres de hauteur. A l'âge adulte, la tige du cotonnier forme des nœuds régulièrement espacés au niveau desquels émergent des rameaux de natures distinctes (Ritchie *et al.*, 2007). Le cotonnier *Gossypium hirsutum*, cultivé, est un arbuste n'atteignant le plus souvent que 1 à 1,5 m de haut parfois plus (Imorou, 2013) (Figure 1).

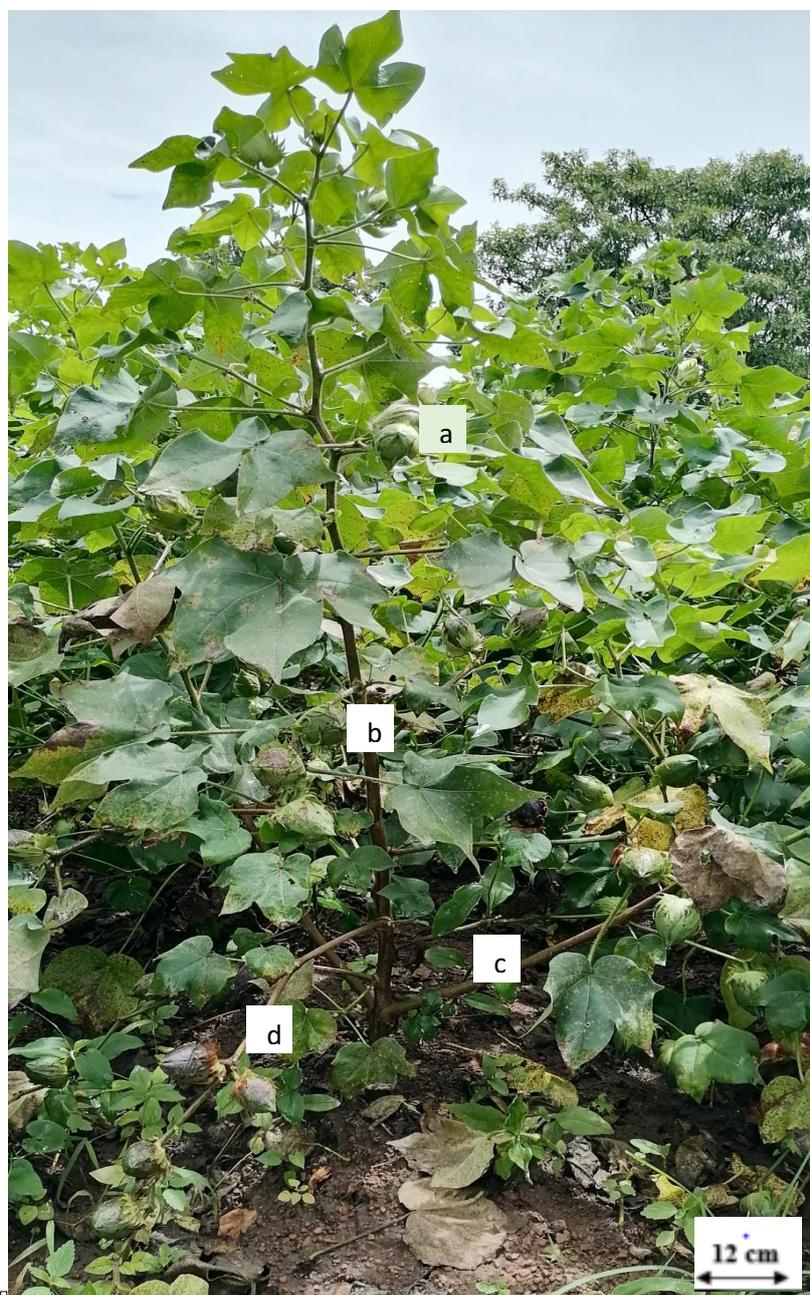


Figure 1: Plant de cotonnier *Gossypium hirsutum* L.

a : Capsule verte ; b : Tige principale ; c : branche végétative ; d : Branche fructifère

1.1.4. Ecologie

La culture du cotonnier nécessite tout d'abord un climat réunissant des conditions de température, d'ensoleillement et d'humidité du sol favorables à une bonne production, puis une saison sèche marquée, indispensable à une bonne ouverture des capsules et à la récolte. Le cotonnier est une plante héliophile qui exige beaucoup de lumière et de chaleur, en fonction des différentes phases de son cycle. Sa croissance est possible entre 14 et 38 °C. Il se développe mieux dans les sols profonds, perméables et assez homogènes (Lagiere, 1986 ; Parry, 1982). Les sols fertiles et bien drainés favorisent sa croissance. C'est pourquoi, les sols limono-argilo sableux ou limonosablo argileux sont les plus indiqués pour sa culture. Il tolère les sols acides et alcalins. Il se développe mieux sur les sols dont le pH est compris entre 6 et 7. Les sols engorgés d'eau lui sont défavorables. Les besoins en eau du plant durant le cycle végétatif sont compris entre 600 et 800 mm d'eau et bien répartis sur le cycle cultural (du semis à la récolte) (Cirad-gret, 2002).

1.1.5. Physiologie et cycle de développement du cotonnier

Le cotonnier est une plante vivace cultivée comme une culture annuelle. La fleur est hermaphrodite et le mode de reproduction est préférentiellement autogame avec des taux d'allogamie pouvant atteindre 30 % dans certaines localités en fonction de la densité des insectes pollinisateurs (Hau, 1987).

La floraison chez le cotonnier progresse du bas vers le haut et de l'intérieur vers l'extérieur de des branches fructifères. Il s'écoule en moyenne 2 à 3 jours entre l'ouverture des 2 capsules situées à la même position sur 2 sympodes successifs et 6 à 9 jours entre 2 positions successives d'un même sympode. Le rythme de floraison est accéléré par un climat plus sec et plus chaud et peut être considéré comme constant pour un climat donné (Demol, 1992). Le cycle de développement du cotonnier *G. hirsutum* Linné, du semis à la récolte, dure environ 180 jours (Vaissayre & Cauquil, 2000). Il y a 3 stades de développement, dont les durées sont fonction des conditions climatiques :

- la levée de semis : elle survient environ 4 jours après le semis et est suivie de l'étalement des cotylédons, qui dure environ 10 jours ;
- le stade végétatif : il correspond à la croissance de la plante depuis l'apparition des premières feuilles jusqu'à l'ouverture de la première fleur (50^e au 65^e jour après le semis) ;

- le stade reproductif : il comprend la floraison, puis la formation et la maturation des capsules. La floraison commence au premier nœud de la première branche fructifère et se poursuit en progressant sur la branche immédiatement supérieure, et d'un nœud à l'autre le long des branches. Les fleurs fécondées donnent des capsules qui mettent 3 à 4 semaines pour atteindre leur taille définitive ; puis 2 à 3 semaines pour dessécher et s'ouvrir en laissant apparaître le coton graine (Sément, 1986).

I.1.6. Importance socio-économique

La culture cotonnière est particulièrement importante pour de nombreux pays, en raison de son impact social et économique, tant dans les secteurs agricoles qu'industriels. Les cotonniers produisent la fibre textile naturelle la plus exploitée dans le monde. Le coton revêt une importance économique et sociale considérable pour les pays africains qui le cultivent, en particulier ceux de la zone CFA (Hussein *et al.*, 2005 ; Berti *et al.*, 2006).

Initialement considéré comme culture de « case » en Côte d'Ivoire, le cotonnier a connu un intérêt spéculatif à partir de 1959, avec l'introduction de variétés plus productives, l'amélioration des techniques culturales et la protection des cultures (Renaudin, 2011). Les effets conjugués de l'augmentation des superficies et des rendements en coton-graine ont porté la production nationale de 69 tonnes en 1960 à un niveau record de 402 367 tonnes de coton graine en 1999, avant de chuter à 167 800 tonnes en 2009, du fait de la crise militaro-politique (Doffou, 2013). Pour la campagne 2014-2015, la production de coton-graine dans le pays a atteint 450 000 tonnes (Coulibaly, 2015). Le coton représente, suivant les années, entre 5 et 10 % des exportations du pays et génère annuellement des revenus de l'ordre de 120 milliards de francs CFA de chiffre d'affaires dont 70-80 % en devises. La culture cotonnière constitue la principale source de revenu des agriculteurs de la zone des savanes et une importante source d'entrée de devises pour la Côte d'Ivoire (Zagbaï *et al.*, 2006 ; Edmond, 2015). Des opérateurs agro-industriels et commerciaux, regroupés au sein de l'INTERCOTON ou l'interprofession de la filière coton et comprenant les Organisations Professionnelles Agricoles (OPA) affiliées à des faïtières (Ivoire coton, COIC, SECO, CIDT, etc.) ont généré des emplois, contribué à l'amélioration du cadre de vie et à la réalisation d'infrastructures sociales et communautaires (pistes, centres de santé, écoles) dans les zones nord de la Côte d'Ivoire (Zagbaï *et al.*, 2006 ; Edmond, 2015). La culture du coton a permis aussi un début d'industrialisation de la région des savanes avec 10 usines d'égrenage, une filature et une huilerie de graine (Edmond, 2015).

Actuellement, l'exploitation du cotonnier ne se limite plus à la seule production de fibre, puisque la graine est devenue une source importante de matières premières alimentaires pour l'homme et le bétail (Bachelier, 1999). L'huile extraite des graines de coton représente aujourd'hui l'essentiel de la consommation d'huile alimentaire dans les pays sahéliens, au Cameroun et en Côte d'Ivoire.

Elle est également utilisée comme matière première de l'industrie savonnaire, ou pour le fonctionnement de certains types de moteurs (Fok & Barbier, 2001 ; Vaitilingom, 2006). De plus, les farines de coton constituent une matière protéagineuse de choix (avec une teneur en protéines pouvant atteindre 50 %) pour l'alimentation animale, servant ainsi de base essentielle à une modernisation de l'élevage (FAO, 1990).

Toutefois, l'importance socio-économique que revêt cette culture pour les populations des zones de production et l'économie du pays, peut se trouver menacée par les ravageurs du cotonnier, en l'occurrence les insectes.

1.2. Principaux insectes ravageurs du cotonnier

1.2.1. Insectes phyllophages

Les insectes phyllophages composés essentiellement de chenilles de Lépidoptères, se nourrissent des feuilles du cotonnier à tous les stades phénologiques :

- *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera : Noctuidae) : Les jeunes chenilles groupées rongent les jeunes feuilles du cotonnier. Les chenilles âgées (5 cm, de couleur très variable, brune, rosâtre ou grise avec des rangées de triangles noirs sur le corps) se dispersent par la suite pour causer des dégâts qui peuvent aller jusqu'à une défoliation complète du cotonnier. Les chenilles consomment les feuilles, les fleurs, les boutons floraux et les capsules vertes (Ochou *et al.*, 2015).

- *Cosmophila flava* (Fabricius, 1775) (Noctuidae) : La chenille est de couleur vert rayée de plusieurs lignes blanches longitudinales. Elle a une tête de couleur vert-jaune. La chenille perfore la feuille en laissant des trous circulaires de 1 à 3 cm (Ochou *et al.*, 2015).

- *Syllepte derogata* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera : Crambidae) : la larve est de couleur verdâtre translucide avec une tête noire. La chenille s'attaque aux feuilles et provoque leur enroulement sous forme de cigare à l'aide de fils soyeux, d'où son nom de chenille enrouleuse des feuilles (Ochou *et al.*, 2015).

1.2.2. Insectes carpophages

Il s'agit essentiellement des chenilles de Lépidoptères qui attaquent les organes florifères et fructifères de la plante (boutons floraux, fleurs et capsules) (Ochou, 1998). Selon leur habitude alimentaire, ces chenilles sont divisées en deux groupes :

1.2.2.1. Carpophages à régime endocarpique

Les insectes carpophages à régime endocarpique sont :

- faux ver rose *Thaumatotibia leucotreta* Meyrick, 1913 (Tortricidae). La chenille est de couleur blanchâtre à la naissance, vire au rose uniforme. La larve déposée au contact de la capsule dès les premières minutes de sa vie larvaire, la chenille néonate effectue tout son cycle à l'intérieur de la capsule à l'abri des agressions extérieures (Ochou *et al.*, 2015). Les dégâts sur les capsules sont caractérisés par la présence d'un tortillon de substance mucilagineuse sécrétée au niveau du trou de pénétration;

- ver rose *Pectinophora gossypiella* Saunders, 1843 (Gelechiidae). La chenille néonate blanchâtre de *P. gossypiella* ressemble à *T. leucotreta*, puis elle vire au rose lors de son développement avec des bandes transversales rose foncé. La larve s'attaque aux fleurs, aux boutons floraux et aux capsules. L'attaque de la fleur se traduit par le symptôme caractéristique de « fleur en rosette » (les pétales restent soudés à leur extrémité distale) (Ochou *et al.*, 2015).

1.2.2.2. Carpophages à régime exocarpique

Les insectes carpophages à régime exocarpique sont :

- La chenille américaine *Helicoverpa armigera* Hübner, 1805 (Noctuidae). La chenille de couleurs variables, est caractérisée par deux lignes latérales claires qui permettent de ne pas le confondre à *S. littoralis*. *H. armigera* est très polyphage, c'est le ravageur le plus régulier et le plus dangereux de la culture cotonnière. Les chenilles attaquent les boutons floraux, les fleurs et les capsules dont elles vident l'intérieur à partir d'un trou d'entrée (Ochou *et al.*, 2015) ;

- les chenilles épineuses *Earias spp* représentées par *Earias insulana* Boisduval, 1833 (Noctuidae) et *Earias biplaga* Walker, 1866 (Noctuidae). La chenille d'*Earias* présente des excroissances en forme d'épines d'où son nom de chenille épineuse. Leurs dégâts consistent en des écimages très caractéristiques en début de saison, puis à la destruction des organes fructifères (boutons floraux, fleurs et capsules) (Ochou *et al.*, 2015) ;

- le ver rouge *Diparopsis watersi* Rothschild, 1901 (Noctuidae). Le genre *Diparopsis* est strictement d'origine africaine. La chenille néonate est blanchâtre ou jaune pâle. Au cours de son cycle de développement, la chenille de couleur verdâtre à partir du deuxième stade, vire au

rouge, avec de grosses tâches rouges sur le dos. La tête et les pattes thoraciques sont noires brillant. Les chenilles attaquent les boutons floraux et les capsules. Les boutons floraux attaqués se fanent, se détachent du rameau qui les porte mais y restent suspendus par des fils de soie. Les capsules attaquées sont souvent le siège de pourritures dues à divers micro-organismes (Ochou *et al.*, 2015).

1.2.3. Insectes piqueur-suceurs

Les insectes piqueur-suceurs attaquent le cotonnier par de multiples piqûres sur la face inférieure du limbe foliaire, généralement dès le début du cycle, avant la floraison. Cependant, ils sont présents tout le long du cycle de développement du cotonnier. Ils sont représentés principalement par les pucerons *Aphis gossypii*, Glover, 1877 (Hemiptera : Aphididae) ; l'aleurode ou mouche blanche *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera : Aleyrodidae) les mirides *Lygus vosseleri* Popp, 1912 (Heteroptera : Miridae) ainsi que *Helopeltis schoutedeni* Reuter, 1906 (Hemiptera : Miridae). Il y'a aussi les punaises *Dysdercus voëlkeri* Schmidt, 1932 (Hemiptera : Pyrrhocoridae); le thrips *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera : Thripidae).

- *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera : Aphididae).

Ce sont de petits insectes de couleur jaune verte ou brune vivant en colonie sur la face inférieure de la feuille. Ils sont suceurs de sève, ils vivent sous les feuilles du cotonnier, en suçant la sève en continu (Rodrigues *et al.*, 2013). Les piqûres entraînent la déformation des feuilles (Aspect gaufré). Ils sont vecteurs de maladies virales (maladie bleue), le miellat qu'ils secrètent attire les fourmis et dégrade la qualité de la fibre du coton (coton collant, fumagine) (Miranda *et al.*, 2013)

- *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera : Aleyrodidae).

Les adultes et les larves sont rencontrés à la face inférieure de la feuille. Les larves ou formes fixes jaunâtres sont immobiles à l'inverse des larves de *A. gossypii*. Les adultes de couleurs blanche appelé « mouche blanche » portent deux paires d'ailes blanches (Djiguemde, 2015) ;

- *Dysdercus voëlkeri* Schmidt, 1932 (Hemiptera : Pyrrhocoridae).

Les adultes ont un abdomen strié de rouge et des ailes rouges et noires. Les larves de couleur rouge vif se rencontrent parfois groupées sur des capsules ouvertes. Les larves et les adultes se nourrissent en piquant la graine au stade laiteux. Il détériore la qualité de la fibre (la formation de « coton jaune », d'où le surnom de Teinturier du coton) (Rodrigues *et al.*, 2013) ;

- *Jacobiella fascialis* Jacobi, 1912 (Hemiptera : Cicadellidae).

Ce sont des cicadelles dont les larves et les adultes sont de couleur verte. Ils vivent à la face inférieure des feuilles et se déplacent en oblique sur les feuilles (Miranda *et al.*, 2013). Les jassides font des piqûres sur la face inférieure de la feuille, entraînant des déformations (enroulement de la feuille vers le bas) et un changement de coloration (jaunissement puis rougissement de la feuille), surtout sur la bordure des feuilles dus à l'injection dans les nervures

1.3. Méthodes de lutte contre les insectes ravageurs du cotonnier en Côte d'Ivoire

Les insectes ravageurs représentent une contrainte majeure à l'augmentation des rendements en production cotonnière en Afrique de l'Ouest, avec des pertes de récolte de l'ordre de 25 % en moyenne malgré les traitements insecticides (Brevault *et al.*, 2019). Selon Renou & Brévault (2016), plus de 200 espèces ont été identifiées, mais seules quelques-unes sont réellement très nuisibles. La lutte contre les ravageurs peut prendre des formes très diverses qui ont, soit un but préventif en rendant difficile le développement des déprédateurs, soit un but curatif en s'attaquant directement au ravageur au cours de l'évolution du cotonnier (Parry, 1982). Pour réduire l'incidence économique des insectes ravageurs sur la production de coton, la recherche agronomique a développée des programmes de lutte intégré et vulgarisé en milieu paysan basés sur trois modalités de lutte contre les insectes : la lutte génétique, la lutte agronomique et la lutte chimique (Badiane *et al.*, 2015). Mais la lutte chimique reste le principal moyen de lutte contre les ravageurs du cotonnier (Badiane *et al.*, 2015).

I.3.1. Lutte génétique

Les caractères de résistance ou de tolérance aux ravageurs les plus utilisés dans le bassin cotonnier ivoirien sont la résistance à la fusariose et à la virescence. Les variétés sélectionnées empêchent également la ponte, l'alimentation ou le déplacement du ravageur sur la plante, grâce à des obstacles mécaniques (pilosité foliaire suffisamment élevée, dureté des parois capsulaires), des obstacles biochimiques, organoleptiques ou toxiques (gossypol, etc.) (Pascua, 2002 ; Khalil *et al.*, 2015).

Cette lutte se fait aussi par la création de lignées ayant un grand pouvoir de récupération après une attaque foliaire ou une perte de boutons floraux, ainsi que la création de variétés tolérantes à certains insectes. La sélection concerne aussi des variétés possédant des glandes à gossypol pour lutter contre les attaques des altises (Badiane *et al.*, 2015). Les potentialités qu'offre la diversité génétique du cotonnier pour la résistance aux ravageurs restent cependant insuffisamment exploitées dans les programmes de sélection variétale. L'utilisation de coton transgénique produisant des toxines provenant de la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis* (Bt) permet de protéger la culture contre certains lépidoptères phytophages (Showalter *et al.*, 2009). Toutefois, depuis le développement des plantes génétiquement modifiées, des inquiétudes ont été exprimées sur les effets écologiques potentiellement nuisibles de leur utilisation à grande échelle (Somé, 2007).

I.3.2. Lutte agronomique

Certaines pratiques culturales permettent de réduire l'impact des insectes ravageurs et celui des maladies du cotonnier. Ainsi, selon Javaid (1995) cité par Brévault *et al.*, (2019), la réalisation de semis précoces est recommandée pour éviter les fortes infestations de chenilles de la capsule en fin de campagne. La mise en place de variétés à cycle court, de fortes effectifs de semis, ou l'utilisation de régulateurs de croissance, participent de la même stratégie d'évitement des infestations de chenilles de la capsule en fin de campagne. De même, le labour permet de détruire les billons et d'exposer les larves diapausantes et les chrysalides de certaines espèces et les insectes terricoles au soleil et aux prédateurs (Badiane *et al.*, 2015). La méthode de lutte agronomique la plus employée est le semis précoce (Silvie & Gozé, 1991). Elle permet à la culture d'éviter les attaques de certains ravageurs ou leurs périodes de fortes pullulations. Les semis groupés permettent d'obtenir des champs homogènes et d'éviter ainsi le report successif des ravageurs d'une culture à l'autre (Ochou, 1998). La destruction des tiges après récolte par l'arrachage ou le brûlage des pieds de cotonnier, permet de diminuer la densité des populations des ravageurs soit par leur destruction par le feu, ou d'éliminer directement les insectes en nymphose dans les graines (*P. gossypiella* et *C. leucotreta*, *D. watersi*) (Anon, 1996 ; Ochou *et al.*, 1998, Badiane *et al.*, 2015). Il faut éviter de cultiver le cotonnier pendant plusieurs années successives sur le même bloc est également recommandé, car il est connu que la fusariose survient dans les zones où le cotonnier est cultivé sans rotation appropriée (Ochou, 1998).

1.3.3. Lutte chimique

Selon Badiane *et al.*, (2015), dans la plupart des pays africains, les programmes de traitements chimiques foliaires actuellement appliqués sont basés à la fois sur un calendrier préétabli et sur des interventions sur seuil. En Afrique de l'Ouest, depuis sa conception, le principe de la protection de la culture du coton sur calendrier a connu deux variantes. Il s'agit du programme standard et des programmes calendaires. En Côte d'Ivoire, la stratégie de protection est basée sur le développement de programmes calendaire qui consistent, d'une part, à la non utilisation des pyréthrinoïdes, mais à l'usage de leurs alternatives chimiques (organophosphorés tel le profenofos) (Koné, 2019). Ainsi, le choix des produits à appliquer s'opère avec beaucoup de discernement. Au stade végétatif du cotonnier qui s'étend jusqu'au 10 août, les traitements sont toujours réalisés avec un produit n'appartenant pas à la famille des pyréthrinoïdes, afin de mieux gérer la résistance de *Helicoverpa armigera*.

Les molécules alternatives aux pyréthrinoïdes commercialisés sont : le profenofos, l'indoxacarb, le spinosad, l'association flubendiamide-spirotétramate entre autres (Traoré, 2008). Pendant la phase végétative-fructifère, les traitements sont réalisés avec des produits binaires contenant un pyréthrinoïdes en association avec des molécules synergisantes. Dans le programme calendaire, on peut intervenir avec des produits acaricides au niveau de la deuxième fenêtre puis des produits aphicides et/ou aleurodicides en troisième fenêtre. Les produits acaricides tels que cyperméthrine/profenofos, deltaméthrine/triazophos et aphicides/aleurodicides comme lambdacyhalothrine/acétamiprid, alphaséthrine/imidacloprid sont souvent utilisés (Ochou & Martin, 2001 ; Badiane *et al.*, 2015). Cette nouvelle stratégie a permis de freiner l'aggravation de la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes. Toutefois une évolution vers la définition de seuils dynamiques, tenant compte des processus d'élaboration de la production associés aux capacités de compensation de la plante, du potentiel de rendement, ou de la présence d'ennemis naturels, reste à établir pour rationaliser encore davantage l'utilisation d'insecticides (Renou & Brévault, 2016).

1.4. Entomofaune utile

Un grand nombre d'insectes exercent une action répressive sur les insectes ravageurs des cultures tandis que d'autres interviennent dans la pollinisation et de se fait sont bénéfiques pour l'agriculteur. Parmi ceux-ci, il y a les prédateurs, les parasitoïdes, les entomopathogènes et les pollinisateurs.

1.4.1. Prédateurs

Les prédateurs sont des organismes vivants, représentés par des insectes et des arachnides, incluant aussi bien des formes larvaires qu'adultes. Ils s'attaquent à d'autres êtres vivants pour les tuer et se nourrir de leurs substances. Ils dévorent successivement plusieurs proies au cours de leur vie. Leur spécificité pour certains d'entre eux est très large (José *et al.*, 2013 ; Ochou *et al.*, 2015). Les insectes prédateurs des insectes ravageurs du cotonnier sont nombreux et appartiennent à plusieurs ordres. Ce sont entre autres les Coléoptères (*Cheilomenes sulphurea*, *Harmonia axyridis* etc.), les Diptères (*Episyrphus balteatus*), les Hyménoptères (*Camponotus maculatus*, *Crématogaster* sp.), les Dermaptères (*Forficula auricula*), les Odonates (*Coenagrion lunulatum*, *Platemis lydia*), les Mantoptères (*Mantis religiosa*). La plupart des prédateurs sont généralistes, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent d'une grande diversité de proie (José *et al.*, 2013). Cependant, certaines espèces ont des préférences marquées pour un groupe d'espèces en particulier telles que les larves de Coccinellidae. Chez certaines espèces, seul un stade du cycle biologique est prédateur (adultes de fourmis, larves de syrphes), tandis que chez d'autres, les larves et les adultes sont prédateurs (punaises prédatrices, chrysopes, carabes, coccinelles etc.). Leur alimentation est généralement variée et constituée d'espèces utiles comme nuisibles. (José *et al.*, 2013).

1.4.2. Parasitoïdes

Les parasitoïdes tels que *Aphidius funebris*, *Syrphophagus aphidivorus* sont des insectes dont tout ou bien une partie du développement larvaire et parfois nymphal se déroule à l'intérieur du corps, ou de l'œuf de la proie considérée comme hôte, ce qui entraîne sa mort (José *et al.*, 2013). Le développement des parasitoïdes peut se passer, soit dans l'œuf, dans la larve, dans les nymphes, dans les adultes, soit dans l'œuf pour se terminer dans les larves, ou au stade nymphal de l'hôte, puis l'adulte s'en échappe en y laissant un trou (Ochou *et al.*, 2015). Quand l'insecte parasitoïde émerge de sa chrysalide en tant qu'adulte, il se nourrit habituellement sur le miellat, le nectar ou le pollen, bien que quelques adultes se nourrissent des fluides du corps des hôtes et que d'autres exigent de l'eau additionnelle (Altieri *et al.*, 2005).

Selon José *et al.*, 2013, une même femelle est capable de parasiter un nombre important de ravageurs, parfois plus d'une centaine, mais chaque parasitoïde n'élimine qu'un hôte pour se développer, ce qui n'est pas le cas des prédateurs pour lesquels un même individu a besoin de consommer plusieurs proies pour atteindre le stade adulte. Beaucoup de parasitoïdes présents dans les cultures s'attaquent à des ravageurs et sont par conséquent bénéfiques. Selon José *et al.*, (2013), les parasitoïdes sont en général spécifiques d'un hôte ou d'un groupe d'hôtes, ce qui les rend plus intéressants pour la lutte biologique (cas des trichogrammes vis à vis des œufs de Lépidoptères).

1.4.3. Organismes entomopathogènes

Les entomopathogènes sont des organismes infectieux qui causent des maladies aux insectes ravageurs des cultures. Dans certains cas, ils sont à l'origine d'épizooties susceptibles de décimer une population de déprédateurs. Ces germes pathogènes appartiennent à différents groupes taxonomiques dont les champignons (les Entomophthorales et les Deutéromycètes), les bactéries dont le plus connu est *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (= Bt) et les virus dont les plus promoteurs pour la lutte contre les ravageurs appartiennent à la famille des Baculovirus (José *et al.*, 2013). Selon Benserradj (2014), les champignons entomopathogènes, sont plus efficaces lorsque l'insecte ciblé est préalablement affaibli par un autre facteur comme un stress nutritif. Leur abondance est favorisée par les températures élevées et surtout par des degrés élevés d'hygrométrie (José *et al.*, 2013). Compte tenu de leur mode de transmission, ils sont généralement très efficaces lorsque la densité des populations d'insectes ciblés est très élevée. Les insectes attaqués par le champignon meurent généralement dans un délai de 3 à 10 jours. Quand l'insecte meurt, le champignon entre dans un stade nymphal, colonise les organes internes puis sporule à la surface de l'insecte (Bakelli & Habibi, 2019). La bactérie *Bacillus thuringiensis* est un bacille Gram positif, aérobie et sporulé. Il se retrouve pratiquement dans tous les sols, l'eau, l'air et le feuillage des végétaux. Il fait partie d'un groupe de six bacilles, rassemblés sous le terme « groupe *Bacillus cereus* » : *B. anthracis* (responsable de la maladie du charbon), *B. cereus*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides*, *B. weihenstephanensis* et *B. thuringiensis* (Lonc *et al.*, 1997). Selon Rihab (2016), *Bacillus thuringiensis* se trouve dans le sol, sur le feuillage des plantes et dans les cadavres de certains insectes. A l'état végétatif, *Bacillus thuringiensis* a la forme d'un bâtonnet de 5µm de long sur 1µm de large, et est pourvu de flagelles. Il se distingue des autres bacilles du groupe *cereus* par sa capacité à synthétiser des cristaux formés de protéines (Höfte & Whiteley, 1989; Martin, 1994).

Bacillus thuringiensis produit des toxines désignées sous le terme de protéines Cry ou δ -endotoxines dont certaines ont un effet entomopathogènes (Rihab, 2016). En effet, l'activité insecticide de ces toxines est spécifique d'un ordre d'insectes: par exemple, les protéines Cry1 et Cry2 sont actives sur certains Lépidoptères, alors que les toxines Cry3 sont actives sur certains Coléoptères et les toxines Cry4 sur des espèces de Diptères (Bravo *et al.*, 2011; Palma *et al.*, 2014). Les protéines cristallisées exercent leurs effets sur l'hôte en lisant les cellules épithéliales de l'intestin moyen et en provoquant la paralysie du tube digestif. L'insecte infecté cesse de se nourrir et finit par mourir s'il ne parvient pas à se rétablir (Kirouac *et al.*, 2002; Vachon *et al.*, 2012).

Les virus sont des organismes pathogéniques obligatoires, ultramicroscopiques et intracellulaires. Ils sont constitués d'un seul type d'acide nucléique (Acide Desoxyribonucléique (ADN) ou Acide Ribonucléique (ARN) entouré ou non d'une enveloppe protectrice de nature protéine ou lipoprotéine appelée capsule. Les virus entomopathogènes sont classés selon différents critères tels que le matériel génétique, la morphologie, la taille, la présence ou non d'un corps d'inclusion ou encore l'hôte concerné (Van *et al.*, 2005, Ibarra & Castro, 2008). Treize familles contiennent les 650 virus entomopathogènes isolés à partir d'insectes (Kergunteuil *et al.*, 2016). Certaines d'entre elles infectent seulement les Arthropodes et d'autres Crustacés. Cependant, en pratique, seuls les Baculovirus possédant plus de 600 isolats dont 90% possèdent un hôte de l'ordre des lépidoptères sont actuellement utilisés comme agents de lutte biologique (Castro & Ibarra, 2011). Les Baculovirus utilisent plusieurs modalités pour infecter leurs hôtes : l'ingestion, les voies ovariennes, l'infection par contact direct. Mais, l'infection baculovirale commence par l'ingestion des corps d'inclusion sur le régime de l'insecte hôte. Au cours du processus d'infection dans le noyau des cellules, ces virus forment des corps d'inclusion constitués de plusieurs particules virales dans une matrice protéinique composée principalement de la polyédrine, simple polypeptide. Les polyèdres, une fois ingérés par les larves, sont dissouts dans le suc intestinal en général très alcalin ; les virions sont libérés puis pénètrent dans les cellules intestinales par fusion membranaire ou endocytose. Après leur passage dans l'épithélium intestinal, ces virus infectent les hémocytes et les tissus adipeux de leur hôte où ils se multiplient (Castro & Ibarra, 2011).

Selon Cloutier & Cloutier (1992), après la mort de l'insecte, les corps d'inclusion très résistants sont disséminés dans la nature pour réinitier une autre infection après libération des particules virales qu'ils contiennent. Les polyèdres représentent principalement la forme d'infection de larve à larve à l'intérieur de l'insecte alors que les virions sont transmis de cellule à cellule par exocytose.

1.4.4. Principaux prédateurs et pollinisateurs du cotonnier

1.4.4.1. Coccinelles

La faune auxiliaire constitue l'un des principaux facteurs de limitation des arthropodes ravageurs des cultures. Parmi cette faune, les coccinelles constituent un groupe entomophage susceptible de jouer un rôle important dans la réduction des populations de pucerons et de cochenilles (Saharaoui, 2017). Les larves et les adultes sont des prédateurs principalement de pucerons. Les œufs orangés, fusiformes, sont déposés par petits groupes sur les feuilles. Les larves et les adultes vivement colorées, sont carnivores. Les Nymphes immobiles, fixées à la face inférieure des feuilles de cotonniers ne s'alimentent pas. Il existe plusieurs espèces de coccinelles (*Coccinella septempunctata*, *Scymnus sp.*, *Coleomegille maculata*, *Harmonia sp.*, *Eriopis sp.*, *Cycloneda sp.*, *Brachyacantha sp.*, etc) (Ochou *et al.*, 2015).

- **Systématique**

Les coccinelles font partie de la famille des Coccinellidae qui comprend environ 4000 espèces connues, réparties dans le monde entier. Elles font partie de l'ordre des Coléoptères, du sous-ordre des Polyphagae, à la superfamille des Cucujoidae et à la famille des Coccinellidae comprenant plusieurs genres et espèces (Saharaoui, 1998 ; Saharaoui *et al.*, 2014). La position systématique de l'espèce *Cheilomenes sulphurea* (Olivier, 1791), est la suivante :

Règne	: Animal
Embranchement	: Arthropodes
Classe	: Insectes
Ordre	: Coléoptère
Superfamille	: Cucujoidae
Famille	: Coccinellidae
Genre	: <i>Cheilomenes</i>
Espèce	: <i>Cheilomenes sulphurea</i>

- **Morphologie**

Les coccinelles se différencient des autres Cucujoidae par les palpes maxillaires dont le dernier segment est sécuriforme. Le métasternum est le premier segment abdominal pourvu d'une suture fémorale. La présence des cinq paires de stigmates fonctionnels, des élytres jamais tronqués à l'apex et en fin une tête non recouverte par rebord antérieur du pronotum. Les coccinelles n'atteignant jamais plus de 1cm de taille et pouvant descendre au-dessus de 1 cm pour les formes réduites. Leur forme est régulièrement arrondie, presque hémisphérique ou ovale, convexe, au corps glabre ou pubescent (Balachowsky, 1962 cité par Saharaoui, 1998). (Figure 2A).

- **Cycle biologique**

La majorité des coccinelles sont actives entre le mois de mai et juillet. C'est aussi la période de multiplication (reproduction) de toutes les coccinelles (Saharaoui, 1994). Leur cycle de développement comprend 4 stades larvaires séparés du stade adulte par un stade nymphal (Saharaoui, 1998). La durée du cycle dépend des conditions climatiques (température, humidité relative et photopériode) et l'abondance de la nourriture, chez la plupart des coccinelles, elle est d'un mois environ. Chez les phytophages, elle est de deux mois (Iperti, 1986). Le nombre de génération varie d'une région à une autre et d'une espèce à une autre. Dans un cycle on peut rencontrer jusqu'à trois générations par an (Figure 2B).

A



B

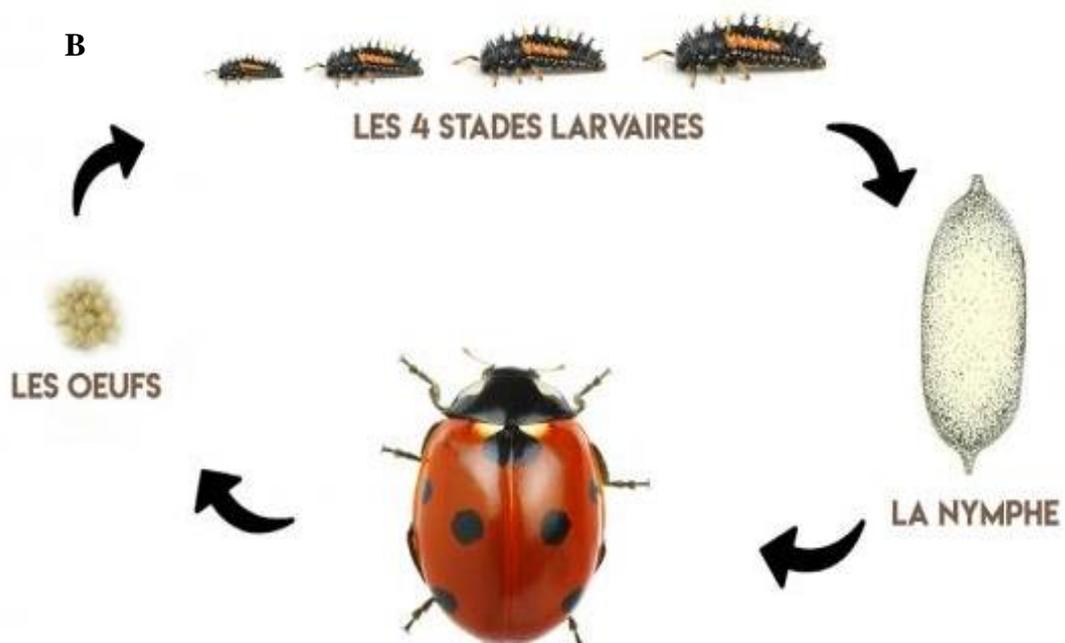


Figure 2 : Adultes et cycle biologique d'une coccinelle (Durieux, 2012)

- A- Adultes de coccinelles (*Coccinella septempunctata*, *Cheilomenes sulphurea* et *Cheilomenes propinqua*)
- B- Cycle biologique d'une coccinelle

1.4.4.2. Syrphes

Les syrphes sont des auxiliaires volants s'attaquant aux pucerons des grandes cultures, au stade larvaire. À l'âge adulte, la plupart des espèces butinent sur les fleurs et participent de fait à leur pollinisation. Ils sont présents dans presque tous les habitats terrestres. D'apparence très variée, ils ressemblent pour la plupart à de petites guêpes, et présentent une grande variété de modes de développement. D'autre part, ils sont souvent qualifiés de mimétiques du fait de leur ressemblance avec certains apiformes (guêpes, abeilles et frelons...). (Dor *et al.*, 2011a). Les larves des syrphes sont prédatrices de pucerons ou de pupes d'aleurodes, mais aussi d'œufs et de larves de lépidoptères (Ochou *et al.*, 2015).

- **Systématique**

La systématique de l'espèce *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), est la suivante.

Règne	: Animal
Embranchement	: Arthropodes
Classe	: Insectes
Ordre	: Diptère
Superfamille	: Syrphoïdae
Famille	: Syrphidae.
Genre	: <i>Episyrphus</i>
Espèce	: <i>Episyrphus balteatus</i>

- **Morphologie**

Les Syrphidés sont une famille de Diptères. Ces derniers sont des insectes n'ayant qu'une seule paire d'ailes membraneuses. Chez les Diptères, la seconde paire d'aile présente normalement chez les insectes a été transformée en une paire d'organes gyroscopiques stabilisateurs connus sous le nom d'haltères ou de balanciers. Une seconde caractéristique de nombreux Diptères, syrphes inclus, réside en une modification importante des pièces buccales : les mandibules ont disparu et ont été remplacées par une structure spongieuse, le labre, au travers duquel ces insectes absorbent la majeure partie de leur nourriture (Dor *et al.*, 2011).

Les larves mesurent 10 mm de long à la fin de leur développement. Comme tous les asticots, elles n'ont pas de pattes (apodes) et leur tête n'est pas distincte du reste du corps (acéphales). Elles sont de couleur jaunâtre et d'aspect translucide. Le régime alimentaire des larves, varie selon l'espèce (phytophage, saprophage ou entomophage). Certaines espèces de larves sont

d'importants prédateurs de pucerons, de cochenilles ou d'autres ravageurs des cultures. Au cours de son développement, qui dure de 1 à 2 semaines, la larve peut consommer de 400 à 900 pucerons. L'adulte mesure environ 35 mm. Les syrphes n'ont pas la taille des Hyménoptères dont les abeilles et les guêpes. Les yeux sont gros et couvrent presque toute la tête. La couleur du corps est parfois zébrée ou tacheté de jaune ou de bleu sur fond noir (Ochou *et al.*, 2015). Il est possible de les confondre avec les guêpes, les abeilles ou les bourdons (Hymenoptera) lorsqu'ils sont glabres ou lorsqu'ils sont poilus (Figure 3A).

- **Cycle biologique**

Les syrphes adultes font leur apparition à la fin de l'hiver dès les premiers beaux jours, mais s'activent fortement en mai où ils commencent par repérer les colonies de pucerons puis pondent au milieu, ou à proximité, leurs œufs (entre 500 et 1000 par femelle). Au bout d'une semaine, les larves (environ 12 mm de long et de couleur variable selon l'espèce) apparaissent et durant une douzaine de jours vont se nourrir des pucerons. Vient ensuite la nymphose, moment où la larve se transforme en puppe puis au bout de 15 jours, en sort un adulte. Selon les espèces, le nombre de générations peut varier entre 1 et 5 par an. Puis, dès novembre, les dernières générations de syrphes hivernent à l'état de larve ou de puppe (rarement adulte) sous un paillis, dans les interstices des vieux murs, sous les écorces ou les feuillages persistants (Isabelle, 2020) (Figure 3B).

A

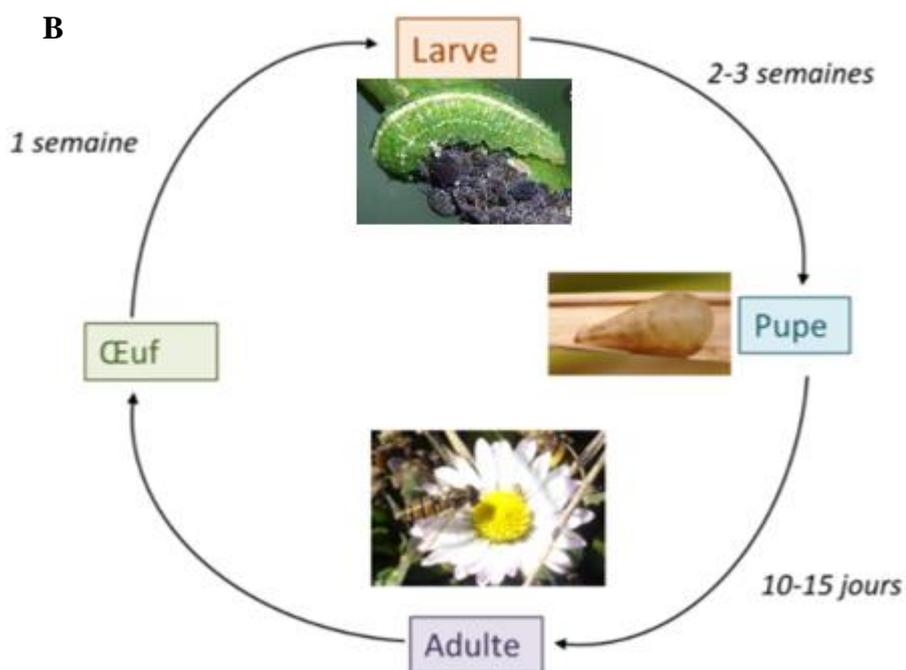


Figure 3: Adultes et cycle biologique d'un syrphe (Djellab, 2013)

- A- Adultes de syrphes (*Ischiodon aegyptius*, *Episyrphus balteatus* et *Sphaerophoria scripta*)
- B- Cycle biologique d'un syrphe

1.4.4.3. Fourmis

Ce sont des prédateurs très actifs de chenilles et de coléoptères. La présence de petits monticules de sable qui entourent l'entrée des nids indique la présence de fourmis. La grande majorité de ces hyménoptères sociaux sont des prédateurs très actifs qui chassent des proies variées. Les fourmis sont attirées par le miellat produit par les pucerons et les cochenilles, ce qui explique qu'on les observe fréquemment parmi les colonies de ces Hémiptères. Elles ne sont pas prédatrices de ces insectes et peuvent parfois faciliter leur installation. Des fourmis coupeuses de feuilles comme *Messor* peuvent causer des dégâts importants à certaines cultures en découpant des morceaux de feuilles qu'elles emportent dans leurs nids (Ochou *et al.*, 2015).

- **Systematique**

La systématique de la fourmi *Camponotus maculatus* (Fabricius, 1781), est la suivante :

Règne	: Animal
Embranchement	: Embranchement
Classe	: Insectes
Ordre	: Hyménoptères
Superfamille	: Vespoïdae
Famille	: Formicidae
Genre	: <i>Camponotus</i>
Espèce	: <i>Camponotus maculatus</i>

- **Morphologie**

Les fourmis sont des arthropodes hexapodes dont le corps est formé de métamères qui se modifient au cours de leur développement. Elles ont un corps divisé en trois parties: la tête, le thorax et l'abdomen. La tête porte une paire d'antennes coudées, les yeux composés, les ocelles et les pièces buccales. Le thorax comportant trois segments (le prothorax, le mésothorax et le métathorax) abrite les organes de locomotion. L'abdomen est constitué de métamères dont le nombre varie selon l'espèce. Il renferme le mésosome, le pétiole, le postpétiole (s'il existe) et le gastre (Figure 4A).

- **Cycle biologique**

Les fourmis se reproduisent par voie sexuée. Et cela grâce à la multiplication et à la dispersion des gènes qui constituent des impératifs pour leur reproduction. En effet, elles permettent la propagation et la pérennisation de leurs espèces. Ces processus sont rendus possibles grâce à

de multiples stratégies de reproduction résumées en deux grands ensembles (Peeters & Ito, 2001) : fondation indépendante (ou claustrale): dans laquelle la reine fondatrice élève toute seule la première génération d'ouvrières fondation dépendante est caractérisée par la fission de la colonie de départ. Les fourmis ont un développement holométabole, c'est-à-dire que les différents stades de développement (œuf, larve, nymphe et imago) sont différents entre eux. La mise en place d'une nouvelle colonie commence par une jeune reine essaimant qui s'accouple avec un ou plusieurs mâles (la polyandrie) (Keller & Reeve, 1995; Fjerdingstad & Boomsma, 1998).

La reine ailée, après accouplement, se débarrasse de ses ailes et recherche un lieu approprié (orifice du sol ou les cavités des plantes) pour ensemer un nouveau nid où elle va démarrer la ponte des œufs. Elle convertit ses muscles thoraciques et corps gras en acides aminés. Aussi, produit-elle des œufs alimentaires pour nourrir les premières larves. Après l'émergence des premières ouvrières. Ces dernières assurent les soins du couvain et l'élevage des larves (Weber, 1982). Désormais la reine se consacre essentiellement à la ponte des œufs (Tschinkel, 1993) (Figure 4B).

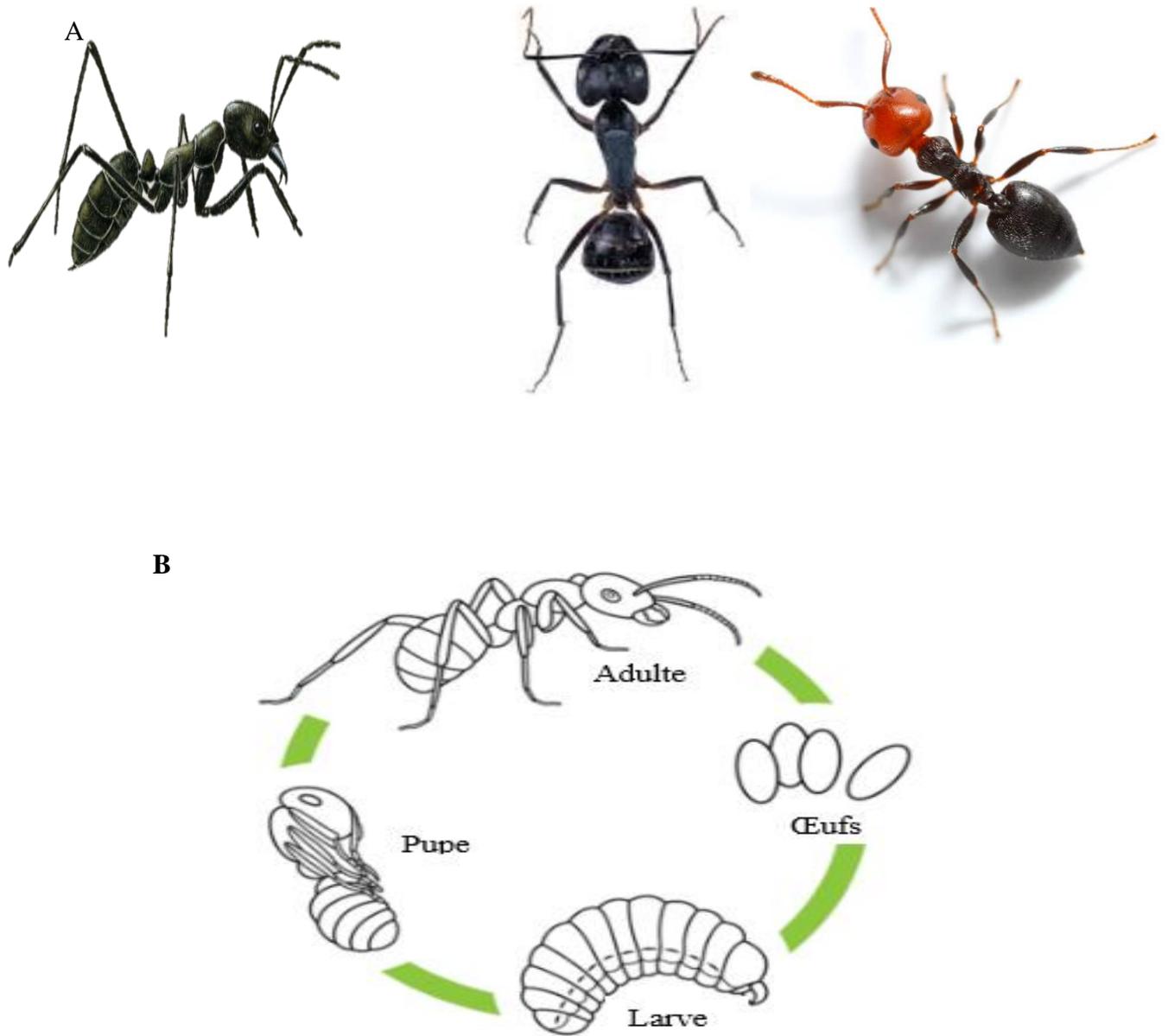


Figure 4 : Adultes et cycle biologique d'une fourmi (Cheny, 2020)

A- Adultes de fourmis (*Camponotus sp.* et *Crématogaster sp.*)

B- Cycle biologique d'une fourmi

1.4.4.4. Abeilles

Les abeilles sont des insectes appartenant à l'ordre des Hyménoptères. (Kelomey *et al.*, 2015). Cet ordre est l'un des plus importants après celui des Coléoptères par le nombre d'espèces qu'il renferme et la masse d'individus qui le composent. Les Apidae appelés communément abeilles et nommés également mellifères Latreille (1802) sont considérés comme une super famille des hyménoptères. Elle renferme un nombre élevé d'espèces décrites. Si l'abeille à miel *Apis mellifera* Linné 1758 (Apidae) est l'espèce sociale domestique la mieux connue, la plupart des abeilles, plus de 80 % des espèces sont solitaires et sauvages.

- **Systematique**

La systématique de l'espèce *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), est la suivante.

Règne	: Animal
Embranchement	: Arthropodes
Classe	: Insectes
Ordre	: Hyménoptère
Superfamille	: Apoïdae
Famille	: Apidae.
Genre	: <i>Apis</i>
Espèce	: <i>Apis mellifera</i>

- **Biologie**

- Œufs : Les 2 extrémités de l'œuf sont de grosseurs différentes. L'extrémité antérieure est la plus grosse; elle constitue le pôle oral ou pôle céphalique. La tête de la larve à naître est orientée vers ce pôle qui comporte une partie amincie du chorion : le champ micropylaire. Cette plage possède au centre un orifice microscopique : le micropyle. C'est par cette ouverture que s'introduit le spermatozoïde qui vient féconder l'œuf. L'extrémité postérieure constitue le pôle anal ou caudal. C'est par cette extrémité que l'œuf est fixé au fond de la cellule (Figure 5B).
- La larve d'abeille : A la fin du troisième jour suivant la ponte, la larve éclot à partir de l'œuf et présente tous les caractères anatomiques qu'elle conservera tout au long de sa croissance, jusqu'à sa transformation en pronympe. Le stade larvaire ne représente donc qu'une période de croissance de cinq jours. La larve est un asticot blanchâtre sans yeux, sans pattes, sans antennes ni aiguillon, possédant des pièces buccales simples qui ont seulement besoin de lécher les quantités copieuses de nourriture placées dans la

cellule par des ouvrières nourrices. La plupart de la cavité du corps est remplie par l'intestin antérieur et la poche rectale, avec les glandes salivaires sécrétant les enzymes et les tubes excréteurs qui sont les autres structures internes principales (Figure 5B).

- La pupa : Le stade pupal est la dernière période avant la mue finale en imago. A ce stade, la tête, les yeux, les antennes, les pièces buccales, le thorax, les pattes et l'abdomen montrent tous les caractéristiques de l'adulte. Au fur et à mesure du développement de la pupa, la cuticule devient graduellement plus foncée et ces changements de couleurs bien définis peuvent être utilisés pour déterminer l'âge de la pupa. Les pupes ne grandissent pas, ni ne changent de forme extérieurement, mais intérieurement les muscles et les systèmes des organes subissent des changements massifs vers leur forme adulte (Figure 5B).
- L'adulte : Après cette mue finale de l'exosquelette, l'adulte reste à l'intérieur de la cellule pendant plusieurs heures pendant que la nouvelle cuticule durcit. Pour émerger, les imagos commencent par utiliser leurs mandibules pour perforer l'opercule de petits trous, et, comme ils tournent à l'intérieur de la cellule, les antennes sortent souvent par ces trous. Les opercules de cire sont manipulés avec les mandibules et fixés à la paroi de la cellule, où les ouvrières adultes les prennent pour operculer d'autres cellules. Après des efforts considérables et des essais manqués, l'abeille naissante finalement élargit suffisamment la cellule et sort. Une fois sur le rayon, l'imago étale ses ailes et antennes, laisse sécher les poils de son corps et commence ses activités. (Figure 5B)

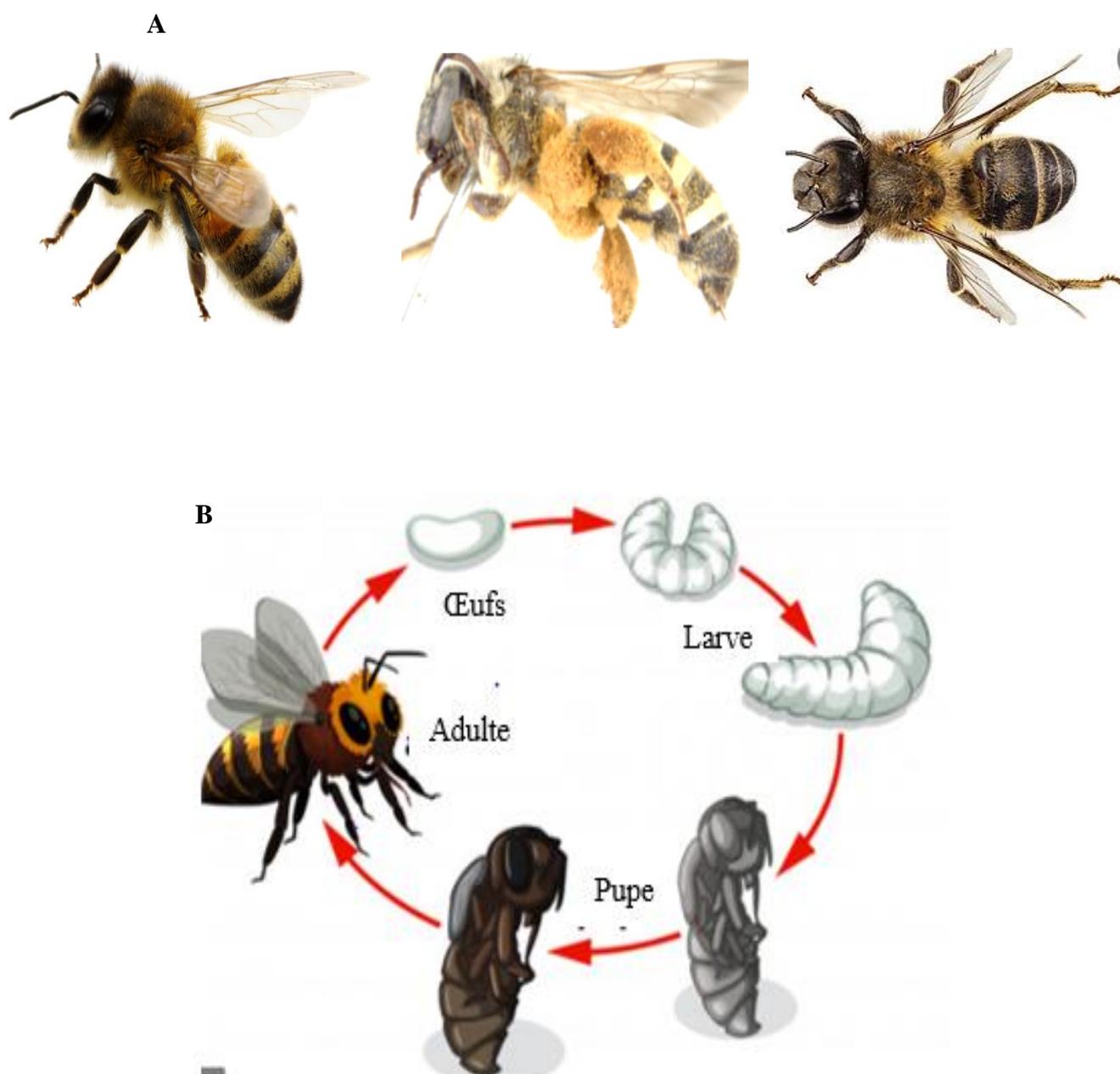


Figure 5: Adultes et cycle biologique d'une abeille (Belaid & Bensalem, 2020)

A- Adultes d'abeilles (*Apis mellifera* et *Nomia sp.*)

B- Cycle biologique d'une abeille

1.5. Zone d'étude

Les travaux ont été réalisés au nord de la Côte d'Ivoire, précisément dans la région administrative du Tchologo. La zone d'étude est limitée au Sud par la région du Hambol, à l'Est par le Boukani, à l'Ouest par le Poro, au Nord par le Burkina Faso et le Mali. (Figure 6). C'est une zone stratégique de développement du fait de sa proximité avec les capitales du Burkina-Faso et de la République du Mali. Elle est composée des départements de Ferkessédougou, de Kong et de Ouangolodougou (Anonyme, 2014). La Région du Tchologo couvre une superficie de 17 382 km² avec une population de 467 958 habitants (Anonyme, 2014).

1.5.1. Climat

Le climat est de type soudanais avec deux grandes saisons : une saison sèche de novembre à avril caractérisée par l'harmattan avec pour points culminants décembre et février et une saison pluvieuse de mai à octobre avec des pics en août et septembre. Les amplitudes thermiques quotidiennes et annuelles y sont relativement importantes, de l'ordre de 27° C (Figure 7), le taux d'humidité, inférieur à celui du sud du pays, varie de 40% à 50%. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 1000 mm et 1200 mm (Figure 7). La saison sèche dure de 6 à 8 mois et son intensité augmente régulièrement avec la latitude entre 8° et le 11° degré de latitude Nord. On enregistre des vents secs et chauds d'origine saharienne en Décembre, Janvier et un vent de harmattan en Février. La température moyenne annuelle de 24 ° C, varie de 12 °C en décembre-janvier à 39 °C en mars-avril (Coulibaly *et al.*, 2016).

1.5.2. Sol

Dans cette région nord de la Côte d'Ivoire, on trouve des sols ferralitiques (Coulibaly *et al.* 2016). Les sols de bas versants et de bas-fond appartiennent à la classe des sols hydromorphes. Cependant, en dehors de ces deux principales classes, plusieurs autres classes ont été définies (Leveque, 1979). On rencontre donc selon cet auteur la classe des sols peu évolués, la classe des sols minéraux bruts, les sols ferrugineux tropicaux, la classe des vertisols et la classe des sols brunifiés.

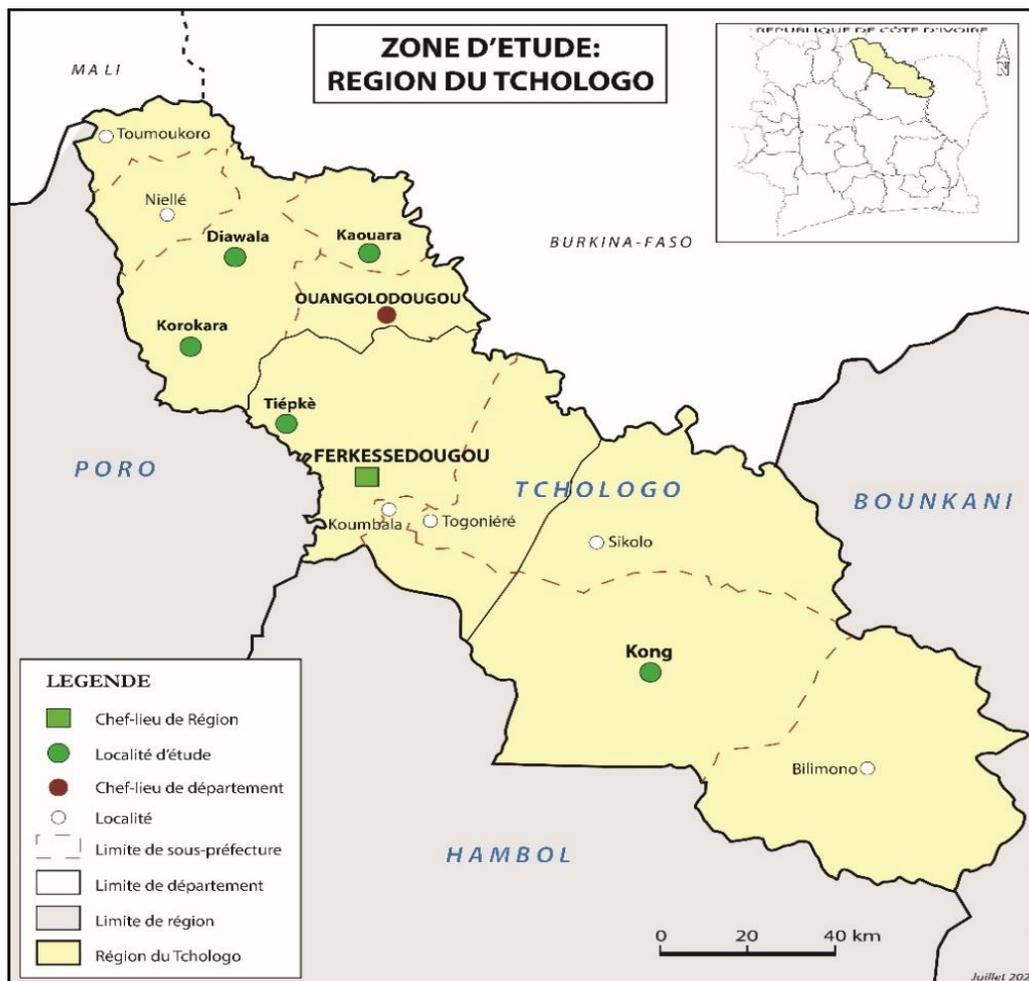


Figure 6: Zone d'étude

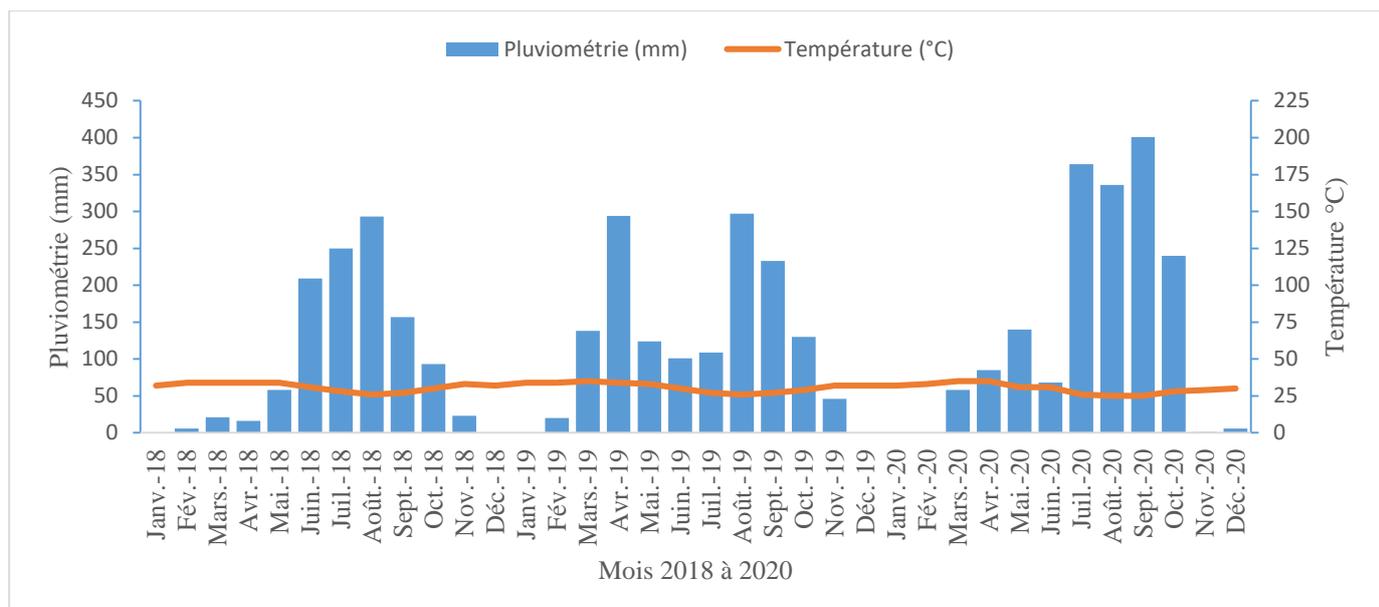


Figure 7: Diagramme ombrothermique de la région du Tchologo de 2018 à 2020 (Soro, 2020)



DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel biologique

Le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) a été le principal matériel végétal utilisé dans le cadre de cette étude. Six variétés ont été utilisées (Gouassou F1, Sicama V1, Y 616 B, Y 331 C, Y 331 BLT et W 766 C). Ce matériel est vulgarisé pour ses performances agronomiques et sa tolérance à certaines maladies en milieu paysan.

2.1.2. Matériel de piégeage et de conservation

Le matériel de capture des insectes utiles et nuisibles était composé de :

- un filet fauchoir dont la manche a une longueur de 70 cm et 3 cm de diamètre. La poche est formée d'un tissu en coton robuste de 30 cm de profondeur, permettant de résister à la vigueur des mouvements dans les parcelles cotonnières (Figure 8A).
- des pots barber ou pièges trappes en plastique de 10 cm de diamètre et de 15 cm de profondeur qui servi à la capture des insectes rempants. (Figure 8B).
- un aspirateur à bouche composé d'un flacon à vis facilement interchangeable, et d'un filtre, indispensable à l'utilisation qui prévient tout passage des insectes dans le tube d'aspiration (Figure 8C).

2.1.3. Matériel de collecte des données climatiques

Le matériel de collecte des données de la pluviométrie, de la température et de l'humidité relative de l'air était composé de :

- quatre pluviomètres à lecture directe, de grande capacité, graduée jusqu'à 100 mm (Figure 9A).
- quatre Thermo-hygromètres de marques HTC-2 (Figure 9 B).

2.1.4. Matériel de traitements insecticides et de protection

Pour l'étude de l'effet des insecticides chimiques de synthèse sur l'un des insectes utiles, trois insecticides chimiques ont été retenus. Ce sont, Thalix 56 EC, Duel 336 et de Conquest 88EC (Figure 10), de différentes combinaisons de matières actives ont été utilisés sur les parcelles d'expérimentation (Tableau I).

- Les insecticides ont été épanchés avec un pulvérisateur à dos de marque OSATU star 16 agro, à pression entretenue, de capacité utile 15 litres.
- Pour épancher les produits chimiques, l'opérateur était vêtu de vêtements à manches longues et de bottes, de gants, de masques de lunettes, communément appelé EPI

2.1.5. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire qui a servi à l'identification des spécimens était composé de :

- des pinces entomologiques qui ont servi au tri des insectes collectés ;
- des flacons de 100 mL contenant de l'alcool éthylique 70 % qui servent à la conservation des insectes collectés. (Figure 11A) ;
- des étiquettes pour mentionner les informations relatives à chaque spécimen ;
- une loupe binoculaire munie d'un système d'éclairage (Figure 11B).



Figure 8: Matériel de collecte des insectes utiles et nuisibles

A- Filet fauchoir, B- Pot Barber, C- Aspirateurs à insectes,

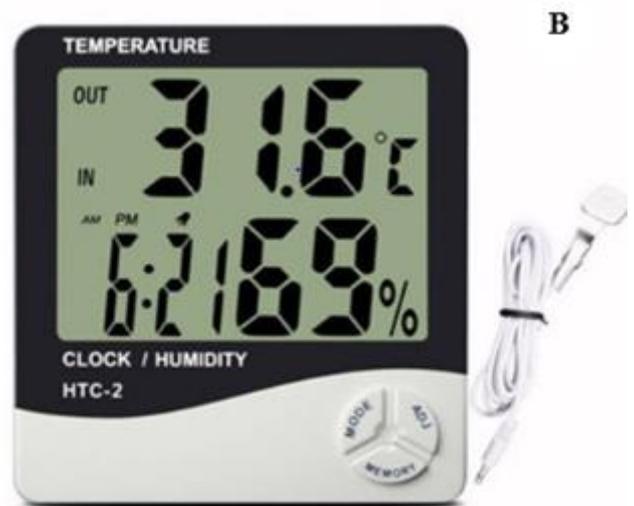


Figure 9: Matériel de collecte de données climatiques

A- Pluviomètre à lecture directe, B- Thermo-hygromètre



Figure 10: Insecticides utilisés

A- Thalys 56 EC, B- Duel 336 EC, C-Conquest 88 EC



B



Figure 11: Matériel de collecte des données climatiques

A- Tubes de collectes des insectes, B- loupe binoculaire avec éclairage.

Tableau I: Insecticides chimiques utilisés pour l'application des parcelles

Formulation	Matière active	Concentrations (g/l)	Famille chimique	Dose à l'hectare
Thalis 56 EC	Emamectine benzoate	24	Avermectines	1 L/ha
	Acétamipride	32	Néonicotinoïdes	
Duel 336 EC	Profenophos	300	Organophosphorés	1 L/ha
	Cyperméthrine	36	Pyréthroïdes	
Conquest 88 EC	Acétamipride	16	Néonicotinoïdes	1 L/ha
	Cyperméthrine	72	Pyréthroïdes	

2.2. Méthodes

2.2.1. Etude de la diversité et de l'abondance des populations d'insectes utiles

2.2.1.1. Choix des parcelles en milieu paysan

Le choix des parcelles ou des producteurs a été fait en fonction des décades de semis et répartis sur l'ensemble des sites, de façon à prendre en compte la variabilité des facteurs écologiques et agronomiques (Lebreton & Lebourgeois, 2005). La formule suivante a permis de sélectionner les parcelles chaque année pendant la période des semis (Tableaux II et III).

$$N = \frac{\text{Surface semée dans la décade}}{\text{Surface prévue par le site}} \times 10 \quad (1)$$

Ainsi, de 2018 à 2019, dix (10) parcelles paysannes d'une superficie de 2500 m² chacune ont été choisies et suivies dans chacune des quatre localités (Korokara, Diawala, Kaouara et Kong). Le dispositif d'observation des insectes a impliqué un total annuel de 40 parcelles paysannes.

2.2.1.2. Méthodes d'échantillonnage des insectes utiles et nuisibles

Sur chaque parcelle d'observation, 15 relevés d'insectes utiles et nuisibles ont été effectués à partir du 30^{ème} JAL (Jour Après Levée), jusqu'au 128^{ème} JAL de façon hebdomadaire selon le dispositif (Figure 12). La méthode de capture à la main a été utilisée. Elle consiste à capturer les insectes utiles et nuisibles directement à la main. Cette méthode donne de bonnes informations sur la plante hôte (Djerdalli, 1994). Les observations des insectes ont été faites plant par plant, sur un échantillon de 30 plants pris par groupes de 5 plants consécutifs par ligne, suivant la méthode séquentielle dite « de la diagonale » (Bruno *et al.*, 2000 ; Nibouche *et al.*, 2003).

Le filet fauchoir a été utilisé pour capturer les utiles et nuisibles. Cette méthode consiste à frapper avec force la végétation de cotonnier de façon à déloger les insectes qui s'y trouveraient (Moussa, 2005). Les pots barbers contenant chacun de l'eau savonneuse ont été utilisés pour capturer une fois par semaine, les insectes rampants (Moussa, 2005).

Dans chacune des parcelles, 5 pots ont été enterrés dans le sol, entre les lignes de semis de manière à ce que chaque pot vienne coïncider avec la surface du sol.

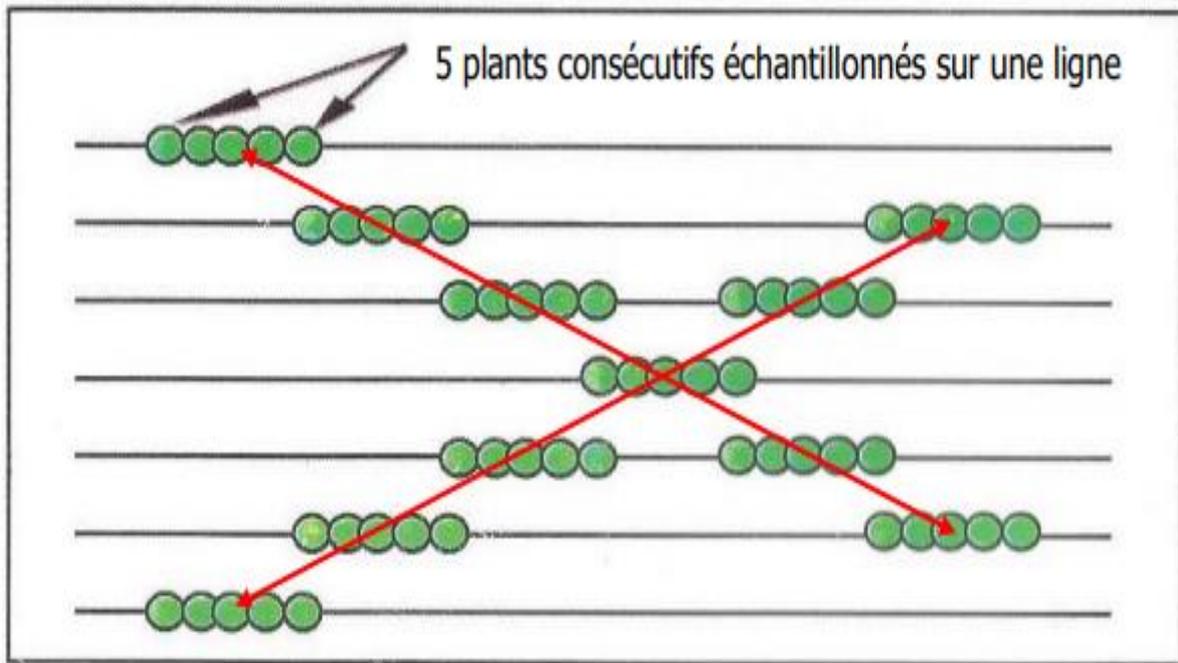


Figure 12: Dispositif de collecte des données en milieu paysan (Ochou, 2011)

2.2.1.3. Identification des espèces

Les insectes capturés sur chaque parcelle, ont été identifiés par espèce en se basant sur les caractères morphologiques externe, à l'aide de la collection en ligne des fourmis www.antweb.org, la clé de détermination en ligne des mantes www.paca.lpo.fr. De plus, des clés ou des guides d'identification des autres espèces ont été utilisées (Aguilar & Dommaget, 1998 ; Connal *et al.*, 2010 ; André, 2017 ; Poussereau *et al.*, 2018).

Tableau II: Répartition des parcelles choisies en 2018

Décades de semis	Nombre de parcelles choisies			
	Korokara	Diawala	Kaouara	Kong
21 au 31 Mai	0	0	1	1
1er au 10 Juin	4	4	5	1
11 au 20 Juin	3	3	2	4
21 Juin au 30 Juin	2	3	1	4
1er au 10 Juillet	1	0	1	0
Total	10	10	10	10

Tableau III: Répartition des parcelles choisies 2019

Décades de semis	Nombre de parcelles choisies			
	Korokara	Diawala	Kaouara	Kong
21 au 31 Mai	0	0	0	1
1er au 10 Juin	2	1	4	2
11 au 20 Juin	4	4	2	2
21 Juin au 30 Juin	3	3	3	4
1er au 10 Juillet	1	2	1	1
Total	10	10	10	10

2.2.2. Méthodes d'exploitation des données

Les différents indices écologiques couramment utilisés dans les études de biodiversité ont été utilisés

(Boukli, 2012). Dans le cadre de cette étude, les indices écologiques de composition tels que la richesse totale (S), la richesse moyenne (Sm), l'abondance relative (AR%), puis les indices écologiques de structure comme l'indice de Shannon-Weaver (H'), l'indice de Simpson et l'équitabilité (E) de Pielou ont été utilisés.

2.2.2.1. Indices écologiques de composition

- Richesse spécifique de l'entomofaune

Deux types de richesse ont été pris en considération dans cette étude, la richesse totale (S) et la richesse moyenne (Sm)

- Richesse totale (S)

La richesse totale (S) correspond au nombre total d'espèces échantillonnées dans un milieu donné (Blondel, 1979 ; Morin & Findlay, 2001). Elle est obtenue à partir de l'ensemble des relevés. Selon Blondel (1979), ce paramètre fait ressortir le cumul progressif des nouvelles espèces présentes au fur et à mesure qu'on agrandit l'aire prospecté par l'adjonction de nouvelles localités. D'après Ramade (2003), Il s'agit de la mesure la plus fréquemment utilisée dans la biodiversité. Dans ette étude, la richesse totale (S) pour les relevés effectués dans chacune des localités a été déterminée.

-
$$S = \sum \text{espèces} \quad (2)$$

- Richesse moyenne (Sm)

La richesse moyenne est le nombre moyen des espèces capturées à chaque relevé. Elle permet de calculer l'homogénéité du peuplement (Ramade, 2003). Elle s'avère d'une grande utilité dans l'étude de la structure des peuplements. Elle donne à chaque espèce un poids proportionnel à sa probabilité d'apparition le long de la séquence de relevés et autorise la comparaison statistique des richesses de plusieurs peuplements (Blondel, 1979). Elle est donnée par la formule suivante:

$$S_m = \sum S/N \quad (3)$$

$\sum S$: Est la somme de la richesse totale obtenue à chaque relevé. C'est le nombre total des espèces

N : Nombre total de relevés.

- **Abondance relative des espèces (AR)**

L'abondance relative (AR %) est une notion qui permet d'évaluer une espèce, une catégorie, une classe ou un ordre (n) par rapport à l'ensemble du peuplement animal présent, toutes espèces confondues, dans un inventaire faunistique (Faurie *et al.*, 2003). Elle est calculée selon la formule suivante :

$$AR (\%) = \frac{ni}{N} * 100 \quad (4)$$

AR : est l'abondance relative exprimée en pourcentage.

ni est le nombre total des individus de l'espèce prise en considération.

N est le nombre total des individus de toutes les espèces présentes confondues.

L'abondance relative sera calculée pour les familles d'insectes ayant au moins deux espèces dans l'échantillon total.

2.2.2.2. Indices écologiques de structure

Deux indices écologiques de structure ont été utilisés dans cette étude, il s'agit de l'indice de Shannon Weaver (H') et l'indice d'équitabilité ou équirepartition de Pielou (E).

- **Indice de Shannon Weaver**

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces (Lobry *et al.*, 2003). Il tient compte de la taille de l'échantillon et a pour avantage d'intégrer les deux composantes suivantes : d'une part le nombre d'espèces, exprimé en logarithme et d'autre part la répartition de leurs fréquences relatives, résumée par le rapport de l'indice obtenu à la valeur qu'il aurait si toutes les espèces étaient également abondantes (Dossou *et al.*, 2012 ; Piba, 2016 ; Kellil, 2020). L'indice de diversité de Shannon a été déterminé pour les 34 relevés et a permis de comparer la diversité des relevés des espèces d'insectes utiles entre les différents sites. Sa formule mathématique est :

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \times \log_2 P_i) \quad (5)$$

- **S** = nombre total d'espèces

- **P_i** = probabilité de rencontre de l'espèce *i*; **P_i** = $\frac{n_i}{N}$

La valeur de **H'** a deux probabilités, **H'** minimale et **H'** maximale. **H'** égale à zéro (valeur minimale) quand l'échantillon ne contient qu'une seule espèce. La diversité **H'** augmente lorsque le nombre d'espèces s'accroît (Legendre & Legendre, 1984 ; Grall & Coïc, 2006). Bien que l'indice de Shannon varie directement en fonction du nombre d'espèces, les espèces rares présentent un poids beaucoup plus faible que les plus communes (Frontier *et al.*, 2004).

- **Indice d'équitabilité E de Pielou ou Equirepartition**

L'indice d'équitabilité (**E**) permet de mesurer l'équitabilité ou encore la répartition équitable des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces (Barbault, 1992). Celui-ci est le rapport entre l'indice de Shannon de l'échantillon et la valeur maximale que cet indice pourrait atteindre si toutes les espèces qui constituent l'échantillon y étaient également représentées. Il varie donc entre 0 et 1. Plus cet indice tend vers 1 plus les espèces sont équitablement réparties au sein du peuplement, plus il tend vers zéro, plus les espèces sont réparties de manière variée au sein du peuplement. L'équitabilité (**E**) s'exprime comme suit :

$$E = H' / H' \text{ max.} \quad (6)$$

H' est l'indice de diversité de Shannon -Weaver.

H' max = Log₂ S

Avec **H'** : est l'indice de diversité de Shannon ; **H' max** = log₂ S (S : la richesse spécifique totale)

2.2.3. Influence de quelques facteurs écologiques sur les effectifs de l'entomofaune utile.

2.2.3.1. Méthodes de collecte des données climatiques

Les facteurs climatiques étudiés ont été la pluviométrie, l'humidité relative de l'air et la température. Les données climatiques ont été obtenues à partir des relevés quotidiens effectués par les agents du service Recherche et Développement (R&D) de la société cotonnière SECO-SA. Les valeurs minimales et maximales quotidiennes de la température et de l'humidité relative de l'air ont été notées sur des fiches de relevés, après lecture des thermohygromètres numériques. La lecture des pluviomètres a été effectuée après chaque pluie et ensuite vidés et remplacé sur son support. La quantité d'eau tombée est notée sur une fiche de relevé pluviométrique. Les données climatiques ont été enregistrées sur 2 années de suite.

Les valeurs moyennes hebdomadaires de température et d'humidité relative ont été calculées à partir des minimales et maximales journalières enregistrées. Pour la pluviométrie, il a été calculé après chaque semaine de piégeage, le cumul des précipitations enregistrées. Les moyennes obtenues à partir des données climatiques ont permis d'analyser la relation entre chaque facteur et les effectifs moyen d'insectes utiles collectés dans chaque localité, à travers les calculs de corrélations de Pearson.

2.2.3.2. Analyse de l'influence de la localité

L'étude de l'influence de la localité a consisté à calculer les populations moyennes des différentes espèces collectées. La comparaison des moyennes obtenues a permis de prendre en compte les caractères spatiaux et paysagers susceptibles d'influencer l'abondance des espèces d'insectes utiles.

2.2.4. Etude de l'effet des pratiques culturales et des traitements insecticides

L'étude visait à analyser l'effet de quelques pratiques culturales sur la densité des populations d'insectes utiles en milieu paysan et de déterminer l'impact de quelques matières actives d'insecticides vulgarisés sur l'un des insectes le plus abondant et plus actif dans les parcelles.

2.2.4.1. Méthodes de collecte de données des pratiques culturales

Les données sur les pratiques culturales ont été collectées au cours d'une enquête auprès des planteurs. Les résultats permettraient de décrire l'effet des pratiques culturales réalisées sur l'abondance des insectes utiles dans les parcelles. A cet effet, 11 pratiques culturales pour chaque producteur et chaque parcelle ont été considérées. Il s'agit des pratiques culturales telles que le labour avec les bœufs de cultures attelée, le labour avec le tracteur, la variété de semence

utilisée, la fertilisation organique et minérale, la date de semis, la densité de semis, le précédent cultural et le sarclage chimique, le sarclage manuel et le sarclage mécanique des parcelles.

2.2.4.2. Analyse de l'effet des insecticides sur l'entomofaune utile.

L'espèce *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera : Coccinellidae), a été utilisée pour réaliser le test de l'effet des insecticides, à cause de son abondance dans les parcelles durant tout le cycle du cotonnier et de sa capacité de prédation des pucerons *Aphis gossypii* au stade larvaire et adulte (Nina, 2016 ; Soro *et al.*, 2020).

2.2.4.2.1. Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé sur 3 blocs de Fisher à 4 traitements (T0, T1, T2 et T3) (Figure 13). Chaque parcelle élémentaire avait une longueur de 10 m et une largeur 5 m permettant 6 lignes de semis. L'écartement entre les lignes a été de 80 cm. La distance entre les poquets sur une ligne a été de 30 cm. La distance entre les blocs a été de 2 m. La densité de semis de chaque parcelle élémentaire a été de 496 plants.

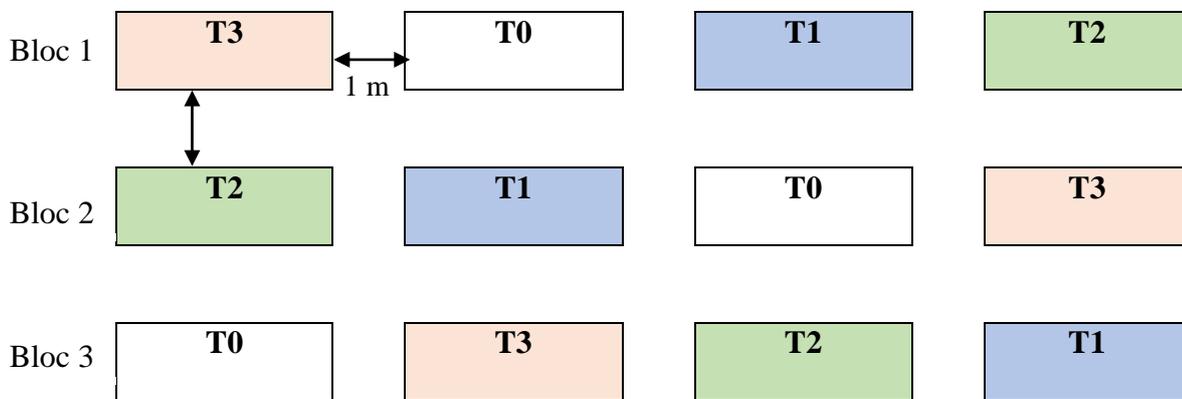


Figure 13: Dispositif d'échantillonnage des insectes en milieu contrôlé

T0 : Témoin n'ayant reçu aucune application d'insecticides

T1 : Application effectuée avec le Thalix 56 EC, un insecticide binaire composé d'emamectine benzoate 24 g/l de la famille des avermectines et d'acétamipride 32 g/l de la famille des néonicotinoïdes.

T2 : Application effectuée avec le Duel 336 EC, un insecticide binaire composé de profenophos 300 g/l de la famille des organophosphorés et de cyperméthrine 36 g/l de la famille des pyréthrinoides.

T3 : Application réalisée avec le Conquest 88 EC, un insecticide binaire composé de cyperméthrine 72 g/l et d'acétamipride 16 g/l

2.2.4.2.2. Conduite des traitements insecticides et collecte de l'insecte

- Traitements insecticides

Les traitements insecticides ont commencé 45 jours après semis (JAS) avec 3 insecticides de formulations différentes (Thalis 56 EC, Duel 336 EC et Conquest 88 EC) à la dose de 1 litre par hectare chacun. Les quantités de produit ont été ramenées à la surface réelle de la parcelle et dissoutes dans le pulvérisateur OSATU 16 de capacité utile 15 litres. Chaque parcelle élémentaire a été traitée 6 fois avec le même produit à intervalle régulier de temps de 15 jours jusqu'au 128 JAS. Les parcelles témoins n'ont reçues aucun traitement insecticide.

- Méthodes d'échantillonnage de *Cheilomenes sulphurea*

Six (6) séances d'observations ont été réalisées sur chaque traitement. Cette méthode a consisté à relever les larves et les adultes de *C. sulphurea* rencontrés et vus à l'œil nu sur les 30 cotonniers pris au hasard sur chacune des parcelles élémentaires, 24 heures avant chaque application et 72 heures après:

- 24 heures avant la première application d'insecticides (P1-1)
- 72 heures après la première application d'insecticides (P1+3)
- 24 heures avant la deuxième application d'insecticides (P2-1)
- 72 heures après la deuxième application d'insecticides (P2+3)
- 24 heures avant la troisième application d'insecticides (P3-1)
- 72 heures après la troisième application d'insecticides (P3+3)

2.2.4. Analyse statistique des données

Les différentes analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels Past 3, R 3.6.1 et IBM SPSS statistics 22. Les inventaires réalisés sur l'ensemble des quatre sites (Korokara, Diawala, Kaouara et Kong) de l'étude ont permis de déterminer les différents indices écologiques et de calculer pour chaque espèce, la densité moyenne des insectes par parcelle élémentaire. Des analyses de variance à un facteur ont ensuite été réalisées, pour comparer les valeurs des indices et Les effectifs moyensobtenues. Lorsqu'une différence significative est mise en évidence, les comparaisons ont été effectuées avec le test post Hoc de Dunn au seuil de 5%. La Classification Ascendance Hiérarchique (C.A.H) a été utilisée pour regrouper les espèces les plus proches sous forme de dendrogramme. La boîte à moustache ou boxplot a été utilisée pour mieux visualiser l'évolution spatio-temporelle des différents indices écologiques représentés en ordonnée et les localités en abscisse (Tomassone *et al.* 1993).

Pour les espèces dont la richesse spécifique (S) a été supérieure à 3, une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée en regroupant les échantillons des deux années de collecte des données (Ouro-Boya 2004).

Des tests de corrélation de Pearson ont été effectués pour évaluer l'influence de la pluviométrie, la température et l'humidité relative de l'air, sur l'abondance des familles d'insectes utiles.

Les données des pratiques culturelles ont été traitées à l'aide d'une analyse en correspondance multiple (ACM). Cette méthode a permis de projeter dans le plan factoriel, les 11 pratiques culturelles. Les nuages de points obtenus ont été regroupés par groupe homogène. Le groupe le mieux représenté dans le plan factoriel a été retenu pour la suite des analyses statistiques.

Pour tester l'effet des pratiques culturelles retenues, une analyse de la variance à un facteur a été réalisée. En cas de différence significative entre les pratiques culturelles, la comparaison des moyennes a été effectuée par le test de Fisher au seuil de 5%.

Au niveau de l'étude de l'effet des insecticides de synthèse sur la coccinelle, les effectifs moyens calculés avant et après les traitements insecticides ont été comparés suivi d'une analyse de la variance à un facteur. En cas de différence significative, le test de comparaison multiple de Fisher au seuil de 5 % a été réalisé pour identifier les groupes homogènes.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Inventaire général des populations d'insectes utiles

- Au plan qualitatif

Les insectes utiles récoltés sur les parcelles cotonnières des quatre sites de l'étude (Korokara, Diawala, Kaouara et Kong) durant deux ans, appartiennent à six ordres (Coléoptères, Diptères, Dermaptères, Hyménoptères, Odonates et Mantodea) et à neuf familles (Coccinellidae, Syrphidae, Formicidae, Vespidae, Apidae, Gomphidae, Libellulidae, Forficulidae et Mantidae). Ces familles sont représentées par 23 genres (Tableau IV) ; *Cheilomenes*, *Delphatus*, *Ischiodon*, *Episyrphus*, *Sphaerophoria*, *Forficula*, *Camponotus*, *Paltothureus*, *Messor*, *Myrmicaria*, *Pheidole*, *Lepisiota*, *Monomorium*, *Crematogaster*, *Polistes*, *Polybia*, *Apis*, *Nomia*, *Onychogomphus*, *Orthetrum*, *Plathemis*, *Sympetrum* et *Mantis*.

Concernant les Coccinellidae, le genre *Cheilomenes* est représenté par deux espèces (*Cheilomenes sulphurea* et *Cheilomenes propinqua vicini*), suivi du genre *Delphatus* avec une seule espèce : *Delphatus pusillus*.

Au niveau des Formicidae, le genre *Camponotus* est le plus abondant avec quatre espèces (*Camponotus maculatus*, *Camponotus acvapimensis*, *Camponotus sericeus* et *Camponotus sp I*). Il est suivi du genre *Monomorium* avec deux espèces (*Monomorium dakarense* et *Monomorium afrum*).

Quant à la famille des Syrphidae, les genres *Ischiodon*, *Episyrphus* et *Sphaerophoria*, sont représentés chacun par une espèce. Il s'agit de *Ischiodon aegyptius*, *Episyrphus balteatus* et *Sphaerophoria scripta*. En ce qui concerne les Libellulidae, les trois genres *Orthetrum*, *Plathemis* et *Sympetrum* sont également représentés chacun par une espèce. Il s'agit de *Orthetrum albistulum*, *Plathemis lydia* et *Sympetrum striolatum*.

Pour les Vespidae, les genres *Polistes* et *Polybia* ont chacun une espèce. Il s'agit de *Polistes sp.* et *Polybia sp.*. Les genres *Apis* et *Nomia* sont également représentés chacun par une espèce. Ce sont *Apis mellifera* et *Nomia sp.* Les genres *Forficula* et *Mantis* sont représentés chacun par une espèce. Ce sont respectivement *Forficula auricula* et *Mantis religiosas*.

- **Au plan quantitatif**

Les différentes techniques de collecte utilisées ont permis de recenser au total un effectif de 30 474 spécimens. Les effectifs des insectes varient en fonction des familles. Ainsi, les Formicidae (49,63%) ont été les plus abondantes. Les proportions de Coccinellidae, Syrphidae, Apidae et Libellulidae ont été respectivement d'environ 10% chacune. Les familles des Mantidae, des Gomphidae et des Forficulidae ont été faiblement représentées. Elles n'atteignent pas chacune 3% de l'effectif total (Figure 14).

Tableau IV: Au plan quantitatif

Ordre	Famille	Espèces	Stades phénologiques du cotonnier			Total	Actions
			Stade végétatif	Stade végétatif-fructifère	Stade fructifère		
Coléoptères	Coccinellidae	<i>Cheilomenes sulphurea</i> (Olivier, 1791)	535	1665	368	2568	Prédateur
		<i>Cheilomenes propinqua vicini</i> (Mulsant, 1850)	72	185	65	322	Prédateur
		<i>Delphatus. Pusillus</i> (Le Conte, 1852)	33	101	9	143	Prédateur
Diptères	Syrphidae	<i>Ischiodon aegyptius</i> (Wiedemann, 1830)	193	770	389	1352	Prédateur / Pollinisateur
		<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer, 1776)	176	609	274	1059	Prédateur / Pollinisateur
		<i>Sphaerophoria Scripta</i> (Linnaeus, 1758)	146	394	156	696	Prédateur / Pollinisateur
Dermaptères	Forficulidae	<i>Forficula auricula</i> (Linnaeus, 1758)	78	292	34	404	Prédateur
Hyménoptères	Formicidae	<i>Camponotus maculatus</i> (Fabricius, 1782)	1002	2247	589	3838	Prédateur
		<i>Camponotus acvapimensis</i> (Mayr, 1862)	129	537	102	768	Prédateur
		<i>Camponotus sericeus</i> (Fabricius, 1798)	528	2299	337	3164	Prédateur
		<i>Camponotus sp 1</i>	88	210	26	324	Prédateur
		<i>Paltothyreus tarsatus</i> (mayr, 1862)	63	300	63	426	Prédateur
		<i>Messor galla</i> (Mayr, 1904)	449	1655	238	2342	Prédateur

Hyménoptères (suite)	Formicidae (suite)	<i>Myrmicaria sp1.</i>	56	186	30	272	Prédateur
		<i>Pheidole sp1.</i>	300	918	198	1416	Prédateur
		<i>Lepisiota sp3..</i>	43	126	10	179	Prédateur
		<i>Monomorium dakarensense</i> (Santschi, 1914)	144	384	31	559	Prédateur
		<i>Monomorium afrum</i> (Andre, 1884)	50	125	8	183	Prédateur
		<i>Crematogaster sp</i>	383	1103	167	1653	Prédateur
Vespidae		<i>Polistes sp.</i>	97	595	49	741	Prédateur / Pollinisateur
		<i>Polybia sp.</i>	96	337	37	470	Prédateur / Pollinisateur
Apidae		<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	91	1975	711	2777	Pollinisateur
		<i>Nomia sp.</i>	20	178	216	414	Pollinisateur
Odonates	Gomphidae	<i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnaeus, 1758)	143	438	202	783	Prédateur
		<i>Orthetrum albistulum</i> (Selys, 1848)	100	337	97	534	Prédateur
	Libellulidae	<i>Plathemis lydia</i> (Drury, 1773)	241	591	122	954	Prédateur
		<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	306	765	327	1398	Prédateur
Mantodea	Mantidae	<i>Mantis religiosas</i> (Linnaeus, 1758)	130	486	119	735	Prédateur
Total			5 692	19 808	4 974	30 474	

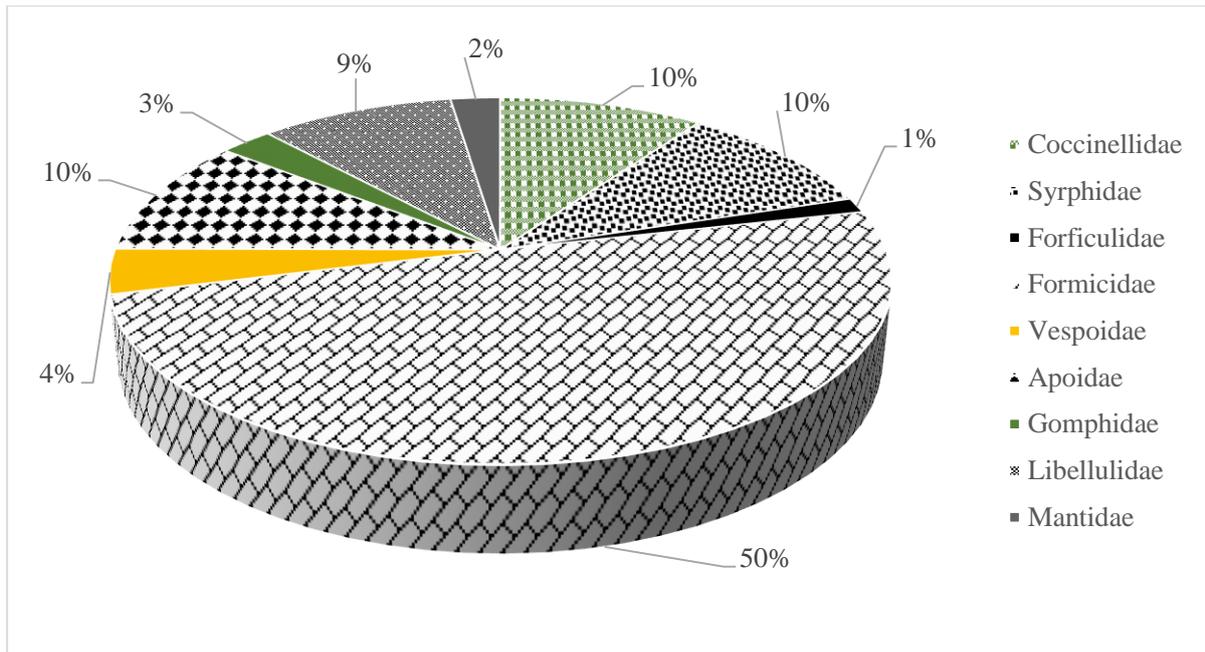


Figure 14: Abondance relatives des familles de l'entomofaune utile du cotonnier

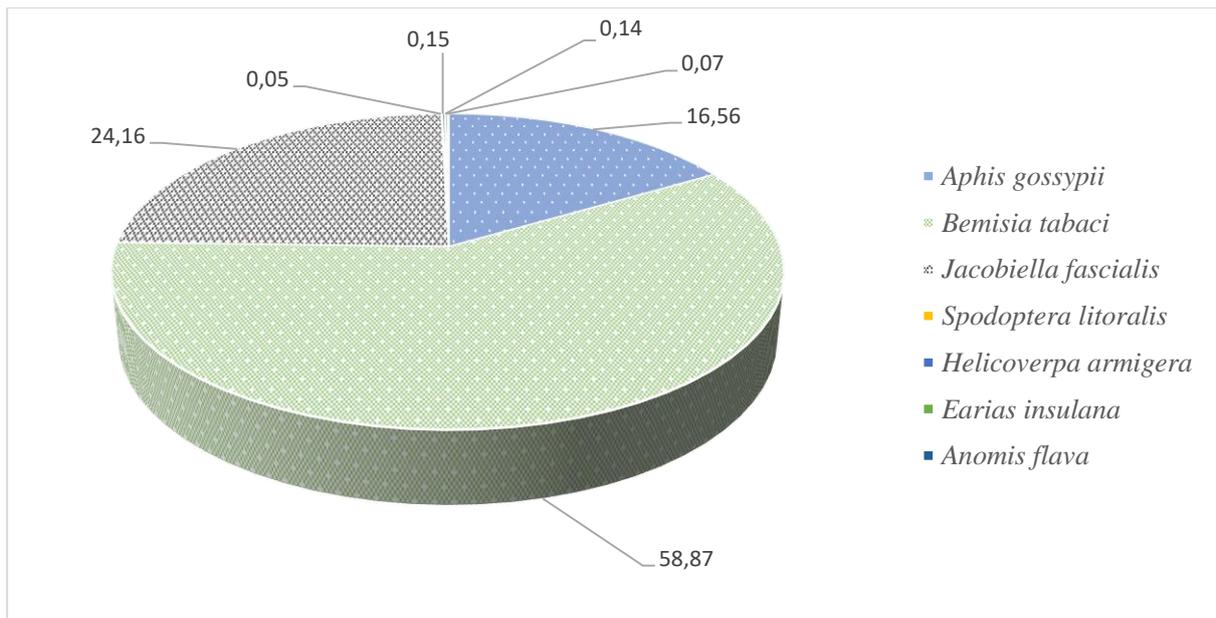


Figure 15: Abondance relatives des espèces de l'entomofaune nuisible du cotonnier

3.1.2. Inventaire de l'entomofaune nuisible

- Au plan qualitatif

Les insectes nuisibles récoltés sur les parcelles cotonnières des quatre sites de l'étude durant deux ans, appartiennent à deux ordres (Hémiptères et Lépidoptères) et à sept familles (Aphididae, Aleyrodidae, Ciccadellidae, Noctuidae, Noctuidae, Nolidae et Erabidae). Ces familles sont représentées par sept genres (*Aphis*, *Bemisia*, *Jacobiella*, *spodoptera*, *Helicoverpa*, *Earias* et *Anomis*). Les Hémiptères, essentiellement des piqueurs-suceurs sont représentés par trois espèces (*Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci* et *Jacobiella fascialis*). Les Lidoptères de régime phyllophage, comptent deux espèces (*Spodoptera litoralis* et *Anomis flava*). Quant aux Lépidoptères à régime carpophage, deux espèces ont été dénombrées (*Helicoverpa armigera* et *Earias insulana*) (Tableau V).

- Au plan quantitatif

Les différentes techniques de collecte utilisées ont permis de capturer au total 54 724 individus. Les effectifs des insectes ont variés en fonction des espèces. Ainsi, *Bemisia tabaci* (58,87%) a été la plus abondante, suivi de *Jacobiella fascialis* (24,16%) et de *Aphis gossypii* (16,56%). Les proportions de carpophges (*Hélicoverpa armigera* et *Earias insulana*) et les phyllophages (*Spodoptera litoralis* et *Anomis flava*) ont été très faibles (Figure 15)

Tableau V: Inventaire de l'entomofaune nuisible du cotonnier

Ordre	Famille	Espèces	Stades phénologiques du cotonnier			Total	Actions
			Stade végétatif	Stade végétatif-fructifère	Stade fructifère		
Hémiptère	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	3 020	6 020	20	9 060	Ravageur / Piqueur-suceur
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius, 1889)	1 768	14 744	15 706	32 218	Ravageur / Piqueur-suceur
	Ciccadellidae	<i>Jacobiella fascialis</i> (Jacobi, 1912)	792	5 934	6 496	13 222	Ravageur / Piqueur-suceur
Lépidoptère	Noctuidae	<i>Spodoptera litoralis</i> (Boisduval, 1833)	2	6	24	32	Ravageur / phyllophage
	Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1808)	2	70	8	80	Ravageur / Carpophage
	Nolidae	<i>Earias insulana</i> (Boisduval, 1833)	10	48	18	76	Ravageur / Carpophage
	Erabidae	<i>Anomis flava</i> (Fabricius, 1775)	12	10	14	36	Ravageur / phyllophage
Total			5 606	26 832	22 286	54 724	

3.1.3. Indices écologiques de composition

3.1.3.1. Richesse totale (S)

Les échantillonnages effectués ont permis d'identifier 28 espèces. Les localités de Korokara et de Kaouara ont enregistrées le plus grand nombre d'espèces (28 espèces dans chacune des localités), suivie de Diawala (27 espèces) et de Kong qui a enregistré 26 espèces (Figure 16).

3.1.3.2. Richesse moyenne et similarité des espèces

La richesse moyenne des espèces a été plus élevée dans les localités de Kong, de Diawala et de Korokara (Tableau VI).

A Korokara trois groupes d'espèces similaires c'est-à-dire ayant le même poids proportionnel à la probabilité d'apparition ont été observés sur les 34 relevés. Les deux premiers groupes comprennent les espèces les plus représentées. Il s'agit de *Camponotus sericeus*, *Cheilomenes sulphurea*, *Pheidole sp1.*, *Onychogomphus forcipatus*, *Ischiodon aegyptium*, *Apis mellifera*, *Sympetrum striolatum*, *Crematogaster sp*, *Episyrphus balteatus*, *Messor galla*. Au sein du troisième groupe, se trouve les espèces ayant les plus faibles valeurs de richesse moyenne. Il s'agit de *Messor galla*, *Camponotus acvapimensis*, *Platemis lydia*, *Polistes sp.*, *Forficula auricula*, *Myrmicaria sp.*, *Myrmicaria afrum*, *Lepisiota sp.*, *Camponotus maculatus*, *Sphaephoria scripta*, *Delphatus pusillus*, *Cheilomenes propinqua vicini*, *Camponotus sp 1*, *C. propinqua vicini*, *Monomorium dakareense*, *Palothotureus tarsatus*, *Polybia sp.*, *Orthetrum albistulum* et *Nomia sp.* (Figure 18).

A Diawala, quatre groupes similaires ont été constitués. Les deux premiers groupes rassemblant les espèces *C. maculatus*, *C. sericeus*, *A. mellifera*, *I. aegyptium*, *M. galla* et *C. sulphurea* ont été les plus présentes. L'espèce *Myrmicaria sp 1* n'a pas été enregistrée dans cette localité (Figure 19).

A Kaouara, les richesses moyennes obtenues ont permis de constituer trois groupes similaires. Ainsi, l'espèce *C. maculatus* est l'espèce la mieux représentée. Les autres espèces ayant des richesses moyennes faibles sont représentées dans deux groupes différents (Figure 20). Les richesses moyennes calculées dans la localité de Kong ont montré que les espèces *M. galla*, *C. sericeus*, *C. sulphurea*, *C. maculatus* et *A. mellifera* contenues dans deux groupes différents sont les mieux représentées (Figure 21).

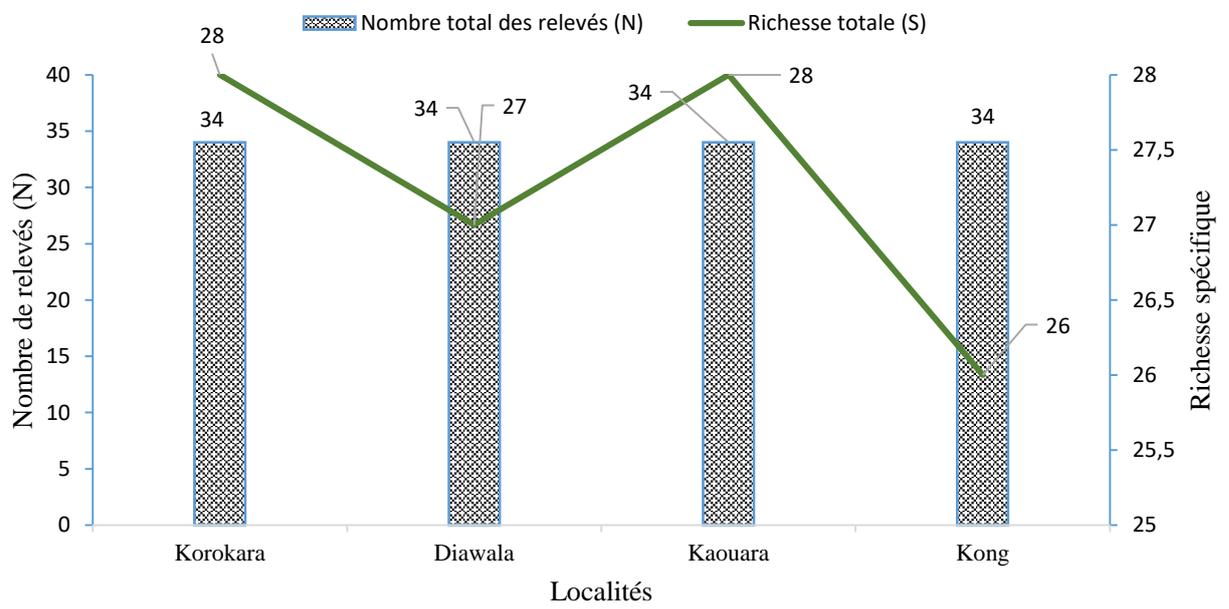


Figure 16: Richesse totale des espèces dans les localités

Tableau VI: Richesse moyenne des espèces

Espèces	Korokara	Diawala	Kaouara	Kong
<i>C. sulphurea</i>	18,88	17,82	7,21	31,62
<i>C. propinqua vicini</i>	1,79	1,03	0,53	5,12
<i>D. pusillus</i>	1,91	0,5	0,41	1,38
<i>I. aegyptius</i>	11,94	12,24	3,76	11,82
<i>E. balteatus</i>	9,18	8,82	1,91	11,24
<i>S. scripta</i>	3,59	5,26	0,79	10,82
<i>F. auricula</i>	5	4,26	1,91	0,71
<i>C. maculatus</i>	3,29	33,26	31,12	45,21
<i>C. acvapimensis</i>	4,59	1,09	2,68	14,24
<i>C. sericeus</i>	25,09	25,76	6,79	35,41
<i>P. tarsatus</i>	2,15	1,5	1,06	7,82
<i>Camponotus sp</i>	1,5	0,97	1,56	5,5
<i>M. galla</i>	8,35	19,15	5,88	35,5
<i>Myrmicaria sp</i>	5,85	0	1,41	0,74
<i>Pheidole sp</i>	10,71	4,65	6,94	19,35
<i>Lepisiota sp</i>	3,26	1,09	0,91	0
<i>M. dakarense</i>	2,47	2,29	1,24	10,44
<i>M. afrum</i>	3,26	0,97	1,15	0
<i>Crematogaster sp</i>	12,59	7,09	10,47	18,47
<i>Polistes sp</i>	4,76	3,76	3,85	9,41
<i>Polybia sp</i>	1,15	2,65	4,21	5,82
<i>O. forcipatus</i>	10,03	5,76	3,44	3,79
<i>O. albistulum</i>	1,03	7,18	6,44	1,06
<i>P. lydia</i>	4,53	7,53	7,76	8,24
<i>S. striolatum</i>	13,26	6,12	6,88	14,85
<i>A. mellifera</i>	11,35	15,38	10,47	44,47
<i>Nomia sp</i>	0,56	0,35	0,21	11,06
<i>M. religiosas</i>	4,59	5,97	3,94	7,12

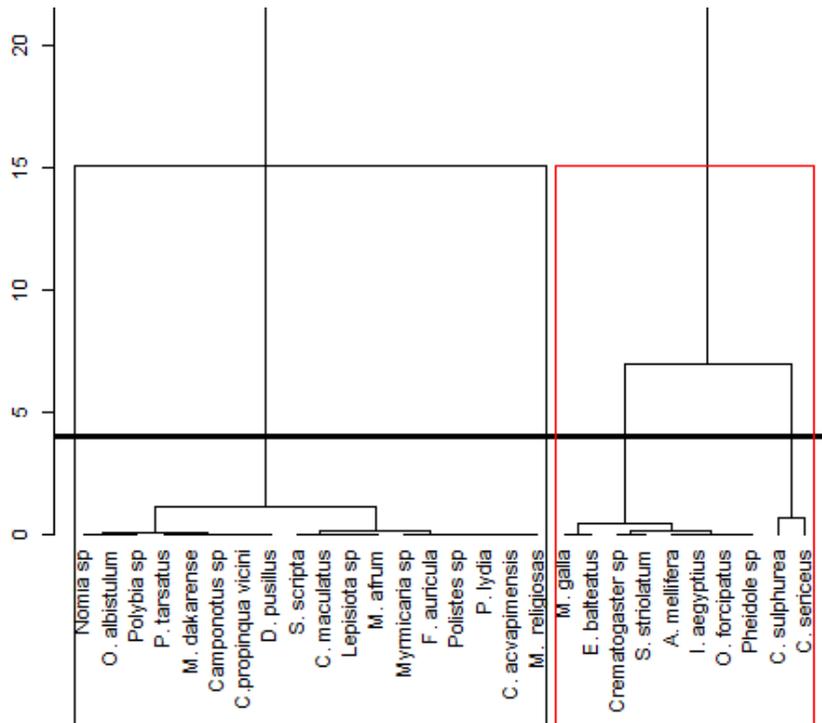


Figure 17: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Korokara

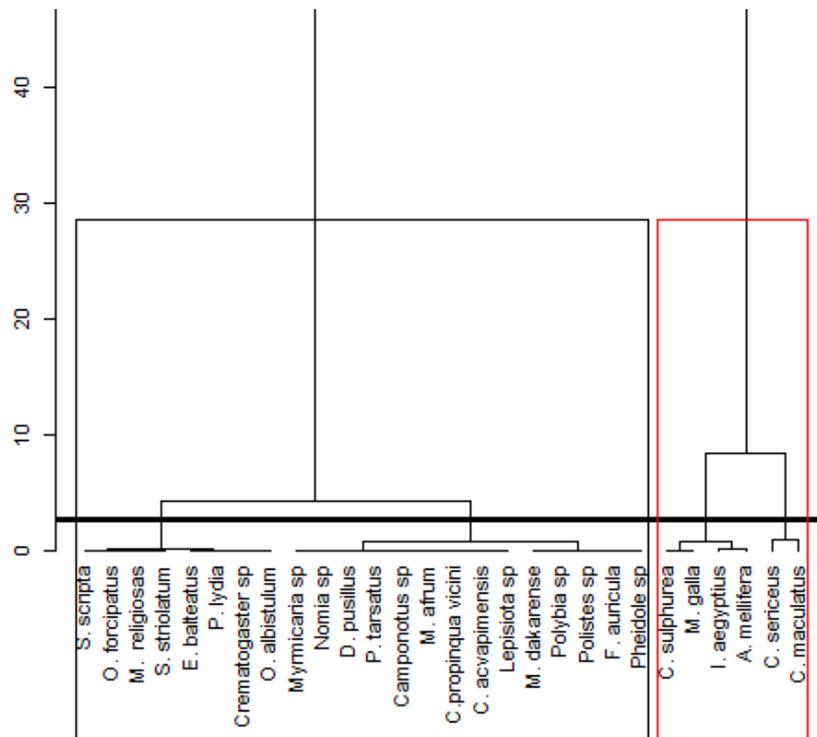


Figure 18: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Diawala

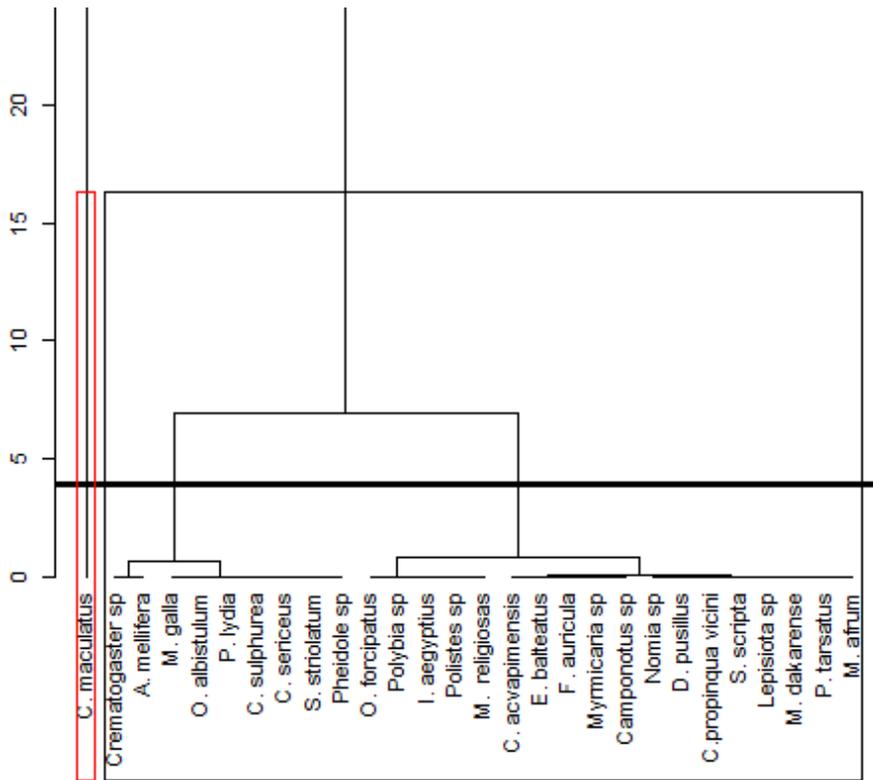


Figure 19: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Kaouara

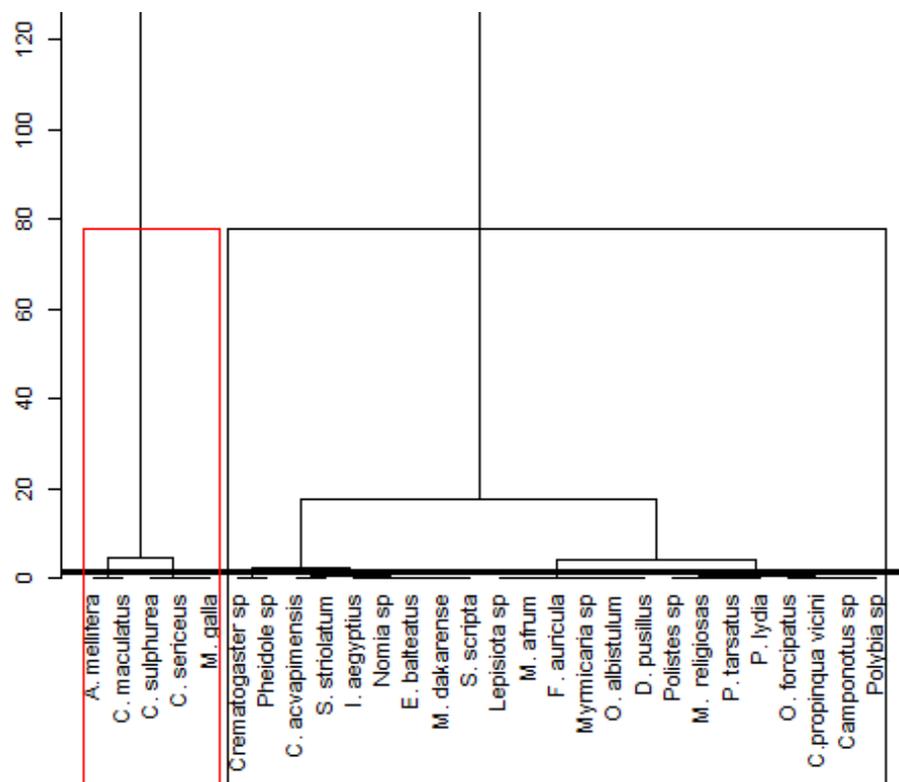


Figure 20: Dendrogramme de similarité entre les richesses moyennes à Kong

3.1.3.3. Abondance relative des espèces

Les observations menées pendant l'étude ont montré que l'abondance des insectes varie d'une localité à l'autre.

- **Cas des Coccinellidae**

L'espèce *Cheilomenes sulphurea* a été très abondante dans toutes les localités de l'étude. La valeur maximale de l'abondance relative a été notée dans les parcelles cotonnières de Diawala représentant 92% du peuplement de l'espèce *C. sulphurea*, suivi de la localité de Kaouara avec 88%, de Kong avec 83% et de Korokara avec 80% du peuplement. Les espèces *C. propinqua vicini* et *D. pusillus* sont rares dans toutes les localités avec des abondances relatives très faibles comprises entre 3% et 13% (Figure 22).

- **Cas des Syrphidae**

Le maximum de capture de l'espèce *Ischiodon aegyptius* a été réalisé dans les parcelles cotonnières de Kaouara avec un taux de 58%, suivi de Korokara (48%), de Diawala (46%) et Kong (35%) (Figure 19). L'espèce *Episyrphus balteatus* a été plus capturée dans les parcelles de Korokara avec un taux de (37%), suivi de Diawala (34%), Kong (33%) et de Kaouara (30%). Le nombre d'individus de l'espèce *Sphaephoria scripta* récoltés dans les parcelles diffère d'une localité à une autre. L'abondance relative de cette espèce est plus élevée à Kong (32%) et à Diawala (20%), suivi de Korokara (15%) et de Kaouara (12%) (Figure 23).

- **Cas des Formicidae**

Les Formicidae du genre *Camponotus* et *Messor* étaient les plus abondants dans les parcelles cotonnières. A l'intérieur de chaque genre, le niveau de la population a varié considérablement en fonction de l'espèce. Ainsi, chez le genre *Camponotus*, l'espèce *C. maculatus* est majoritaire dans les localités de Kaouara (44%), Diawala (34%) et Kong (24%). Cette espèce est très rare dans la localité de Korokara (4%). Elle est suivie par *C. sericeus* dans les parcelles cotonnières avec une abondance relative dans les localités de Korokara (30%), Diawala (26%), Kong (18%) et rare dans les parcelles cotonnières des localités de Kong (18%) et de Kaouara (9%). Les espèces *C. acvapimensis* et *Camponotus sp 1*, ont été rare dans les parcelles cotonnières avec des abondances relatives toutes inférieure à 25%. S'agissant de *Messor*, l'espèce est majoritaires dans les parcelles de Diawala (20%) et de Kong (18%).

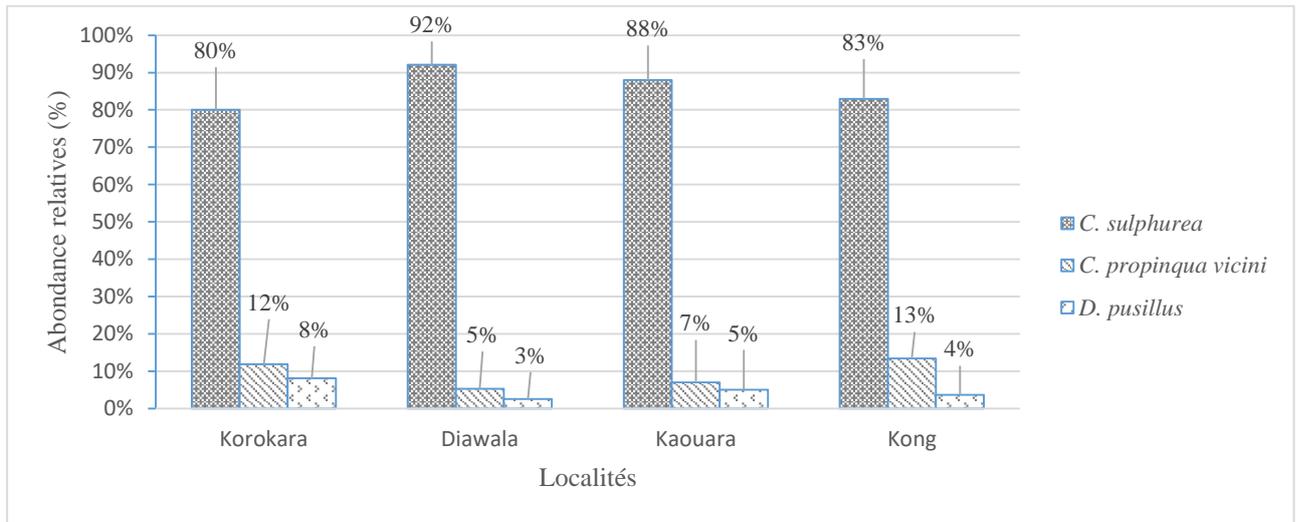


Figure 21: Abondance relative des Coccinellidae par localité

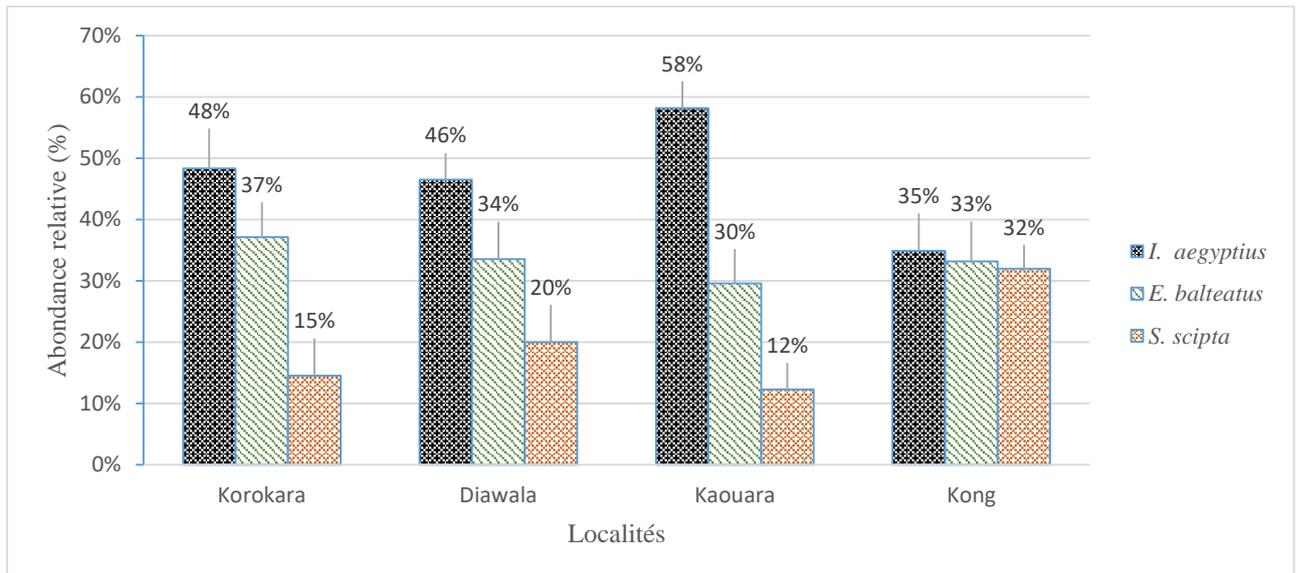


Figure 22 : Abondance relative des Syrphidae par localité

Quant à l'espèce *Crematogaster* sp, elle est majoritaire dans les localités de Korokara (15%) de même que Kaouara (15%). L'espèce *Myrmicaria* sp 1 est absente dans les localités de Diawala et de Kong et très rare à Korokara (7%) et à Kaouara (2%). Les espèces *Pheidole* sp1., *Lepisiota* sp, *M. dakarensis*, *M. afrum*, *P. tarsatus* et *Crematogaster* sp sont également présentes dans les parcelles de toutes les localités, avec de faibles taux d'abondance relative inférieure à 20% (Figure 24).

- **Cas des Libellulidae**

L'espèce *Orthetrum albistulum*, a une abondance relative dans les localités de Diawala (35%) et Kaouara (30%) et très peu abondante dans les parcelles cotonnières de Korokara (6%) et de Kong (4%). L'espèce *Platemis lydia* inventoriée est présente dans toutes les localités, avec des abondances relatives comprises entre 24% et 37%. L'espèce *Sympetrum striolatum* a été recoltée dans les parcelles des quatre localités. Le maximum de capture a été effectué dans les localités de Korokara (70%) et de Kong (62%) (Figure 25).

- **Cas des Vespidae**

Deux espèces de Vespidae ont été inventoriées dans les quatre sites de l'étude présentant des abondances relatives variables. L'espèce *Polistes* sp. a été la plus abondante dans la localité de Korokara (81%), suivi de Kong (62%), Diawala (59%) et de Kaouara (48%). Quant à l'espèce *Polybia* sp., l'analyse montre que l'espèce a été plus abondante à Kaouara (52%), suivi de Diawala (41%), de Kong (38%) et rare dans les localités de Korokara (19%) (Figure 26).

- **Cas des Apidae**

L'échantillonnage effectué a permis de constater que l'espèce *A. mellifera* a été abondante dans toutes les parcelles cotonnières avec des taux compris entre 80% et 95%. L'espèce *Nomia* sp. a été très rare dans les parcelles cotonnières de Kong (20%), Korokara (5%), Diawala (2%) et Kaouara (2%) (Figure 27).

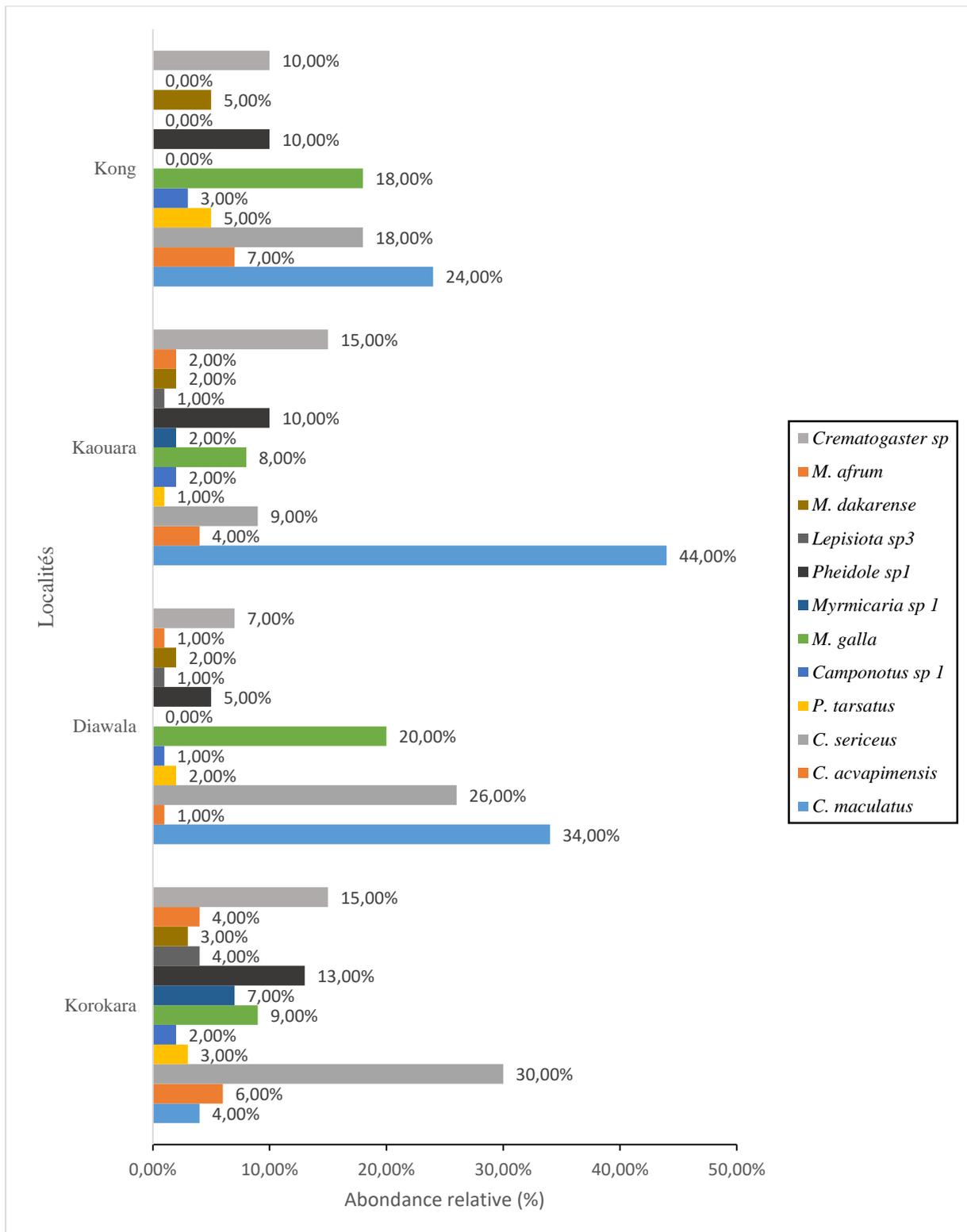


Figure 23: Abondance relative des Formicidae par localité

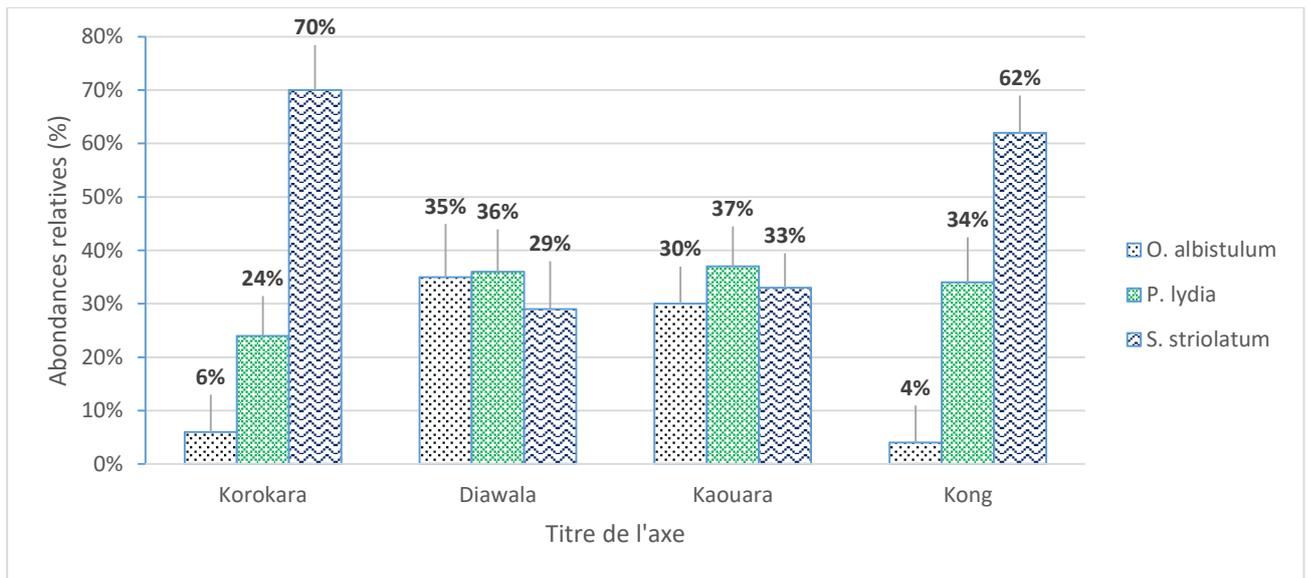


Figure 24: Abondance relative des Libellulidae par localité

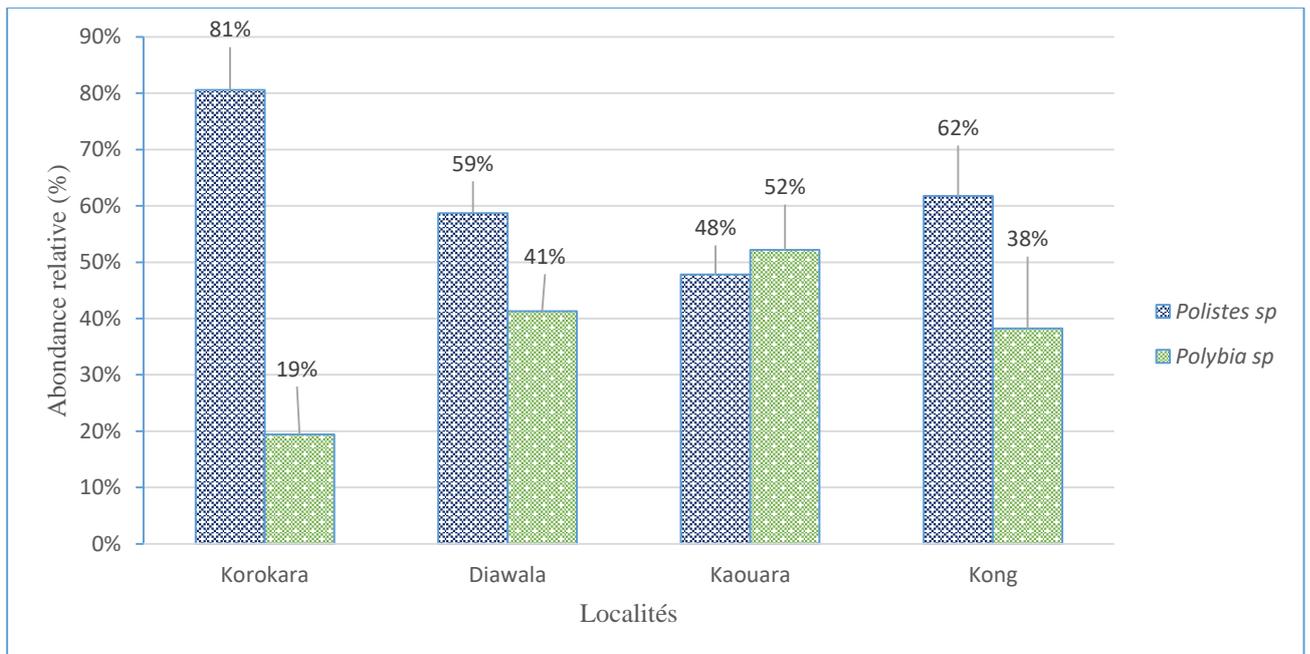


Figure 25: Abondance relative des Vespidae par localité

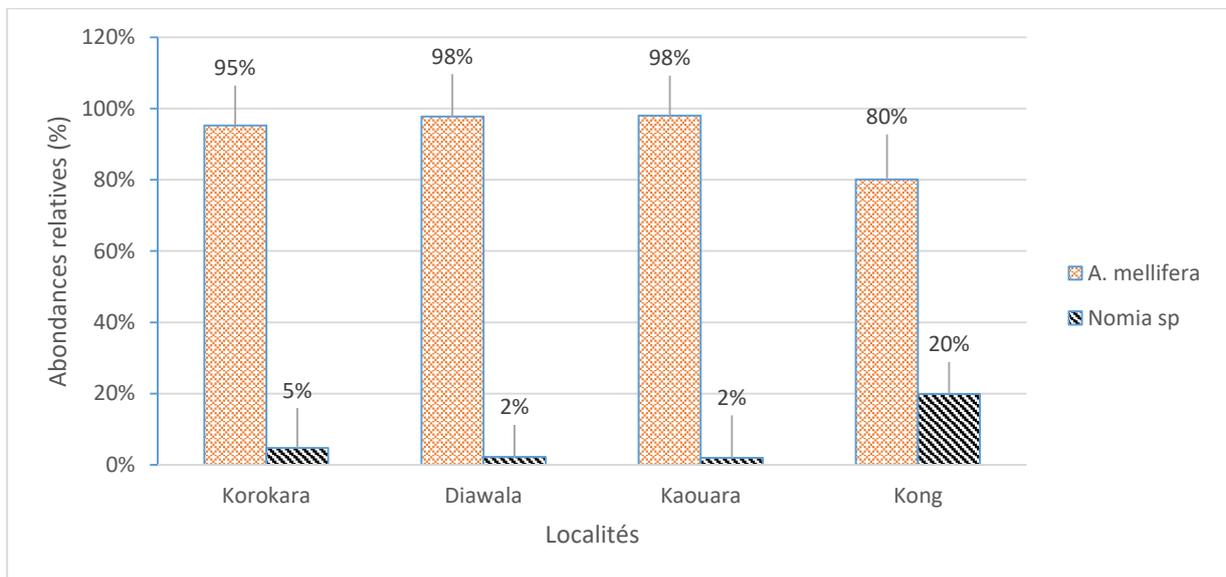


Figure 26 : Abondance relative des Apidae par localité

3.1.4. Indices écologiques de structure

3.1.4.1. Diversité et équitabilité des Coccinellidae

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon Wiever sont variables. Elles oscillent entre 0,32 à Diawala et 0,63 à Korokara. Les valeurs des indices d'équitabilité varient entre 0,29 à Diawala et 0,57 à Korokara. Les indices écologiques de structure ne varient pas significativement, selon les résultats du test de Kruskal-Wallis ($p = 0,17$) (Figure 28 A).

3.1.4.2. Diversité et équitabilité des Syrphidae

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon Wiever varient entre 0,93 à Kaouara et 1,09 à Korokara totalisant une richesse spécifique de 3 espèces. Les indices d'équitabilité de Pielou oscillent entre 0,84 à Kaouara et 0,99 à Kong. L'analyse de variance appliquée à l'ensemble des indices écologiques de structure montre que ces valeurs ne varient pas significativement d'une localité à une autre, selon les résultats du test de Kruskal-Wallis ($p = 0,55$) (Figure 28 B).

3.1.4.3 Diversité et équitabilité des Formicidae

Les indices de diversité des Shannon Wiever ont atteint leur pic dans la localité de Korokara ($H' = 2,14$) totalisant 12 espèces, suivie de la localité de Kong ($H' = 2,02$) avec 10 espèces. La localité de Kong a enregistré le plus grand nombre d'individus (une abondance de 6 551 individus au total). Les valeurs des indices d'équitabilité varient entre 0,71 à Diawala et 0,87 à Kong. Le test de Kruskal-Wallis pour l'égalité des médianes montre que les indices écologiques n'évoluent pas différemment entre les localités ($p = 0,45$) (Figure 28 C).

3.1.4.4. Diversité et équitabilité des Vespidae

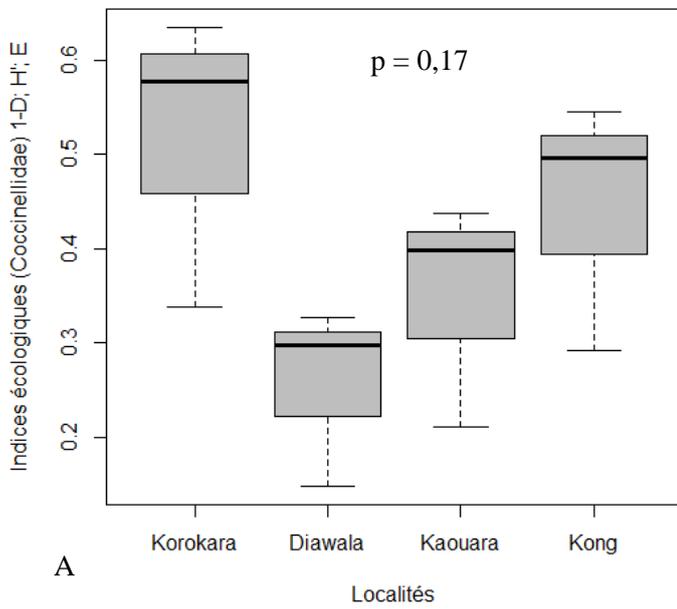
Les indices de diversité des Shannon Wiever ont varié entre 0,49 et 0,69 totalisant deux espèces dans chacune des localités. La localité de Kong a enregistré le plus grand nombre d'individus (une abondance de 518 individus au total). Les valeurs des indices d'équitabilité de Pielou varient entre 0,70 à Korokara et 0,99 à Kaouara. Le test de Kruskal-Wallis pour l'égalité des médianes montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les indices écologiques de structure ($p = 0,64$) (Figure 28 D).

3.1.4.5. Diversité et équitabilité des Gomphidae et de Libellulidae

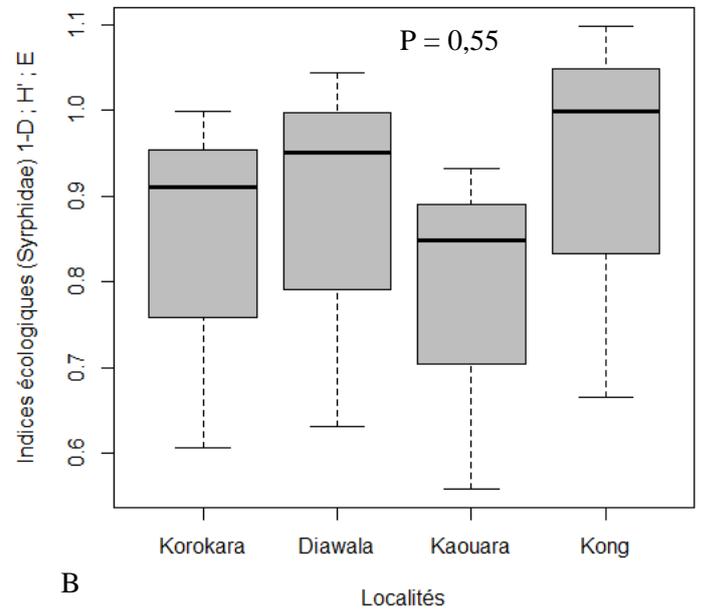
Les indices de diversité des Shannon Wiever sont compris entre 1,09 et 1,38 totalisant quatre espèces dans chacune des localités. La localité de Korokara a enregistré le plus grand nombre d'individus avec une abondance de 981 individus, suivies de Kong (950 individus). Les valeurs des indices d'équitabilité de Pielou varient entre 0,78 à Kong et 0,99 à Diawala. Le test de Kruskal-Wallis pour l'égalité des médianes montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les indices écologiques de structure ($p = 0,76$) (Figure 28 E).

3.1.4.6. Diversité et équitabilité des Apidae

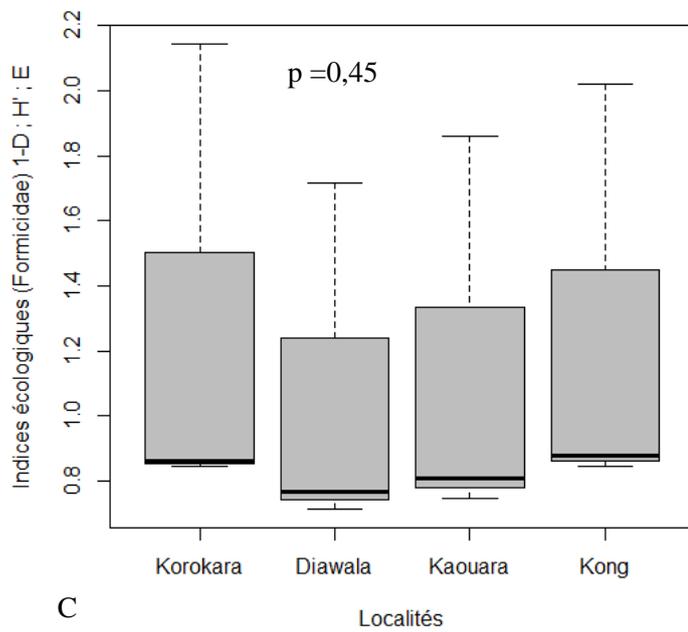
Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon Wiever varient entre 0,09 à Kaouara et 0,49 à Kong totalisant une richesse spécifique de 2 espèces sur l'ensemble des parcelles des quatre localités. Les valeurs des indices d'équitabilité sont relativement très faibles pour les trois localités de Korokara (0,27), Diawala (0,15) et Kaouara (0,13) excepté la localité de Kong (0,72). Ce qui veut dire que les effectifs des espèces en présence, ne sont pas en équilibre entre eux. Les indices écologiques de structure ne varient pas significativement, selon les résultats du test de Kruskal-Wallis ($p = 0,06$) (Figure 28 F).



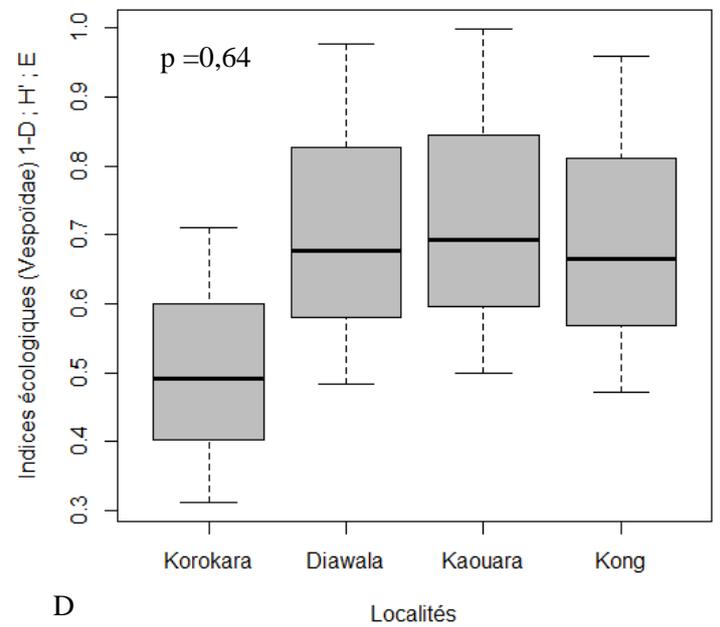
Coccinellidae



Syrphidae



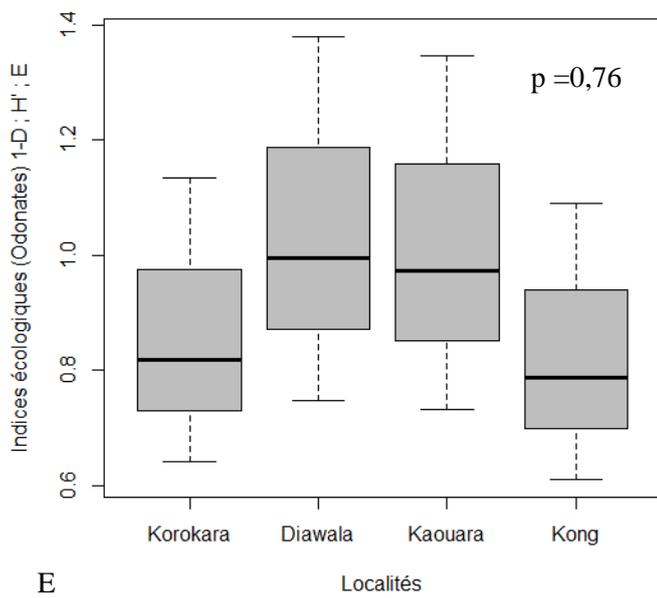
Formicidae



Vespoidea

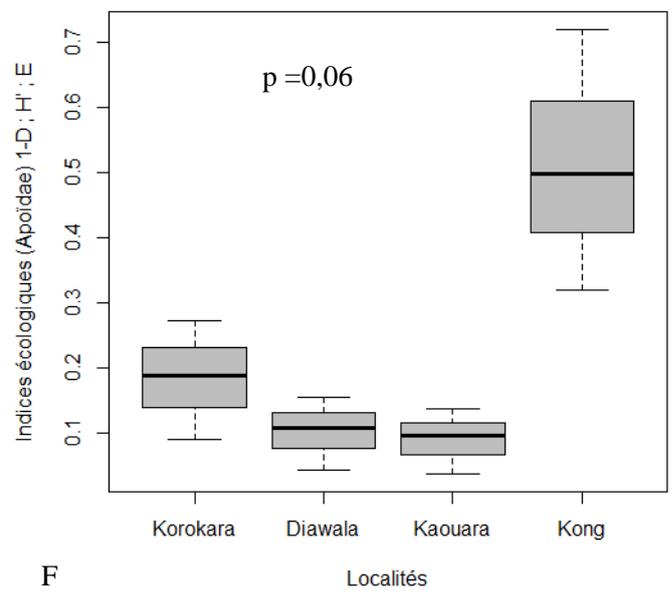
Figure 27: Variation spatiale des indices écologiques de structure des espèces de différentes familles

A-Coccinellidae ; B- Syrphidae ; C-Formicidae ; D- Vespoidea ;



E

Gomphidae et Libellulidae



F

Apidae

Figure 24 (Suite): Variation spatiale des indices écologiques de structure des espèces de différentes familles

E- Gomphidae et Libellulidae ; F- Apidae

3.1.5. Influences de quelques facteurs écologiques sur l'entomofaune utile.

3.1.5.1. Influence de la localité

- **Cas des Coccinellidae**

Les effectifs moyens de *Cheilomenes sulphurea* ont varié avec des moyennes comprises entre 0,72 et 3,16 individus par parcelle élémentaire. L'effectif moyen le plus élevé a été enregistré à Kong ($3,16 \pm 1,52$ individus par parcelle élémentaire), suivi de Korokara ($1,88 \pm 0,67$ individus par parcelle élémentaire), de Diawala ($1,78 \pm 0,99$ individus par parcelle élémentaire) et de Kaouara ($0,72 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire). Cependant, l'analyse statistique de la variance n'a montré aucune différence significative entre les effectifs moyens des individus suivent les localités ($F = 1,19$; ddl = 3; $p = 0,37$).

L'espèce *Cheilomenes propinqua vicini* a un effectif moyen plus élevé à Kong ($0,51 \pm 0,13$ individus par parcelle élémentaire), suivi de la localité de Korokara ($0,27 \pm 0,07$ individus par parcelle élémentaire), de Diawala ($0,10 \pm 0,03$ individus par parcelle élémentaire) et de Kaouara ($0,05 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire). L'analyse statistique réalisée n'a décelé aucune différence significative entre les effectifs moyens de l'espèce suivent les localités ($F = 1,72$; ddl = 3; $p = 0,23$).

Les effectifs moyens de *Delphatus pusillus* ont variés. La valeur la plus élevée a été obtenue dans les localités de Korokara ($0,19 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire) et de Kong ($0,13 \pm 0,06$ individus par parcelle élémentaire). Les plus faibles effectifs ont été enregistrés à Diawala ($0,05 \pm 0,01$ individus par parcelle élémentaire) et à Kaouara ($0,04 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire). L'analyse statistique réalisée n'a décelé aucune différence significative entre les effectifs moyens de l'espèce suivent les localités ($F = 0,73$; ddl = 3; $p = 0,56$) (Tableau VII).

- **Cas des Syrphidae**

Au cours de la période de capture de l'espèce, les effectifs moyens de *Ischiodon aegyptus* ont variés. La localité de Diawala a enregistré un effectif de $1,22 \pm 1,05$ individus par parcelle élémentaire, suivi de Korokara ($1,19 \pm 1,02$ individus par parcelle élémentaire), de Kong ($1,18 \pm 0,67$ individus par parcelle élémentaire). Les plus faibles effectifs moyens de l'espèce ont été enregistrés à Kaouara ($0,37 \pm 0,22$ individus par parcelle élémentaire). Cependant, l'analyse statistique réalisée n'a montré aucune différence significative entre les effectifs des individus ($F = 0,67$; ddl = 3; $p = 0,59$).

Les effectifs moyens de *Episyrphus balteatus* ont variés de $0,91 \pm 0,14$ à $1,12 \pm 0,40$ individus par parcelle élémentaire respectivement dans les localités de Korokara et de Kong. Les plus faibles valeurs ont été obtenues à Diawala ($0,88 \pm 0,17$ individus par parcelle élémentaire) et à Kaouara ($0,19 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire). Les analyses statistiques réalisées n'ont révélé aucune différence significative ($F = 1,33$; $ddl = 3$; $p = 0,33$).

Les effectifs élevés de *Sphaephoria scripta* ont été enregistrés dans les parcelles de Kong ($1,08 \pm 0,54$ individus par parcelle élémentaire), suivi de la localité de Diawala ($0,52 \pm 0,15$ individus par parcelle élémentaire). Les faibles effectifs ont été obtenues sur les parcelles de Korokara ($0,35 \pm 0,11$ individus par parcelle élémentaire) et dans les parcelles de Kaouara ($0,07 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire). Les analyses statistiques n'ont montré aucune différence significative ($F = 3,38$; $ddl = 3$; $p = 0,07$) (Tableau VIII).

- **Cas des Formicidae**

Les effectifs moyens de *Camponotus maculatus* ont variés. Les plus élevés ont été de $3,11 \pm 1,11$ et $3,32 \pm 1,20$ respectivement dans les localités de Kaouara et de Diawala. La plus faible densité de l'espèce a été enregistré à Korokara ($0,32 \pm 0,19$ individus par parcelle élémentaire). Le test statistique de Newman keuls au seuil de 5% a montré qu'il n'existe aucune différence significative ($F = 0,72$; $ddl = 3$; $p = 0,56$).

Les effectifs moyens de *Camponotus acvapimensis* obtenues ont été faibles dans l'ensemble (comprise entre 0,10 et 1,42 individus par parcelles élémentaire). Les effectifs moyens plus élevés ont été obtenu dans la localité de Kong ($1,42 \pm 0,08$ individus par parcelle élémentaire) et le plus faible effectif moyen à Diawala ($0,10 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire). L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative ($F = 2,62$; $ddl = 3$; $p = 0,12$). Le nombre d'individus de *Camponotus sericeus* rencontré par parcelle élémentaire a été plus élevé dans la localité de Kong ($3,54 \pm 0,14$ individus par parcelle élémentaire), suivi de Diawala ($2,57 \pm 0,50$ individus par parcelle élémentaire) et de Korokara ($2,50 \pm 0,49$ individus par parcelle élémentaire). Le plus faible effectifs moyen de l'espèce a été enregistré à Kaouara ($0,67 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire). Les analyses statistiques réalisées n'ont révélé aucune différence significative ($F = 0,46$; $ddl = 3$; $p = 0,71$).

L'espèce *P. tarsatus* a été moins abondante dans les parcelles. Ces faibles effectifs moyens ont variés de $0,10 \pm 0,00$ à $0,78 \pm 0,10$ individus par parcelle élémentaire, respectivement à Kaouara et à Kong. Les parcelles de Diawala et de Korokara ont enregistré respectivement $0,15 \pm 0,08$ individus par parcelle élémentaire et $0,21 \pm 0,00$ individus par parcelle. Toutefois, les analyses

statistiques ont montrées que ces faibles valeurs n'ont pas variées significativement d'une localité à une autre ($F = 1,23$; $ddl = 3$; $p = 0,36$).

Pour l'espèce *Camponotus sp 1*, les effectifs moyens ont été faibles pendant les deux années de l'étude. A Kong, elles ont été de $0,55 \pm 0,79$ individus par parcelle élémentaire, suivi de Korokara et Kaouara respectivement avec $0,15 \pm 0,28$ et $0,15 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire et Diawala avec $0,09 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire. Les analyses statistiques réalisées n'ont montré aucune différence significative ($F = 0,09$; $ddl = 3$; $p = 0,96$). Au cours de la période des observations, les effectifs moyens calculées de *Messor galla* ont été plus élevées dans la localité de Kong $3,55 \pm 0,14$ individus par parcelle élémentaire, suivi de Diawala $1,91 \pm 0,00$ individus par parcelle élémentaire et de Korokara $0,83 \pm 0,77$ individus par parcelle élémentaire. Le plus faible effectif moyen a été obtenue à Kaouara ($0,58 \pm 0,76$ individus par parcelle élémentaire). Les analyses statistiques réalisées n'ont montré aucune différence significative ($F = 1,45$; $ddl = 3$; $p = 0,29$).

Le nombre moyen de *Myrmicaria sp 1* ne varie pas significativement ($F = 2,61$; $ddl = 3$; $p = 0,12$). La localité de Korokara présente, en moyenne, ($0,58 \pm 0,44$ individus par parcelle élémentaire), contre ($0,14 \pm 0,25$ individus par parcelle élémentaire) à Kaouara et ($0,07 \pm 0,24$ individus par parcelle élémentaire) dans la localité de Kong. Aucun individu n'a été capturé dans les parcelles élémentaires de Diawala. De même, il n'existe aucune différence significative entre les effectifs moyens de l'espèce *Pheidole sp1*. par parcelle élémentaire ($F = 2,04$; $ddl = 3$; $p = 1,18$).

Les effectifs moyens élevés de *Lepisiota sp3*. ont été enregistrées sur les parcelles élémentaires de Kong ($1,93 \pm 0,17$ individus par parcelle élémentaire) et de Diawala ($1,07 \pm 0,73$ individus par parcelle élémentaire). Les plus faibles effectifs ont été obtenus dans les localités de Kaouara ($0,69 \pm 0,62$ individus par parcelle élémentaire) et de Diawala ($0,46 \pm 0,40$ individus par parcelle élémentaire). Les analyses statistiques réalisées n'ont révélées aucune différence significative de l'effectif moyen par parcelle élémentaire dans la capture de *Lepisiota sp3*. ($F = 1,43$; $ddl = 3$; $p = 0,30$).

A Korokara, la densité moyenne de *M. dakarensis* a été de $0,32 \pm 0,28$ individus par parcelle élémentaire, suivi de Diawala $0,10 \pm 0,21$ individus par parcelle élémentaire. L'espèce est totalement absente à Kong. Les effectifs moyens par parcelles élémentaires ont variés. Cependant les valeurs de la densité moyenne calculées sont faibles dans toutes les localités. La localité de Kong a enregistré $1,04 \pm 1,98$ individus par parcelle élémentaire, suivi de Korokara $0,24 \pm 0,28$ individus par parcelle élémentaire, de Diawala avec $0,22 \pm 0,29$ individus par parcelle élémentaire et de Kaouara $0,12 \pm 0,27$ individus par parcelle élémentaire. Les analyses statistiques réalisées n'ont révélé aucune différence significative ($F = 0,52$; ddl = 3; $p = 0,67$). L'espèce *M. afrum* est moins dense dans les parcelles de Korokara, Diawala et Kaouara avec respectivement $0,32 \pm 0,37$ individus par parcelle élémentaire, $0,09 \pm 0,17$ individus par parcelle élémentaire et $0,11 \pm 0,30$ individus par parcelle élémentaire. Aucune capture n'a été réalisée à Kong. L'analyse de variance à un facteur n'a décelé aucune différence ($F = 0,86$; ddl = 3; $p = 0,5$). Les effectifs moyens de capture de l'espèce *Crematogaster sp* ont été compris entre 0,70 et 1,84 individu par parcelle élémentaire. La localité de Kong a enregistré $1,84 \pm 1,75$ individus par parcelle élémentaire, suivi des localités de Korokara ($1,25 \pm 0,82$ individus par parcelle élémentaire) et de Kaouara ($1,04 \pm 0,74$ individus par parcelle élémentaire). La densité moyenne de l'espèce a été faible dans la localité de Diawala ($0,70 \pm 0,42$ individus par parcelle). L'analyse statistique de la variance n'a montré aucune différence significative ($F = 0,89$; ddl = 3; $p = 0,48$) (Tableau IX).

Tableau VII: Effectifs moyennes des espèces de Coccinellidae

Localité	<i>Cheilomenes sulphurea</i>	<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	<i>Delphatus pusillus</i>
Korokara	1,88 ± 0,67 a	0,27 ± 0,07 b	0,19 ± 0,00 c
Diawala	1,78 ± 0,99 a	0,10 ± 0,03 b	0,05 ± 0,01 c
Kaouara	0,72 ± 0,00 a	0,05 ± 0,00 b	0,04 ± 0,00 c
Kong	3,16 ± 1,52 a	0,51 ± 0,13 b	0,13 ± 0,06 c
Statiques	F	1,19	0,73
	p	0,37	0,56

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau VIII: Effectifs moyennes des espèces de Syrphidae

Localité	<i>Ischiodion aegyptius</i>	<i>Epysyrphus balteatus</i>	<i>Sphaerophoria scripta</i>
Korokara	1,19 ± 1,02 a	0,91 ± 0,14 a	0,35 ± 0,11 a
Diawala	1,22 ± 1,05 a	0,88 ± 0,17 a	0,52 ± 0,15 a
Kaouara	0,37 ± 0,02 a	0,19 ± 0,00 a	0,07 ± 0,00 a
Kong	1,18 ± 0,67 a	1,12 ± 0,40 a	1,08 ± 0,54 a
Statiques	F	0,67	3,38
	p	0,59	0,07

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau IX: Effectifs moyennes des espèces de Formicidae

Localité	<i>Camponotus maculatus</i>	<i>Camponotus acvapimensis</i>	<i>Camponotus sericeus</i>	<i>Paltothureus. tarsatus</i>	<i>Camponotus sp 1</i>	<i>Messor galla</i>	<i>Myrmicaria sp 1</i>	<i>Pheidole sp1.</i>	<i>Lepisiota sp3.</i>	<i>Monomorium dakarensis</i>	<i>Monomorium afrum</i>	<i>Crematogaster sp</i>	
Korokara	0,32±0,19a	0,45±0,48a	2,50±0,49a	0,21±0,20a	0,15±0,17a	0,83±0,77a	0,58±0,44a	1,07±0,73a	0,32±0,28a	0,24±0,28a	0,32±0,37a	1,25±0,82a	
Diawala	3,32±1,20a	0,10±0,00a	2,57±0,50a	0,15±0,28a	0,09±0,18a	1,91±0,00a	0,00±0,00a	0,46±0,40a	0,10±0,21a	0,22±0,29a	0,09±0,17a	0,70±0,42a	
Kaouara	3,11±1,11a	0,26±0,43a	0,67±0,00a	0,10±0,22a	0,15±0,25a	0,58±0,76a	0,14±0,25a	0,69±0,62a	0,09±0,18a	0,12±0,27a	0,11±0,30a	1,04±0,74a	
Kong	4,52±1,00a	1,42±0,08a	3,54±1,14a	0,78±0,90a	0,55±0,79a	3,55±0,14a	0,07±0,24a	1,93±1,17a	0,00±0,00a	1,04±1,98a	0,00±0,00a	1,84±1,75a	
Statiques	F	0,72	2,62	0,46	1,23	0,09	1,45	2,61	2,04	1,43	0,52	0,86	0,89
	P	0,56	0,12	0,71	0,36	0,96	0,29	0,12	1,18	0,30	0,67	0,5	0,48

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

- **Cas des populations des Vespidae**

Les effectifs moyens des deux espèces de Vespidae capturée dans les parcelles élémentaires des localités sont plus élevés dans la localité de Kong. L'espèce *Polistes sp.* a un effectif moyen qui a varié entre 0,37 et 0,94 individus par parcelle. La plus forte densité a été enregistrée à Kong ($0,94 \pm 1,00$ individus par parcelle élémentaire), suivi de Korokara ($0,47 \pm 0,45$ individus par parcelle élémentaire), Kaouara ($0,38 \pm 0,34$ individus par parcelle élémentaire) et de Diawala ($0,37 \pm 0,42$ individus par parcelle élémentaire). L'analyse statistique de la variance n'a montrée aucune différence significative ($F = 0,58$; $ddl = 3$; $p = 0,64$).

L'espèce *Polybia sp.* a été moins dense dans toutes les localités. A Kong, l'effectif moyen de l'espèce a été de $0,58 \pm 0,65$ individus par parcelle élémentaire, suivi de Kaouara ($0,42 \pm 0,27$ individus par parcelle élémentaire). Les localités de Korokara et de Diawala ont enregistré respectivement ($0,11 \pm 0,12$ et $0,26 \pm 0,35$ individus par parcelle élémentaire). L'analyse statistique de la variance n'a décelée aucune différence significative ($F = 0,78$; $ddl = 3$; $p = 0,53$) (Tableau X).

- **Cas des populations des Gomphidae et des Libellulidae**

Les effectifs moyens des espèces de Gomphidae et de Libellulidae par parcelle élémentaire ont varié. Les plus élevés de l'espèce *O. forcipatus* a été obtenu à Korokara ($1,00 \pm 0,36$ individus par parcelle élémentaire), suivi de Diawala ($0,57 \pm 0,57$ individus par parcelle élémentaire) et de Kong ($0,37 \pm 0,49$ individus par parcelle élémentaire). Le plus faible effectif moyen a été observé dans les parcelles de Kaouara ($0,34 \pm 0,39$ individus par parcelle élémentaire). Les effectifs moyens de l'espèce par parcelle élémentaire n'ont indiqué aucune différence significative ($F = 1,31$; $ddl = 3$; $p = 0,33$). Les effectifs moyens par parcelle de l'espèce *O. albistulum* ont varié entre 0,10 et 0,71 individus. Les analyses statistiques réalisées n'ont révélé aucune différence significative ($F = 2,30$; $ddl = 3$; $p = 0,15$). Les effectifs moyens de *Platemis lydia* ont varié avec des moyennes comprises entre 0,45 et 0,82 individus par parcelle élémentaire. L'effectif plus élevé a été enregistré à Kong ($0,82 \pm 0,98$ individus par parcelle élémentaire), suivi de Kaouara ($0,77 \pm 0,62$ individus par parcelle élémentaire), de Diawala ($0,75 \pm 0,52$ individus par parcelle élémentaire) et de Korokara ($0,45 \pm 0,47$ individus par parcelle élémentaire). Cependant, l'analyse statistique réalisée n'a montré aucune différence significative ($F = 0,18$; $ddl = 3$; $p = 0,90$). Au cours de la période de capture de l'espèce *S. striolatum*, Les effectifs moyens ont varié sur les parcelles élémentaires. La localité de Kong a enregistré un effectif moyen de $1,48 \pm 1,88$ individus par parcelle élémentaire, suivi de Korokara ($1,32 \pm 0,89$ individus par parcelle élémentaire), de Kaouara ($0,68 \pm 0,85$ individus

par parcelle élémentaire). Les plus faibles effectifs de l'espèce ont été enregistrées sur les parcelles élémentaires de Diawala $0,61 \pm 0,44$ individus par parcelle élémentaire. Cependant, l'analyse statistique réalisée n'a montré aucune différence significative ($F = 0,44$; $ddl = 3$; $p = 0,72$) (Tableau XI).

- **Cas des populations des Apidae**

Les effectifs moyens de l'espèce *Apis mellifera* par parcelle élémentaire ont été plus élevées dans la localité de Kong ($4,44 \pm 3,13$ individus par parcelle élémentaire). Les effectifs moyens ont été relativement faibles et constantes dans les autres localités avec $1,53 \pm 1,32$ individus par parcelle dans la localité de Diawala, $1,13 \pm 1,27$ individus par parcelle à Korokara et $1,04 \pm 2,03$ individus par parcelle à Kaouara. L'analyse statistique de la variance n'a montré aucune différence significative ($F = 0,81$; $ddl = 3$; $p = 0,22$). L'espèce *Nomia sp.* a été moins dense dans les parcelles particulièrement dans les localités de Kaouara ($0,02 \pm 0,05$ individus par parcelle élémentaire), de Diawala ($0,03 \pm 0,09$ individus par parcelle élémentaire) et à Korokara ($0,05 \pm 0,09$ individus par parcelle élémentaire). Les effectifs moyens plus élevés ont été enregistrés à Kong ($1,10 \pm 1,62$ individus par parcelle élémentaire). L'analyse statistique de la variance n'a montré aucune différence significative ($F = 1,27$; $ddl = 3$; $p = 0,34$) (Tableau XII).

- **Cas des populations des Forficulidae**

Les effectifs moyens ont été plus élevés dans les parcelles de Korokara ($5,00 \pm 7,93$ individus par parcelle élémentaire), suivi de la localité de Diawala ($4,26 \pm 3,53$ individus par parcelle élémentaire). Les effectifs moyens ont été relativement plus faibles à Kong ($0,07 \pm 0,14$ individus par parcelle élémentaire) et à Kaouara ($0,19 \pm 0,30$ individus / parcelle) (Tableau XIII). L'analyse statistique de la variance n'a montré aucune différence significative ($F = 1,08$; $ddl = 3$; $p = 0,40$).

- **Cas des populations des Mantidae**

Les effectifs moyens ont été plus élevés dans les parcelles de Diawala ($5,97 \pm 6,03$ individus par parcelle élémentaire), suivi de la localité de Korokara ($4,58 \pm 7,43$ individus par parcelle élémentaire). Les effectifs moyens ont été relativement plus faibles à Kong ($0,71 \pm 0,46$ individus par parcelle élémentaire) et à Kaouara ($0,39 \pm 0,56$ individus / parcelle) (Tableau XIII). L'analyse statistique de la variance n'a montré aucune différence significative ($F = 1,01$; $ddl = 3$; $p = 0,43$).

Tableau X: Effectifs moyennes des espèces de Vespidae

Localité	<i>Polistes sp</i>	<i>Polybia sp.</i>
Korokara	0,47±0,45 a	0,11±0,12 a
Diawala	0,37±0,42 a	0,26±0,35 a
Kaouara	0,38±0,34 a	0,42±0,27 a
Kong	0,94±1,00 a	0,58±0,65 a
Statistiques F	0,58	0,78
p	0,64	0,53

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XI: Effectifs moyennes des espèces de Gomphidae et de Libellulidae

Localité	<i>Onychogomphus forcipatus</i>	<i>Orthetrum albistulum</i>	<i>Plathemis lydia</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>
Korokara	1,00 ± 0,36 a	0,10 ± 0,13 a	0,45 ± 0,47 a	1,32 ± 0,89 a
Diawala	0,57 ± 0,57 a	0,71 ± 0,56 a	0,75 ± 0,52 a	0,61 ± 0,44 a
Kaouara	0,34 ± 0,39 a	0,64 ± 0,46 a	0,77 ± 0,62 a	0,68 ± 0,85 a
Kong	0,37 ± 0,49 a	0,10 ± 0,19 a	0,82 ± 0,98 a	1,48 ± 1,88 a
Statistiques F	1,31	2,30	0,18	0,44
P	0,33	0,15	0,90	0,72

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XII: Effectifs moyennes des espèces d'Apidae

Localités	<i>Apis mellifera</i>	<i>Nomia sp.</i>
Korokara	1,13 ± 1,27 a	0,05 ± 0,09 a
Diawala	1,53 ± 1,32 a	0,03 ± 0,09 a
Kaouara	1,04 ± 2,03 a	0,02 ± 0,05 a
Kong	4,44 ± 3,13 a	1,10 ± 1,62 a
Statistiques F	0,81	1,27
p	0,22	0,34

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XIII: Effectifs moyennes des espèces de Forficulidae et de Mantidae

Localité	<i>Forficula auricula</i>	<i>Mantis religiosas</i>
Korokara	5,00 ± 7,93 a	4,58 ± 7,43 b
Diawala	4,26 ± 3,53 a	5,97 ± 6,03 b
Kaouara	0,19 ± 0,34A	0,39 ± 0,56 b
Kong	0,07 ± 0,14 a	0,71 ± 0,46 b
Statistiques F	1,18	1,01
p	0,40	0,40

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

3.1.5.2. Influences de quelques facteurs climatiques

- Cas des Coccinellidae

L'analyse de la corrélation de Pearson a montré que les effectifs de *Cheilomenes sulphurea*, sont corrélées positivement avec la hauteur de pluviométrie à Korokara ($r = 0,35$; $p = 0,04$) et à Diawala ($r = 0,39$; $p = 0,02$). Cependant de faibles corrélations positives ont été observées entre l'effectif de l'espèce et la hauteur de la pluviométrie à Kaouara ($r = 0,06$; $p = 0,72$) et à Kong ($r = 0,05$; $p = 0,76$). De faibles effectifs de l'espèce ont été observés en octobre où la pluviométrie a diminuée (Tableau XIV).

Les effectifs de *Cheilomens propinqua vicini* sont corrélées positivement avec les hauteurs de la pluviométrie dans les localités de Korokara ($r = 0,38$; $p = 0,02$) et de Diawala ($r = 0,17$; $p = 0,33$). Sur les sites de Kaouara ($r = -0,04$; $p = 0,79$) et de Kong ($r = -0,13$; $p = 0,43$), la densité de l'espèce est corrélée négativement avec les hauteurs de pluies enregistrées. Ces faibles corrélations négatives n'ont aucune influence sur la densité et l'activité de régulation des insectes ravageurs par l'espèce dans les parcelles (Tableau XV). La hauteur de la pluviométrie était corrélée positivement à la densité moyenne des populations de *Delphatus Pusillus* durant les deux années d'étude sur le terrain à Korokara ($r = 0,30$; $p = 0,08$). Il en a été de même à Diawala ($r = 0,30$; $p = 0,07$), à Kaouara ($r = 0,16$; $p = 0,35$) et à Kong ($r = 0,21$; $p = 0,22$). Ce résultat révèle que la pluviométrie n'a aucun effet sur la densité de cet insecte (Tableau XVI).

Dans les parcelles de Korokara, les effectifs de *C. sulphurea*, de *C. propinqua vicini* sont corrélées positivement mais faiblement avec la température pendant la période des captures (*C. sulphurea*, $r = 0,065$ $p = 0,71$; *C. propinqua vicini* $r = 0,088$ $p = 0,62$). A l'inverse, la densité de population de *D. pusillus* est faiblement et négativement corrélée avec la température ($r = -0,12$ $p = 0,5$). Ce qui signifie qu'il n'existe aucune relation entre la température et la densité de populations des trois espèces de Coccinellidae durant période culture du cotonnier (Tableau XIV). Dans la localité de Diawala, les effectifs des trois espèces de Coccinellidae sont corrélées négativement avec les températures enregistrées (*C. sulphurea* $r = -0,11$ $p = 0,51$; *C. propinqua vicini* $r = -0,20$ $p = 0,25$ et *D. pusillus* $r = -0,03$, $p = 0,86$).

Des corrélations négatives de faibles intensités et les températures enregistrées de juillet à octobre n'ont aucune influence significative sur les trois espèces de Coccinellidae dans la localité de Diawala (Tableau XV). Les températures moyennes enregistrées à Kaouara sont corrélées négativement avec les effectifs de populations de *C. sulphurea* ($r = -0,42$; $p = 0,01$) et *C. propinqua vicini* ($r = -0,06$; $p = 0,70$) et positivement avec les effectifs de *D. pusillus* ($r = 0,01$; $p = 0,92$). Dans la localité de Kong, les températures moyennes enregistrées n'influencent pas significativement Les effectifs moyensde populations des trois espèces de Coccinellidae. Mais, il existe une corrélation positive entre les températures et les effectifs de *C. sulphurea* ($r = 0,21$; $p = 0,21$) et de *C. propinqua vicini* ($r = 0,21$; $p = 0,21$). C'est aussi le cas pour *D. pusillus* ($r = -0,13$; $p = 0,44$) (Tableau XVI).

Le calcul des corrélations de Pearson a montré que l'humidité relative de l'air est faiblement corrélée avec les effectifs des trois espèces de Coccinellidae dans la localité de Korokara. L'humidité relative n'a aucune influence sur les effectifs des trois espèces, *C. sulphurea* ($r = 0,099$; $p = 0,57$), *C. propinqua vicini* ($r = 0,007$; $p = 0,96$) et *D. pusillus* ($r = 0,19$; $p = 0,27$). La localité de Diawala présente une situation assez similaire, bien que les corrélations soient un peu plus élevées avec *C. sulphurea* ($r = 0,22$; $p = 0,19$), *C. propinqua vicini* ($r = 0,30$; $p = 0,08$) et *D. pusillus* ($r = 0,11$; $p = 0,52$).

A Kaouara, l'humidité relative de l'air est corrélée positivement avec les effectifs de populations de l'espèce *C. sulphurea* ($r = 0,47$; $p = 0,004$). Ainsi, dans cette localité une augmentation de l'humidité relative de l'air est favorable à une augmentation de la densité de population de l'espèce. Cependant, il n'existe aucun lien entre l'humidité relative de l'air et l'effectif de *C. propinqua vicini* ($r = 0,12$; $p = 0,49$) et pour *D. pusillus* ($r = 0,04$; $p = 0,79$). A Kong, par contre, les analyses ont montré que les effectifs de *C. sulphurea* ($r = -0,27$; $p = 0,11$) et *C. propinqua vicini* ($r = -0,23$; $p = 0,17$) sont corrélées négativement avec l'humidité relative de l'air. Toutefois l'humidité relative de l'air n'a aucune influence sur les effectifs de population des deux espèces. Les effectifs de population de *D. pusillus* sont corrélée positivement avec l'humidité relative de l'air ($r = 0,24$; $p = 0,17$).

Tableau XIV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Korokara

Espèces de Coccinellidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Cheilomenes. sulphurea</i>	r = 0,35 p = 0,04	r = 0,065 p = 0,71	r = 0,099 p = 0,57
<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	r = 0,38 p = 0,02	r = 0,088 p = 0,62	r = 0,007 p = 0,96
<i>Delphatus pusillus</i>	r = 0,30 p = 0,08	r = -0,12 p = 0,5	r = 0,19 p = 0,27

Tableau XV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Diawala

Espèces de Coccinellidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Cheilomenes. sulphurea</i>	r = 0,39 p = 0,02	r = -0,11 p = 0,51	r = 0,22 p = 0,19
<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	r = 0,17 p = 0,33	r = -0,20 p = 0,25	r = 0,30 p = 0,08
<i>Delphatus pusillus</i>	r = 0,30 p = 0,07	r = -0,03 p = 0,86	r = 0,11 p = 0,52

Tableau XVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Kaouara

Espèces de Coccinellidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Cheilomenes. sulphurea</i>	r = 0,06 p = 0,72	r = -0,42 p = 0,01	r = 0,47 p = 0,004
<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	r = -0,04 p = 0,79	r = -0,06 p = 0,70	r = 0,12 p = 0,49
<i>Delphatus pusillus</i>	r = 0,16 p = 0,35	r = 0,01 p = 0,92	r = 0,04 p = 0,79

Tableau XVII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Coccinellidae et les facteurs climatiques à Kong

Espèces de Coccinellidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature	Humidité relative
<i>Cheilomenes. sulphurea</i>	r = 0,05 p = 0,76	r = 0,21 p = 0,21	r = -0,27 p = 0,11
<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	r = -0,13 p = 0,43	r = 0,21 p = 0,21	r = -0,23 p = 0,17
<i>Delphatus pusillus</i>	r = 0,21 p = 0,22	r = -0,13 p = 0,44	r = 0,24 p = 0,17

- **Cas des Syrphidae**

A Korokara, les captures importantes ont été réalisées pendant la phase végétative du cotonnier qui coïncide avec la floraison du cotonnier. L'analyse des corrélations de Pearson a montré que la densité de *Ischiodon aegyptius* et de *Episyrphus balteatus* sont corrélés négativement avec la pluviométrie ($r = -0,29$; $p = 0,09$) et ($r = -0,24$; $p = 0,15$). Ce résultat indique que les fortes pluviométries diminuent les effectifs des populations de *I. aegyptius* et *E. balteatus* (Tableau XVIII). Par contre, Les effectifs moyenns de *Sphaephoria scripta* sont corrélées positivement avec la pluviométrie ($r = 0,38$; $p = 0,02$).

A Diawala, l'analyse de corrélation de Pearson montre que la densité de *I. aegyptius* est corrélée négativement ($r = -0,26$; $p = 0,13$) avec la pluviométrie. Quant aux espèces d'*E. balteatus* et *S. scripta*, il existe une corrélation positive respectivement ($r = 0,50$; $p = 0,02$) et ($r = 0,50$; $p = 0,000$). Les captures ont été importantes entre juillet et août puis en septembre et octobre qui correspond à la période de fructification (Tableau XIX).

A Kaouara, les pluviométries moyennes enregistrées n'ont pas influencé les effectifs de population des espèces de Syrphidae *I. aegyptius* ($r = 0,17$; $p = 0,32$), *E. balteatus* ($r = 0,17$; $p = 0,32$) et *S. scripta* ($r = -0,17$; $p = 0,33$). Les corrélations entre la pluviométrie moyenne et les effectifs de *I. aegyptius* et de *E. balteatus* sont positives tandis que la corrélation entre la pluviométrie moyenne et l'abondance de *S. scripta* est négative. Les plus fortes captures ont été enregistrées dans les mois de juillet, août et octobre (Tableau XX). L'analyse des résultats montre que la pluviométrie influence l'abondance des espèces de Syrphidae à Kong. Les effectifs de *I. aegyptius* ($r = 0,37$; $p = 0,03$) sont corrélées positivement avec la pluviométrie, alors que l'abondance de *E. balteatus* ($r = -0,37$; $p = 0,03$) et de *S. scripta* ($r = -0,33$; $p = 0,05$) sont corrélée négativement avec la pluviométrie (Tableau XXI).

A Korokara, l'analyse de la corrélation de Pearson révèle que la corrélation entre les températures et l'abondance des espèces de Syrphidae n'est pas significative *I. aegyptius* ($r = 0,03$; $p = 0,83$) et *E. balteatus* ($r = -0,05$; $p = 0,74$). En outre, la température influence très significativement l'espèce *S. scripta* ($r = -0,51$; $p = 0,002$) chez qui l'effectif baisse avec l'augmentation de la température (Tableau XVIII). A Diawala, les analyses de la corrélation de Pearson ont montré une corrélation négative entre la température et *I. aegyptius* ($r = -0,09$; $p = 0,59$), de *E. balteatus* ($r = -0,21$; $p = 0,59$) et de *S. scripta* ($r = -0,17$; $p = 0,32$). Ce même constat a été fait à Kaouara. Une corrélation négative entre *I. aegyptius* ($r = -0,15$; $p = 0,38$),

E. balteatus ($r = -0,09$; $p = 0,57$) et de *S. scripta* ($r = -0,03$; $p = 0,83$) et la température est observée (Tableau XIX). Ce même constat a été fait à Kaouara (Tableau XX).

A Kong, l'effectif moyen de *E. balteatus* ($r = 0,33$; $p = 0,05$) et *S. scripta* ($r = 0,35$; $p = 0,04$) sont corrélées positivement avec la température enregistrée. Par contre, *I. aegyptius* est corrélée négativement et très significativement avec la température ($r = -0,42$; $p = 0,01$) (Tableau XXI).

La relation entre les effectifs de population de Syrphidae et l'humidité relative de l'air enregistrée au cours de la période d'étude a montré qu'à Korokara, les effectifs sont faiblement et négativement corrélés avec l'humidité relative de l'air pour *I. aegyptius* ($r = -0,10$; $p = 0,56$) et *E. balteatus* ($r = -0,089$; $p = 0,61$). L'humidité relative de l'air enregistrée de juillet à octobre n'a aucun effet sur les populations des deux espèces. Par contre, il existe une corrélation positive entre *S. scripta* et l'humidité relative ($r = 0,41$; $p = 0,01$) dans cette même localité (Tableau XVIII). A Diawala, des corrélations positives et non significative ont été enregistrées entre *I. aegyptius* ($r = 0,17$; $p = 0,32$), *E. balteatus* ($r = 0,22$; $p = 0,20$) et *S. scripta* ($r = 0,29$; $p = 0,08$) et l'humidité relative de l'air (Tableau XIX). A Kaouara, des corrélations positives ont été enregistrées entre les effectifs de *I. aegyptius* ($r = 0,37$; $p = 0,02$) et *E. balteatus* ($r = 0,21$; $p = 0,22$), tandis que l'effectif moyen de *S. scripta* est corrélée négativement avec le taux d'humidité relative ($r = -0,004$; $p = 0,98$) (Tableau XX).

A Kong, l'effectif moyen de *I. aegyptius* a été corrélée positivement avec l'humidité ($r = 0,43$; $p = 0,01$). Quant à *E. balteatus* ($r = -0,30$; $p = 0,08$) et *S. scripta* ($r = -0,32$; $p = 0,06$), des corrélations négatives ont été observées avec l'humidité relative de l'air. Par contre, cette corrélation est positive entre l'humidité relative et la densité de *I. aegyptius* (Tableau XXI).

Tableau XVIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Korokara

Espèces de Syrphidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature	Humidité relative
<i>Ischodon aegyptius</i>	r = -0,29 p = 0,09	r = 0,03 p = 0,83	r = -0,10 p = 0,56
<i>Episyrphus balteatus</i>	r = -0,24 p = 0,15	r = -0,05 p = 0,74	r = -0,089 p = 0,61
<i>Sphaephoria scripta</i>	r = 0,38 p = 0,02	r = -0,51 p = 0,002	r = 0,41 p = 0,01

Tableau XIX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Diawala

Espèces de Syrphidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Ischodon aegyptius</i>	r = -0,26 p = 0,13	r = -0,09 p = 0,59	r = 0,17 p = 0,32
<i>Episyrphus balteatus</i>	r = 0,50 p = 0,02	r = -0,21 p = 0,22	r = 0,22 p = 0,20
<i>Sphaephoria scripta</i>	r = 0,50 p = 0,000	r = -0,17 p = 0,32	r = 0,29 p = 0,08

Tableau XX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Kaouara

Espèces de Syrphes	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Ischodon aegyptius</i>	r = 0,17 p = 0,32	r = -0,15 p = 0,38	r = 0,37 p = 0,02
<i>Episyrphus balteatus</i>	r = 0,17 p = 0,32	r = -0,09 p = 0,57	r = 0,21 p = 0,22
<i>Sphaephoria scripta</i>	r = 0,09 p = 0,58	r = -0,03 p = 0,83	r = 0,004 p = 0,98

Tableau XXI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Syrphidae et les facteurs climatiques à Kong

Espèces de Syrphes	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Ischodon aegyptius</i>	r = 0,37 p = 0,03	r = -0,42 p = 0,01	r = 0,43 p = 0,01
<i>Episyrphus balteatus</i>	r = -0,37 p = 0,03	r = 0,33 p = 0,05	r = -0,30 p = 0,08
<i>Sphaephoria scripta</i>	r = 0,38 p = 0,02	r = 0,35 p = 0,04	r = -0,32 p = 0,06

- **Cas des Formicidae**

La richesse spécifique des Formicidae a variée entre 10 et 12 en fonction des localités. Une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée par localité pour ne retenir que les 3 espèces qui contribuent le mieux aux différents axes en vue de simplifier les analyses (Figure 31).

L'analyse réalisée a montré que *Camponotus sericeus*, *Camponotus sp1* et *C. acvapimensis* contribuent mieux aux deux premières dimensions de l'ACP, totalisant 48% de l'information dans la localité de Korokara (Figure 28A).

L'analyse globale incluant toutes les parcelles, a montré une corrélation positive et non significative entre les effectifs de populations de *Camponotus acvapimensis* ($r = 0,17$; $p = 0,31$) et de *Camponotus sericeus* ($r = 0,23$; $p = 0,18$), puis les hauteurs de pluviométrie enregistrées pendant la période de collecte des données. Par contre une corrélation positive et significative a été observées entre les effectifs de *Camponotus sp1* et les hauteurs de pluviométrie ($r = 0,38$; $p = 0,02$). Ainsi, les effectifs plus élevés de *Camponotus sp1* ont été observée pendant les périodes des pics de la pluviométrie (Juillet, Août et Septembre) (Tableau XXII).

Des corrélations négatives et non significatives ont été observées entre les effectifs des populations des trois espèces et les températures moyennes enregistrées pendant la période des captures. La baisse des températures n'influence pas les effectifs de *C. acvapimensis* ($r = -0,25$; $p = 0,14$), *C. sericeus* ($r = -0,24$; $p = 0,16$) et de *Camponotus sp1* ($r = -0,12$; $p = 0,47$) (Tableau XXII). Des corrélations positives ont été observées entre l'humidité relative et les effectifs de populations des trois espèces de Formicidae capturées sur toutes les parcelles (Tableau XXII).

A Diawala, les espèces *Lepisiota sp3.*, *Messor galla* et *C. sericeus* ont été les mieux représentées sur l'axe des corrélations totalisant 69,6 % de l'information (Figure 28 B). Pour les trois espèces de Formicidae, de faibles corrélations positives ont été observées entre les effectifs de populations de *C. sericeus* ($r = 0,18$; $p = 0,30$), de *M. galla* ($r = 0,24$; $p = 0,16$) de *Lepisiota sp3.* ($r = 0,33$; $p = 0,05$) et les pluviométries moyennes enregistrées (Tableau XXIII). Quant aux températures moyennes, les corrélations sont négatives pour *C. sericeus* et *M. galla* et positive pour *Lepisiota sp3.* (Tableau XXIII).

La densité de population de *C. sericeus* est positivement corrélée avec l'humidité relative de l'air ($r = 0,38$; $p = 0,02$) enregistrée de juillet à octobre. Il en est de même pour *M. galla* ($r = 0,45$; $p = 0,007$). Quant à la densité de population de *Lepisiota sp3.*, une faible corrélation positive a été observée avec l'humidité relative de l'air (Tableau XXIII).

A Kaouara, les espèces *Crematogaster sp.*, *Camponotus maculatus* et *Camponotus acvapimensis* ont été fortement corrélées au cercle de corrélation avec 66,8 % de l'information (Figure 28 C).

L'analyse statistique a montré qu'il existe une corrélation positive et significative entre les effectifs de population de *C. maculatus* et les pluviométries enregistrées de juillet à octobre ($r = 0,34$; $p = 0,04$). Toutefois, cette corrélation n'est pas significative entre la pluviométrie et les effectifs de *C. acvapimensis* et de *Crematogaster sp.* (Tableau XXIV). En ce qui concerne les résultats de la corrélation entre la densité des populations de *C. maculatus* et de *C. acvapimensis* puis de la température, il a été remarqué que les effectifs de populations des deux espèces sont faiblement et positivement corrélées avec les températures moyennes enregistrées ($r = 0,34$; $p = 0,95$) et ($r = 0,04$; $p = 0,95$). Les températures moyennes enregistrées ont exercé un rôle négatif sur la densité de population de *Crematogaster sp.* ($r = -0,11$; $p = 0,52$) à Kaouara (Tableau XXIV). L'humidité relative de l'air, a exercé une action négative sur les effectifs de populations de *C. maculatus* ($r = -0,005$; $p = 0,97$) et de *C. acvapimensis* ($r = -0,06$; $p = 0,72$). A l'inverse, l'humidité relative a exercé une action positive mais non significative sur *Crematogaster sp.* ($r = 0,19$; $p = 0,26$) (Tableau XXIV).

Dans les parcelles de Kong, *Palphtothureus tarsatus*, *Pheidole sp1.* et *Messor galla* ont été fortement corrélée sur l'axe des corrélations totalisant 65% de l'information (Figure 28 D). En effet, les pluviométries enregistrées à Kong ont exercé une action positive sur les effectifs de populations de *P. tarsatus* ($r = 0,05$; $p = 0,73$), de *M. galla* ($r = 0,09$; $p = 0,60$) et de *Pheidole sp1.* ($r = 0,07$; $p = 0,66$) (Figure 32D). Des corrélations négatives ont été observées entre les températures moyennes enregistrées et les effectifs de populations des trois espèces. Cependant, ces corrélations n'ont pas été significatives pour *P. tarsatus* ($r = -0,33$; $r = -0,33$) et *Pheidole sp1.* ($r = -0,30$; $p = 0,08$), mais très significatives pour *M. galla* ($r = -0,35$; $p = 0,04$) (Tableau XXV). Les résultats de l'analyse statistique ont montré des corrélations positives entre l'humidité relative de l'air et des effectifs de population de *P. tarsatus* ($r = 0,17$; $p = 0,32$), de *M. galla* ($r = 0,29$; $p = 0,08$) et de *Pheidole sp1.* ($r = 0,31$; $p = 0,07$) (Tableau XXV).

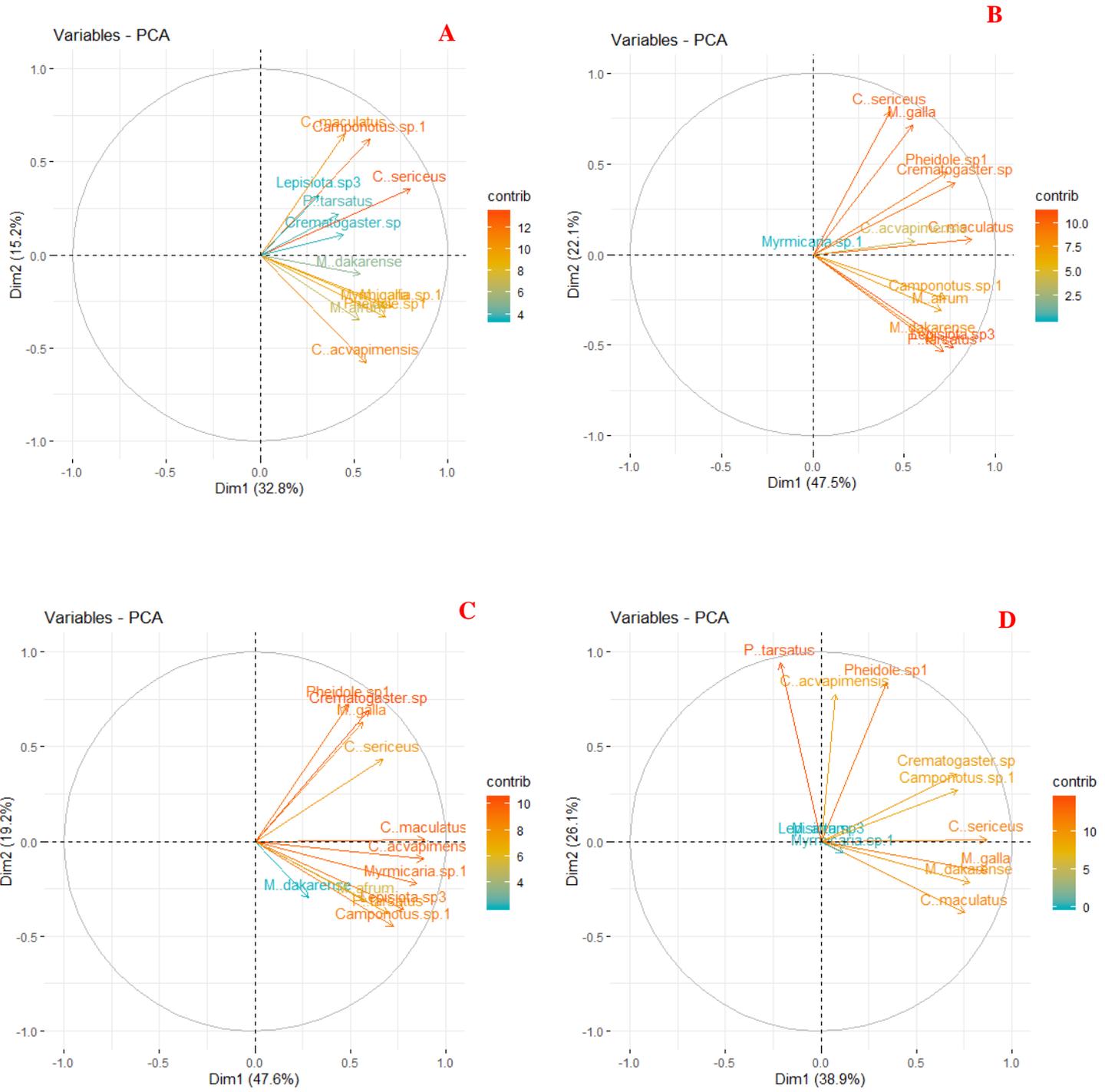


Figure 28: Projection des espèces de Formicidae dans le plan factoriel de l'ACP

A- Korokara, B- Diawala, C-Kaouara, D- Kong

Tableau XXII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Korokara

Espèces de Formicidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Camponotus acvapimensis</i>	r = 0,17 p = 0,31	r = -0,25 p = 0,14	r = 0,16 p = 0,34
<i>Camponotus sericeus</i>	r = 0,23 p = 0,18	r = -0,24 p = 0,16	r = 0,21 p = 0,21
<i>Camponotus sp1</i>	r = 0,38 p = 0,02	r = -0,12 p = 0,47	r = 0,05 p = 0,75

Tableau XXIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Diawala

Espèces de Formicidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Camponotus sericeus</i>	r = 0,18 p = 0,30	r = -0,24 p = 0,16	r = 0,38 p = 0,02
<i>Messor galla</i>	r = 0,24 p = 0,16	r = -0,24 p = 0,16	r = 0,45 p = 0,007
<i>Lepisiota sp1</i>	r = 0,33 p = 0,05	r = 0,03 p = 0,83	r = 0,06 p = 0,72

Tableau XXIV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Kaouara

Espèces de Formicidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Camponotus maculatus</i>	r = 0,34 p = 0,04	r = 0,01 p = 0,91	r = -0,005 p = 0,97
<i>Camponotus acvapimensis</i>	r = 0,33 p = 0,05	r = 0,04 p = 0,80	r = -0,06 p = 0,72
<i>Crematogaster sp</i>	r = 0,32 p = 0,06	r = -0,11 p = 0,52	r = 0,19 p = 0,26

Tableau XXV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Formicidae et les facteurs climatiques à Kong

Espèces de Formicidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Paltothyreus tarsatus</i>	r = 0,05 p = 0,73	r = -0,33 p = 0,05	r = 0,17 p = 0,32
<i>Messor galla</i>	r = 0,09 p = 0,60	r = -0,35 p = 0,04	r = 0,29 p = 0,08
<i>Pheidole spl</i>	r = 0,07 p = 0,66	r = -0,30 p = 0,08	r = 0,31 p = 0,07

- **Cas des Gomphidae et des Libellulidae**

Dans la localité de Korokara, la pluviométrie a eu une action positive sur les effectifs de population de *O. forcipatus* ($r = 0,35$; $p = 0,04$) (Tableau XXVI). Une corrélation positive a été observées entre la température et Les effectifs moyense *Onychogomphus forcipatus* ($r = 0,09$; $p = 0,6$) et *Orthetrum albistulum* ($r = 0,19$ $p = 0,26$) dans les parcelles cotonnières de Korokara. A l'inverse, des corrélations ont été observées entre les températures moyennes observées et les effectifs de populations de *Platemis lydia* ($r = -0,12$; $p = 0,49$) et *Sympetrum striolatum* ($r = -0,19$; $p = 0,27$) (Tableau XXVI). L'analyse statistique a révélé une corrélation négative entre l'humidité relative de l'air et les effectifs de populations de *O. forcipatus* ($r = -0,18$; $p = 0,28$) et *O. albistulum* ($r = -0,23$; $p = 0,17$). A l'inverse, des corrélations positives ont été observées entre *P. lydia* ($r = 0,06$; $p = 0,71$) et *S. striolatum* ($r = 0,25$; $p = 0,15$) (Tableau XXVI).

A Diawala, des corrélations positives ont été observées entre la pluviométrie et les effectifs de population de *O. forcipatus* ($r = 0,31$; $p = 0,06$), de *O. albistulum* ($r = 0,26$; $p = 0,12$) et de *P. lydia* ($r = 0,12$; $p = 0,49$). L'analyse statistique a montré une corrélation positive et significative entre la pluviométrie et la densité de population de *S. striolatum* ($r = 0,40$; $p = 0,01$) (Tableau XXVII). Quant aux températures moyennes enregistrées, elles ont été corrélées négativement avec les effectifs de populations de *O. forcipatus* ($r = -0,16$; $p = 0,35$), *O. albistulum* ($r = -0,13$; $r = -0,13$) et *P. lydia* ($r = -0,16$; $p = 0,36$). Par contre une corrélation négative et significative a été observée entre la température et les effectifs de populations de *S. striolatum* ($r = -0,38$; $r = -0,38$) (Tableau XXVII)L'humidité relative de l'air a exercé une action positive sur les quatre espèces d'Odonates capturées de juillet à août, *O. forcipatus* ($r = 0,29$; $p = 0,09$), *O. albistulum* ($r = 0,20$; $p = 0,25$), *P. lydia* ($r = 0,17$; $p = 0,32$) et *S. striolatum* ($r = 0,29$; $p = 0,08$) (Tableau XXVII)

A Kaouara, les pluviométries enregistrées ont été corrélées positivement mais non significativement avec effectifs de population des quatre espèces. Cependant, la corrélation a été de faible intensité entre la pluviométrie et les effectifs de *O. forcipatus* ($r = 0,09$; $p = 0,59$) (Tableau XXVIII). Les températures moyennes enregistrées ont exercé une action négative et très significatives sur les effectifs de population des espèces *O. forcipatus* ($r = -0,35$; $p = 0,04$), *O. albistulum* ($r = -0,36$; $p = 0,03$) et de *P. lydia* ($r = -0,37$; $p = 0,02$). A l'inverse, les températures moyennes ont exercées une action négative sur *S. striolatum* ($r = -0,27$; $p = 0,12$) (Tableau XXVIII).

L'humidité relative de l'air a exercé une action positive sur *O. forcipatus* ($r = 0,23$; $p = 0,23$) et sur *S. striolatum* ($r = 0,32$; $p = 0,06$), cependant, toute augmentation de l'humidité relative de l'air augmente significativement la densité de population de *O. albistulum* ($r = 0,43$; $p = 0,01$) et de *P. lydia* ($r = 0,38$; $p = 0,02$) (Tableau XXVIII).

Dans l'ensemble des parcelles élémentaires de Kong, une corrélation négative a été observée entre la pluviométrie et la densité de *O. forcipatus* ($r = -0,38$; $p = 0,02$). Au contraire, une corrélation positive a été observée entre la pluviométrie et les effectifs de *O. albistulum* ($r = 0,17$; $p = 0,32$), *P. lydia* ($r = 0,10$; $p = 0,55$). L'action de la pluviométrie a été négative sur les effectifs de population de *S. striolatum* ($r = -0,12$; $p = 0,47$) (Tableau XXIX). Les températures moyennes enregistrées ont exercées une action négative sur les effectifs de populations de *O. albistulum* ($r = -0,01$; $p = 0,91$), *P. lydia* ($r = -0,04$; $p = 0,80$) et *S. striolatum* ($r = -0,25$; $p = 0,24$). Une corrélation positive et non significative a été observée entre les températures moyennes et les effectifs de population de *O. forcipatus* ($r = 0,10$; $p = 0,54$) (Tableau XXIX). Les résultats de l'analyse de la corrélation de Pearson, ont montré une relation positive entre l'humidité relative et les effectifs de population de *O. albistulum* ($r = 0,24$; $p = 0,16$), *P. lydia* ($r = 0,12$; $p = 0,49$) et *S. striolatum* ($r = 0,17$; $p = 0,31$). Au contraire, l'humidité relative de l'air a exercé une action négative mais non significative sur *O. forcipatus* ($r = -0,15$; $p = 0,39$) dans les parcelles de juillet à octobre (Tableau XXIX).

Tableau XXVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Korokara

Espèces d'Odonates	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	r = 0,35 p = 0,04	r = 0,09 p = 0,6	r = -0,18 p = 0,28
<i>Orthetrum. albistulum</i>	r = -0,01 p = 0,92	r = 0,19 p = 0,26	r = -0,23 p = 0,17
<i>Platemis lydia</i>	r = 0,24 p = 0,16	r = -0,12 p = 0,49	r = 0,06 p = 0,71
<i>Sympetrum striolatum</i>	r = 0,30 p = 0,07	r = -0,19 p = 0,27	r = 0,25 p = 0,15

Tableau XXVII: XXVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Diawala

Espèces d'Odonates	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviométrie (mm)	Température (°C)	Humidité relative (%)
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	r = 0,35 p = 0,04	r = 0,09 p = 0,6	r = -0,18 p = 0,28
<i>Orthetrum. albistulum</i>	r = 0,26 p = 0,12	r = 0,19 p = 0,26	r = -0,23 p = 0,17
<i>Platemis lydia</i>	r = 0,12 p = 0,49	r = -0,12 p = 0,49	r = 0,06 p = 0,71
<i>Sympetrum striolatum</i>	r = 0,4 p = 0,01	r = -0,19 p = 0,27	r = 0,25 p = 0,15

Tableau XXVIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Kaouara

Espèces d'Odonates	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	r = 0,09 p = 0,59	r = -0,35 p = 0,04	r = 0,23 p = 0,17
<i>Orthetrum. albistulum</i>	r = 0,20 p = 0,24	r = -0,36 p = 0,03	r = 0,43 p = 0,01
<i>Platemis lydia</i>	r = 0,23 p = 0,17	r = -0,37 p = 0,02	r = 0,38 p = 0,02
<i>Sympetrum striolatum</i>	r = 0,11 p = 0,53	r = -0,27 p = 0,12	r = 0,32 p = 0,06

Tableau XXIX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Odonates et les facteurs climatiques à Kong

Espèces d'Odonates	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Onychogomphus. forcipatus</i>	r = -0,38 p = 0,02	r = 0,10 p = 0,54	r = -0,15 p = 0,39
<i>Orthetrum albistulum</i>	r = 0,17 p = 0,32	r = -0,01 p = 0,91	r = 0,24 p = 0,16
<i>Platthemis lydia</i>	r = 0,10 p = 0,55	r = -0,04 p = 0,80	r = 0,12 p = 0,49
<i>Sympetrum striolatum</i>	r = -0,12 p = 0,47	r = -0,25 p = 0,24	r = 0,17 p = 0,31

- **Cas des Vespidae**

Dans les parcelles de Korokara, les coefficients de corrélation enregistrés ne reflètent pas l'effet de la pluviométrie sur la relation trophique de *Polistes sp.* ($r = 0,26$; $p = 0,13$) et de *Polybia sp.* ($r = 0,32$; $p = 0,06$) (Tableau XXX). Les variations des températures moyennes enregistrées au cours des périodes de capture de juillet à octobre défavorisent l'activité trophique de *Polistes sp.* ($r = -0,22$; $p = 0,20$) et de *Polybia sp.* ($r = -0,16$; $p = 0,35$). Néanmoins l'action de température n'a pas été très significative sur la densité des espèces (Tableau XXX). L'analyse statistique a révélé une corrélation positive et très significative entre l'humidité relative et des effectifs de population de *Polistes sp.* ($r = 0,34$; $p = 0,04$). Alors que pour *Polybia sp.*, toute augmentation de l'humidité relative est favorable à l'augmentation de la densité de population mais pas significativement ($r = 0,20$; $p = 0,25$) (Tableau XXX).

Dans la localité de Diawala, les pluviométries enregistrées agissent favorablement sur *Polistes sp.* et *Polybia sp.* ($r = 0,26$; $p = 0,13$) et *Polybia sp.* ($r = 0,14$; $p = 0,42$) (Tableau XXXI). Par contre des corrélations négatives ont été observées entre les températures moyennes observées et les effectifs de *Polistes sp.* ($r = -0,26$; $p = 0,12$) et *Polybia sp.* ($r = -0,11$; $p = 0,53$) (Tableau XXXI). Quant à l'humidité relative de l'air, une corrélation positive et très significative a été observée avec les effectifs de populations de *Polistes sp.* dans les parcelles ($r = 0,39$; $p = 0,02$). Il en est de même pour *Polybia sp.* qui exerce une action positive sur les insectes ravageurs du cotonnier ($r = 0,21$; $p = 0,22$) (Tableau XXXI).

Durant la période de collecte des espèces de juillet à octobre au cours des deux années de terrain dans les parcelles élémentaires de Kaouara, à chaque fois que les pluviométries enregistrées augmentent, les effectifs de population de *Polistes sp.* augmentent (Tableau XXXII). En effet une corrélation positive avec la pluviométrie ($r = 0,32$; $p = 0,06$), est observé. Quant à *Polybia sp.*, toute augmentation de la pluviométrie, occasionne une augmentation très significative des effectifs de population de l'espèce dans les parcelles ($r = 0,38$; $p = 0,02$) (Tableau XXXII).

Des corrélations négatives ont été observées entre les températures moyennes enregistrées et *Polistes sp.* ($r = -0,24$; $p = 0,16$) et de *Polybia sp.* ($r = -0,20$; $p = 0,25$) (Tableau XXXII). Par contre, toute augmentation de l'humidité relative, entraîne une augmentation non significative des deux espèces, *Polistes sp.* ($r = 0,29$; $p = 0,09$) et de *Polybia sp.* ($r = 0,22$; $p = 0,21$) (Tableau XXXII). En effet une corrélation positive a été observée entre la pluviométrie et la densité de *Polistes sp.* ($r = 0,32$; $p = 0,05$) et la corrélation a été positive et très significative entre la pluviométrie et la densité de *Polybia sp.* ($r = 0,40$; $p = 0,01$) (Tableau XXXII).

Les températures moyennes enregistrées ont quant à elles été défavorables à l'action de prédation de *Polistes sp.* et *Polybia sp.*. En effet toute augmentation de la température augmente pendant la journée, cela empêche l'arrivée des espèces de *Polistes sp.* ($r = -0,24$; $p = 0,15$) et de *Polybia sp.* ($r = -0,10$; $p = 0,54$) sur les parcelles cotonnières (Tableau XXXII). Quant à l'humidité relative de l'air, une corrélation positive a été observée avec les effectifs de populations de *Polistes sp.* dans les parcelles ($r = 0,42$; $p = 0,01$). Il en est de même pour *Polybia sp.* qui exerce une action positive sur les insectes ravageurs du cotonnier ($r = 0,31$; $p = 0,07$) (Tableau XXXII).

Tableau XXX: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Korokara

Espèces des Vespidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Polistes sp</i>	r = 0,26 p = 0,13	r = -0,22 p = 0,20	r = 0,34 p = 0,04
<i>Polybia sp</i>	r = 0,32 p = 0,06	r = -0,16 p = 0,35	r = 0,20 p = 0,25

Tableau XXXI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Diawala

Espèces de Vespidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Polistes sp</i>	r = 0,26 p = 0,13	r = -0,26 p = 0,12	r = 0,39 p = 0,02
<i>Polybia sp</i>	r = 0,32 p = 0,06	r = -0,11 p = 0,53	r = 0,21 p = 0,22

Tableau XXXII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Kaouara

Espèces de Vespoïdae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Polistes sp</i>	r = 0,32 p = 0,06	r = -0,24 p = 0,16	r = 0,29 p = 0,09
<i>Polybia sp</i>	r = 0,38 p = 0,02	r = -0,20 p = 0,25	r = 0,22 p = 0,21

Tableau XXXIII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Vespidae et les facteurs climatiques à Kong

Espèces de Vespoïdae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Polistes sp</i>	r = 0,32 p = 0,05	r = -0,24 p = 0,15	r = 0,42 p = 0,01
<i>Polybia sp</i>	r = 0,40 p = 0,01	r = -0,10 p = 0,54	r = 0,31 p = 0,07

- **Cas des Apidae**

L'analyse statistique a révélé une faible corrélation négative entre les pluviométries enregistrées au cours des deux années d'étude et les effectifs de populations de *Apis mellifera* ($r = -0,03$; $p = 0,84$) dans la localité de Korokara. Une corrélation positive a été observée entre la pluviométrie et la densité de population de *Nomia sp.* ($r = 0,17$; $p = 0,32$). Toutefois cette relation positive est de faible intensité (Tableau XXXIV). Une corrélation positive a été observée entre les températures moyennes et la présence de *A. mellifera* dans les parcelles ($r = 0,12$; $p = 0,48$). A l'inverse les températures moyennes quotidiennes n'influencent pas significativement la présence de *Nomia sp.* dans les parcelles ($r = -0,26$; $p = 0,13$) (Tableau XXXIV). Quant à l'humidité relative, une corrélation positive de faible intensité a été observée avec les effectifs de population de *A. mellifera* ($r = 0,03$; $p = 0,84$). Une corrélation positive a été observée entre l'humidité relative et la densité de population de *Nomia sp.* ($r = 0,15$; $p = 0,37$) (Tableau XXXIV). Dans les parcelles cotonnières de Diawala, durant les deux saisons on a relevé une corrélation positive et non significative entre la pluviométrie et la présence de *A. mellifera* dans les parcelles ($r = 0,17$; $p = 0,32$). A l'inverse, une corrélation négative et non significative a été constatée entre la pluviométrie et la densité de population de *Nomia sp.* ($r = -0,07$; $p = 0,68$) (Tableau XXXV). Des corrélations négatives ont été observées entre les températures moyennes enregistrées et les effectifs de populations de *A. mellifera* ($r = -0,16$; $p = 0,35$) et *Nomia sp.* ($r = -0,05$; $p = 0,76$). Les analyses statistiques ont révélé une corrélation positive et très significative entre les températures moyennes quotidiennes et les effectifs de populations de *A. mellifera* ($r = 0,39$; $p = 0,02$) (Tableau XXXV). L'humidité relative de l'air a également exercé un rôle positif de faible intensité sur la présence et l'activité de pollinisation de *Nomia sp.* ($r = 0,07$; $p = 0,67$) (Tableau XXXV).

Dans la localité Kaouara, une corrélation positive a été constatée entre la pluviométrie et la densité de population de *A. mellifera* ($r = 0,18$; $p = 0,29$) (Tableau XXXVI). Cependant, une corrélation négative est observée entre la température et la densité de population de l'espèce ($r = -0,38$; $p = 0,02$) (Figure 35C). A l'opposé, toute augmentation de l'humidité relative favorise une augmentation de l'espèce dans l'ensemble des parcelles ($r = 0,43$; $p = 0,01$) (Tableau XXXVI). L'analyse de la corrélation de Pearson indique que la densité de population de *Nomia sp.* est corrélée positivement avec la pluviométrie ($r = 0,29$; $p = 0,09$) (Tableau XXXVI). Quant à la température, une faible corrélation positive est observée avec la densité de population de l'espèce.

Dans les parcelles de Kong, les résultats de l'analyse statistique révèlent que la pluviométrie est être corrélée négativement avec la densité de population de l'espèce dans les parcelles ($r = -0,10$; $p = 0,56$). Il en est de même pour le taux d'humidité relative de l'air ($r = -0,29$; $p = 0,09$) (Tableau XXXVII). Les températures moyennes quotidiennes semblent par contre être corrélées positivement avec les effectifs de population de l'espèce ($r = 0,29$; $p = 0,09$). Les résultats de l'analyse statistique indiquent que la densité de population de *Nomia sp.* est corrélée négativement avec la pluviométrie ($r = - 0,29$; $p = 0,08$) (Tableau XXXVII). Quant à la température, une faible corrélation positive est observée avec la densité de population de l'espèce. Aussi, les résultats ont montré que le taux d'humidité relative de l'air influence négativement l'activité de l'espèce dans les parcelles.

Tableau XXXIV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Korokara

Espèces d'Apidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Apis mellifera</i>	r = -0,03 p = 0,84	r = 0,12 p = 0,48	r = 0,03 p = 0,84
<i>Nomia sp</i>	r = 0,17 p = 0,32	r = -0,26 p = 0,13	r = 0,15 p = 0,37

Tableau XXXV: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Diawala

Espèces d'Apidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Apis mellifera</i>	r = -0,03 p = 0,84	r = 0,12 p = 0,48	r = 0,03 p = 0,84
<i>Nomia sp</i>	r = 0,17 p = 0,32	r = -0,26 p = 0,13	r = 0,15 p = 0,37

Tableau XXXVI: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Kaouara

Espèces d'Apidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Apis mellifera</i>	r = 0,18 p = 0,29	r = -0,38 p = 0,02	r = 0,43 p = 0,01
<i>Nomia sp</i>	r = 0,29 p = 0,09	r = 0,06 p = 0,69	r = -0,19 p = 0,26

Tableau XXXVII: Coefficients de corrélation entre les effectifs des Apidae et les facteurs climatiques à Kong

Espèces d'Apidae	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil de 5%		
	Pluviometrie (mm)	Temperature (°C)	Humidité relative (%)
<i>Apis mellifera</i>	r = -0,10 p = 0,56	r = 0,29 p = 0,09	r = -0,29 p = 0,09
<i>Nomia sp</i>	r = -0,29 p = 0,08	r = 0,50 p = 0,002	r = -0,52 p = 0,002

3.1.6. Relation entre l'abondance des insectes utiles et les insectes nuisibles

Les deux premiers axes (Dim 1 et Dim 2) obtenus après l'ACP, expliquent 60,1% de la variabilité totale contenue dans la base de données. L'axe 1 explique 37,40% de la variance totale et l'axe 2 en explique 22,7 % (Figure 29). L'axe 1, qui fournit 37,40% d'information, est corrélé négativement avec les familles d'insectes utiles telles que les Formicidae, les Vespidae et les Coccinellidae mais aussi, avec les insectes nuisibles tels que *Aphis gossypii* et *Syllepte derogata*. Cet axe est positivement corrélé à la famille des insectes utiles que sont les Syrphidae, les Libellulidae et les Gomphidae. Il est aussi corrélé avec celles des insectes nuisibles tels que *Bemisia tabaci*, *Jacobiella facialis*, *Helicoverpa armigera*, *Earias spp* et *Spodoptera littoralis*. Avec 22,7% de l'inertie. L'axe 2 est corrélé positivement aux familles d'insectes utiles telles que les Formicidae, les Coccinellidae, les Vespidae, les Gomphidae, les Libellulidae et les Syrphidae, puis aux insectes nuisibles tels que *H. armigera*, *Earias spp*, *J. facialis* et *B. tabaci*. Il est négativement associé *S. derogata* et *S. littoralis*.

En projetant la position des points des familles d'insectes utiles sur les axes vectoriels des insectes nuisibles, il apparaît que les Formicidae, des Coccinellidae et les Vespidae sont corrélés négativement à *A. gossypii* et *S. littoralis*. Les Libellulidae sont positivement corrélés à *H. armigera* et à *E. biplaga*. Les Syrphidae sont positivement corrélés à *J. facialis*, *B. tabaci* et corrélé négativement *A. gossypii*.

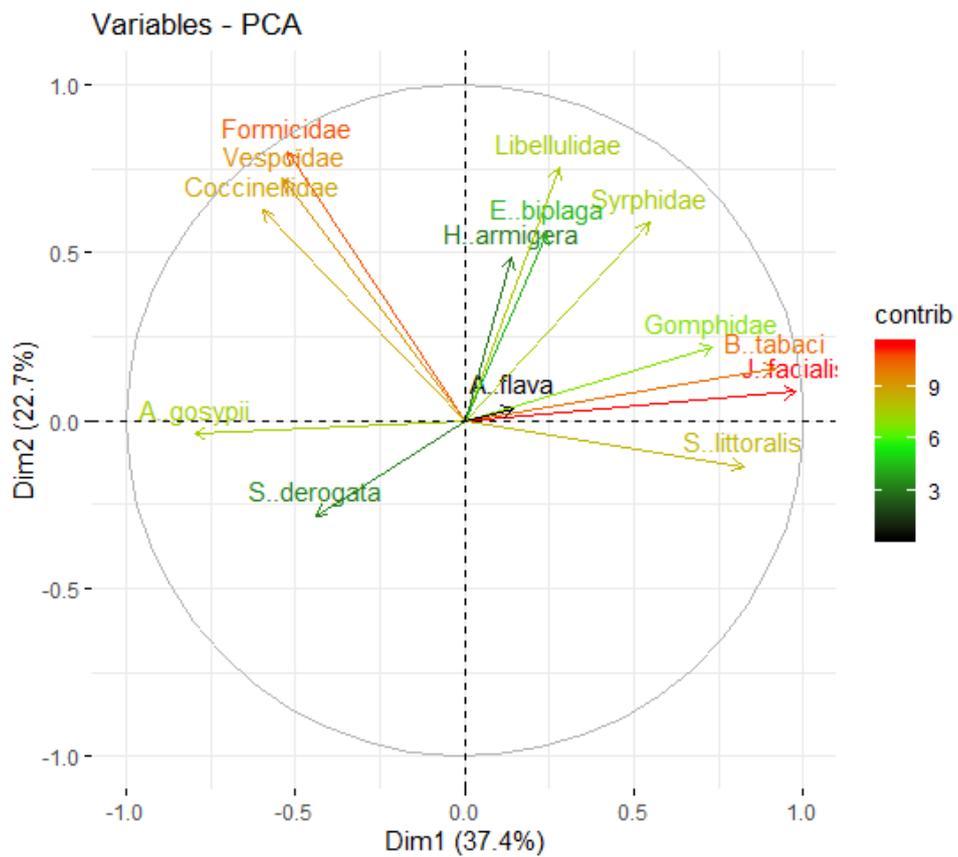


Figure 29: Projection des différentes familles d'insectes utiles et nuisibles dans le plan factoriel de l'analyse en composante principale (ACP)

3.1.7. Effets de quelques pratiques agronomiques sur l'entomofaune utile.

Les données collectées sur le terrain ont concernées onze (11) pratiques culturales en milieu paysan. Il s'agit des décades de semis, du sarclage manuel, du sarclage chimique, du précédent cultural, de l'utilisation de la fumure organique, de l'apport de la fumure organique, de l'apport de l'Urée, de la densité de semis, des variétés de coton, du type de labour et du sarclage mécanique. Les deux premiers axes (Dim 1 et Dim 2) obtenus après l'ACM, expliquent 31,1% de la variabilité totale contenue dans la base de données. L'axe 1 explique 18,3% de la variance totale et l'axe 2 en explique 12,8 % (Figure 37). L'analyse de la figure 30 a révélé trois groupes sur le plan factoriel. Le premier groupe (G1) se démarque des autres par sa forte corrélation avec l'axe 2, suivi du groupe (G2) et du groupe (G3). Le premier groupe (G1) est constitué de quatre pratiques culturales à savoir les décades de semis, le sarclage manuel, le précédent cultural et l'apport de la fumure organique. Les variables du groupe G1 ont donc été retenues dans la suite des analyses en vue d'étudier les effets sur les différentes familles d'insectes utiles.

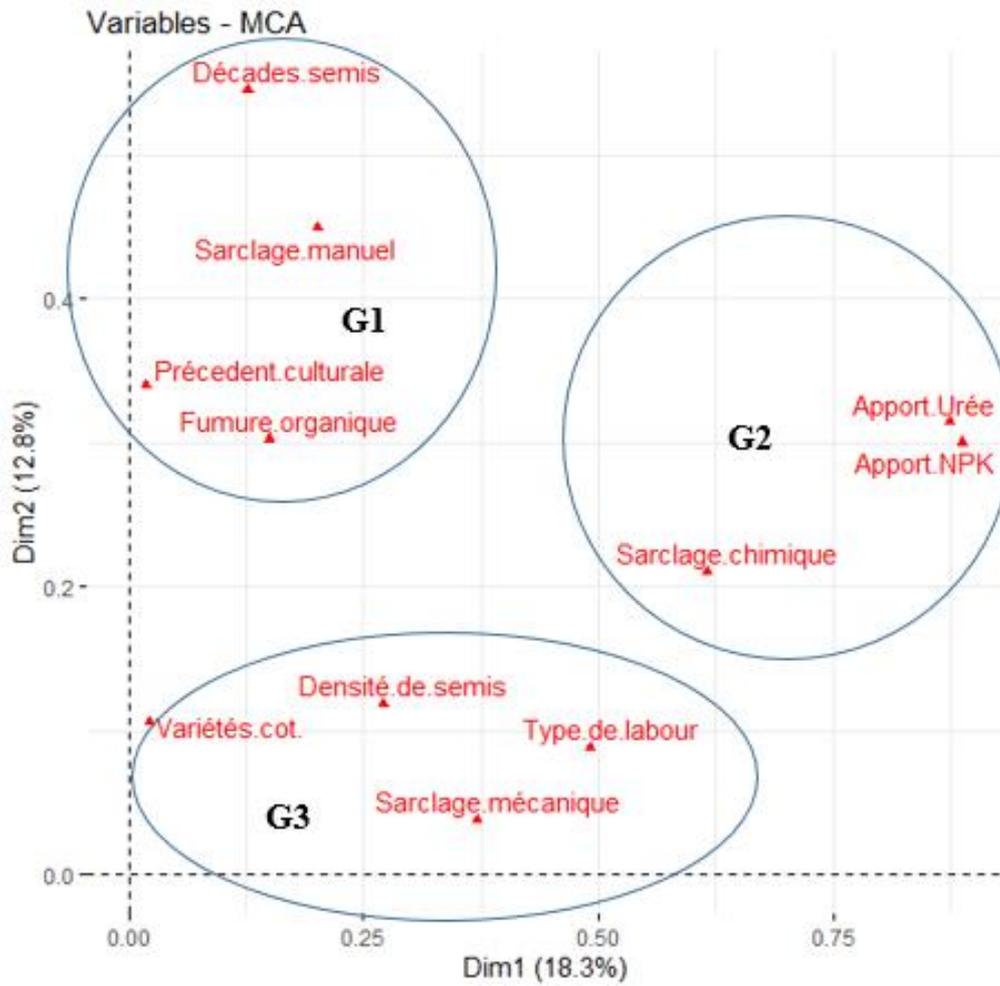


Figure 30: Projection des variables dans le plan factoriel de l'analyse des correspondances multiples (ACM)

- **Cas des Coccinellidae**

L'effectif moyen de *Cheilomenes sulphurea* a varié en fonction des dates de semis avec des moyennes comprises entre 17 et 23,54 individus par décade de semis. L'effectif le plus élevée a été enregistré sur la décade du 21 au 30 juin ($23,54 \pm 3,92$ individus) et le plus petit effectif sur la décade 11 au 20 juin ($17 \pm 3,47$). Cependant, l'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre l'effectif moyen de l'espèce et les décades de semis (ddl = 3; F = 0,54; p = 0,65). Aucune différence significative n'a été observé entre le nombre moyen de *Cheilomenes propinqua vicini* et les décades de semis (ddl = 3; F = 0,18 ; p = 0,9). Toutefois, le nombre moyen de capture de l'espèce a été plus élevé sur les parcelles des semis du 20 au 30 juin, et du 01 au 10 juillet, tandis que les plus faibles captures ont été enregistrées sur les semis du 11 au 20 juin.

Quant à *Delphatus pusillus*, le nombre moyen de capture a varié entre 1,63 et 3,50 individus par décade de semis. L'effectif le plus élevé de l'espèce a été observé sur les semis du 01 au 10 juillet ($3,50 \pm 1,2$ individus). Les décades de semis n'ont eu aucun effet sur l'abondance de l'espèce dans les parcelles cotonnières (ddl = 3; F = 0,66 ; p = 0,57) (Tableau XXXVIII).

Les effectifs moyens de captures de Coccinellidae ont varié sur les parcelles dans toutes les localités en fonction du précédent culturale. Il ressort des résultats de l'analyse de variance que le précédent cultural utilisé a un effet significatif sur l'abondance de *C. sulphurea* (ddl = 3; F = 3,36 ; p = 0,04). L'effectif de *C. sulphurea* a été plus faible sur les parcelles de coton ayant le maïs comme précédent cultural ($15,96 \pm 2,41$ individus), alors que l'espèce a été plus dense sur les parcelles ayant comme précédent cultural le coton ($27,60 \pm 12,82$ individus), et l'arachide ($21,00 \pm 5,39$). En revanche, aucune différence significative n'a été révélée entre les différents précédents culturaux utilisés y compris le coton et les différents effectifs moyens de *C. propinqua vicini* sur les parcelles cotonnières. Au niveau des effectifs moyens de *D. pusillus* dans les parcelles cotonnières, l'analyse de variance a montré une différence significative avec les précédents culturaux utilisés (ddl = 3; F = 4,02 ; p = 0,02).

Les résultats des tests de comparaisons multiples de Fisher (LSD) effectués ont montré que lorsqu'on utilise le coton successivement sur une même parcelle, cela favorise l'abondance de l'espèce sur la parcelle ($3,80 \pm 0,69$ individus) contrairement à l'arachide ($1,20 \pm 0,98$ individus) et aux maïs ($1,60 \pm 0,44$ individus) (Tableau XXXIX).

Les effectifs moyens des espèces de Coccinellidae capturés ont variés sur les parcelles de coton ayant reçues ou non de la fumure organique. Les effectifs les plus élevés ont été observés sur les parcelles ayant reçues de la fumure organique pendant la période de préparation du sol, *C. sulphurea* ($22,53 \pm 3,53$ individus), *C. propinqua vicini* ($7,07 \pm 2,26$ individus) et *D. pusillus* ($2,30 \pm 0,66$ individus). Cependant, l'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les parcelles ayant reçues ou non de la fumure organique pendant les périodes de labour et les effectifs moyens de *C. sulphurea* (ddl = 3; F = 1,09; p = 0,30), de *C. propinqua vicini* (ddl = 3; F = 0,22; p = 0,63) et de *D. pusillus* (ddl = 3; F = 0,14; p = 0,7). (Tableau XL)

Les effectifs de Coccinellidae, toutes espèces confondues ont été plus élevés sur les parcelles ayant été sarclées deux fois suivies des parcelles qui n'ont subi qu'un seul sarclage. L'espèce *D. pusillus* a été complètement absente sur les parcelles qui n'ont pas été sarclées manuellement. Cependant, l'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les parcelles sarclées manuellement et les effectifs moyens de *C. sulphurea* (ddl = 3; F = 1,19; p = 0,31), de *C. propinqua vicini* (ddl = 3; F = 3,13; p = 0,05) et de *D. pusillus* (ddl = 3; F = 1,80; p = 0,17) capturés sur les parcelles (Tableau XLI).

Tableau XXXVIII: Effets des décades de semis sur les effectifs moyens des Coccinellidae

Période de semis	Décade	<i>Cheilomenes sulphurea</i>	<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	<i>Delphatus pusillus</i>
1 au 10 juin	D2	19,00 ± 3,92 ^a	6,09 ± 2,07 ^b	1,63 ± 0,72 ^c
11 au 20 juin	D3	17,00 ± 3,47 ^a	5,50 ± 1,83 ^b	2,28 ± 0,64 ^c
21 au 30 juin	D4	23,54 ± 3,92 ^a	7,45 ± 2,07 ^b	1,81 ± 0,72 ^c
1 au 10 juillet	D5	18,5 ± 6,5 ^a	7,00 ± 3,43 ^b	3,50 ± 1,2 ^c
Statistiques	F	0,54	0,18	0,66
	p	0,65	0,9	0,57

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XXXIX: Effets des précédents culturaux sur les effectifs moyens des Coccinellidae

Précédent cultural		<i>Cheilomenes sulphurea</i>	<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	<i>Delphatus pusillus</i>
Arachide		21,00 ± 5,39 ^{ab}	4,40 ± 2,88 ^c	1,20 ± 0,98 ^d
Coton		27,60 ± 3,81 ^a	10,10 ± 2,03 ^c	3,80 ± 0,69 ^e
Maïs		15,96 ± 2,41 ^b	5,24 ± 1,28 ^c	1,60 ± 0,44 ^d
Statistiques	F	3,36	2,29	4,02
	p	0,04	0,11	0,02

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XL: Effets de la fumure organique sur les effectifs moyens des Coccinellidae

Apport fumure organique		<i>Cheilomenes sulphurea</i>	<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	<i>Delphatus pusillus</i>
Fumure organique		22,53 ± 3,53 ^a	7,07 ± 2,26 ^b	2,30 ± 0,66 ^c
Sans fumure organique		18,03 ± 4,3 ^a	6,00 ± 1,86 ^b	2,00 ± 0,81 ^c
Statistiques	F	1,09	0,22	0,14
	p	0,3	0,63	0,07

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XLI: Effets du sarclage manuel sur les effectifs moyens des Coccinellidae

Sarclage	Nombre de sarclage	<i>Cheilomenes sulphurea</i>	<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	<i>Delphatus pusillus</i>
Sarclage manuel	0	4,00 ± 0,00 ^a	2,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^c
Sarclage manuel	1	18,93 ± 2,28 ^a	5,22 ± 1,13 ^b	1,83 ± 0,41 ^c
Sarclage manuel	2	23,62 ± 4,49 ^a	11,25 ± 2,23 ^b	3,37 ± 0,82 ^c
Statistiques	F	1,19	3,13	1,8
	p	0,31	0,05	0,17

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

- **Cas des Syrphidae**

Les trois espèces de Syrphidae au stade larvaire et adulte, identifiées sont présentes dans les parcelles de coton quelle que soit la période de semis. Cependant, les effectifs les plus élevés ont été observés sur les semis réalisés entre le 1^{er} et le 20 juin (D2 et D3). L'effectif moyen de *Ischiodon aegyptius* a varié entre 10,45 et 25,35 individus en fonction des dates de semis. Les résultats de l'analyse de variance ont montré que les décades de semis influencent significativement l'abondance de l'espèce dans les parcelles (ddl = 3; F = 3,84; p = 0,01). De même, les décades de semis ont influencé significativement l'abondance de *Episyrphus balteatus* dans les parcelles (ddl = 3; F = 6,30; p = 0,02).

L'analyse globale indique que l'espèce est plus abondante sur les semis de D3 ($24,42 \pm 2,84$ individus) que sur les semis de D5 ($13,25 \pm 5,32$ individus), de D2 ($13,18 \pm 3,21$ individus) et de D4 ($6,18 \pm 3,21$ individus). Quant à *Sphaephoria scripta*, aucune différence significative n'a été constatée entre les décades de semis et l'abondance de l'espèce sur les parcelles (ddl = 3; F = 2,63; p = 0,06) (Tableau XLII). Le nombre moyen de *I. aegyptius* ($18,6 \pm 2,60$ individus) et *E. balteatus* ($16,44 \pm 2,56$ individus) a été plus élevé sur les parcelles lorsqu'on utilise le maïs comme précédent culturale. Concernant *S. scripta*, l'effectif moyen le plus élevé a été observé lorsqu'on utilise l'arachide comme précédent cultural ($12,80 \pm 4,01$ individus) par rapport au maïs. L'analyse de variance effectuée a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les effectifs moyens de *I. aegyptius* (ddl = 3; F = 0,67; p = 0,51), de *E. balteatus* (ddl = 3; F = 0,42; p = 0,65) et de *S. scripta* (ddl = 3; F = 1,06; p = 0,35) (Tableau XLIII).

Les effectifs moyens des espèces de Syrphidae capturés sur les parcelles ayant reçues ou non de la fumure organique ont variés dans des proportions relativement identiques. L'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les parcelles ayant reçues ou non de la fumure organique et les effectifs moyens de *I. aegyptius* (ddl = 3; F = 0,05; p = 0,81) *E. balteatus* (ddl = 3; F = 0,04; p = 0,82) *S. scripta* (ddl = 3; F = 1,26; p = 0,26) (Tableau XLIV). Les tests statistiques réalisés ont montré que le nombre de sarclages manuels effectués pendant la période d'entretien de la culture, n'ont eu aucun effet sur l'abondance de *I. aegyptius* (ddl = 3; F = 1,43; p = 0,25), de *E. balteatus* (ddl = 3; F = 1,95; p = 0,15) et de *S. scripta* (ddl = 3; F = 2,60; p = 0,08).

Tableau XLII: Effets des dates de semis sur les effectifs moyens des Syrphidae

Période de semis	Décade	<i>Ischiodon aegyptius</i>	<i>Episyrphus balteatus</i>	<i>Sphaerophoria scripta</i>
1 au 10 juin	D2	15,18 ± 3,53 ^{ab}	13,18 ± 3,21 ^{cd}	7,36 ± 2,55 ^e
11 au 20 juin	D3	25,35 ± 3,13 ^b	24,42 ± 2,84 ^d	13,14 ± 2,26 ^e
21 au 30 juin	D4	10,45 ± 3,53 ^a	6,18 ± 3,21 ^c	3,72 ± 2,55 ^e
1 au 10 juillet	D5	12,00 ± 5,67 ^a	13,25 ± 5,32 ^{cd}	8,25 ± 4,23 ^e
Statistiques	F	3,84	6,30	2,63
	p	0,01	0,02	0,06

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XLIII: Effets du précédent cultural sur les effectifs moyens des Syrphidae

Précédent cultural	<i>Ischiodon aegyptius</i>	<i>Episyrphus balteatus</i>	<i>Sphaerophoria scripta</i>	
Arachide	18 ± 5,83 ^a	15,40 ± 5,73 ^b	12,80 ± 4,01 ^c	
Coton	13 ± 4,12 ^a	12,00 ± 4,05 ^b	5,70 ± 2,83 ^c	
Maïs	18,6 ± 2,60 ^a	16,44 ± 2,56 ^b	8,72 ± 1,79 ^c	
Statistiques	F	0,67	0,42	1,06
	p	0,51	0,65	0,35

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XLIV: Effets de la fumure organique sur les effectifs moyens des Syrphidae

Apport fumure organique	<i>Ischiodon aegyptius</i>	<i>Episyrphus balteatus</i>	<i>Sphaerophoria scripta</i>	
Fumure organique	16,77 ± 11,52 ^a	14,88 ± 11,14 ^b	7,37 ± 8,45 ^c	
Sans fumure organique	17,84 ± 15,97 ^a	15,84 ± 15,80 ^b	10,76 ± 9,95 ^c	
Statistiques	F	0,05	0,04	1,26
	p	0,81	0,82	0,26

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XLV: Effets du sarclage manuel sur les effectifs moyens des Syrphidae

Sarclage	Nombre de sarclage	<i>Ischiodon aegyptius</i>	<i>Episyrphus balteatus</i>	<i>Sphaerophoria scripta</i>
Sarclage manuel	0	10,00 ± 0,00 ^a	5,00 ± 0,00 ^b	9,00 ± 0,00 ^c
Sarclage manuel	1	18,96 ± 2,29 ^a	17,25 ± 2,21 ^b	10,06 ± 1,55 ^c
Sarclage manuel	2	10,87 ± 4,52 ^a	8,50 ± 4,36 ^b	2,25 ± 0,61 ^c
Statistiques	F	1,43	1,95	2,26
	p	0,25	0,15	0,08

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

- **Cas des Formicidae**

Les deux premiers axes (Dim 1 et Dim 2) obtenus après l'ACP, expliquent 61,2% de la variabilité totale contenue dans la base de données. L'axe 1 explique 43,2% de la variance totale et l'axe 2 en explique 18%. Les cinq espèces qui ont une meilleure contribution sur les deux premiers axes (*Pheidole sp1.*, *P. tarsatus*, *C. acvapimensis*, *Myrmicaria sp1.* et *Crematogaster sp*) ont été retenues (Figure 31).

Les Formicidae ont été présentes sur les parcelles de coton de toutes les décades de semis. Cependant, les parcelles de coton semées entre le 11 et 20 juillet (D3) renferment plus d'individus de *Pheidole sp1.* ($30,35 \pm 3,98$ individus), *P. tarsatus* ($14,64 \pm 2,74$ individus), *Camponotus acvapimensis* ($17,92 \pm 3,07$ individus), *Myrmicaria sp1.* ($5,50 \pm 1,35$ individus) et de *Crematogaster sp* ($27,50 \pm 2,52$ individus). Les analyses de variance réalisées sur l'ensemble des données des quarante parcelles, ont montré que les dates semis ont un effet significatif sur l'abondance de *Pheidole sp1.* Le test de comparaisons multiples de Fisher (LSD) au seuil de 5% a montré que l'effectif moyen de l'espèce observé sur les semis de D3, est statistiquement différent des effectifs sur les parcelles de D2, D4 et D5 (ddl = 3; $F = 3,40$; $p = 0,02$).

Par contre, les effectifs moyens des espèces *Paltothyreus tarsatus*, *Camponotus acvapimensis*, *Myrmicaria sp1.* et *Crematogaster sp* n'ont pas variés significativement quelque soit la date de semis (Tableau XLVI). Le même constat a été fait au niveau des précédents culturaux (Tableau XXII). Toutefois, on note que les effectifs moyens de *Pheidole sp1.* ($28 \pm 7,29$), de *P. tarsatus* ($18,20 \pm 4,62$), de *C. acvapimensis* ($17,44 \pm 5,38$) et de *Crematogaster sp* ($22,80 \pm 4,71$) ont été plus élevés sur les parcelles de coton ayant l'arachide comme précédent cultural, par rapport à *Myrmicaria sp1.* ($6,30 \pm 1,53$) qui est plus abondant lorsque le coton est cultivé successivement sur la même parcelle (Tableau XLVII). Les effectifs moyens de *Pheidole sp1.* ($26,15 \pm 4,40$), de *P. tarsatus* ($12,00 \pm 2,94$), de *C. acvapimensis* ($17,07 \pm 3,20$), de *Myrmicaria sp1.* ($5,38 \pm 0,95$) et de *Crematogaster sp* ($22,92 \pm 2,05$) ont été plus élevés sur les parcelles qui ont été traitées avec la fumure organique par rapport aux parcelles non traitées avec la fumure organique. Cependant, les analyses statistiques ont révélé qu'il n'existe aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les effectifs de Formicidae lorsque les parcelles sont traitées ou non avec la fumure organique pendant la période de préparation des sols (Tableau XLVIII).

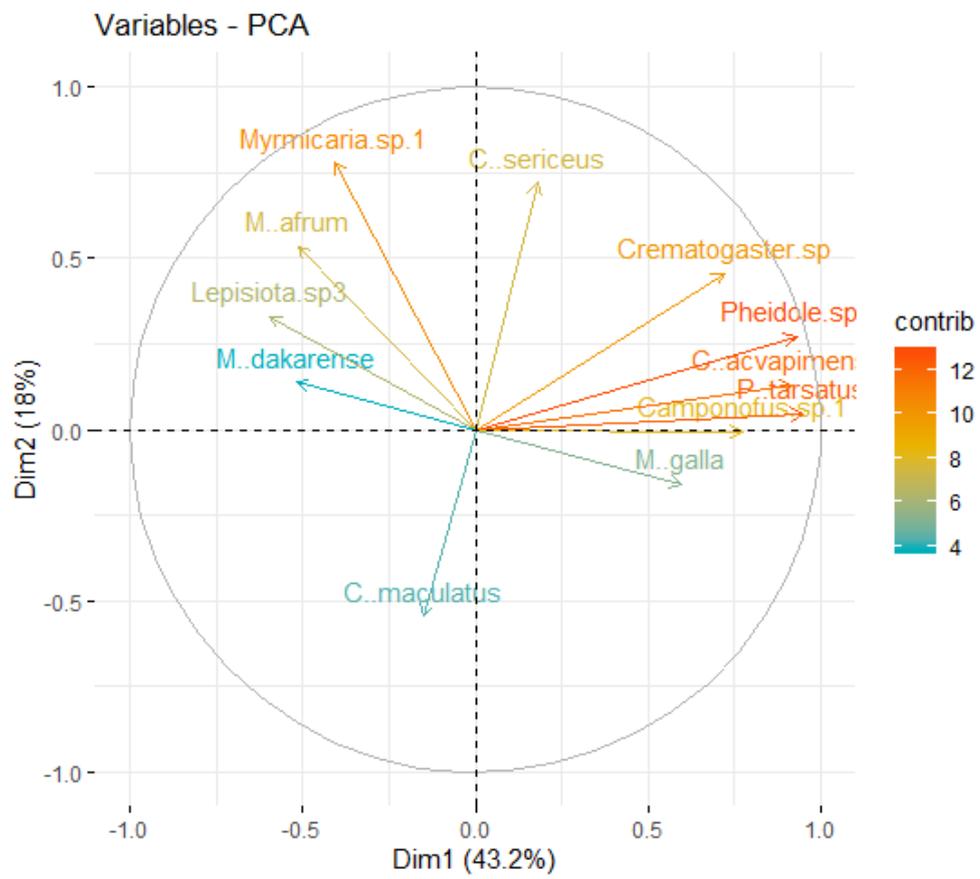


Figure 31: Projection des espèces de Formicidae dans le plan factoriel de l'analyse en composante principale (ACP)

Les effectifs moyens des espèces ont également varié en fonction du nombre de sarclage manuel réalisé sur les parcelles. Toutefois, l'analyse globale a montré que les effectifs moyens de *Pheidole sp1.* ($23,06 \pm 1,83$), de *P. tarsatus* ($10,96 \pm 1,83$), de *C. acvapimensis* ($13,09 \pm 2,16$), de *Myrmicaria sp1.* ($4,29 \pm 1,20$) et de *Crematogaster sp* ($21,16 \pm 1,52$) ont été plus élevés sur les parcelles sarclées manuellement 1 seule fois pendant la période des entretiens culturaux comparés aux parcelles qui ont été sarclées 2 fois. Néanmoins, les analyses de la variance ont montré qu'il n'existe aucune différence significative ($p > 0,05$) entre le nombre de sarclage manuel réalisés et les effectifs moyens des Formicidae observés sur les quarante parcelles pendant la période de collecte des données (Tableau XXLIX).

Tableau XLVI: Effets des dates de semis sur les effectifs des Formicidae

Période de semis	Décade	<i>Pheidole sp1.</i>	<i>Paltothureus tarsatus</i>	<i>Camponotus acvapimensis</i>	<i>Myrmicaria sp1</i>	<i>Crematogaster sp</i>
1 au 10 juin	D2	15,18 ± 4,49 ^{ab}	7,45 ± 3,09 ^a	10,00 ± 3,46 ^a	3,45 ± 1,52 ^a	18,54 ± 2,84 ^a
11 au 20 juin	D3	30,35 ± 3,98 ^b	14,64 ± 2,74 ^a	17,92 ± 3,07 ^a	5,50 ± 1,35 ^a	27,50 ± 2,52 ^a
21 au 30 juin	D4	13,45 ± 4,49 ^a	6,09 ± 3,09 ^a	7,45 ± 3,46 ^a	3,27 ± 1,52 ^a	17,09 ± 2,84 ^a
1 au 10 juillet	D5	16,50 ± 7,46 ^{ab}	5,25 ± 5,13 ^a	7,50 ± 5,74 ^a	2,00 ± 2,53 ^a	10,75 ± 4,71 ^a
Statistiques	F	3,4	1,92	2,12	0,73	4,63
	p	0,02	0,14	0,11	0,53	0,08

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XLVII: Effets du précédent cultural sur les effectifs des Formicidae

Précédent cultural	<i>Pheidole sp1.</i>	<i>Paltothureus tarsatus</i>	<i>Camponotus acvapimensis</i>	<i>Myrmicaria sp1</i>	<i>Crematogaster sp</i>	
Arachide	28,00 ± 7,29 ^a	18,20 ± 4,62 ^a	17,44 ± 5,38 ^a	0,80 ± 0,00 ^a	22,80 ± 4,71 ^a	
Coton	21,70 ± 5,15 ^a	7,40 ± 3,27 ^a	13,10 ± 3,80 ^a	6,30 ± 1,53 ^a	24,70 ± 3,33 ^a	
Maïs	17,96 ± 3,26 ^a	8,44 ± 2,06 ^a	10,20 ± 2,40 ^a	3,68 ± 0,97 ^a	18,36 ± 2,11 ^a	
Statistiques	F	0,82	2,10	0,26	0,85	1,42
	p	0,43	0,13	0,82	0,11	0,25

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XLVIII: Effets de la matière organique sur les effectifs moyens des Formicidae

Apport fumure organique	<i>Pheidole sp1.</i>	<i>Paltothureus tarsatus</i>	<i>Camponotus acvapimensis</i>	<i>Myrmicaria sp1</i>	<i>Crematogaster sp</i>	
Fumure organique	26,15 ± 4,40 ^a	12,00 ± 2,94 ^a	17,07 ± 3,20 ^a	5,38 ± 0,95 ^a	22,92 ± 2,05 ^a	
Sans fumure organique	17,25 ± 3,05 ^a	8,14 ± 2,04 ^a	9,29 ± 2,22 ^a	3,29 ± 1,38 ^a	19,33 ± 2,95 ^a	
Statistiques	F	2,74	1,15	3,98	1,54	0,99
	p	0,10	0,28	0,05	0,22	0,32

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau XLIX: Effets du sarclage manuel sur les effectifs moyens des Formicidae

Sarclage	Nombre de sarclage	<i>Pheidole sp1.</i>	<i>Paltothureus tarsatus</i>	<i>Camponotus acvapimensis</i>	<i>Myrmicaria sp1</i>	<i>Crematogaster sp</i>
Sarclage manuel	0	10,00 ± 2,55 ^a	3,00 ± 0,43 ^a	3,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	16,00 ± 0,00 ^a
Sarclage manuel	1	23,06 ± 1,83 ^a	10,96 ± 1,83 ^a	13,09 ± 2,16 ^a	4,29 ± 1,20 ^a	21,16 ± 1,52 ^a
Sarclage manuel	2	10,12 ± 1,66 ^a	4,12 ± 0,70 ^a	8,00 ± 1,25 ^a	3,25 ± 1,02 ^a	18,50 ± 4,31 ^a
Statistiques	F	2,37	1,54	0,84	0,44	0,27
	p	0,10	0,22	0,43	0,64	0,75

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

- **Cas des Gomphidae et des Libellulidae**

Les effectifs moyens de *Onychogomphus forcipatus* ont été plus élevés dans les parcelles dont les semis ont été réalisés entre le 11 et 20 juillet (D3) ($12,42 \pm 1,79$) tandis que les plus faibles effectifs ont été observés sur les semis réalisés du 21 au 30 juin (D4) ($4,54 \pm 2,02$) et du 1 au 10 juillet (D5) ($5,00 \pm 3,36$). De même, l'analyse de variance a montré que les effectifs moyens de l'espèce sont significativement plus élevés sur les semis de la D3 (ddl = 3; $F = 3,47$; $p = 0,02$) que sur les semis des décades D2, D4 et D5. En revanche, aucune différence significative n'est observée entre les effectifs moyens de *Orthetrum albistulum* et des décades de semis (ddl = 3; $F = 0,46$; $p = 0,70$), de *Platemis lydia* (ddl = 3; $F = 1,53$; $p = 0,22$) et de *Sympetrum striolatum* (ddl = 3; $F = 2,76$; $p = 0,05$) (Tableau L).

Les résultats des analyses de la variance réalisés à partir des données des quarante parcelles ont montré qu'il n'existe aucune différence entre les effectifs moyens de *O. forcipatus* (ddl = 3; $F = 1,34$; $p = 0,27$), *O. albistulum* (ddl = 3; $F = 0,49$; $p = 0,61$), *P. lydia* (ddl = 3; $F = 0,43$; $p = 0,65$) et les trois précédents culturaux (Tableau LI). Toutefois, les valeurs les plus élevées pour *O. forcipatus* ($10,80 \pm 2,29$), pour *O. albistulum* ($5,70 \pm 1,80$) ont été obtenues sur les parcelles cultivées successivement avec le coton, tandis que les effectifs moyens de *P. lydia* ont varié entre $11,40 \pm 3,06$ et $14,72 \pm 1,93$ individus, respectivement lorsque le coton et le maïs sont utilisés comme précédents culturaux.

Les effectifs moyens de *Sympetrum striolatum* ont été significativement différents (ddl = 3; $F = 3,71$; $p = 0,03$) sur les parcelles ayant l'arachide comme précédent cultural ($41,40 \pm 9,26$) par rapport aux effectifs moyens observés lorsqu'on utilise le coton ($11,50 \pm 6,55$) et le maïs ($16,76 \pm 4,14$) comme précédents culturaux. Les effectifs moyens de *O. forcipatus*, de *P. lydia* et de *S. striolatum* ont été plus élevés lorsqu'on utilise des doses de fumure organique pendant la préparation des parcelles. Quant à *Orthetrum albistulum*, les effectifs moyens ont été plus élevés lorsqu'on n'utilise pas la fumure organique pendant la préparation des parcelles (Tableau LII). Toutefois, les analyses de variance n'ont montré aucune différence significative entre les effectifs moyens de *O. forcipatus* (ddl = 3; $F = 2,70$; $p = 0,10$), de *O. albistulum* (ddl = 3; $F = 1,41$; $p = 0,24$), de *P. lydia* (ddl = 3; $F = 0,15$; $p = 0,69$) et de *S. striolatum* (ddl = 3; $F = 0,42$; $p = 0,51$). Les effectifs moyens de *O. forcipatus*, de *O. albistulum*, de *P. lydia* et de *S. striolatum* ont varié en fonction de la fréquence du sarclage manuel. Les analyses de variance effectuées n'ont montré aucune différence significative entre les effectifs moyens de *O. forcipatus* (ddl = 3; $F = 1,55$; $p = 0,22$) *O. albistulum* (ddl = 3; $F = 2,89$; $p = 0,06$) *P. lydia* (ddl = 3; $F = 0,15$; $p = 0,85$) *S. striolatum* (ddl = 3; $F = 1,87$; $p = 0,16$) (Tableau LIII)

Tableau L: Effets des dates de semis sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae

Période de semis	Décade	<i>Onychogomphus forcipatus</i>	<i>Orthetrum albistulum</i>	<i>Plathemis lydia</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>
1 au 10 juin	D2	6,36 ± 2,02 ^{ab}	5,90 ± 1,73 ^a	15,00 ± 2,82 ^a	15,18 ± 6,25 ^a
11 au 20 juin	D3	12,42 ± 1,79 ^b	4,92 ± 1,54 ^a	16,71 ± 2,50 ^a	31,00 ± 5,54 ^a
21 au 30 juin	D4	4,54 ± 2,02 ^a	4,00 ± 1,73 ^a	8,90 ± 2,82 ^a	9,36 ± 6,25 ^a
1 au 10 juillet	D5	5,00 ± 3,36 ^a	2,25 ± 0,63 ^a	12,50 ± 4,68 ^a	9,25 ± 3,30 ^a
Statistiques	F	3,47	0,46	1,53	2,76
	p	0,02	0,7	0,22	0,05

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau LI: Effets du précédent cultural sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae

Précédent cultural	<i>Onychogomphus forcipatus</i>	<i>Orthetrum albistulum</i>	<i>Plathemis lydia</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>	
Arachide	4,80 ± 1,25 ^a	2,60 ± 1,71 ^a	13,00 ± 4,33 ^a	41,40 ± 9,26 ^e	
Coton	10,80 ± 2,29 ^a	5,70 ± 1,80 ^a	11,40 ± 3,06 ^a	11,50 ± 6,55 ^d	
Maïs	7,28 ± 1,45 ^a	4,68 ± 1,14 ^a	14,72 ± 1,93 ^a	16,76 ± 4,14 ^d	
Statistiques	F	1,34	0,49	0,43	3,71
	p	0,27	0,7	0,65	0,03

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau LII: Effets de la fumure organique sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae

Apport fumure organique	<i>Onychogomphus forcipatus</i>	<i>Orthetrum albistulum</i>	<i>Plathemis lydia</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>	
Fumure organique	10,53 ± 1,38 ^a	3,15 ± 1,55 ^a	14,53 ± 2,67 ^a	21,84 ± 6,17 ^a	
Sans fumure organique	6,55 ± 1,99 ^a	5,40 ± 1,08 ^a	13,25 ± 1,85 ^a	16,92 ± 4,28 ^a	
Statistiques	F	2,70	1,41	0,15	0,42
	p	0,1	0,24	0,69	0,51

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

Tableau LIII: Effets du sarclage manuel sur les effectifs de Gomphidae et de Libellulidae

Sarclage	Nombre de sarclage	<i>Onychogomphus forcipatus</i>	<i>Orthetrum albistulum</i>	<i>Plathemis lydia</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>
Sarclage manuel	0	4,00 ± 0,00 ^a	5,00 ± 0,00 ^a	11,00 ± 0,00 ^a	6,00 ± 0,00 ^a
Sarclage manuel	1	8,93 ± 1,29 ^a	3,61 ± 0,96 ^a	14,12 ± 1,75 ^a	22,09 ± 3,88 ^a
Sarclage manuel	2	4,12 ± 1,55 ^a	8,75 ± 1,90 ^a	12,25 ± 1,52 ^a	6,25 ± 1,36 ^a
Statistiques	F	1,55	2,89	0,15	1,87
	p	0,22	0,06	0,85	0,16

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Fisher (LSD).

- **Cas des Vespidae**

Les deux principales espèces de Vespidae, identifiées sont présentes dans les parcelles de coton quelle que soit la période de semis. Cependant les effectifs les plus élevés ont été observés sur les semis réalisés entre le 1^{er} et le 10 juillet (D5) pour l'espèce *Polistes sp.* ($12,00 \pm 2,57$) et entre le 21 et 30 juin pour l'espèce *Polybia sp.* ($16,18 \pm 1,68$). Les résultats de l'analyse de variance ont montré que les décades de semis influencent significativement l'abondance de *Polistes sp.* dans les parcelles (ddl = 3: F = 4,38 ; p = 0,01). Ce qui n'est pas le cas pour *Polybia sp.* (ddl = 3: F = 1,16 ; p = 0,33) (Tableau LIV).

Le nombre moyen de *Polistes sp.* ($9,56 \pm 1,16$ individus) a été plus élevé lorsqu'on utilise le maïs comme précédent cultural tandis que pour *Polybia sp.* ($20,60 \pm 1,23$ individus) l'effectif moyen a été plus élevé sur les parcelles lorsqu'on utilise l'arachide comme précédent culturale. L'analyse de variance effectuée a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les populations moyennes de *Polistes sp.* (ddl = 3: F = 2,22 ; p = 0,12), de *Polybia sp.* (ddl = 3: F = 1,92 ; p = 0,16) (Tableau LV).

Les effectifs moyens des espèces de Vespidae capturés sur les parcelles de coton, ayant reçues ou non de la fumure organique ont variés. Cependant les effectifs plus élevés ont été observés sur les parcelles ayant reçues la fumure organique par rapport aux parcelles non fumées avec la fumure organique (Tableau LVI). L'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les parcelles ayant reçues ou non de la fumure organique et les effectifs moyens de *Polistes sp.* (ddl = 3: F = 2,51 ; p = 0,12). En revanche, une différence significative a été observée entre les effectifs moyens de *Polybia sp.* (ddl = 3: F = 6,17 ; p = 0,01) (Tableau LVI).

Les tests statistiques réalisés ont montré que le nombre de sarclages manuels effectués pendant la période d'entretien de la culture, n'ont eu aucun effet sur l'abondance de *Polistes sp.* (ddl = 3: F = 3,15 ; p = 0,05) et de *Polybia sp.* (ddl = 3: F = 1,38 ; p = 0,26). Pendant la phase de développement du cotonnier, les effectifs de *Polistes sp.* ($20,00 \pm 1,20$ individus) et de *Polybia sp.* ($32,00 \pm 2,50$ individus) ont été plus élevés sur les parcelles qui n'ont pas été sarclées manuellement (Tableau LVII).

Tableau LIV: Effets des dates de semis sur les effectifs de Vespidae

Période de semis	Décade	<i>Polistes sp</i>	<i>Polybia sp.</i>
1 au 10 juin	D2	4,00 ± 1,55 ^a	6,12 ± 0,89 ^a
11 au 20 juin	D3	10,78 ± 1,37 ^b	14,42 ± 1,48 ^a
21 au 30 juin	D4	7,27 ± 1,55 ^{ab}	16,18 ± 1,68 ^a
1 au 10 juillet	D5	12,00 ± 2,57 ^b	14,50 ± 1,23 ^a
Statistiques	F	4,38	1,16
	P	0,01	0,33

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

Tableau LV: Effets du précédent cultural sur les effectifs de Vespidae

Précédent cultural	<i>Polistes sp</i>	<i>Polybia sp.</i>
Arachide	7,40 ± 0,12 ^a	20,60 ± 1,23 ^a
Coton	5,20 ± 0,99 ^a	6,60 ± 0,27 ^a
Maïs	9,56 ± 1,16 ^a	13,48 ± 1,75 ^a
Statistiques	F	2,22
	P	0,12

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

Tableau LVI: Effets de la fumure organique sur les effectifs de Vespidae

Apport fumure organique	<i>Polistes sp</i>	<i>Polybia sp.</i>
Fumure organique	9,18 ± 5,07 ^a	16,18 ± 15,24 ^b
Sans fumure organique	6,15 ± 6,76 ^a	5,30 ± 5,43 ^c
Statistiques	F	2,51
	P	0,12

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

Tableau LVII: Effets du sarclage manuel sur les effectifs de Vespidae

Sarclage	Nombre de sarclage	<i>Polistes sp</i>	<i>Polybia sp.</i>
Sarclage manuel	0	20,00 ± 1,20 ^a	32,00 ± 2,50 ^a
Sarclage manuel	1	8,45 ± 0,57 ^a	13,09 ± 1,78 ^a
Sarclage manuel	2	5,75 ± 0,06 ^a	8,50 ± 0,13 ^a
Statistiques	F	3,15	1,38
	P	0,05	0,26

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

- **Cas des Apidae**

Les deux principales espèces d'Apidae, identifiées sont présentes dans les parcelles de coton quelles que soit la période de semis. Les effectifs moyens de *A. mellifera* ont variés entre $26,18 \pm 2,34$ individus et $54,57 \pm 4,04$ individus. L'espèce *Nomia sp.* a été particulièrement abondante sur les parcelles semées entre le 11 et le 20 juin ($11,42 \pm 1,20$) comparé aux parcelles semées entre le 1 et 10 juin ($2,24 \pm 1,77$). Les résultats de l'analyse de variance ont montré que les décades de semis n'ont pas influencées l'abondance de *A. mellifera* (ddl = 3: F = 2,34 ; p = 0,08) et de *Nomia sp.* (ddl = 3: F = 1,26 ; p = 0,30) (Tableau LVIII).

Le nombre moyen de *A. mellifera* ($48,40 \pm 48,37$ individus) a été plus élevé lorsqu'on utilise l'arachide comme précédent cultural, alors que pour *Nomia sp.* ($9,80 \pm 24,80$ individus) l'effectif moyen a été plus élevé sur les parcelles lorsqu'on utilise cultive successivement le coton sur la même parcelle. L'analyse de variance effectuée a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes *A. mellifera* (ddl = 3: F = 0,70 ; p = 0,49) et de *Nomia sp.* (ddl = 3: F = 0,67 ; p = 0,51) en fonction du précédent cultural (Tableau LIX).

Les effectifs moyens des espèces des Apidae capturés ayant reçues ou non de la fumure organique ont variés sur les parcelles de coton. Cependant les effectifs plus élevés ont été observés sur les parcelles ayant reçues la fumure organique (Tableau LX). L'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les parcelles ayant reçues ou non de la fumure organique et les effectifs moyens de *A. mellifera* (ddl = 3: F = 0,17 ; p = 0,67) et de *Nomia sp.* (ddl = 3: F = 2,93 ; p = 0,09) (Tableau LX).

Les tests statistiques réalisés ont montré que la fréquence de sarclage manuel effectué pendant la période d'entretien de la culture, a eu un effet sur l'abondance de *A. mellifera* dans les parcelles cotonnières (ddl = 3: F = 3,66 ; p = 0,03), ce qui n'est pas le cas pour *Nomia sp.* (ddl = 3: F = 0,76 ; p = 0,47). En effet, pendant la phase de développement du cotonnier, les effectifs de *A. mellifera* ($44,64 \pm 34,51$ individus) et de *Nomia sp.* ($7,38 \pm 14,87$ individus) ont été plus élevés sur les parcelles qui ont été sarclées manuellement une seule fois (Tableau LXI).

Tableau LVIII: Effets des dates de semis sur les effectifs d'Apidae

Période de semis	Décade	<i>Apis mellifera</i>	<i>Nomia sp.</i>
1 au 10 juin	D2	26,18 ± 2,34 ^a	2,24 ± 1,77 ^a
11 au 20 juin	D3	54,57 ± 4,04 ^a	11,42 ± 1,20 ^a
21 au 30 juin	D4	25,54 ± 2,62 ^a	2,81 ± 0,57 ^a
1 au 10 juillet	D5	41,5 ± 2,35 ^a	5,25 ± 0,21 ^a
Statistiques	F	2,34	1,26
	p	0,08	0,33

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

Tableau LIX: Effets du précédent cultural sur les effectifs d'Apidae

Précédent cultural	<i>Apis mellifera</i>	<i>Nomia sp.</i>	
Arachide	48,40 ± 4,37 ^a	7,60 ± 1,25 ^a	
Coton	27,80 ± 3,18 ^a	9,80 ± 2,80 ^a	
Mais	39,16 ± 2,36 ^a	4,16 ± 0,59 ^a	
Statistiques	F	0,70	0,67
	p	0,49	0,51

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

Tableau LX: Effets de la fumure organique sur les effectifs moyens d'Apidae

Apport fumure organique	<i>Apis mellifera</i>	<i>Nomia sp.</i>	
Fumure organique	40,69 ± 4,33 ^a	11,07 ± 1,37 ^a	
Sans fumure organique	35,92 ± 1,69 ^a	3,56 ± 0,86 ^a	
Statistiques	F	0,17	2,93
	p	0,67	0,09

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

Tableau LXI: Effets du sarclage manuel sur les effectifs d'Apidae

Sarclage	Nombre de sarclage	<i>Apis mellifera</i>	<i>Nomia sp.</i>
Sarclage manuel	0	23,00 ± 1,60 ^a	4,00 ± 0,00 ^a
Sarclage manuel	1	44,64 ± 3,71 ^b	7,38 ± 1,87 ^a
Sarclage manuel	2	11,50 ± 1,45 ^a	0,87 ± 0,00 ^a
Statistiques	F	3,66	0,76
	p	0,03	0,47

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Fisher (LSD) au seuil de 5%.

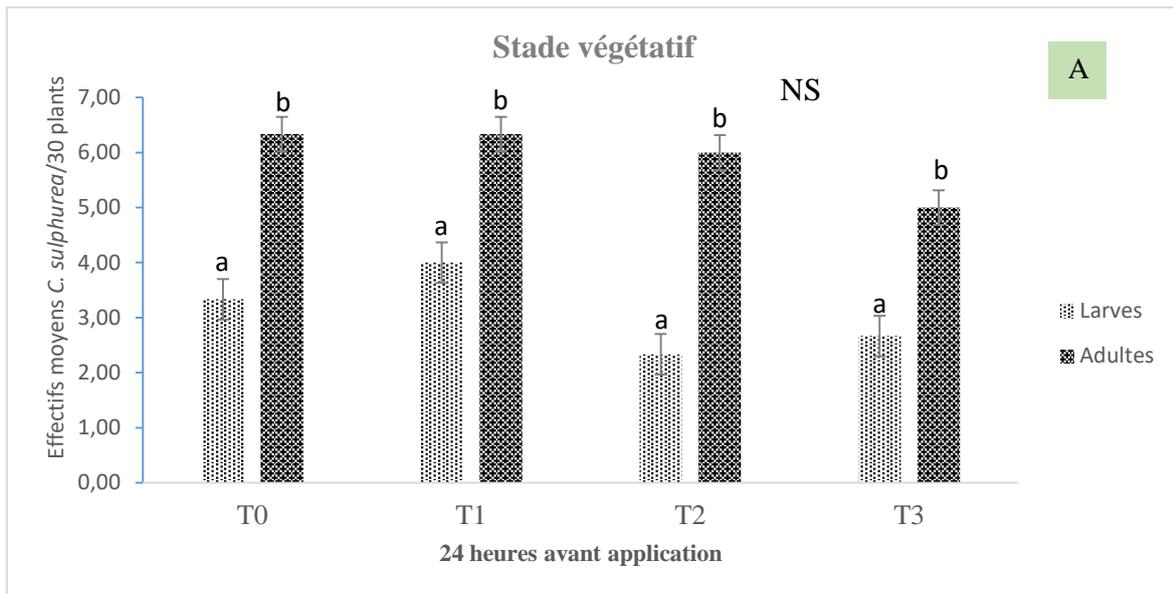
3.1.8. Effets des traitements insecticides sur l'espèce *Cheilomenes sulphurea*

En milieu expérimental, les populations de *C. sulphurea* (Coleoptera : Coccinellidae) ont été suivies en fonction des stades phénologiques du cotonnier (le stade végétatif, le stade végétatif-fructifère et le stade fructifère) afin d'évaluer l'effet des insecticides sur l'insecte (Figure 39).

3.1.8.1. Stade végétatif du cotonnier

Au cours du stade végétatif du cotonnier, les larves et les adultes de Coccinellidae ont été observée sur tous les traitements (T0 ; T1 ; T2 et T3) 24 h avant la première application des différents insecticides (Figure 39A). Les résultats des tests de l'effet de toxicité des insecticides de synthèses vulgarisés en milieu paysan ont révélé qu'il n'existe aucune différence significative entre les effectifs des larves (ddl = 3; $F = 0,41$ $p = 0,75$), des adultes (ddl = 3; $F = 0,13$ $p = 0,93$) et les traitements (T0, T1, T2 et T3) (Figure 32A).

Cependant, 72 heures après la première application des différents insecticides à la même dose, l'analyse de variance indique un effet hautement toxique des insecticides larves et adultes de *Cheilomenes sulphurea*. Pendant les périodes d'observation, l'analyse de variance a montré un effet hautement significatif des insecticides utilisés sur les larves (ddl = 3; $F = 13,66$ $p = 0,002$) et sur les adultes (ddl = 3; $F = 17,87$ $p = 0,001$) à l'exception des traitements T0 (Figure 32B).



Les histogrammes affectés d'une même lettre, ne diffèrent pas statistiquement entre eux (Test de Fisher au seuil de 5%)

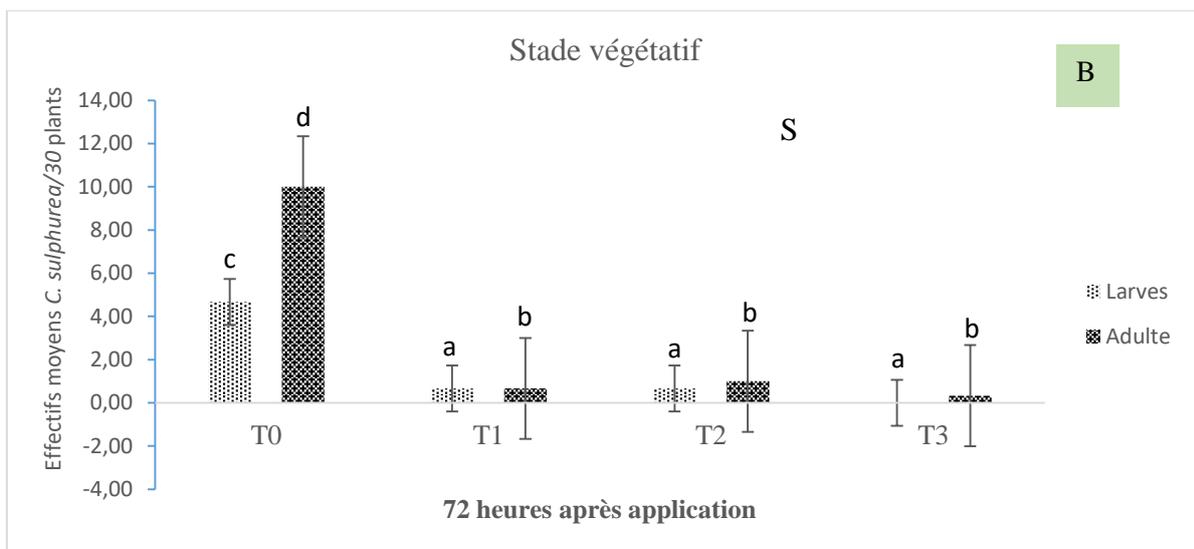


Figure 32: Effets des insecticides vulgarisés sur *Cheilomenes sulphurea* au stade végétatif du cotonnier

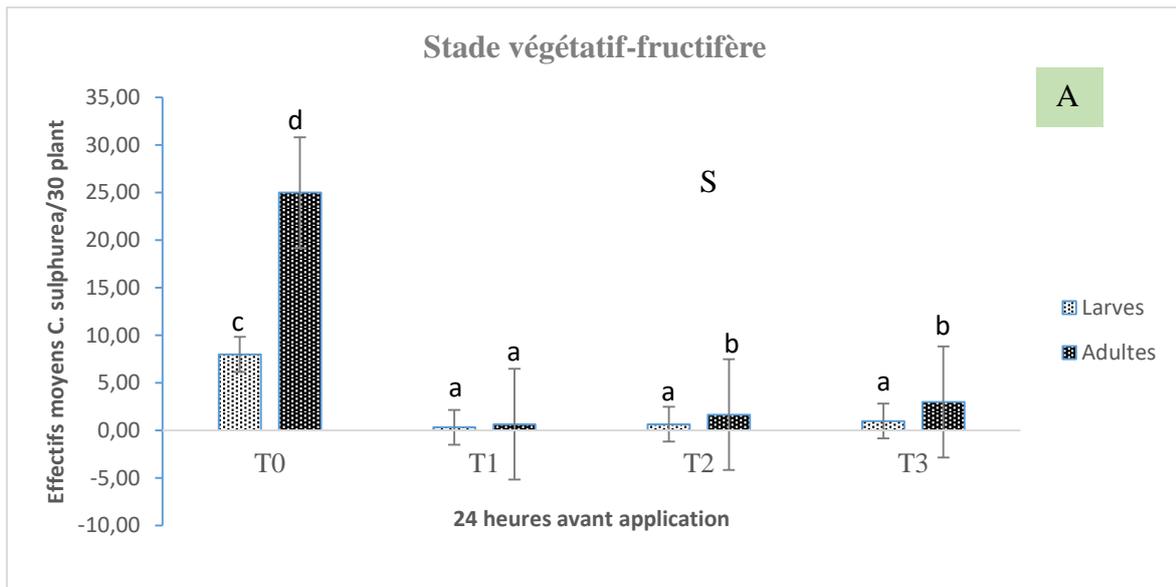
A- Effectifs moyens de *C. sulphurea* 24 heures avant l'application des insecticides

B- Effectifs moyens de *C. sulphurea* 72 heures après l'application des insecticides

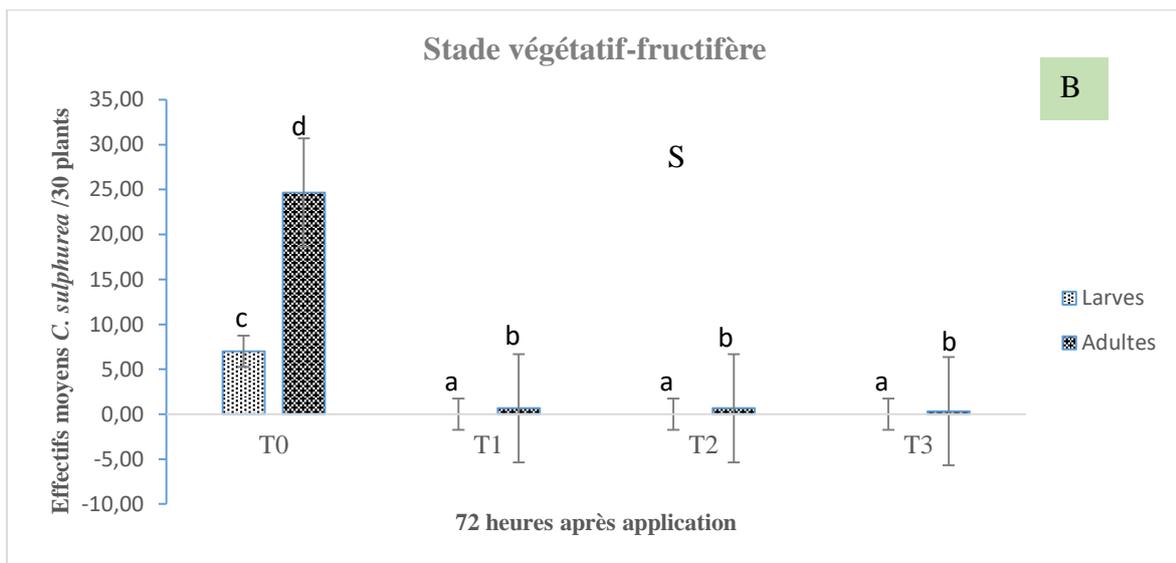
3.1.8.2. Stade végétatif-fructifère du cotonnier

Au cours de ce stade, les différentes observations réalisées sur les différents traitements ont permis de constater des effectifs moyens de larves et d'adultes plus élevés sur les témoins (T0) que sur les traitements (T1, T2 et T3) 24 heures avant et 72 heures après l'application des insecticides. Aussi, les résultats de l'analyse de variance indiquent des différences significatives entre les différents insecticides et les effectifs de larves et d'adultes des Coccinellidae.

Pendant les périodes des observations (24 heures avant la deuxième application des insecticides), l'analyse de variance a montré un effet hautement significatif des insecticides utilisées lors de la première application des insecticides sur les larves (ddl = 3; $F = 5,65$ $p = 0,002$) et sur les adultes (ddl = 3; $F = 7,99$ $p = 0,009$) à cause de la rémanence des insecticides (Figure 33 A). Le même constat a été fait lors des relevés 72 heures après utilisation des insecticides sur les larves (ddl = 3; $F = 49$ $p = 0,000$) et sur les adultes (ddl = 3; $F = 50,80$ $p = 0,000$) (Figure 33 B)..



Les histogrammes affectés d'une même lettre, ne diffèrent pas statistiquement entre eux (Test de Fisher au seuil de 5%)



Les histogrammes affectés d'une même lettre, ne diffèrent pas statistiquement entre eux (Test de Fisher au seuil de 5%)

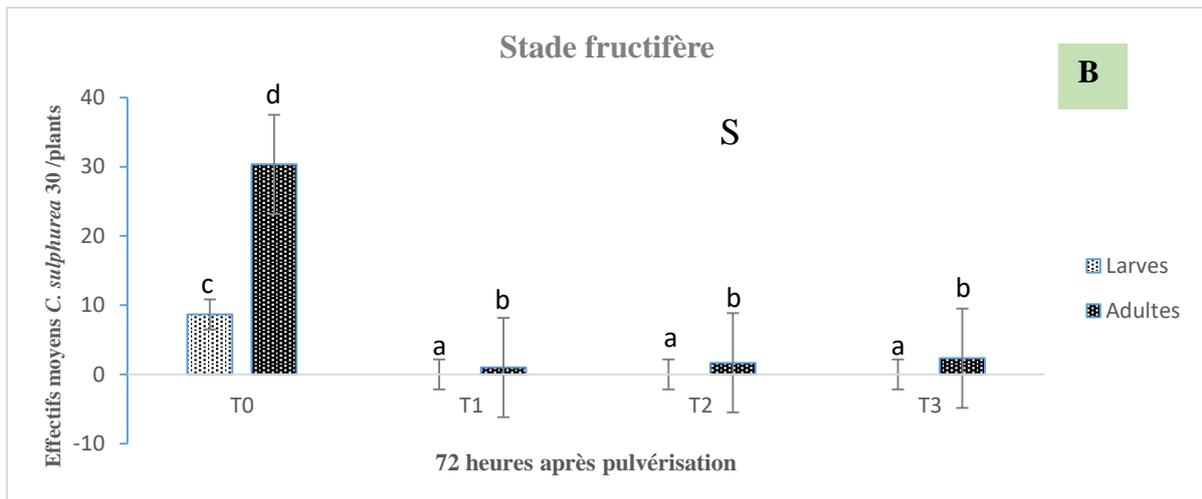
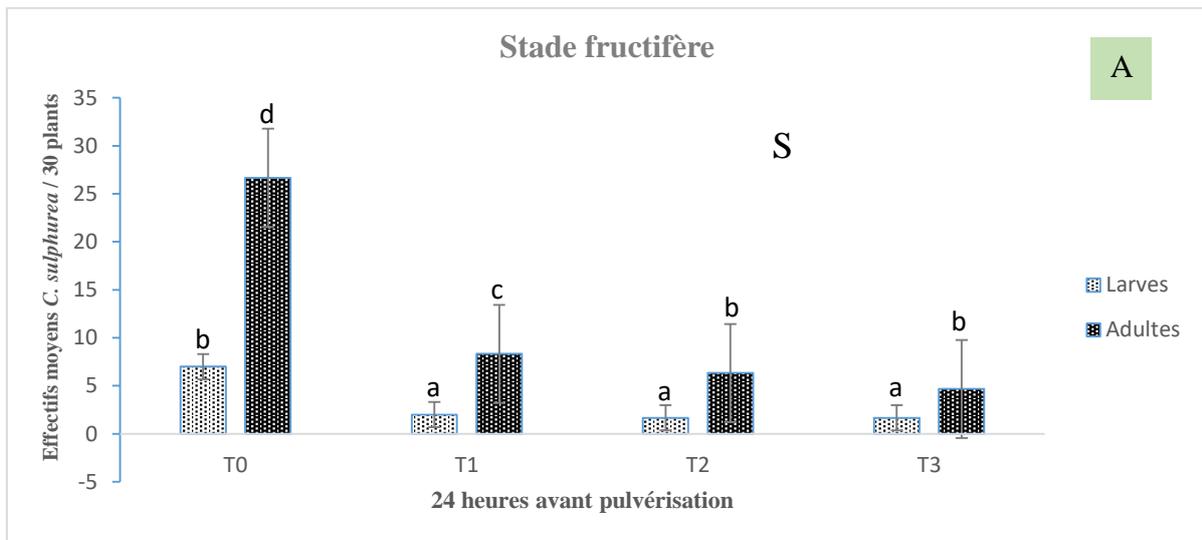
Figure 33: Effets des insecticides vulgarisés sur *Cheilomenes sulphurea* pendant le stade végétatif-fructifère du cotonnier

- A- Effectifs moyens de *C. sulphurea* 24 heures avant l'application des insecticides
- B- Effectifs moyens de *C. sulphurea* 72 heures après l'application des insecticide

3.1.8.3. Stade fructifère du cotonnier

Les effectifs moyens des larves et des adultes de Coccinellidae ont légèrement augmenté 24 heures avant l'application des insecticides par rapport aux dernières applications des insecticides du stade végétatif-fructifère. Ainsi, les effectifs moyens respectifs de larves (7 ± 1 individus) et d'adultes ($26,66 \pm 5,03$ individus) ont été observés sur les parcelles témoins.

Sur les traitements T1, T2 et T3 il a été obtenu des effectifs moyens respectifs de 2 ± 1 ; $1,66 \pm 0,57$ et $1,66 \pm 0,57$ larves, contre $08,33 \pm 0,57$; $6,33 \pm 3,21$ et $4,66 \pm 1,52$ adultes par parcelle élémentaire. En outre, les résultats des tests de l'effet de toxicité des insecticides de synthèses ont révélé un effet hautement toxique des insecticides sur les larves (ddl = 3; $F = 32,70$ $p = 0,000$) et sur les adultes (ddl = 3; $F = 30,79$ $p = 0,000$) (Figure 34 A). Aussi, 72 heures après l'application des insecticides, les effectifs de larves et d'adultes ont baissés très significativement sur les différents traitements. Les résultats des analyses de la variance ont révélé un effet hautement toxique des insecticides sur la survie des populations de larves (ddl = 3; $F = 96,57$ $p = 0,000$) et d'adultes (ddl = 3; $F = 117,56$ $p = 0,000$) de Coccinellidae (Figure 34 B).



Les histogrammes affectés d'une même lettre, ne diffèrent pas statistiquement entre eux (Test de Fisher au seuil de 5%)

Figure 34: Effets des insecticides vulgarisés sur *Cheilomenes sulphurea* au le stade fructifère

A- Effectifs moyens de *C. sulphurea* 24 heures avant l'application des insecticides

B- Effectifs moyens de *C. sulphurea* 72 heures près l'application des insecticides

3.2. Discussion

Cette étude est la première en termes d'évaluation de la diversité et de l'abondance des espèces d'insectes utiles dans les parcelles cotonnières en Côte d'Ivoire. Elle permet de prendre en compte le rôle de l'entomofaune utile dans les programmes de lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier. Les captures effectuées ont montré que la composition de l'entomofaune utile, en termes de nombre d'espèces, est semblable sur les sites de Korokara, Diawala, Kaouara et Kong. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Michel & Bournier (1997) dans le cadre de l'étude sur les auxiliaires dans les cultures tropicales. Ils sont également comparables aux travaux de Dupin (2017) qui ont porté sur l'observation des ravageurs et de leurs ennemis naturels dans des vergers d'agrumes menés avec des pratiques agroécologiques en Martinique.

Au plan quantitatif les travaux ont montré que les effectifs des insectes utiles varient. Cette variation pourrait être liée à plusieurs facteurs, notamment les caractéristiques physiques et écologiques du milieu, au cycle de développement de chaque espèce, l'abondance des proies dans les parcelles cotonnières. Ces résultats se rapprochent de ceux de Philippart (2008) qui a rapporté que la composition des biocénoses aquatiques, végétales et animales est déterminée par les conditions générales de l'habitat et aux caractéristiques hydromorphologiques du milieu. L'espèce *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera) domine toutes les espèces de Coccinellidae (92% à Diawala, suivi de Korokara et Kaouara 88%, puis de Kong à 82%). Cependant, la localité de Kong est la plus représentée du point de vue nombre d'individus (1075 individus). Cette différence se situe probablement au niveau des conditions de reproduction et de disponibilité de nourriture plus favorable dans la localité de Kong. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Kellil (2020) qui rapporte que les Coléoptères sont les plus abondants en nombre de famille, de genre et d'espèces suivi des Hyménoptères et des Diptères, dans ses travaux sur l'étude de la bio-écologie fonctionnelle des peuplements entomologiques inféodés aux agro-écosystèmes céréaliers dans la région du nord-est algérien.

Ces résultats se rapprochent également de ceux de Bhargava (2009) qui a indiqué que l'ordre des Coléoptères constitue la plus grande proportion par rapport à n'importe quelle autre catégorie d'espèces animales.

L'analyse spatiale des Syrphidae a montré que l'abondance des espèces identifiées varie. L'espèce *Ischiodon aegyptius* (Syrphidae) est plus abondante à Diawala (91%), *Episyrphus balteatus* (Syrphidae) (100%) à Kong tandis que *Sphaephoria scripta* (Syrphidae) domine à Kong (94%). Ces résultats sont semblables à ceux de Kellil (2011) dans ses travaux sur la contribution à l'étude du complexe entomologique des céréales dans la région des hautes

plaines de l'est algérien. Il a montré que les Syrphidae font partir de la famille des Diptères les plus abondants en nombre.

En effet, les Syrphidae, au stade larvaire jouent un rôle probablement considérable dans la lutte biologique contre les espèces nuisibles. Au stade adulte, la plupart des espèces de Syrphidae sont floricoles. Elles visitent fréquemment les fleurs du cotonnier et jouent probablement un rôle majeur dans la pollinisation (Ssymank *et al.* 2008). Par ailleurs, l'étude a montré que les Formicidae ont enregistré la plus importante richesse totale (12 espèces). Les espèces de Formicidae *Camponotus maculatus*, *Camponotus sericeus*, *Messor galla*, sont les plus abondantes dans les parcelles cotonnières, suivi de *Crematogaster sp* et de *Pheidole sp1*. L'analyse de la diversité, par les indices écologiques de composition, montre une abondance en nombre d'espèces plus importante dans les parcelles de Kong avec 6551 individus toutes espèces confondues, suivi de Diawala avec 3326 individus par rapport aux localités de Korokara et de Kaouara. Ces résultats sont similaires à ceux de Michel (2000) dans le cadre de l'inventaire de la faune auxiliaire du cotonnier au Mali. Selon les travaux de Messner (1996) cité par Konaté *et al.* (2005), la richesse totale en fourmis est de 130 espèces dans le parc national de la Comoé (localité de Kong).

Concernant les Vespidae, les deux espèces recensées sont présentes dans toutes les localités. L'abondance relative de l'espèce *Polistes sp.* varie entre 11% à Kong et 17% à Korokoara, tandis que l'abondance relative de *Polybia sp.* varie entre 4% à Korokara et 17% à Kaouara. Selon Kellil (2020), deux espèces d'Hyménoptères prédatrices *Polybia sp.* et *Polistes sp.*, sont présentes sur toutes les cultures. Le genre *Polistes* est l'un des groupes de guêpes sociales les plus répandues, il comprend plus de 200 espèces présentes sur les six continents (Carpenter, 1996). Dans la localité de Korokara, l'étude a montré que les espèces de la famille des Formicidae (*C. sericeus*, *Pheidole sp1.*, *Crematogaster sp.* et *M. galla*), des Coccinellidae (*C. sulphurea*), des Apidae (*A. mellifera*), des Syrphidae (*I. aegyptium* et *E. balteatus*) et des Libellulidae (*O. forcipatus* et *S. striolatum*) sont les plus représentées dans les parcelles cotonnières. A Diawala les espèces de la famille des Formicidae (*C. maculatus*, *C. sericeus*, *M. galla*), des Apidae (*A. mellifera*) des Syrphidae (*I. aegyptium*) et des Coccinellidae (*C. sulphurea*), ont été les plus présentes dans les parcelles cotonnières. Ces résultats montrent que la richesse en ennemis naturels de ces deux localités est pratiquement identique. Cela pourrait s'expliquer par les similitudes des caractéristiques agro-climatiques et des pratiques culturales de ces deux localités. En effet cette richesse pourrait s'expliquer par l'abondance d'insectes ravageurs comme proies dans les parcelles durant tout le cycle du cotonnier (Badiane *et al.*,

2015). Selon Silvie *et al.* (2014), la présence d'une grande diversité d'espèces d'ennemis naturels permet, dans certains cas, de fortement limiter les applications d'insecticides sans pertes de production. Les populations de *C. sulphurea* (Coccinellidae) et *I. aegyptius* (Syrphidae) dans toutes les localités pourraient réduire l'abondance des colonies de pucerons *Aphis gossypii*. Ces résultats sont conformes à ceux de Tchibozo (1995) dans le cadre de ses travaux sur l'inventaire préliminaire des ravageurs et des ennemis naturels du cotonnier du département de l'Ouémé au Bénin. La localité de Kong a enregistré les plus forts taux de richesse totale notamment avec les espèces *C. maculatus* (Formicidae), *A. mellifera* (Apidae) et *C. sulphurea* (Coccinellidae). Cette richesse pourrait s'expliquer par la présence de la réserve naturelle de la Comoé qui est une zone très riche en biodiversité. L'effet du contexte spatial sur la dynamique des populations des insectes utiles inventoriés a été analysé. Une fluctuation de la densité de chaque espèce d'insecte utile a été observée selon la localité. Les forts effectifs d'insectes utiles de la famille des Coccinellidae ont été observés dans la localité de Korokara, de Diawala et de Kong. De même, les résultats ont montré que les effectifs de populations de *I. aegyptius*, de *E. balteatus* et *S. scripta* appartenant à la famille des Syrphidae capturées au stade larvaire et adulte ont été plus élevées dans les localités de Kong, Korokara et de Diawala. Selon Tchuenguem *et al.* (2001), cités par Coulibaly (2016), le stade de la floraison attire de nombreux insectes.

Les faibles effectifs des espèces de Coccinellidae et de Syrphidae ont été enregistrées dans les parcelles cotonnières de Kaouara. En effet, les fluctuations de densité des Coccinellidae et de Syrphidae observées pourraient être causées par plusieurs facteurs, notamment le déplacement et les mouvements effectués par les individus de façon involontaires (occasionnés par le vent ou l'homme) ou volontaires (recherche de nourritures ou de site de reproduction). Certaines conditions climatiques pourraient également influencer les effectifs de populations des Coccinellidae dans les parcelles cotonnières des différentes localités. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Cailly (2011) dans le cadre des travaux de recherche portant sur la modélisation de la dynamique spatio-temporelle d'une population de moustiques, sources de nuisances et vecteurs d'agents pathogènes qui a montré que dans l'aire de distribution des espèces, les individus ne sont pas présents dans toutes les régions avec la même densité à cause du paysage écologique.

En effet, la présence et la diversité du paysage autour des parcelles cotonnières pourrait avoir un effet sur la densité des populations d'ennemis naturels. Ces résultats se rapprochent de Tschardtke (2000) et Roschewitz *et al.* (2005) qui ont montré que le paysage autour d'une

parcelle avait un effet sur l'abondance des ennemis naturels ou des ravageurs. Le suivi des populations de Formicidae dans les différentes localités a permis de montrer que les populations de *C. maculatus* (4.52 ± 5 individus par parcelle élémentaire), de *C. acvapimensis* ($1,42 \pm 1,08$ individus par parcelle élémentaire), de *C. sericeus* ($3,54 \pm 3,14$ individus par parcelle élémentaire) sont plus denses dans les parcelles cotonnières situées dans la localité de Kong. Par ailleurs, les différents pics de Formicidae observés pourraient être liés également aux stades phénologiques des cotonniers et à l'abondance des insectes ravageurs qui pourraient s'étendre de juillet jusqu'à octobre dans chaque localité. Ces résultats sont semblables à ceux rapportés par Ochou *et al.*, (2018) dans le cadre de leur étude sur les caractéristiques de l'évolution spatio-temporelle de *Thaumatotibia leucotreta* Meyrick (Lepidoptera : Tortricidae) dans les zones de production cotonnière de Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont montrés que les pullulations des populations d'adultes et de larves ont été marqué en fin juillet et se sont étendues jusqu'en octobre. Ils ont également montré que les différentes périodes de pics et de baisse d'activité des papillons adultes pourraient être liées au stade phénologiques des cotonniers dans chaque localité. Selon Hala *et al* (2006), les parcelles de cotonniers à ces dates seraient propices à l'apparition et à la multiplication de *Thaumatotibia leucotreta* tout comme observé chez les altises. Ainsi, la densité des populations d'insectes utiles et ravageurs évoluerait au fur et à mesure que la plante serait dans sa phase de frutification (Attiques *et al.*, 2004). En effet, les pucerons *Aphis gossypii* produisent du miellat sucré et de la protéine servant de nourriture à de nombreux ennemis naturels tels que les Coccinellidae, les Syrphidae et les Formicidae (Van & Cuc, 2007 ; Gourmel, 2014). Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Van & Cuc (2007), qui ont montré que l'apparition des jeunes feuilles flexibles et de Nectar à certaine phase de développement des plantes hôtes, peuvent influencer temporairement l'abondance des fourmis. De même, la densité moyenne des espèces de Apidae a variée. Cette variation de la densité pourrait être probablement due à de nombreux facteurs tels que l'utilisation intensive des terres à des fins agricoles, d'orpaillages et de la végétation naturelle ou encore, aux facteurs climatiques.

Il y aurait également une spécialisation des abeilles en fonction des températures car, certaines abeilles ne sont pas actives à des températures très élevées. En effet, la comparaison de la densité des insectes utiles entre les sites d'étude, a montré que la localité de Kong est la plus dense en insectes. Cela pourrait s'expliquer par la présence à Kong, des habitats dominés par des forêts bien protégées (Reserve naturelle de la Comoé et galeries forestières situées le long des rivières) par rapport aux autres sites.

Les relations entre les facteurs climatiques et les effectifs de populations des insectes utiles ont été établies. En considérant toutes les localités, les pics de *C. sulphurea*, de *C. propinqua vicini* et de *D. pusillus* ont été observés en juillet, août et septembre et les faibles effectifs ont été observés en octobre. Il existe certainement une relation entre les facteurs climatiques et les variations des effectifs de population des espèces. Ces différentes fluctuations de densité des espèces n'ont pas toujours coïncidé avec les variations des facteurs climatiques au cours des mêmes périodes. De façon générale, les résultats des analyses ont révélé que les facteurs climatiques n'influencent pas significativement les effectifs de populations des espèces de Coccinellidae dans les parcelles cotonnières. En effet, la présence des espèces de Coccinellidae à certaines périodes du cycle de développement du cotonnier pourrait fortement dépendre de l'effet des facteurs climatiques sur l'abondance de certains ravageurs qui constitue l'essentiel de la nourriture des Coccinellidae telles que les pucerons. Selon Saharaoui (2017), les conditions climatiques et l'abondance de la nourriture favorisent la densité des populations des coccinelles dans les parcelles. Les facteurs climatiques, se sont avérés variables dans la région du Tchologo. Toutefois, l'étude a mis en évidence la présence d'insectes utiles dans les parcelles cotonnières de toutes les localités de l'étude. La densité des différentes familles d'insectes utiles dans les parcelles pourrait être due aux conditions climatiques favorables et la présence de proies telles que les pucerons et autres insectes ravageurs dans les parcelles cotonnières qui constituent la principale nourriture (Zitouni & Douar, 2017 ; Klana *et al.*, 2019).

En effet les espèces sont toutes liées les unes aux autres par les réseaux trophiques (Pascal *et al.*, 2008; Sauvion & Iven 2013).

Pour évaluer l'influence des facteurs climatiques sur la densité des insectes utiles dans les parcelles cotonnière, des tests de corrélation de Pearson ont été réalisés sur chaque site. Il ressort de ces analyses que l'augmentation de la pluviométrie en juillet août et septembre dans les localités de Korokara et de Diawala favorise la présence des insectes utiles tels que *C. sulphurea* dans les parcelles cotonnières. Cependant, aucune influence de la pluviométrie sur l'espèce n'a été constatée dans les localités de Kaouara et de Kong. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Tuo en 2013 qui a montré que les facteurs climatiques n'influencent pas significativement la dynamique des insectes. Cette argumentation a été soutenue par Murugan & Utamasamy (2011) qui ont indiqué que la pluviométrie joue un rôle important dans les fluctuations de population des parasites suceurs. Les études de corrélation ont révélé que les températures moyennes journalières enregistrées dans la localité de Kaouara pendant la période

d'étude ont été favorables à une augmentation de la densité de population de *C. sulphurea* contrairement à Kong où les températures n'ont eu aucun effet sur la densité des espèces de Coccinellidae. Selon Babu & Meghwal (2014), des études de corrélation ont révélé que la population de thrips était positivement corrélée avec tous les facteurs météorologiques, mais une corrélation négative non significative a été observée avec la température et les heures d'ensoleillement maximales. Les variations de températures au cours de l'année commandent dans le temps les alternatives de repos et d'activité (germination et floraison, fructification, défoliation) des plantes. Ces différentes variations ont des effets directs ou indirects sur la reproduction et la croissance des insectes.

Pour évaluer l'influence de l'humidité relative de l'air sur la densité des insectes utiles, des analyses de la corrélation de Pearson ont été réalisées. De façon générale, il ressort de ces analyses, que l'humidité relative de l'air n'a pas influencé significativement la densité de population des espèces dans la période de juillet à octobre dans les différentes localités. En effet, la période de capture des insectes coïncide avec la saison pluvieuse. De plus, certaines localités comme Korokara et Diawala sont entourées de forêts classées et Kong de la réserve naturelle de la Comoé et de champs d'anacardiens. Ces conditions sont favorables à une augmentation de l'humidité relative de l'air, ce qui pourrait avoir un effet favorable sur la reproduction des insectes.

Selon Bessat *et al.*, (2019), la taille des habitats semi-naturels ainsi que leur qualité botanique sont deux facteurs, bien que controversés qui influencent la diversité végétale et entomologique. En effet, pendant la période de capture des insectes, des variations de la densité des espèces de Syrphidae ont été observées dans les parcelles cotonnières. Ces variations pourraient être, en partie liées à la pullulation des pucerons dans les parcelles en juillet et août et à la fructification des cotonniers en septembre et octobre.

L'analyse de la relation entre les températures moyennes enregistrées au cours de la période de l'étude et les effectifs de populations des insectes utiles a montré que les températures n'ont pas influencées significativement l'abondance des espèces de Syrphidae dans les parcelles cotonnières. Cette relation s'est traduite par des températures relativement basses observées pendant les périodes de collecte des données. Toutefois les analyses ont montré que les fortes températures pourraient diminuer les populations des espèces de Syrphidae dans les parcelles cotonnières. Selon Ouédraogo (2011), la température joue un rôle déterminant dans l'abondance des Tephritidae en diminuant le développement des populations de ces insectes. Ces résultats

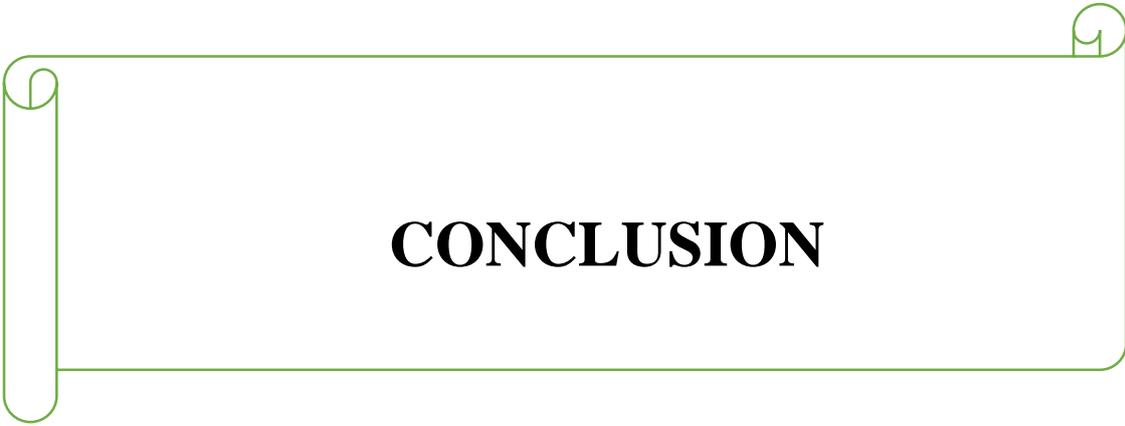
concordent avec ceux obtenus par Caetano en 2019 dans le cadre de son étude sur les impacts du changement climatique sur le développement et sur la préférence du site d'oviposition du syrphe ceinturé (*Episyrphus balteatus* De Geer).

Par ailleurs, l'effet des insecticides homologués et vulgarisés en milieu paysan sur les larves et adultes de *C. sulphurea* (Coccinellidae) a été déterminé. Dans les systèmes de productions de coton en Afrique de l'Ouest et en Côte d'Ivoire en particulier, les insecticides de la famille des néonicotinoïdes, des organophosphorés, des pyréthrinoïdes, des avermectines sont utilisés pour lutter contre les différents insectes et autres arthropodes nuisibles du cotonnier. Les résultats obtenus de cette étude montrent clairement que ces insecticides utilisés ne seraient pas sans effet sur la faune auxiliaire qui existe de façon naturelle dans les parcelles et qui contribue efficacement à la régulation des insectes ravageurs du cotonnier. Le Thalis 56 EC, composé de l'emamectine benzoate 24 g/l, une matière active de la famille des avermectines et d'acétamipride 32 g/l de la famille chimique des néonicotinoïdes est utilisé comme alternative aux pyréthrinoïdes pour gérer la résistance à *H. armigera* dans la lutte phytosanitaire contre les insectes ravageurs du stade végétatif du cotonnier. En effet, l'emamectine benzoate, une matière active à effet ovo-larvicide agissant par ingestion et par contact, pourrait avoir un effet très toxique sur les larves de Coccinellidae (Bras *et al.*, 2020).

Une observation similaire a été faite par Bras *et al.*, (2020) qui ont montré l'effet significatif du traitement de l'emamectine benzoate sur la mortalité des jeunes chenilles 9 à 11 jours après la ponte, dans le cadre de leurs travaux sur l'effet de micro-injection d'emamectine benzoate dans l'arbre hôte sur la survie des premiers stades larvaires de la pyrale du buis. De même les faibles effectifs de larves observés pendant les périodes d'application pourraient être causés par l'effet des insecticides sur le cycle de reproduction de *C. sulphurea*. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Duchovskienne (2007), cité par Malika en 2018 qui a rapporté que l'abamectine (18g /L) à 1,2 L/ha est très efficace sur les acariens et qu'elle peut atteindre 100% de mortalité après le premier traitement. Les résultats de l'étude montrent également que le Duel 336 EC, composé de profenophos 300 g/l de la famille des organophosphorés et de cyperméthrine 36 g/l de la famille des pyréthrinoïdes contribue à la réduction des populations de la Coccinelle sur les parcelles pulvérisées. Cette réduction de l'espèce pourrait être due à l'effet répulsif du profenophos sur les larves et les adultes. En effet, selon Louat (2013), les insecticides peuvent avoir un effet répulsif sur les insectes dit bénéfiques. Aussi, cette argumentation rejoint celle de Singh *et al.*, (2004) qui ont rapporté que les larves et les adultes de la coccinelle (*Coccinella septempunctata*) consomment une quantité plus faible de pucerons s'ils ont été traités au

préalable au diméthoate, un organophosphoré. De même, la réduction des populations de larves et d'adultes de la coccinelle pourrait s'expliquer par une modification de la physiologie de l'insecte provoqué par l'effet des insecticides.

Ces composés pourraient perturber le développement chez les larves et les adultes de *C. sulphurea* comme l'a indiqué Louat (2013) dans ses travaux sur l'étude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*, se traduisant généralement par un rallongement de la durée de développement, l'apparition de malformations morphologiques ou par une augmentation de la mortalité larvaire ou pupale. Ces résultats se rapprochent également de ceux de Galvan *et al.*, (2005), qui ont montré que le développement de la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* est retardé en présence de doses sublétales de certains neurotoxiques comme le spinosad et l'indoxacarbe.



CONCLUSION

L'étude de l'entomofaune utile du cotonnier a révélé que les sites de Korokara, de Diawala, de Kaouara et de Kong abritent les mêmes familles d'insectes utiles. Il s'agit des espèces des familles de Coccinellidae, de Syrphidae, de Formicidae, de Gomphidae, de Libellulidae, de Vespidae, d'Apidae, de Forficulidae et de Mantidae. La famille des Formicidae est la mieux représentée sur l'ensemble des 4 sites avec un taux de 49,63% et la plus diversifiée avec 12 espèces. Les localités de Korokara et Kaouara ont enregistrées le plus grand nombre d'espèces (28 espèces dans chacune des localités), suivi de Diawala (27 espèces) et de de Kong qui a enregistré 26 espèces. L'étude de l'abondance relative a permis de montrer les espèces les plus abondantes au niveau de chaque famille. Ainsi, au niveau des Coccinellidae, l'espèce *C. sulphurea* est très abondante dans toutes les localités de l'étude (l'abondance relative est supérieure à 75%). Les Syrphidae identifiées ont été présentes dans toutes les localités avec des abondances relatives variables. Les résultats des échantillonnages ont montré que les Formicidae des genres *Camponotus*, *Messor* et *Crematogaster* étaient les plus abondants dans les parcelles cotonnières. A l'intérieur de chaque genre, le niveau de la population a varié considérablement en fonction de l'espèce.

Au niveau des facteurs écologiques influençant les insectes, les résultats obtenus ont révélés que la zone d'étude n'influence pas directement la dynamique des insectes. Les résultats de l'étude ont montré que les facteurs climatiques influencent diversements les effectifs de populations des espèces d'insectes utiles dans les parcelles cotonnières. En effet, les fortes effectifs d'insectes ont été observées lorsque les pluviométries enregistrées étaient élevées entre juillet et août, tandis que les effectifs des insectes ont été très faibles lorsque les températures étaient élevées et que la pluviométrie baisse en Octobre. Cependant, les variations des facteurs climatiques à elles seules ne peuvent pas expliquer la fluctuation des effectifs de populations des espèces d'insectes utiles dans les différents sites.

Les pratiques culturales telles que les dates de semis, le sarclage manuel, le précédent cultural et l'apport de fumure organique sont aussi responsables de la fluctuation des effectifs de populations.

Les essais réalisés en milieu expérimental, ont également montré que les matières actives des insecticides de la famille des avermectines, des néonicotinoïdes, des pyréthrinoïdes et des organophosphorés se sont avérées très toxiques sur les larves et les adultes de *C. sulphurea* (Coccinellidae) à tous les stades phénologiques du cotonnier..

En définitive, cette étude a apporté de nouvelles données qui permettent de constituer une première base d'informations scientifiques sur l'entomofaune utile du cotonnier en Côte d'Ivoire.

RECOMMANDATIONS

Les résultats de cette étude permettent de faire les recommandations suivantes à l'endroit des principaux acteurs de la filière coton en Côte d'Ivoire :

- former les producteurs sur la reconnaissance et le rôle des insectes utiles prédateurs dans la lutte biologique contre les insectes ravageurs et les pollinisateurs dans l'accroissement des rendements ;
- Utiliser des insecticides chimiques de synthèse moins toxiques pour les insectes utiles ;
- intégrer des pratiques de conservations et de reproduction des ennemis naturels dans les systèmes de production.

PERSPECTIVES

L'étude a révélé la présence effective de plusieurs familles d'espèces d'insectes utiles dans les agroécosystèmes cotonniers de la région du Tchologo en Côte d'Ivoire. Cela est un atout dans le cadre de la régulation des populations d'insectes ravageurs et dans la préservation de l'environnement contre l'utilisation abusive des pesticides de synthèse. Ainsi, des actions de recherche complémentaires à la présente étude devront être conduites en vue de :

- étudier la capacité de prédation des principales espèces identifiées
- étudier la biologie et l'écologie des principales espèces d'insectes utiles identifiées dans le cadre cette étude ;
- étudier l'effet de nouvelles matières actives d'insecticides sur les principales espèces d'insectes utiles identifiées dans le cadre de cette étude.



REFERENCES

- Adigoun C. (2002). Impact des traitements phytosanitaires du niébé sur l'environnement et la santé des populations : cas de Klouékanmè et de la basse vallée de l'Ouémé (Bénin). Mémoire de Maîtrise professionnelle. *Flash*, 31-32.
- Agbohessi P.T., Imorou I.T. & Kestemont P. (2012). État des lieux de la contamination des écosystèmes aquatiques par les pesticides organochlorés dans le bassin cotonnier béninois. *Cahier d'Agriculture*, 46-56.
- Agbohessi P.T., Toko I.I., Yabi J.A., Dassoundo-Assogba J.F.C. & Kestemont P. (2011). Caractérisation des pesticides chimiques utilisés en production cotonnière et impact sur les indicateurs économiques dans la commune de Banikoara au nord du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 5(5) : 1828-1841.
- Altieri M.A., Nicholls, C.I. & Fritz M.A. (2005). Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD. *Sustainable Agriculture Research and Education (SARE)*, 146 p.
- Aïwa A.D. (2015). L'impact de la culture du coton sur le développement socio-économique : étude de cas de la région de Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 11(31) : 1857-7881.
- André S. (2017). Syrphes de Belgique et des Pays-Bas. *Natagora et le Conservatoire d'espaces naturels Nord et du Pas-de-Calais*, 161 p.
- Anon (1996). Integrated pest management for cotton in the western region of the United States. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland (Etats unis), 163 p.
- Anonyme (2020). Review of west and central africa cotton production, 15 p.
- Anonyme (2014). Répertoire des localités. Région du Tchologo. Institut National de la Statistique. Recensement général de la Population et de l'Habitat (RGPH), 33 p.
- Attiques M.R., Ahmad Z., Mohyuddin A.I. & Ahmad M.M. (2004). Oviposition site preference of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera : Gelechiidae) on cotton and its effects on boll development. *Crop Protection* 23 (4): 287-292.
- Babu S.R. & Meghwal M.L. (2014). Population dynamics and monitoring of sucking pests and bollworms on Bt cotton in humid zone of southern Rajasthan. *The bioscan, An International Quarterly Journal of Life Science*, 9(2): 629-632.
- Bachelier B. (1998). Contribution à l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragmentation de coques de la fibre de coton. Premières applications pratiques en sélection chez *Gossypium hirsutum* L. Thèse de doctorat Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Rennes (France), 271p.

- Bachelier B. (1999). La graine de cotonnier : une source potentielle de nouveaux produits alimentaires ou industriels. *Agriculture et Développement*, 22 : 107-112.
- Badiane D., Gueye M. T., Coly E. V. & Faye O. (2015). Gestion intégrée des principaux ravageurs du cotonnier au Sénégal et en Afrique occidentale. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(5) : 2654-2667.
- Badji A. (2010). Gestion des principaux insectes ravageurs du cotonnier au Sénégal. Mémoire de fin de cycle, Ingénieur Agronome. Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), Katibougou (Mali), 62 p.
- Bakelli M. & Habibi A. (2019). Evaluation préliminaire de l'effet in vitro de deux entomopathogènes autochtones *Beauveria sp.* (Clavicipitaceae) et *Fusarium sp.* (Nectriaceae) sur les larves du ver blanc. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem (Algérie), 76 p.
- Balachowsky A.S. (1962). Entomologie appliquée à l'agriculture. Volume. I., Tome.I, Coléoptères. Ed. *Masson et Cie*, Paris (France), 503p.
- Belaid T. & Bensalem S. (2020). Les facteurs entrainant le déclin d'*Apis mellifera* : effet des pesticides sur l'altération des fonctions vitales de l'abeille. Mémoire de fin d'étude de master de l'université de Akli Mohand Oulhadj-Bouira (Algérie), 87 p
- Bénédict C.R. (1984). Cotton physiology. In « *Cotton* » *agronomy monograph*, Kohel R. J. et Lewis C.F (Ed), 24 : 6-24.
- Benserradj O. (2014). Evaluation de *Metarhizium anisopliae* à titre d'agent de lutte biologique contre les larves de moustiques. En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat troisième cycle LMD. Université Constantine 1 (Algérie), 179p.
- Benton T.G., Vickery J.A. & Wilson J.D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, 18 : 182-188.
- Berti F., Hofs J.L., Zagbaï H.S. & Lebailly P. (2006). Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. *Biotechnologie, Agronomie, Sociologie et Environnement*, 10 (4): 271-280.
- Bessat M., Castella E. & Speight M.C.D. (2019). Biodiversité fonctionnelle en paysage agricole : étude floristique et syrphidologique de Surfaces de Promotion de la Biodiversité (SPB). *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 23(4) : 226-244.
- Bhargava V.K. (2009). Assessing the potential role of Coleoptera (Insecta) as bioindicators in simbalbara wildlife sanctuary, himachal pradesh. Thesis Submitted to the Saurashtra University, Rajkot (Gujarat), 361p.
- Blondel J. (1979). Biogéographie et écologie. Ed. Masson (Paris), 173 p.

- Boquet D.J. & Moser E.B. (2003). Boll retention and boll size among intrasymphodial fruiting sites in cotton. *Crop Sciences*, 43 : 195-201.
- Boukli H. S. (2012). Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes- Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen). Thèse de doctorat de l'université de Tlemcen (Algérie), 142 p.
- Bras A., Auger-Rozenberg M. A., Pineau P., Lorme P., Roques A., Laparie M. & Rousselet J. (2020). Effet de micro-injections d'emamectine benzoate dans l'arbre hôte sur la survie des premiers stades larvaires de la pyrale du buis, INRA, *Zoologie forestière*, 12 p.
- Bravo A., Likitvivatanavong S., Gill S.S. & Soberón M. (2011). *Bacillus thuringiensis*: A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41 : 423-431.
- Brévault T., Badiane D., Goebel R., Renou A., Téréta I. & Clouvel P. (2019). Repenser la gestion des ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. *Cahiers agricultures*, 8 p.
- Brévault T. (2010). Lutte contre les insectes ravageurs en culture Cotonnière : une agriculture moins dépendante des pesticides, CIRAD (France), 2 p.
- Bruno M., Togola M., Téréta I. & Traoré N. (2000). La lutte contre les ravageurs du cotonnier au Mali : problématique et évolution récente. *Cahiers Agricultures*, 9(2): 109-115.
- Caetano J. (2019). Impacts du changement climatique sur le développement et sur la préférence du site d'oviposition du syrphé ceinturé (*Episyrphus balteatus* (De Geer)). Mémoire de Master en biologie des organismes et écologie. Université de Gembloux (France), 63 p.
- Cailly P. (2011). Modélisation de la dynamique spatio-temporelle d'une population de moustiques, sources de nuisances et vecteurs d'agents pathogènes. Thèse de Doctorat de l'école Nationale Vétérinaire Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantiques (France), 152 p
- Carpenter J.M. (1996). Distributional checklist of species of the genus *Polistes* (Hymenoptera: Vespidae; Polistinae, Polistini). *American Museum Novitates*, 3188: 1-39.
- Castro M.C.R. & Ibarra J.E. (2011). Entomopathogenic Viruses. https://www.researchgate.net/publication/263765284_Entomopathogenic_Viruses. Consulté le 07 août 2020 à 11 h 20 min
- Chao W. L. Guanghua C. Jing. & Perfang W. (2009), Sublethal effects of pesticide mixtures on selected biomarkers of *Carassius auratus*, in *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 28 : 414- 419.
- Cheny C. (2020). Taxonomie, phylogénie et biogéographie des fourmis Myrmicines. Apport des fossiles cénozoïques Tome 1. Thèse de Doctorat de l'université Rennes 1 (France), 763 p

- Cirad-gret. (2002). Memento de l'agronome, Ministère des affaires étrangères, Editions Quae (France), 1691 p.
- Cloutier C. & Cloutier C. (1992). Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. *La lutte Biologique*, (Ed), Gaëtan Morin, 19-88.
- Connal E., Michael K. & Alain P. (2010). Les genres et sous-genres d'abeilles de l'Afrique subsaharienne. *Abc Taxa*, 9 :152.
- Coulibaly A. (2015). Résultats de la campagne 2014-2015 et point de mise en œuvre de la réforme coton. 74ème plénière du comité consultatif international du coton (CCIC). Mumbai (Inde), 6-11.
- Coulibaly L., Kouassi K.H., Emile S.G.E. & Savane I. (2016). Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection : Cas du département de Ferkessédougou, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17 (1) : 136-143.
- Dajoz R. (2003). Précis d'écologie. 7ème édition. (Ed). *Dunod*, Paris (France), 615 p.
- Davidonis G.H., Johnson A.S., Landivar J.A. & Fernandez C.J. (2004). Cotton fiber quality is related to boll location and planting date. *Crop Sciences*, (96) : 42-47.
- Demol J. (1992). Connaissance de la plante. In : Cotonnier au Zaïre. Publication du service agricole, Administration générale de la coopération au développement, Bruxelles, (29) : 17-26.
- Demol J., Mergeai G., Hofis J.L. & N'dungu V. (1992). L'amélioration du cotonnier. In *Le cotonnier au Zaïre*. Bruxelles (Belgique), (29): 93-123.
- Djagni K.K. & Fok M. (2019). Dangers potentiels de l'utilisation des insecticides dans la culture cotonnière au Togo de 1990 à 2010. *Cahiers agricultures*, 28 : 9.
- Djellab S. (2013). Les syrphidés (Diptera : Syrphidae) du nord-est algérien : Inventaire et écologie. Thèse de Doctorat de l'université Hadj Lakhdar de Badna (Algérie), 149 p
- Djerdalli (1994). Bio écologie faunistique de sebkhet Bazer (région de Sétif). Thèse Magister université Sétif (Algérie), 175 p.
- Djiguemde S. P. (2015). Contribution à la protection du cotonnier: expérimentation du Refuge Dans le Sac (RDS) en milieu paysan et mise en place de molécules efficaces contre les mouches blanches. Mémoire d'ingénieur d'agriculture, Cap Matourkou (Burkina Faso) 68 p
- Doffou N.M. (2013). Impact de la gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes sur les populations de *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick, 1913) (Lepidoptera : Tortricidae) et de

- Pectinophora gossypiella* Saunders, 1843 (Lepidoptera : Gelechiidae) en culture cotonnière en Côte d'Ivoire : de la sensibilité au mécanisme de résistance. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 175 p.
- Dor C., Maillet-Mezeray J. & Sarthou V. (2011). Biologie et Ecologie des principales espèces de syrphes aphidiphages rencontrées en grandes cultures, *dossiers Syrphes- fiches espèces*, 40 p.
- Dor C., Maillet J. & Sarthou V. (2011). Les entomophages des grandes cultures : diversité, services rendus et potentialités des habitats, *Syrphes-fiches espèces*, 40 p.
- Dossou M.E., Houessou G.L., Lougbégnon O.T. & Tenté A.H.B. (2012). Etude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin *Tropicultura*, 30 (1): 41-48.
- Duchovskienne L. (2007). Effects of abamectin on the two-spotted spider mite (*Tetranychis Uriticae*) in green house cucumbers, *Lithuanian intitute of Harticulture*, Laboratory of Plant Protection, 26 : 166-175.
- Dupin T. (2017). Observation des ravageurs et de leurs ennemis naturels dans des vergers d'agrumes menés avec des pratiques agroécologiques en Martinique. Master 2 Sciences Technologie Santé Mention Biologie et Technologie du Végétal. Université de Rennes I (France), 90 p.
- Durieux D. (2008). Contribution à l'étude des mécanismes de prédation d'*Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) responsable de sa plus grande compétitivité au sein de la guildes des aphidiphages. Thèse de doctorat de l'université des sciences agronomiques de Gembloux (France), 123 p
- Edmond A.A. (2015). L'impact de la culture du coton sur le développement socio-économique : étude de cas de la région de Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 11(31) : 253-271.
- FAO (1990): Graines oléagineuses non légumineuses. Utilisation des aliments tropicaux : graines oléagineuses tropicales, Rome (Italie), 5-57.
- Fjerdingstad E. J. & Boomsma J. J. (1998). Multiple mating increases the sperm stores of *Atta colombica* leaf-cutter ant queens. *Behavior Ecology Sociobiology*, 42 : 257-261.
- Fok M.A.C. & Barbier B. (2001). Coton portée et limites du marché mondial pour les sousproduits du coton en Afrique francophone. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 8(3) : 239-253.
- Frontier S., Pichod-Viale D., Leprêtre A., Davoult D. & Luczak C. (2004). *Écosystèmes. Structure, Fonctionnement, Evolution*, (Ed) Dunod, Paris (France), 549 p.

- Frontier S. (1983). Stratégies d'échantillonnage en écologie. (Ed), *Masson*, Paris (France) 494 p.
- Faurie C., Ferra C., Medor I. P., Devaux J., Hemptinne J. L. (2003). Ecologie approche scientifique et pratique. . (Ed). *Lavoisier*, Paris (France) 407 p.
- Galvan T.L., Koch R.L. & Hutchison W.D. (2005). Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development, and reproduction of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 34 : 108–114.
- Gourmel C. (2014). Catalogue illustré des principaux insectes ravageurs et auxiliaires des cultures de guyane, *coopérative bio-savane*, 78 p.
- Grall J. & Coïc N. (2006). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier, Institut Universitaire Européen de la Mer, *Université de Bretagne Occidentale*, Belgique, 91 p.
- Hala N., Ochou G.O., Foua Bi K., Allou K., Ouraga Y. & Kouassi P. (2006). Dynamique Spatio-Temporelle des populations d'altises, *Podagrica Spp.* (Coleoptera : Chrysomelidae) : Implications Agronomiques en zones cotonnières de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 18 (1) : 41-57.
- Halley B.A., Nessel B.A. & Lu A.Y. (1989). Environmental aspects of ivermectin usage in livestock: general consideration in Campbell, W.C. (Ed) *ivermectin and abamectin new-work*: springer-verlag, 162-172.
- Hau B. (1988). Histoire de la sélection en Côte d'Ivoire. *Coton et Fibres Tropicales*, 43 (3) : 177-204.
- Hazem D. (2010). Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, *Dysaphis plantaginea Passerini* (Hemiptera : Aphididae) en vergers de pommiers. Thèse de Doctotat, Institut National de la Recherche Agronomique, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France), 253 p.
- Hearn A.B. & Constable G.A. (1984). The physiology of tropical crops. Cotton in Sons (Ed). *New York*, 495-527.
- Hema S.A.O. (2004). Contribution à la caractérisation biochimique de la résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) au Burkina Faso. Mémoire DEA, Ecole Doctorale de Biotechnologie (Burkina Faso), 37 p.
- Höfte H. & Whiteley. H.R. (1989). Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol Review*, 53: 242-255.
- Hussein K., Perret C. & Hitimana L. (2005). Importance économique et sociale du coton en Afrique de l'Ouest : Rôle du coton dans le développement, le commerce et les moyens

- d'existence. Rapport su Secrétariat du Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest / OCDE, 72 p.
- Ibarra J. E. & Castro M. C. R. (2008). "Insect viruses diversity, biology, and use as bioinsecticides." https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Ibarra/publication/266489170 Consulté le 07 août 2020 à 11 h 26.
- Imorou L. (2013). Caractérisation régionale de lignées de cotonnier (*Gossypium hirsutum*) éprouvées sous différentes doses d'engrais au Bénin. Diplôme d'Ingénieur Agronome. Université de Parakou (Benin), 84 p.
- Intercoton (2020). Association Interprofessionnelle de la filière coton. *Statistiques de la production* : <https://intercoton.org/statistiques/> consulté le 22 juin 2020 à 17 h 40 min.
- Iperti G. (1986). Les coccinelles de France. *Revue PHYTO, Defense des Cultures*, 377 : 14-22.
- Isabelle C. (2020). Les syrphes : de petites « mouches » inoffensives. https://www.gerbeaud.com/jardin/jardinage_naturel/syrphe/ consulté le 27 juin 2020 à 13 h 45 min.
- Javaid I. (1995). Cultural control practices in cotton pest management in tropical Africa. *Journal of Sustainable Agriculture*, 5 : 171-185.
- José E. M., Sandra M.M.R., Raul P. A., Carlos A. D. S., Mamadou T., Sacamba A. O. H., Somé N. H. & Gustave B (2013). Reconnaissance de ravageurs et ennemies naturels pour les pays C-4. Echanges d'expériences, 74 p.
- Kan C.A. & Meijer G.A.L. (2007). The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 133 (1/2) : 84-108.
- Keller L. & Reeve H.K. (1995). Why do females mate with multiple males ? The sexually selected sperm hypothesis. *Advances in the Studies Behaviour*, 24 : 291-315.
- Kellil H. (2020). Contribution à l'étude de la Bioécologie fonctionnelle des peuplements entomologiques inféodés aux agroécosystèmes céréaliers dans la région du nord-est algérien (Sétif, Constantine). Thèse de doctorat de l'université Mohamed Khider Biskra (Algerie), 364 p.
- Kelomey E.A., Paraiso A., Mensah G. A. & Baba-Moussa L. (2015). Synthèse bibliographique sur caractérisation moléculaire et éthologique de l'abeille (*Apis mellifera*) et son parasite varroa destructor dans l'habitat anacardier au Bénin. *Annales des sciences agronomiques*, 19 (2) : 367-388.
- Kergunteuil A, Bakhtiari M, Ludovico F, Zhenggao X, Emmanuel D. & Sergio R. (2016). "Biological Control beneath the Feet: A Review of Crop Protection against Insect Root Herbivores." *Insects*, 4: 7-70.

- Khalil H., Raza A.B.M., Afzal M., Aqueel M.A., Khalil M.S. & Mansoor M.M. (2015). Effects of plant morphology on the incidence of sucking insect pests complex in few genotypes of cotton. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16: 344-349.
- Kirouac M., Vachon. V., Girard F., Schwartz J.L. & Laprade R. (2002). Amino acid and divalent ion permeability of the pores formed by the *Bacillus thuringiensis* toxins Cry1Aa and Cry1Ac in insect midgut brush border membrane vesicles. *Biochimica et Biophysica Acta – Biomembranes*, 1561 : 171-179.
- Klana K., Yalamoussa T., Tenon C. & Kouakou H. K. (2019). Entomofauna and phytosanitary practices in cabbages production (*Brassica oleracea* L. 1753) in the township of Korhogo of Northern Côte d'Ivoire. *Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 12 : 09-13.
- Koffi S.Y. (2013). Libéralisation de la filière coton en Côte d'Ivoire quinze ans après : empreinte spatiale et organisationnelle. *Cinq Continents*, 3(7) : 5-17.
- Konaté S., Tondoh J.E. & Yeo K. (2005). Diversité et rôles écologiques des fourmis terricoles de Côte d'Ivoire, BIOTERRE, *Revue Internationale des Sciences de la Vie et de la Terre*, 5 (1) : 1-24.
- Koné P.W.E. (2019). Evolution spatiale et temporelle, diversité taxonomique et génétique, et mécanisme de résistance aux insecticides chez les cicadelles du cotonnier en Côte d'Ivoire : approches de lutte intégrée. Thèse de doctorat de l'Université Nangui Abrogoua d'Abidjan (Côte d'ivoire), 199 p.
- Kouamé K.M. (2014). Diversité, structure et réponse fonctionnelle des macroinvertébrés à l'invasion du lac de Taabo (Côte d'Ivoire) par la jacinthe d'eau, *Eichornia crassipes* (Mort.) SolmsLaubach, 1883. Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), 179 p.
- Lagiere R. (1986). Le cotonnier. Techniques agricoles et productions tropicales. (Ed), *Maisonneuve et Larose*, 306 p.
- Latreille P.A. (1802). Histoire naturelle générale et particulière des Crustacées et des Insectes. *Dufart*, Paris, (France), 467 p.
- Lebreton G. & Le bourgeois T. (2005). Analyse de la flore adventice de la lentille à Cilaos – Réunion. Cirad-Ca / 3P ; UMR PVBMT, 20 p.
- Legendre L. & Legendre P. (1984). Ecologie numériques. Le traitement multiple des données écologiques, Tome 1, 2ème (Ed). *Masson*, Paris, France, 218 p.
- Leroux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade R., Sarthou J.P. & Trommetter M. (2008). Agriculture et

- Biodiversité. Valoriser les synergies. Expertises scientifiques collectives INRA, *Quae* (Ed), Versailles, 178 p.
- Leveque A. (1979). Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire, ORSTOM, Paris. Morel., Quantin., 1964. Les jachères et la régénération du sol en climat soudano- guinéen d'Afrique centrale. *Agron. Trop.*, XIX, 2 : 105- 136.
- Lobry J., Gascuel D. & Domain F. (2003). La biodiversité spécifique des ressources démersales du plateau continental guinéen : utilisation d'indices classiques pour un diagnostic sur l'évolution de l'écosystème. *Aquatic Living Resources*, 16 : 59-68.
- Lonc E., Lecadet M. M., Lachowicz T. M. & Panek E. (1997). Description of *Bacillus thuringiensis wratislaviensis* (h-47), a new serotype originating from Wrodaw (Poland) and other Bt soil isolates from the same area. *Letters in Applied Microbiology*, 24 : 467-473.
- Louat F. (2013). Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*, Thèse de Doctorat de l'Université d'Orléans (France), 224 p.
- Mahdavi G. (1997). Histoire cotonnière de la Côte d'Ivoire. *In* : Coton et développement, (Ed), Sarl, Paris 8^{ème}, France, 21 :12-16.
- Malika L. (2018). Analyse de l'efficacité d'un acaricide de la troisième génération (cas des Avermectines) au cours d'un processus d'homologation d'un produit nouveau. Mémoire de Master de l'Université de Tlemcen (Algérie), 73 p.
- Martin P.A.W. (1994). An iconoclastic view of *Bacillus thuringiensis* ecology. *Journal of American Entomology*, 40 (1) : 85-90.
- Martin T. & Renou A. (1995). Evolution of tolerance against chemical insecticides in two species of cotton bollworms. *Mededel in gen Faculteit Landbowkundige en Toepepast Biologische*. Congrès de Gent (Belgique), 60 (3) : 953-959.
- Mbaye D.F. (2008). Interdiction de l'endosulfan dans les pays du sahel en Afrique de l'Ouest. Rapport technique pour le Groupe de Travail PAN/IPEN sur les pesticides POPs, 55 p.
- Messner S. (1996). Untersuchungen zur Biodiversität der Myrmecofauna (Formicidae) in Parc National de la Comoé (Elfenbeinküste). Diplomarbeit, Universität Würzburg, Würzburg (Allemagne), 160 p.
- Michel. B. (2000). Synthèse des activités conduites en entomologie cotonnière sur le CRRA de Sikasso de 1993 à 1999, FAO/AGRIS, 45 p.
- Miranda J. E., Rodrigues S. M. M., Porfirio R., Domingues C. A., Togola M., Hema S. A. O., Some N. H., Bonni G., Doyam A. N. & Diamo B. (2013). Reconnaissance de ravageurs et ennemis naturels pour les pays C-4, Brasilia, DF, Brésil: Embrapa, 70 p

- Morin A. & Findlay S. (2001). Biodiversité : Tendances et processus. Biologie de la Conservation des espèces. Université d'Ottawa (Canada), 25 p.
- Moussa S. (2005). Inventaire de l'entomofaune sur cultures maraichères sous serres à l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (I.T.C.M.I) de Staouéli. Mémoire Ingénieur. Agronome. Institut National Agronomique El-Harrach (Algerie), 93 p.
- Murugan M. & Uthamasamy S. (2011). Dispersal behavior of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* under cotton based garden land agro ecosystem of Coimbatore. *Madras Agriculture*, 88: 1-6.
- Nibouche S, Beyo J. & Goze E. (2003). Mise au point de plans d'échantillonnage pour la protection sur seuil contre les chenilles de la capsule du cotonnier. Colloque Savanes africaines des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis, Garoua (Cameroun), 5 p.
- Nicolas G. (2010). La filière coton de Côte d'Ivoire, Africa Region Working Paper Series, 76 p.
- Nina P. (2016). Impacts de différents modes de gestion de l'enherbement des vergers d'agrumes à la Réunion sur les populations d'arthropodes auxiliaires. Mémoire d'Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agronomiques de Bordeaux Aquitaine, France, 56 p.
- Ochou O.G., Kouakou M. & Bini K. K. N. (2015). Reconnaissance des principaux ravageurs et maladies du cotonnier et leurs ennemis naturels, CORAF/WECARD, 67 p.
- Ochou O.G. (2011). Guide pour les traitements sur seuil du cotonnier en Côte d'Ivoire. (Ed), *Pasco-Ivoire*, 35 p.
- Ochou O.G. & Martin T. (2002). Pyrethroid Resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner): Recent Developments and Prospects for its Management in Côte d'Ivoire, *West Africa. Resistance Pest Management*, 12 (1) :10-16.
- Ochou O.G. & Martin T. (2001). Une stratégie pour gérer la résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner) aux pyréthrinoides en Côte d'Ivoire : Une fenêtre en phase végétative. Actes 3ème Réunion Bilan du PR-PRAO, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 58-67.
- Ochou O.G., Martin T. & Hala N.F. (1998). Cotton insect pest problems and management strategies in Côte d'Ivoire, West Africa, In World Cotton Research Conference N°2, Athens (Greece), 833-837.
- Ochou O.G. (1998). Lutte contre les maladies et arthropodes du cotonnier. Note technique IDESSA-DCI / FC /PDC, 46 p.

- Ouedraogo S.N. (2011). Dynamique spatiotemporelle des mouches des fruits (diptera, tephritidae) en fonction des facteurs biotiques et abiotiques dans les vergers de manguiers de l'ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'université Paris Est (France), 184 p.
- Ouro-Boya B.S. (2004). Evaluation de l'état d'une eau de rivière par analyse multidimensionnelle utilisant des paramètres caractéristiques de la matière organique dissoute. Thèse de Doctorat, Université de Poitiers (France), 216 p.
- Palma L., Muñoz D., Berry C., Murillo J. & Caballero P. (2014). *Bacillus thuringiensis* Toxins: An Overview of Their Biocidal Activity. *Toxins (Basel)*, 6 : 3296-3325.
- Parry G. (1982). Le cotonnier et ses produits. Paris, France, (Ed), *Maisonneuve et Larose*, 502 p.
- Pascal L., Quentin C. & Éric H. (2008). L'impact du miellat de puceron au niveau des relations tritrophiques entre les plantes-hôtes, les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels, *Biotechnologie, Agronomie. Société et Environnement*, 13 (2) : 325-334.
- Pascua L.T. & Pascua M.E. (2002). Cotton leafhopper in the Philippines : a review. *Philippine Journal of Science* 131 (2) : 69-74.
- Poussereau J., Coutanceau J.-P., Nicolas V. & Gomy Y. (2018). Les coccinelles de l'île de La Réunion. *Editions Orphie, Saint-Denis*, 223 p.
- Peeters C. & Ito F. (2001). Colony dispersal and the evolution of queen morphology in social Hymenoptera. *Annual Review of Entomology*, 46 : 601-630.
- Philippart J.C. (2008). Biodiversité et caractéristiques physiques des cours d'eau. Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège (France), 13 p.
- Piba S. C. (2016). Diversité floristique et potentiel en espèces sources de produits forestiers non ligneux de la forêt classée de Yapo-Abbe : contribution pour un aménagement durable. Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua d'Abidjan (Côte d'Ivoire), 253 p.
- Koné P.W.E. (2019). Evolution spatiale et temporelle, diversité taxonomique et génétique, et mécanisme de résistance aux insecticides chez les cicadelles du cotonnier en Côte d'Ivoire : approches de lutte intégrée. Thèse de doctorat, Université Nangui Agrogoua (Côte d'Ivoire), 198 p.
- Ramade F. (2003). Eléments d'écologie- écologie fondamentale. (Ed), *Dunod*, Paris (France), 689 p.
- Ramade F. (1984). Eléments d'écologie, écologie fondamentale. (Ed) *Mc GrawHill*, Paris (France), 397 p.

- Renaudin C. (2011). Le paysannat cotonnier africain dans la mondialisation : impacts sociaux, économiques et géographiques. Le cas de la région Est du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne (France), 384 p.
- Renou A. & Brévault T. (2016). Ravageurs et maladies du cotonnier, et gestion intégrée des ravageurs. In : *Le cotonnier. Versailles*. (Ed), Quae, 109-154.
- Ritchie G.L., Bednarz C.W., Jost P.H. & Brown S.M. (2007). Cotton growth and development. Bulletin. The University of Georgia (USA), 16 p.
- Rihab L. (2016). Effets des bioinsecticides à base de *Bacillus thuringiensis* sur la physiologie intestinale de la Drosophile. Thèse de Doctorat de l'Université Nice Sophia Antipolis (France), 213 p.
- Rodrigues S. M. M., Miranda J. E., Porfirio R., Domingues C. A., Togola M., Hema S. A. O., Some N. H., Bonni G., Adegnika M. O., Doyam A. N. & Diambo B. (2013). Manuel de bonnes pratiques agricoles sur le coton, Brasilia, DF, Brésil: Embrapa, 89 p.
- Roschewitz I., Hücker M., Tscharnke T. & Thies C. (2005). The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108 :218-227.
- Saharaoui L. (2017). Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae): analyse faunistique et structure des communautés. Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse (France), 195 p.
- Saharaoui L., Hemptinne J.L. & Magro A. (2014). Biogéographie des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) d'Algérie. *Entomologie Faunistique*, 67: 147-164.
- Saharaoui L. (1998.) Systématique des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae). Institut National d'Agronomie, El-Harrach-Alger (Algérie), 24 p.
- Saharaoui L. (1994). Inventaire et étude des quelques aspects bio-écologiques des coccinelles entomophages (Coléoptère, Coccinellidae) en Algérie, *Journal of African Zoology*, 108 (6) : 538-546.
- Saharaoui L. (1988). Inventaire des coccinelles entomophages (Coléoptère, Coccinellidae) dans la plaine de Mitidja et aperçu bioécologique des principales espèces rencontrées, en vue d'une meilleure appréciation de leur rôle entomophage en Algérie. Thèse Doctorat, Université de Nice (France), 131 p.
- Sauvion N. & Joan V.B. (2013). Impacts des changements climatiques sur les interactions insectes-plantes: <https://www.researchgate.net/publication/269630990>, consulté 04/05/2020 à 20 h 10 min.
- Sément G. (1986). Le cotonnier en Afrique tropicale. (Ed), *Maisonneuve et Larose*, 129 p.

- Showalter A.M., Heuberger S, Tabashnik B.E. & Carrière Y. (2009). A primer for using transgenic insecticidal cotton in developing countries. *Journal of Insect Science*, 22 (9) : 1-39.
- Singh S.R., Walters K.F., Port G.R. & Northing P. (2004). Consumption rates and predatory activity of adult and fourth instar larvae of the seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (L.), following contact with dimethoate residue and contaminated prey in laboratory arenas. *Biological Control*, 30 : 127-133.
- Silvie P. & Gozé E. (1991). Estimation des pertes de production dues aux ravageurs du cotonnier au Tchad. *Coton et Fibres Tropicales*, 46 (1) : 15-27.
- Silvie P.J., Delvare G., Aberlenc H.P., Patrick Prudent, Santana H.G., Gomez V.A, Cardozo R & Michel B. (2014). Diversité des Arthropodes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. 2. Insectes prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes. *Entomologie*, 67 : 179-191.
- Somé N. H. (2007). Impact du coton Bollgard II sur la faune auxiliaire des insectes nuisibles du cotonnier. Cas de *Encarsia* sp. Parasitoïde de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleurodidae) à l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de DEA. Protection des végétaux. Université polytechnique de Bobo Dioulasso (Burkina faso), 56 p.
- Soro L., Soro S., Yobouet N.L. & Ochou G.O., (2020). Spatial and temporal dynamics of Coccinellidae (Coleoptera) and Formicidae (Hymenoptera): Two families of beneficial insects, in cotton fields in the Tchologo region (Northern Côte d'Ivoire), *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8 (2) : 1047-1053.
- Ssymank A., Kearns C.A., Pape T. & Thompson F.C. (2008). Pollinating flies (Diptera): a major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity*, 9: 86-89.
- Tchibozo S. (1995). Inventaire préliminaire des ravageurs et des ennemis naturels du cotonnier du département de l'Ouémé au Bénin. *Tropicultura*, 13 (4) : 160-163.
- Tchuenguem F.F.N., Messi J. & Pauly A. (2001). Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, 56 : 179-188.
- Thomas L., Emilie B., Damien P. L., Ju L. C, Cheng D., Liu Y Zheng F.Q., Eric H C B. & Frédéric F. (2011). Evaluation de la diversité des pucerons et de leurs ennemis naturels en cultures maraîchères dans l'est de la Chine, *Entomologie faunistique*, 64 (3) : 63-71.
- Tomassone R., Dervin C. & Masson J.P. (1993). Biométrie : Modélisation des phénomènes biologiques. (Ed), *Masson*, Paris (France), 553 p.
- Traoré O. (2008). Les succès de la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest, 67ème réunion plénière de l'ICAC. Ouagadougou (Burkina Faso), 11 p.

- Tscharntke T. (2000). Parasitoid populations in the agricultural landscape. *Parasitoid Population Biology*, (Ed), Parasitoid population biology, 235-254.
- Tschinkel W. R. (1993). Resource allocation, brood production and cannibalism during ~ colony founding in the fire ant *Solenopsis invicta*. *Behavioral Ecology Sociobiology*, 33: 209-223.
- Tuo Y. (2013). Etat de l'entomofaune des inflorescences du palmier à huile en Côte d'Ivoire : Cas de la station de la Mé. Thèse de Doctorat de l'Université Felix Houphouët Boigny, (Côte d'Ivoire), 204 p.
- Vachon V., Laprade R. & Schwartz J.L. (2012). Current models of the mode of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: A critical review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 111 : 1-12.
- Vaissayre M. & Cauquil J. (2000). Principaux ravageurs et maladies du cotonnier en Afrique au Sud du Sahara. CIRAD-CTA, 60 p.
- Van M. P. & Cuc N.T.T. (2007). Ants as Friends: Improving your Tree Crops with Weaver Ants (2nd Edition). Africa Rice Center (WARDA), Cotonou (Benin), and CABI, Egham (United Kingdom), 72 p.
- Van R., Marc H.V., Fauquet C. M., Bishop D. H. L., Carstens E. B., Estes M. K., Lemon S. M. & Maniloff J. (2005). Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses. 8th Report of the *International Committee on Taxonomy of Viruses*. *Academic Press*, 3-8.
- Vaissayre M., Cauquil, J. & Silvie P. (1995). Protection phytosanitaire du cotonnier : Méthodes et moyens de lutte intégrée contre les ravageurs. *Agriculture et Développement*, (8): 4-23.
- Vaissayre M. (1982). Méthodes d'échantillonnage des populations d'insectes dans les cultures cotonnières d'Afrique. *Entomophaga, special issue*, 34 : 25-29
- Vaitilingom G. (2006). Utilisations énergétiques de l'huile de coton. *Cahiers agricultures* 15 (1) : 144-149.
- Vodounnon S. (1995). La lutte étagée ciblée en culture cotonnière au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, 12 : 6-14.
- Weber N.A. (1982). Fungus ants in : Social Insects (H. Hermann, Ed.), *Academic Press New York*, 255-363.
- Wendel J.F. & Cronn R.C. (2002). Polyploidy and the evolutionary history of cotton. *Advances in Agronomy*, 87 : 139-186.

- Zagbaï S.H., Berti F. & Lebailly P, (2006). Impact de la dynamique cotonnière sur le développement rural. Étude de cas de la région de Korhogo, au Nord et au Centre de la Côte d'Ivoire. *Biotechnologie, Agronomie, Sociologie et Environnement*, 10 (4) : 325–334.
- Zagbaï S.H. (2005). Evaluation de l'impact du coton sur le développement. Cas de la région de Korhogo au nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (France), Unité d'Économie et Développement Rural, 243 p.
- Zitouni D. & Douar K. (2017). Étude bioécologique de la faune auxiliaire des aphides de poivron sous serre. Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem (Algérie), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 69 p.



PUBLICATIONS

Publications issues de la thèse

SORO L., SORO S., Yeboue NL. OCHOU O G. (2020). Spatial and temporal dynamics of Coccinellidae (Coleoptera) and Formicidae (Hymenoptera): Two families of beneficial insects, in cotton fields in the Tchologo region (Northern Côte d'Ivoire). Journal of Entomology and Zoology Studies, 8(2): 1047-1053 www.entomoljournal.com/

SORO L., SORO S, YOBOUE N. L., OCHOU G. O., MENOZZI P., FONDIO D. (2020). Influence du contexte spatial et quelques facteurs climatiques sur la dynamique de trois espèces de Syrphidae (Insecta: Diptera) du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. dans la région du Tchologo en Côte d'Ivoire. Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.45 (3): 8038-8052 <https://doi.org/10.35759/>

SORO L., SORO S, COULIBALY T, FONDIO D, KOUAKOU M. (2021) “Effect of three synthetic chemical insecticides on *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera: Coccinellidae), a predatory insect in cotton field in Ferkessedougou, northern Côte d'Ivoire.” IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS), 14(2), 2021, pp. 14-20. DOI: 10.9790/2380-1402021420 www.iosrjournals.org/

Communications orales

SORO L., SORO S., YEBOUE N L. (2019). Entomofaune utile du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. : Inventaire et effets de quelques facteurs agro-écologiques sur la dynamique des populations dans la région du Tchologo en Côte d'Ivoire. 23ème réunion et conférence de l'Association Africaine des Entomologistes (AAIS). 18-22 Novembre 2019, Abidjan (Côte d'Ivoire). Livre des résumés, p. 76

ARTICLE 1 : Publié à *Journal of Entomology and Zoology Studies*

Spatial and temporal dynamics of Coccinellidae (Coleoptera) and Formicidae (Hymenoptera):
Two families of beneficial insects, in cotton fields in the Tchologo region (Northern Côte
d'Ivoire).

Peer Reviewed Journal, Refereed Journal, Indexed Journal

JEZS 2020, 8(2): 1047-1053 www.entomoljournal.com



E-ISSN: 2320-7078
P-ISSN: 2349-6800
www.entomoljournal.com
JEZS 2020; 8(2): 1047-1053
© 2020 JEZS
Received: 13-01-2020
Accepted: 15-02-2020

L Soro
Jean Lorougnon Guédé
University (UJLoG), Daloa P.O.
Box 150, Côte d'Ivoire

S Soro
Jean Lorougnon Guédé
University (UJLoG), Daloa P.O.
Box 150, Côte d'Ivoire

NL Yeboue
Jean Lorougnon Guédé
University (UJLoG), Daloa P.O.
Box 150, Côte d'Ivoire

O Germain Ochou
National Center for Agronomic
Research (CNRA), Station of
Bouaké, Entomology laboratory,
Abidjan 13 P.O. Box 150,
Côte d'Ivoire

Corresponding Author:
L Soro
Jean Lorougnon Guédé
University (UJLoG), Daloa P.O.
Box 150, Côte d'Ivoire

Spatial and temporal dynamics of Coccinellidae (Coleoptera) and Formicidae (Hymenoptera): Two families of beneficial insects, in cotton fields in the Tchologo region (Northern Côte d'Ivoire)

L Soro, S Soro, NL Yeboue and O Germain Ochou

Abstract

This study was conducted to analyse spatio-temporal dynamics and the impact of rainfall and temperature on two beneficial insect-families in cotton farms in Côte d'Ivoire, Formicidae and Coccinellidae. They contribute to reduce the pest populations in the cotton farms. Data were collected in four localities treated with chemical vulgarized. Sampling, of rainfall and temperature data were collected respectively by direct counting, capture with mowing net, traps, rain gauges and thermo-hygro-meters installed. We have inventoried 7675 insects including 93% for the Formicidae and 7% for the Coccinellidae. Analysis of variance, showed that there is a significant difference in abundance of Formicidae but there is no significant difference between the population of Coccinellidae. Rainfall and temperature have not affected the dynamics of beneficial insects populations. Knowledge of those beneficial insects is important to develop an integrated cotton pests control methods.

Keywords: Cotton, beneficial insects, Formicidae, Coccinellidae, Côte d'Ivoire

1. Introduction

Cotton is most fiber's crop grown in the world. Approximately, 26 million tons of cotton fiber are produced annually^[1]. China, United States, India and Pakistan produces more than 60% of cotton fiber^[2]. Worldwide, West Africa produce only 5% of international production. In Africa countries the cotton contributes considerably to the employment and income of rural populations^[3,4].

Cotton play a strategic position in the agricultural economy of the savannah areas, because of his important role to the socio-economic development of these populations^[4, 11]. In addition, cotton cultivation has contributed to modernize the agriculture in these areas through mechanization and crop intensification. It also contribute to the improvement of the living conditions of rural populations, the organization of cooperative movement and industrial development through the construction of factories^[5,4]. However, cotton production is faced to many constraints that deteriorate its production and causes economical drop for producers and cotton companies. In particular, the parasitism caused by insects and other arthropods is particularly important and diversified^[6]. They cause a significant drope of the yield, in a proportion of 50 to 75% without phytosanitary protection^[7-10]. According to Matthews^[11] mentioned by Castella^[12], cotton predatory insects includes no less than 1000 species, some of them are present in all production areas in the world. Several control strategies have been developed in order to maintain pest population at economically acceptable levels^[13, 9]. These include chemical control, agricultural practices and varietal control. However, although many studies have shown the importance of beneficial insects in the context of integrated protection. This method is still very limited and vulgarised in rural areas in Côte d'Ivoire, particularly in cotton growing zones. A better knowledge of the main beneficial insects present in cotton fields in Côte d'Ivoire and particularly in the Tchologo region and their role in crop protection should be a first step towards developing an integrated pests control program in a context of reducing pesticide use and environment preservation. The main objective of the present study was to evaluate the spatio-temporal dynamics and the impact of the rain and temperature on Formicidae and Coccinellidae populations. Specifically, the objective is to forecast population variations and to understand the environmental influences on their dynamics. This will allow the action of beneficial insects to be taken into account in an integrated pest management program.

2. Materials and Methods

2.1 Study sites

The work was realized in the cotton cultivation areas, (9° 35' 00" north, and 5° 11' 00" west) located in the north of Côte d'Ivoire (Figure 1). The climate is Sudanese type with two

main seasons. A dry season from November to April characterized by harmattan with peaks in December and February and a rainy season from May to October with peaks in August and September. Annual rainfall fluctuates between 1000 mm and 1400 mm (Figure 2).

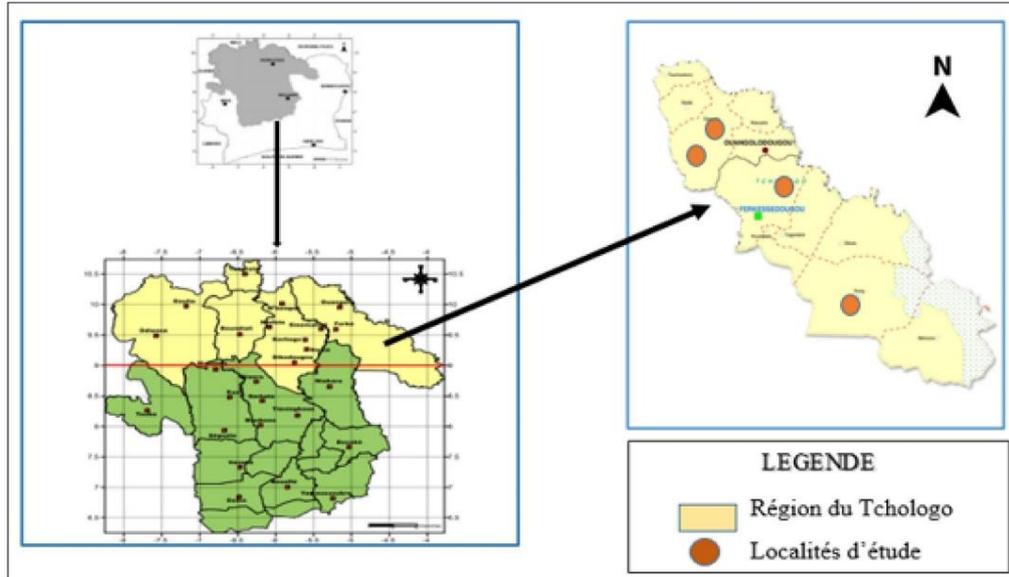


Fig 1: Study sites

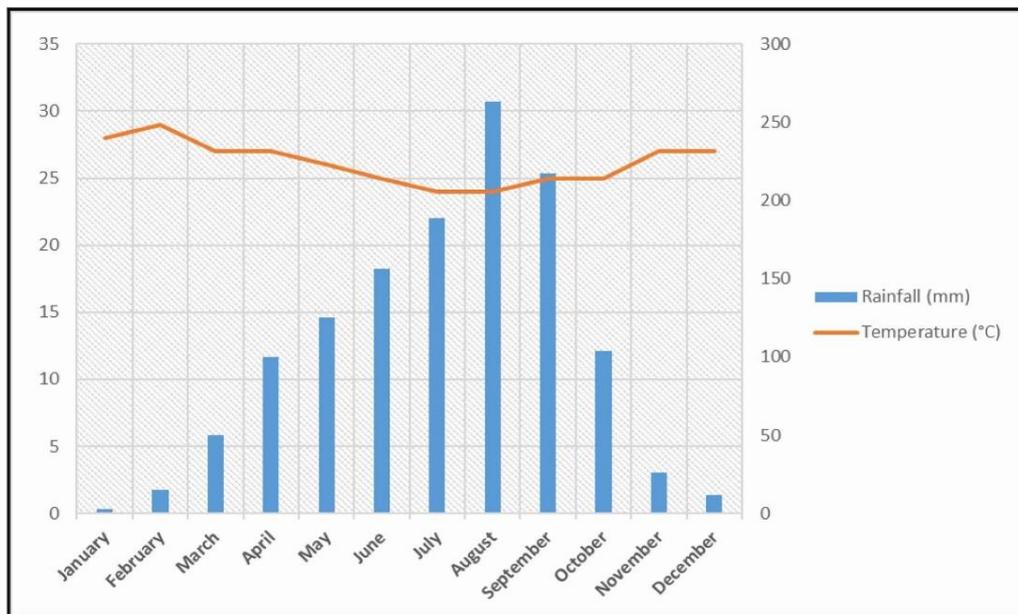


Fig 2: Umbro-thermal diagram

2.2 Choice of plots by sites

In the Tchologo region, four (4) cotton production areas were selected and forty (40) farmer plots were chosen, with ten (10) plots per zone. The farmer plots were distributed

proportionally over the main sowing periods in the region. Each observation plot measures a quarter (1/4) of a hectare, or (2500 m²).

2.3 Insects sampling

Capture with mowing nets and collection by hand method have been used for the sampling. According to Kumar [14] a significant number of samples can justify the precision of the results obtained. Insect collections were made between July and October 2018, using a mowing net and pitfall, during the period of insect activity in the cotton farms. All samples were collected at least 10 m from the field borders, in order to capture only insects living inside the plots. Adult of Coccinellidae were captured using mowing nets or by hand. Formicidae and Coccinellidae larvae were captured using plastic pitfall inserted into the ground and filled with a preservation liquid. In each plot, two traps were placed 10 m from each other. The datas were collected every week between July and October. On each observation plot, a series of 15 counts of beneficial insects was also carried out on average from 30th days after rising, at regular intervals of one week, until the 128th day of the plant cycle. Beneficial insects were counted plant by plant, on a sample of 30 plants taken in groups of 5 consecutive plants per row, following the sequential method known as the 'diagonal' method [15], beneficial insects were collected by four (4) agents from the Research and Development Department of the cotton company. They have been trained for this purpose. Rainfall and temperature datas were also collected.

2.4 Data analysis

The data obtained were subjected to a one-factor analysis of variance (ANOVA 1) at the 5% threshold and ecological indices of gama and alpha diversity were determined using Past 3.2.6 software.

3. Results

3.1 Data sampling

We have inventoried 7675 insects (Table 1). The Formicidae is the most important family with 6373 individus collected, that represent 93% of the insects. The highest numbers of insects were collected in Kong (59%) and Diawala (19%) localities. Specifically, the species *Camponotus maculatus*, *Camponotus sericeus* and *Messor galla* are more abundant with respectively (28%, 26% and 24% species), followed by *Pheidole* sp (10% species). Coccinellidae are present with 1302 species, that represent 7% of all insects captured. *Cheilomenes sulphurea* is the most important species in all the cotton plots with 1044 individus collected, it represents 80% of the Coccinellidae. *Delphatus pusillus* is the least abundant with 61 individus, which is 5% of the total number of Coccinellidae. The localities of Kong (722 individus) and Korokara (277 individus) have the highest number of Coccinellidae of all species combined. Diawala (186 individus) and Kaouara (117 individus) have the lowest abundance of Coccinellidae.

Table 1: Distribution of insects inventoried by order, families and species according to localities in the Tchologo region

Order	Families	Species	Korokara	Diawala	Kaouara	Kong	Total areas
Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus maculatus</i>	32	313	149	1272	1766
		<i>Camponotus acvapimensis</i>	88	8	0	199	295
		<i>Camponotus sericeus</i>	233	486	107	826	1652
		<i>Palothureus tarsatus</i>	32	0	0	18	50
		<i>Messor galla</i>	172	351	102	928	1553
		<i>Pheidole</i> sp	177	67	134	232	610
		<i>Monomorium dakarene</i>	32	19	0	355	406
		<i>Monomorium afrum</i>	41	0	0	0	41
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Cheilomenes sulphurea</i>	216	157	117	554	1044
		<i>Cheilomenes propinqua vicini</i>	38	19	0	140	197
		<i>Delphatus pusillus</i>	23	10	0	28	61
		Total	1084	1430	609	4552	7675
Percentage of Formicidae			74%	94%	68%	84%	93%
Percentage of Coccinellidae			26%	6%	32%	16%	7%

3.2 Spatial distribution of Formicidae and Coccinellidae

Presence of Formicidae was observed in all the plots. The highest abundance of insects was recorded in Kong, with dominance of the species *Camponotus maculatus* (1272 individus), *Camponotus sericeus* (826 individus), *Messor galla* (928 individus) followed by *Pheidole* sp and *Monomorium dakarene* respectively with 232, 355 individus. All the species were observed in all sites with mixed numbers. However, at Kaouara the lowest abundance of insects was recorded with total absence of *Camponotus acvapimensis*, *Palothureus tarsatus*, *Monomorium dakarene* and *Monomorium afrum* (Figure 3). The specific richness (S) of Formicidae is important in all the localities. The highest number of species was recorded in Korokara (8 species), followed by Kong (7 species). Shannon wiener (H') and Pielou (E) index values trend in the same direction as the

specific richness (Table 2). Analysis of variance show that there is significant difference between abundance of species captured in the localities (df = 31, F = 4.08 and P = 0.015). Coccinellidae was captured in all the localities. *Cheilomenes sulphurea* is the most abundant specie with mixed numbers. *Delphatus pusillus* is rare in the plots with an absence in Kaouara locality. Korokara, Diawala and Kong sites, recorded the greatest specific richness with 3 species while in Kaouara locality only one species was captured (Figure 4). The low values of Pielou equitability index vary between 0.48 and 0.61 (Table 3). Its show that the distribution of Coccinellidae in the different localities is not equal between them. Analysis of variance show that there is no significant difference between abundance of species captured in the localities (df = 11, F = 0.99 and P = 0.44).

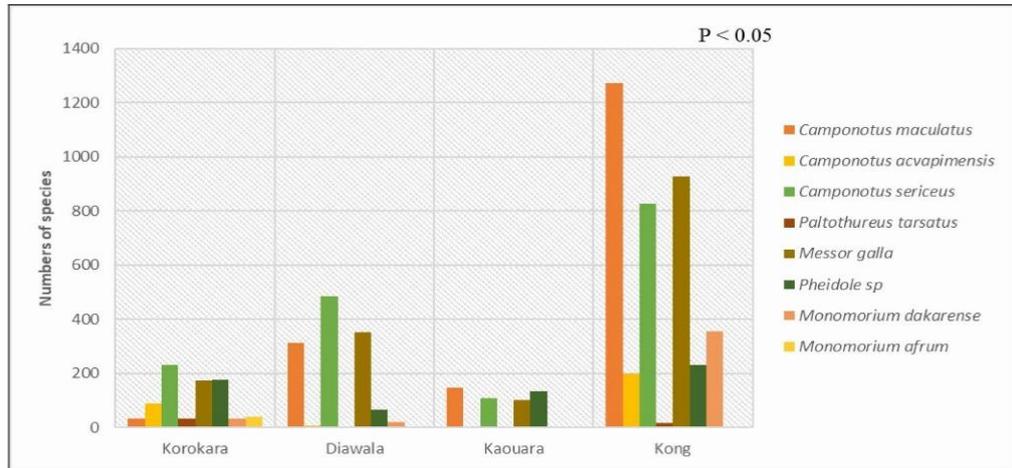


Fig 3: Spatial distribution of Formicidae

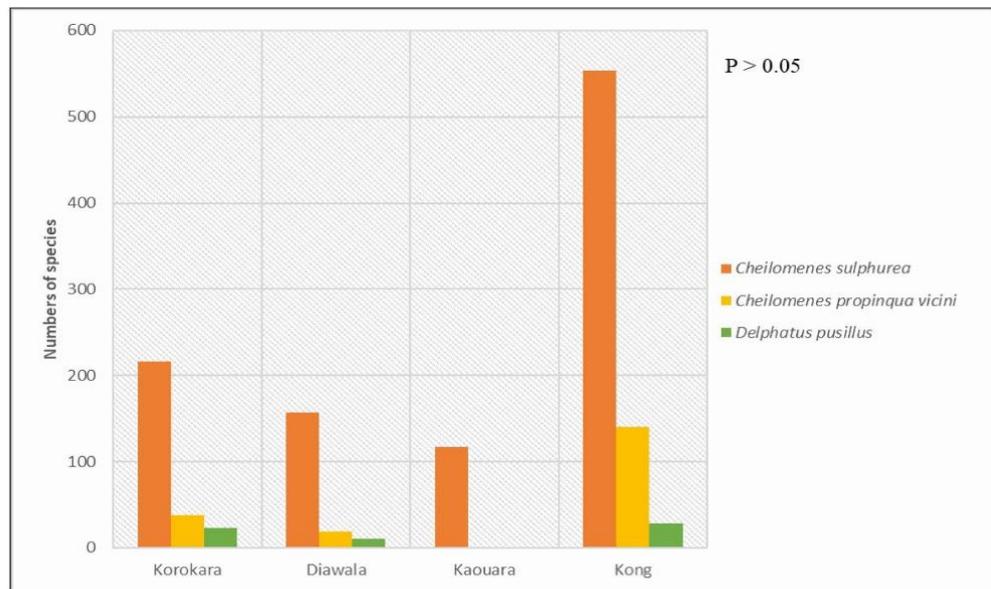


Fig 4: Spatial distribution of Coccinellidae

Table 2: Ecological index of Formicidae

Localities	Specific Richness (S)	Individus (N)	Shannon Weaner (H')	Pielou equitability (E)
Korokara	8	807	1.798	0.864
Diawala	6	1344	1.292	0.721
Kaouara	4	492	1.374	0.991
Kong	7	3830	1.610	0.827

Table 3: Ecological index of Coccinellidae

Localities	Specific Richness (S)	Individus (N)	Shannon Weaner (H')	Pielou equitability (E)
Korokara	3	277	0.673	0.612
Diawala	3	186	0.533	0.485
Kaouara	1	117	0	
Kong	3	722	0.643	0.589

3.3 Weekly fluctuations of Formicidae and Coccinellidae

The most important peak of Formicidae captures started the last week of July (143 individuals of Formicidae) in Korokara (Figure 5a). Formicidae abundance dropped in October compared to the captures of Coccinellidae which were observed during the period of the study, from July to October. Weekly fluctuations of the two beneficial insects families observed in Diawala locality (Figure 5b) show that the number of insects observed varies according to the weeks. The most important peak of Formicidae were reached during the second week of August, 2018. Indeed, this important

population would be due to the infestation of cotton plots by aphids in August. In Kaouara plots, Formicidae populations were present during the study period, Coccinellidae were observed from July to the end of September with two peaks in August, the most important one (36 individuals) during the 3rd week of August 2018 (Figure 5c). In Kong cotton plots, Formicidae and Coccinellidae were observed from the beginning of the inventories. The first peak of Formicidae was observed as early as the third week of capture (602 individuals). The number of Coccinellidae was relatively constant from the beginning to the end of the observations in October 2018.

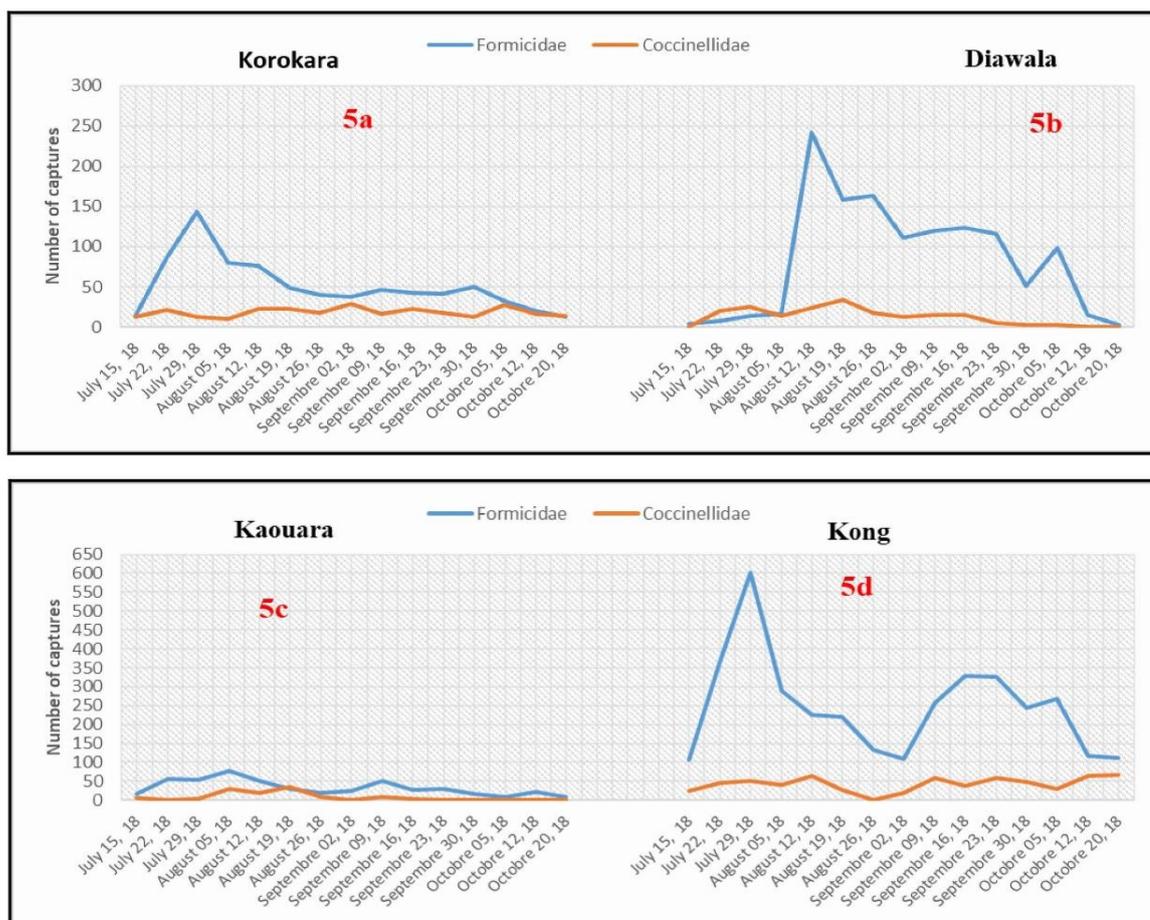


Fig 5: Weekly fluctuations of Formicidae and Coccinellidae

3.4 Influence of Rainfall on Population Dynamics

August and September 2018 were more watered. Overlay graphs of the temporal distribution of Formicidae and Coccinellidae and the evolution of rainfall shows that peaks of insects populations are independent of rainfall in all localities (Figure 6). The dynamics of the Formicidae and Coccinellidae are not influenced by rainfall.

3.5 Influence of temperature on population dynamics

Temperature data were relatively constant over the study period. The temperature fluctuated between 24 °C and 26 °C. Overlaying the graphs (Figure 6) shows that there is no coincidence between the temperature variations recorded during the surveys and the fluctuations of the Formicidae and Coccinellidae populations.

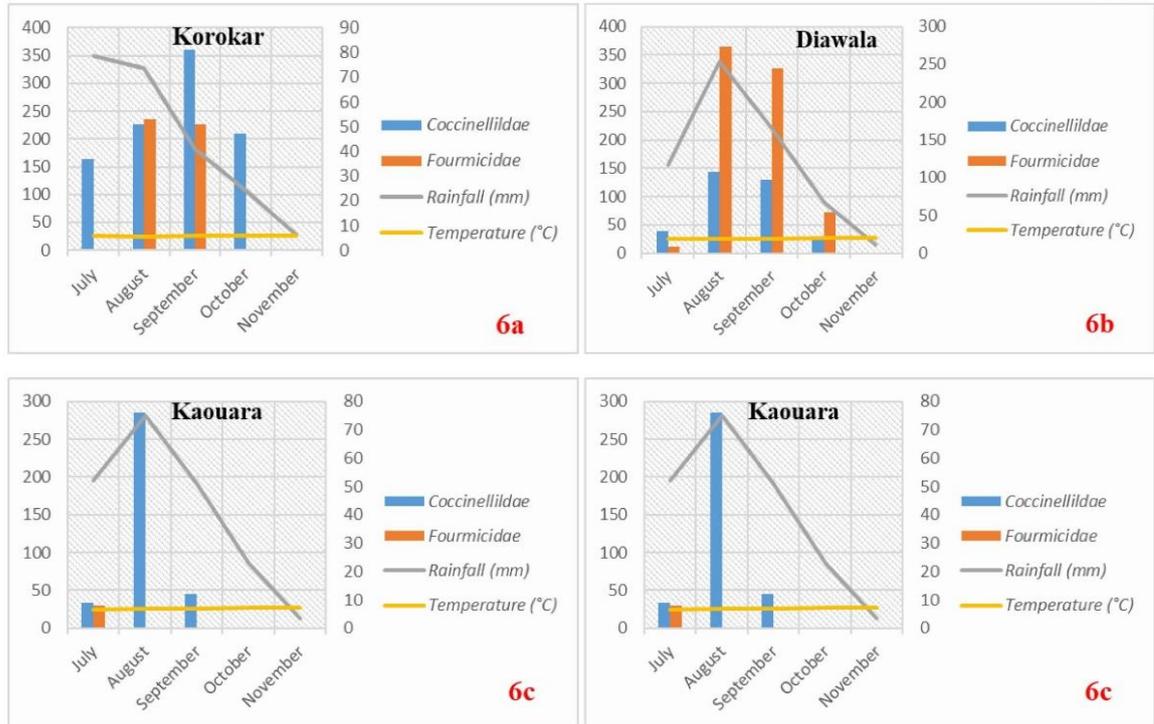


Fig 6: Influence of rainfall and temperature on the dynamics of Formicidae and Coccinellidae

4. Discussion

This work, conducted in 2018, made it possible to collect an important but probably non-exhaustive population of beneficial insects of Coleoptera and Hymenoptera from cotton plots in the Tchologo region. These are: *Camponotus* sp, *Pheidole* sp and *Messor* sp for Formicidae and *Cheilomenes* sp and *Delphatus* sp Coccinellidae. These results are similar to those obtained by Sigrist *et al* (1994) ^[16] in a study of the non-intentional effects of pesticides on beneficial insects of cotton in Chad. The work done by Galva (1993) ^[17] had also noted the presence of several beneficial insects in the cotton fields in northern Cameroon, including several species of Formicidae and Coccinellidae. Also, according to Hamiti and Bouchaala (2013) ^[18], the role of biocontrol crop species is important. They have the advantage to be non-toxic. The study of the spatio-temporal dynamics of the two families of the beneficial insects of cotton is by alternating high and low population densities according to time and space. Density fluctuations of insects populations observed during the study has been done according to the areas and the species. Thus, peaks of Formicidae and Coccinellidae were observed between August and September in all localities. Tuo's work in 2013 ^[19] showed that the peaks of palm entomofauna species vary according to the study site. In order to appreciate the influence of climatic factors on the two families of cotton beneficial insects, the variation of rainfall and temperature graphs in relation with time were compared for each family. This analysis showed that climatic factors did not significantly influence insect dynamics in the cotton plots. These results are confirmed by Mariau *et al.* (1991) ^[20] and Tuo (2013) ^[19] who indicated that there is no significant

relationship between the emergence of insects in general and climatology. The beneficial insects studied were observed throughout the cotton cycle, which could be explained by the fact that during the development cycle the climate influences the development of the plants that serve as a biotope, Chararas, (1959) ^[21] for the insects. According to Koné *et al* 2017 ^[22], the parasite distribution currently observed in the cotton production areas could be due to high rainfall intensity.

5. Conclusion

From the present investigation it can be concluded that Formicidae and Coccinellidae are among the most important beneficial insects presents in cotton farms. After the investigation in 2018, 1798 specimens have been recorded. The spatial distribution analysis show that the Formicidae and Coccinellidae are present in all the study localities during the cycle of the cotton plants and then the climatic factors don't influence their abundance. It would therefore be important to take into consideration the action of beneficial insects in the development of cotton pest control programs in Côte d'Ivoire.

6. Acknowledgement

We would like to thank the staff of Research and Development Department of SECO-SA for the collection of insects and Professor Yéo Kolo and his team of Lamto Ecological Station for the identification of specimens.

7. References

1. Aïwa A. L'impact de la culture du coton sur le développement socio-économique : étude de cas de la région de Korhogo, au nord de la cote d'ivoire. European

- Scientific Journal. 2015; 11(31):1857-7881
2. Fabio B, Jean-Luc H, Zagbaï HS, Lebaillly P. Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 2006; 10(4):271-280.
 3. Matthes A, Van Den AE, Chougourou D, Midingoyi J. S. Le coton au Bénin : Compétitivité et durabilité de cinq systèmes culturaux cotonniers dans le cadre de la filière, BMZ-GTZ/MAEP, Cotonou. 2005, 201
 4. Soro L. Dynamique cotonnière en Côte d'Ivoire et analyse des impacts socio-économiques : Cas de la SECO. Mémoire de Master professionnel du groupe IFPG-ISFPT, Négocier des matières premières agricoles. 2014, 94
 5. Zagbaï SH. Evaluation de l'impact du coton sur le développement. Cas de la région de Korhogo au nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Unité d'Économie et Développement Rural. 2005, 243
 6. Vaissaire M, Cauquil J, Silvie P. Protection phytosanitaire du cotonnier : Méthodes et moyens de lutte intégrée contre les ravageurs. *Agriculture et Développement*. 1995; (8):4-23.
 7. Ochoy OG. Lutte contre les maladies et arthropodes du cotonnier. Note technique IDESSA-DCI / FC /PDC. 1998, 46
 8. Rafalimanana HJ. Evaluation des effets d'insecticides sur deux types d'Hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) et des parasitoïdes de pucerons: études de terrain à Madagascar et de laboratoire en France. Thèse de Doctorat de De l'institut national agronomique paris- grignon. 2003 ; 206
 9. Badiane D., Gueye MT., Cole EV., Faye O., Gestion intégrée des principaux ravageurs du cotonnier au Sénégal et en Afrique occidentale. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2015; 9(5):2654-2667
 10. Sarr M, Badiane D, Sane B. Evaluation de l'efficacité de nouveaux programmes de protection phytosanitaire contre les principaux ravageurs du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2016; 10(5):2163-2174.
 11. Matthews GA. Cotton insect pests and their management. Harlow, Essex, UK : Longman Scientific & Technical ; New York : Wiley, 1989; 633(5):19
 12. Castella JC. Stratégies de lutte contre les insectes ravageurs dans les systèmes de culture cotonniers en Thaïlande: Logiques actuelles et propositions pour une gestion durable. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, Sciences Agronomiques, 1995; 152 (4):339
 13. FAO. Gestion intégrée de la production et des prédateurs du coton, guide du facilitateur pour les champs écoles des producteurs, 2014; 208280(4):89
 14. Kumar R. La Lutte Contre les Insectes Ravageurs ; la Situation de l'Agriculture Africaine. Paris, France. 1991, 310
 15. Nibouche S, Beyo J, Goze E. Mise au point de plans d'échantillonnage pour la protection sur seuil contre les chenilles de la capsule du cotonnier. Colloque Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis, Garoua, Cameroun. hal-00140842. 2003, 5
 16. Sigrist JC, Martin T, Renou A. Effets non intentionnels des pesticides sur l'entomofaune utile des cotonniers ; CIRAD, unité de recherche entomologie appliquée. 1994, 9
 17. Galva P. Contribution à l'étude des auxiliaires naturels en culture cotonnière paysanne au Nord Cameroun. Mémoire de fin d'études, CNEARC Montpellier, France, 1993, 76
 18. Hamiti Y, Bouchaala H. Inventaire des coccinelles prédatrices pouvant être utilisées dans un cadre de lutte biologique dans la région de Ouargla, Mémoire de master académique, Département des Sciences Agronomiques, Sciences de la Nature et de la Vie. 2013, 94
 19. Tuo Y. Etat de l'entomofaune des inflorescences du palmier à huile en Côte d'Ivoire : Cas de la station de la Mé. Thèse de doctorat de l'Université Felix Houphouët Boigny, entomologie agricole. 2013, 204
 20. Mariau D, Houssou M, Lecoustre R, Ndigui B. Insectes pollinisateurs du palmier à huile et taux de nouaison en Afrique de l'ouest. Oléagineux. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches. Université des Sciences et Technologies de Lille. 1991; 46(2):43-49 Chararas. C. Influence des conditions climatiques sur l'évolution des Scolytides, *Compte Rendu de plusieurs années d'expérimentation dans les forêts de Haute-Savoie*. 1958, 33
 21. Koné PWE, Ochoy GEC, Didi GJR, Dekoula SC, Kouakou M, Bini KKN. *et al.* Evolution spatiale et temporelle des dégâts du jasside *Jacobiella facialis* Jacobi, 1912 (Cicadellidae) en comparaison avec la distribution de la pluviométrie au cours des vingt dernières années dans les zones de culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2017; 11(3):1190-1201.

ARTICLE 2 : Publié à *Journal of Animal & Plant Sciences*

Influence du contexte spatial et quelques facteurs climatiques sur la dynamique de trois espèces de Syrphidae (Insecta: Diptera) du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. dans la région du Tchologo en Côte d'Ivoire.

J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.45 (3): 8038-8052 <https://doi.org/10.35759/>

Influence du contexte spatial et quelques facteurs climatiques sur la dynamique de trois espèces de Syrphidae (Insecta: Diptera) du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. dans la région du Tchologo en Côte d'Ivoire

SORO Lacina^{1*}, SORO Senan¹, YOBOUE N'guessan Lucie¹, OCHOU Germain Ochou², MENOZZI Philippe^{3,2}, FONDIO Drissa¹

¹ Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), Daloa B.P 150, Côte d'Ivoire Email : sorolacina1@gmail.com; soro_senan2000@yaboo.fr; yebouelucile@yaboo.fr; fondiodrissa35@gmail.com

² Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Bouaké, Laboratoire d'entomologie, Abidjan 13 B.P 150, Côte d'Ivoire. Email: ochougermain@yaboo.fr

³ Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Dpt PERSYST, UPR 115 AIDA – Montpellier France. Email : mendoza@cirad.fr,

*Auteur correspondant : Email : sorolacina1@gmail.com Tel : +225 07 72 67 17 / +225 05 55 09 45

Mots clés : Coton, *I. aegyptius* *E. balteatus* *S. scripta*, facteurs climatiques

Keywords: Cotton, *I. aegyptius* *E. balteatus* *S. scripta*, cultural practices

1. RESUME

Il existe une diversité d'insectes utiles qui participent à la régulation des populations des insectes ravageurs dans les parcelles cotonnières. Parmi ceux-ci, les espèces appartenant à la famille des Syrphidae jouent un rôle important en s'alimentant essentiellement de pucerons au stade larvaire et en étant pollinisateurs au stade adulte. Les espèces *Ischiodon aegyptius* (Wiedemann, 1830), *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776) et *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758) ont été suivies dans le but d'identifier quelques facteurs climatiques, notamment la pluviométrie, la température et l'humidité relative de l'air qui influencent leur densité dans les parcelles de Korokara, Diawala, Kaouara et Kong. Les captures à la main, à l'aide de filet fauchoir et de pots barbers ont été effectuées dans 40 parcelles cotonnières. Les résultats ont montré que la pluviométrie n'influence pas significativement *I. aegyptius* ($r = -0,29$; $p = 0,09$) et de *E. balteatus* ($r = -0,24$; $p = 0,15$) dans la localité de Korokara. A Diawala la température est corrélée négativement mais n'influence pas significativement *I. aegyptius* ($r = -0,09$; $p = 0,59$), *E. balteatus* ($r = -0,21$; $p = 0,59$) et *S. scripta* ($r = -0,17$; $p = 0,32$). Une corrélation négative mais non significative est observée entre l'humidité relative de l'air et la densité de *I. aegyptius* ($r = -0,10$; $p = 0,56$) et de *E. balteatus* ($r = -0,089$; $p = 0,61$). Les fluctuations de densité des espèces de Syrphidae dans les différentes localités semblent ne pas être influencées par les facteurs climatiques.

ABSTRACT

There is a diversity of beneficial insects that contribute to the regulation of insect pest populations in cotton plots. Among these, species belonging to the family of Syrphidae play an important role by feeding essentially on aphids in the larval stage and being pollinators in the adult stage. The species *Ischiodon aegyptius* (Wiedemann, 1830), *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776) and *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758) were followed in order to identify some climatic factors influencing their abundance in the plots of Korokara, Diawala, Kaouara and Kong. Capture by hand, using mowing nets and barber pitfall was carried out in 40 cotton plots. Results showed that rainfall did not significantly influence *I. aegyptius* ($r = -0.29$; $p=0.09$) and *E. balteatus* ($r = -0.24$; $p=0.15$) in Korokara locality. At

Diawala the temperature is negatively correlated but does not significantly influence *I. aegyptius* ($r = -0.09$; $p = 0.59$), *E. balteatus* ($r = -0.21$; $p = 0.59$) and *S. scripta* ($r = -0.17$; $p = 0.32$). A negative but non-significant correlation was observed between hygrometry and density of *I. aegyptius* ($r = -0.10$; $p = 0.56$) and *E. balteatus* ($r = -0.089$; $p = 0.61$). The fluctuations of Syrphidae species in the different localities seem not to be influenced by climatic factors.

2. INTRODUCTION

L'utilisation abusive des pesticides de synthèse dans la protection phytosanitaire du cotonnier en Côte d'Ivoire, combinée aux pratiques culturales dans un contexte de changement climatique et d'intensification des cultures, menace la viabilité du système de production (Duhaim et Pinel, 2005; Koffi et al, 2018). Plusieurs travaux de recherches ont montré les risques liés à l'utilisation massive et abusive des pesticides de synthèse notamment au niveau de la santé humaine et de l'environnement (Liliana, 2007; Dorothée, 2011). La recherche de méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique s'avère donc nécessaire. Ainsi plusieurs études ont démontré le rôle indispensable de l'entomofaune utile dans la régulation des populations d'insectes ravageurs dans les exploitations agricoles (Stève et Robert, 2013; Soro et al. 2020). C'est le cas des Syrphidae qui sont des diptères présents dans les parcelles cotonnières. Certaines larves sont aphidiphages, d'autres saprophages ou encore mycophages

(Duhautois, 2010; Caetano, 2019). Quant aux adultes, ils sont pour la plupart polliniphages et nectariphages (Leroy et al., 2011; Caetano, 2019). Ces caractéristiques les rendent utiles pour la production agricole. A l'état larvaire, ils luttent contre les ravageurs de cultures principalement les pucerons ou à l'état adulte comme pollinisateurs. Cependant, certains facteurs clés tels que les facteurs climatiques et quelques pratiques culturales pourraient jouer un rôle important dans la régulation des populations des Syrphidae. Pour une meilleure gestion des espèces présentes dans les parcelles cotonnières, il est indispensable d'identifier les facteurs susceptibles de réguler leurs populations. Ce travail vise à étudier l'influence du contexte spatial et de quelques facteurs climatiques sur *I. aegyptius*, *E. balteatus* et *S. scripta*, trois insectes utiles abondants dans les parcelles cotonnières, en vue de proposer une meilleure méthode de gestion. Spécifiquement, leur fluctuation sous l'effet des facteurs climatiques sera évaluée.

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Matériel

3.1.1 Zone d'étude : Les travaux ont été réalisés dans le bassin cotonnier, précisément dans la région administrative du Tchologo (9° 35' 00" nord, et 5° 11' 00" ouest) dans les localités de Korokara, Diawala, Kaouara et Kong, situées au nord de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Le climat est de type soudanais avec deux grandes saisons :

une saison sèche de novembre à avril caractérisée par le harmattan avec pour points culminants décembre et février et une saison pluvieuse de mai à octobre avec des pics en août et septembre. La région du Tchologo a une température moyenne annuelle de 26,4°C et une pluviométrie de 1260 mm.



Figure 1 : Zone d'étude

3.1.2 Matériel végétal : L'étude a été réalisée avec six variétés de cotonnier *Gossypium hirsutum* L. Il s'agit de GOUASSOU F1, SICAMA V1, Y 616 B, Y 331 C, Y 331 BLT et W 766 C. Ces variétés sont vulgarisées pour leurs performances agronomiques (variétés à haut potentiel de rendement de 4000 kg/ha) et leurs tolérances à certaines maladies telles que la virescence florale et la fusariose en milieu paysan (N'guessan *et al.*, 2018).

3.1.3 Matériel animal : Le matériel animal est constitué de trois espèces de Syrphidae (Diptera), les plus abondantes : *Ischiodon aegyptius* (Wiedemann, 1830), *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758).

3.2. Méthodes

3.2.1. Dispositif expérimental : Quarante parcelles paysannes ont été sélectionnées, à raison de dix parcelles par zone. Les parcelles paysannes ont été proportionnellement réparties sur les principales décades de semis dans la région. Chacune des parcelles d'observations mesure un quart (1/4) d'hectare soit (2500 m²).

3.2.2. Collecte des données climatiques :

Les facteurs climatiques étudiés sont la pluviométrie, l'humidité relative de l'air et la température. La mesure de la pluviométrie dans les différents sites a été effectuée à l'aide de 4 pluviomètres à lecture directe. Les relevés de la pluviométrie sont enregistrés juste après chaque pluie. Quatre thermo-hygromètres ont été également installés dans chacune des localités et ont permis d'enregistrer au quotidien les températures moyennes et l'humidité relative de l'air, depuis la phase végétative jusqu'à la phase fructifère du cotonnier (juillet à octobre en 2018 et 2019).

3.2.3. Echantillonnage et suivi des populations des insectes :

Trois méthodes d'échantillonnages ont été effectuées. Ces méthodes sont la capture au filet fauchoir, les pots barbers et la capture des larves à la main. Les captures avec le filet fauchoir ont consisté à frapper avec force la végétation de cotonnier de façon à déloger les insectes (les Diptères, les Coléoptères, les Hyménoptères) qui s'y trouvent. Les pots en matière plastique de 10 cm de

diamètre et de 15 cm de profondeur ont été enterrés dans le sol, entre les lignes de semis de manière à ce que chaque pot vienne coïncider avec la surface du sol. Cinq pots ont été placés dans chaque parcelle. Ils sont retirés du sol avec leur contenu au bout d'une semaine. La même opération est refaite durant la dernière semaine de chaque mois. Les collectes d'insectes (larves et adultes) ont été réalisées entre juillet et octobre des années 2018 et 2019, à partir du 30^{ème} Jour Après Levée (JAL). Tous les échantillons ont été collectés à au moins 10 m des bords du champ, afin d'éviter l'effet des bordures (Soro et al, 2020). Sur chaque parcelle d'observations, il a été effectué également une série de quinze comptage directe à partir du 30^{ème} JAL, à intervalles réguliers d'une semaine, jusqu'au 128^{ème} JAL. Les larves ont été compté plant par plant, sur un échantillon de 30 plants pris par groupes de 5 plants consécutifs par ligne, suivant la méthode séquentielle dite « de la diagonale »

4. RESULTATS

4.1. Effet du contexte spatial sur la dynamique des trois espèces de Syrphidae dans les localités: Au cours de la période de capture de l'espèce *I. aegyptus*, les densités moyennes ont variées d'une localité à une autre sur les parcelles élémentaires (Tableau). La localité de Diawala a enregistré une densité de $1,22 \pm 1,05$ individus/parcelle élémentaire, suivi de Korokara ($1,19 \pm 1,02$ individus/parcelle élémentaire), de Kong ($1,18 \pm 0,67$ individus/parcelle élémentaire). Les plus faibles densités de l'espèce ont été enregistrées sur les parcelles élémentaires de Kaouara $0,37 \pm 0,62$ individus/parcelle élémentaire. Cependant, l'analyse statistique réalisée n'a montré aucune différence significative entre les densités des individus d'une localité à une autre ($F = 0,67$; ddl = 11 ; $p = 0,59$). Les densités moyennes de l'espèce *E. balteatus* ont variées de $0,91 \pm 0,84$ individus/parcelle élémentaire à $1,12 \pm 0,40$ individus/parcelle élémentaire respectivement dans les localités de Korokara et de Kong. Les

(Nibouche et al. 2003). Les collectes ont été effectuées par quatre techniciens de la Société d'exploitation cotonnière Olam (SECO-SA), formés à cet effet.

3.2.4. Analyses des données : Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel statistique IBM-SPSS. Les différentes données ont été analysées en adoptant une approche paramétrique. Des analyses de variance à un facteur (ANOVA 1) ont ensuite été réalisées pour comparer les moyennes obtenues sur les différents sites. En cas de différences significatives, le test de comparaison multiple de Newman Keuls au seuil de 5 % a été réalisé pour identifier les groupes homogènes. Les corrélations de Pearson ont été calculées pour mettre en évidence la relation entre la pluviométrie, l'humidité relative de l'air, la température et les densités de population des espèces de Syrphidae au cours de la période de l'étude.

plus faibles valeurs ont été obtenues à Diawala $0,88 \pm 0,67$ individus/parcelle élémentaire et à Kaouara $0,19 \pm 0,40$ individus/parcelle élémentaire. Les analyses statistiques réalisées n'ont révélé aucune différence significative au niveau des densités de l'espèce dans les parcelles élémentaires d'une localité à une autre ($F = 1,33$; ddl = 11 ; $p = 0,33$). Les plus fortes densités de population de l'espèce *S. scripta* ont été enregistrées dans les parcelles de Kong ($1,08 \pm 0,54$ individus / parcelle élémentaire), suivi de la localité de Diawala ($0,52 \pm 0,45$ individus / parcelle élémentaire). Les faibles densités de l'espèce ont été obtenues sur les parcelles de Korokara ($0,35 \pm 0,35$ individus / parcelle élémentaire) et dans les parcelles de Kaouara ($0,07 \pm 0,16$ individus / parcelle élémentaire). Le test statistique de Student Newman keuls au seuil de 5% n'a décelé aucune différence significative des densités de l'espèce dans les parcelles élémentaire d'une localité à une autre ($F = 3,38$; ddl = 11 ; $p = 0,07$) (Tableau 1).

Tableau 1: Densités moyennes des populations de Syrphidae en fonction des localités

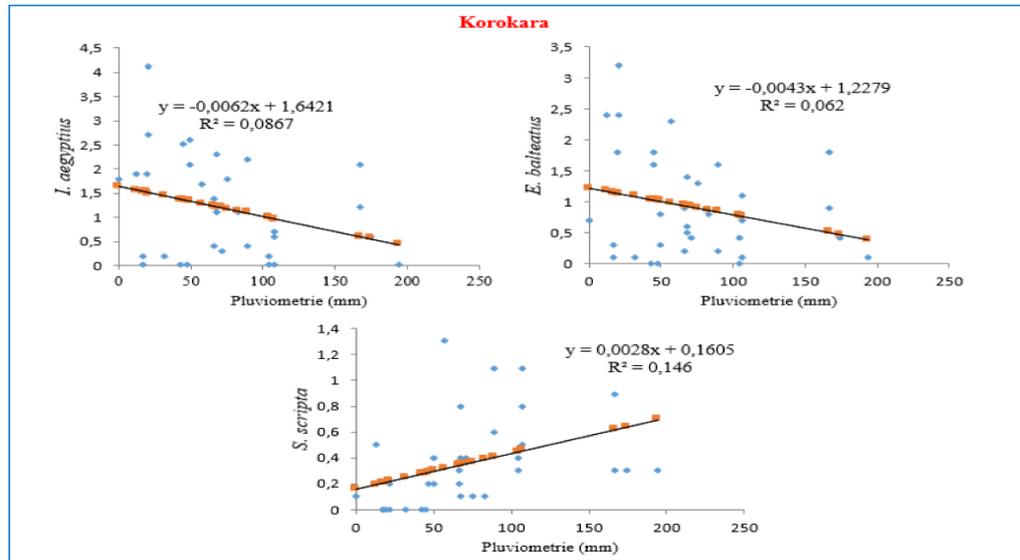
Localité	<i>I. aegyptius</i>	<i>E. balteatus</i>	<i>S. scripta</i>
Korokara	1,19 ± 1,02 ^a	0,91 ± 0,84 ^b	0,35 ± 0,35 ^c
Diawala	1,22 ± 1,05 ^a	0,88 ± 0,67 ^b	0,52 ± 0,45 ^c
Kaouara	0,37 ± 0,67 ^a	0,19 ± 0,40 ^b	0,07 ± 0,16 ^c
Kong	1,18 ± 0,67 ^a	1,12 ± 0,40 ^b	1,08 ± 0,54 ^c
Statistiques	F	0,67	1,33
	p	0,59	0,33
			3,38
			0,07

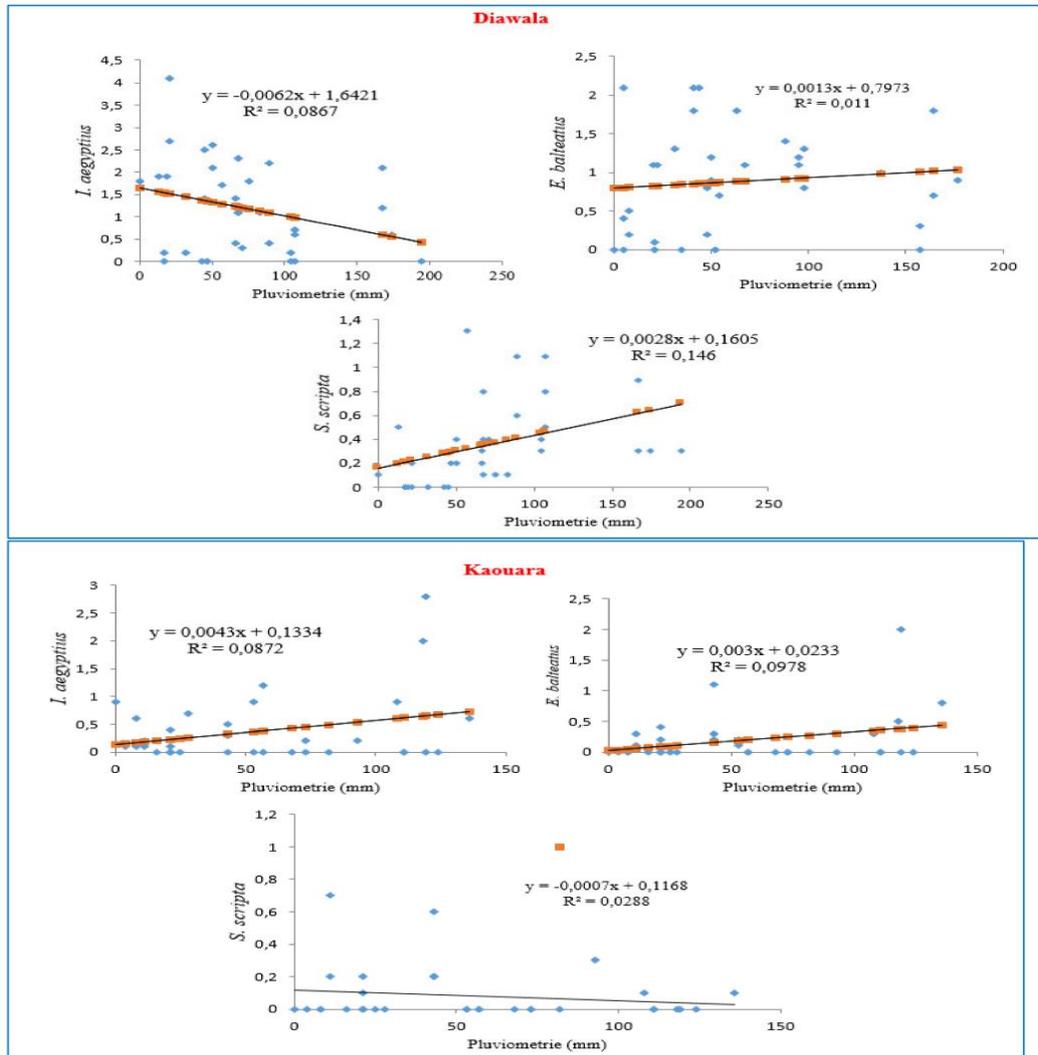
Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par la méthode de Newman Keuls.

4.2. Influence de la pluviométrie sur l'abondance de la population des espèces de Syrphidae :

L'analyse des fluctuations temporelles des densités des trois espèces de Syrphidae en relation avec la pluviométrie dans les différentes localités, montrent que les captures des espèces sont légèrement influencées par les hauteurs de la pluviométrie (Figure 2). Dans la localité de Korokara, les captures importantes ont été réalisées pendant la phase végétative du cotonnier qui coïncide avec la période de pullulation des pucerons *Aphis gossypii* (juillet et août) et la période de floraison du cotonnier (août, septembre et octobre). L'analyse des matrices de corrélation de Pearson a montré que la densité de *I. aegyptius* et de *E. balteatus* sont corrélés négativement mais ne sont pas significatives avec la pluviométrie ($r = -0,29$; $p = 0,09$) et ($r = -0,24$; $p = 0,15$). Ainsi, ce résultat indique-t-il que les fortes pluviométries enregistrées diminuent les densités des populations, ce qui influence la régulation des insectes ravageurs par *I. aegyptius* et *E. balteatus*. Par contre, les densités moyennes de *S. scripta* sont corrélées positivement avec la pluviométrie ($r = 0,38$; $p = 0,02$). Ainsi, lorsque la pluviométrie augmente-t-elle en juillet, août et septembre cela favorise une augmentation de la densité de *S. scripta* dans les parcelles. A Diawala, l'analyse de la matrice de corrélation de Pearson montre que seule l'abondance de *I. aegyptius* est

corrélée négativement ($r = -0,26$; $p = 0,13$) avec la pluviométrie. Quant aux espèces de *E. balteatus* et *S. scripta* il existe respectivement une corrélation positive entre l'abondance des espèces et la pluviométrie respectivement ($r = 0,50$; $p = 0,02$) et ($r = 0,50$; $p = 0,000$). Les captures ont été importantes entre juillet et août, période coïncidant à une forte abondance du ravageur *A. gossypii* puis en septembre et octobre qui correspondent à la période de fructification du cotonnier. Dans la localité de Kaouara, les pluviométries moyennes enregistrées au cours de la période d'étude n'ont pas influencé les densités de population des espèces des Syrphidae *I. aegyptius* ($r = 0,17$; $p = 0,32$), *E. balteatus* ($r = 0,17$; $p = 0,32$) et *S. scripta* ($r = -0,17$; $p = 0,33$). Les corrélations entre la pluviométrie moyenne et les densités de *I. aegyptius* et de *E. balteatus* sont positives tandis que la corrélation entre la pluviométrie moyenne et l'abondance de *S. scripta* est négative. Les plus fortes captures ont été enregistrées dans les mois de juillet, août et octobre. L'analyse des résultats montre que la pluviométrie influence l'abondance des espèces de Syrphidae dans la localité de Kong. Les densités de *I. aegyptius* ($r = 0,37$; $p = 0,03$) sont corrélées positivement avec la pluviométrie, alors que l'abondance de *E. balteatus* ($r = -0,37$; $p = 0,03$) et de *S. scripta* ($r = -0,33$; $p = 0,05$) sont corrélée négativement avec la pluviométrie (Figure 4).





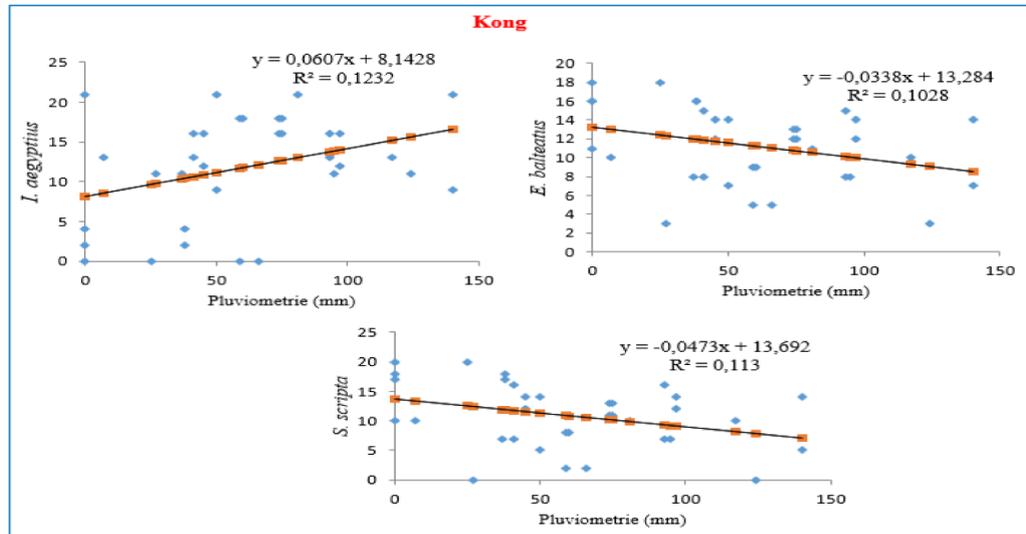
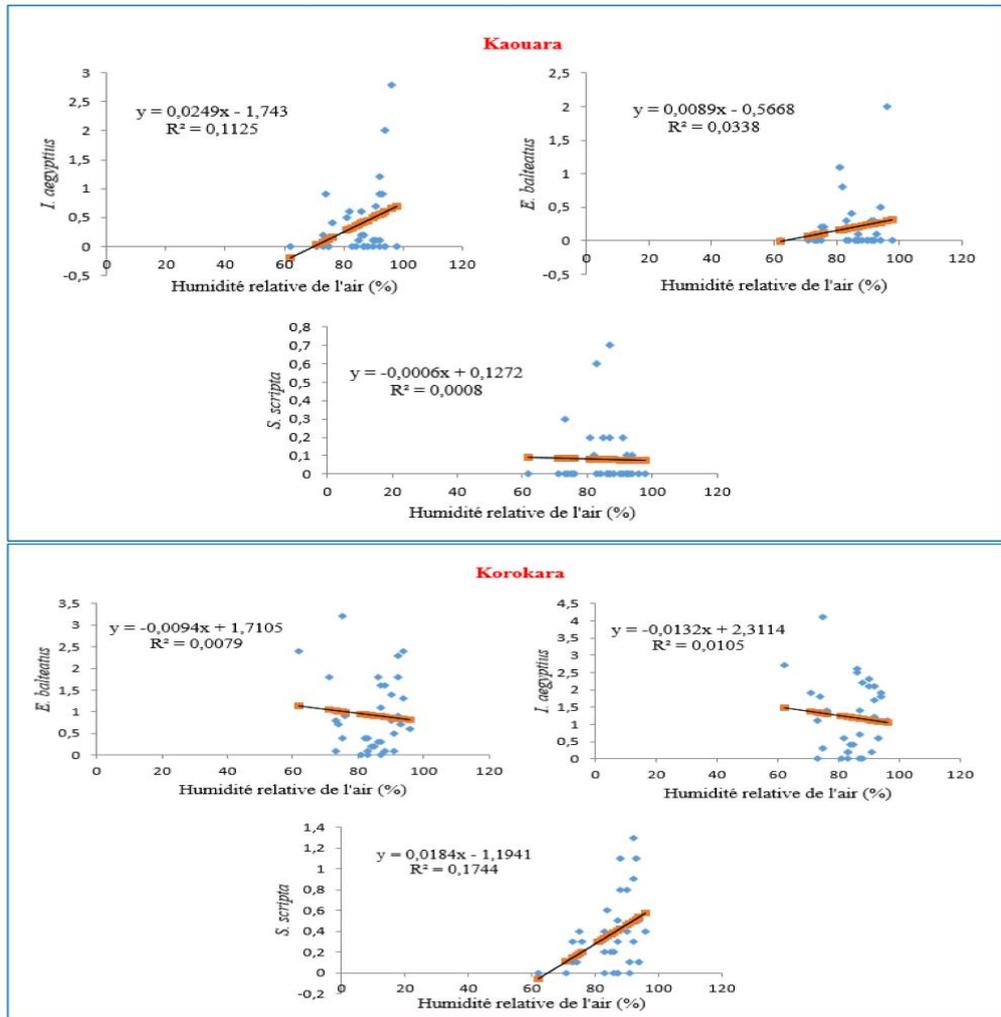


Figure 2 : Relations entre la pluviométrie et les fluctuations temporelles des populations de Syrphidae

4.3 Relation entre l'humidité relative de l'air et les densités de population de Syrphidae:

La relation entre les densités de population des espèces de Syrphidae et l'humidité relative de l'air enregistrée au cours de la période d'étude a montré qu'à Korokara, les densités de populations sont faiblement et négativement corrélées avec l'humidité relative de l'air pour *I. aegyptius* ($r = -0,10$ $p = 0,56$) et *E. balteatus* ($r = -0,089$ $p = 0,61$). Ce résultat signifie que l'humidité relative enregistrée de juillet à octobre n'a aucun effet les populations des deux espèces. Par contre, il existe une corrélation positive entre la population de l'espèce *S. scripta* et l'humidité relative ($r = 0,41$ $p = 0,01$) dans cette même localité. A Diawala, des corrélations positives et non significatives ont été enregistrées entre les densités de populations des espèces de *I. aegyptius* ($r = 0,17$ $p = 0,32$), de *E. balteatus* ($r = 0,22$ $p = 0,20$) et de *S. scripta* ($r = 0,29$ $p = 0,08$) et l'humidité relative de l'air. Cela

signifie que les augmentations de l'humidité relative de l'air allant de juillet à octobre favorisent une augmentation des densités de population des trois espèces mais de manière non significative. A Kaouara, des corrélations positives ont été enregistrées entre les densités des espèces *I. aegyptius* ($r = 0,37$ $p = 0,02$) et *E. balteatus* ($r = 0,21$ $p = 0,22$), tandis que la densité de population de *S. scripta* est corrélée négativement avec le taux d'humidité relative ($r = -0,004$ $p = 0,98$). Ainsi, une augmentation de l'humidité pourrait-elle entraîner une diminution de *S. scripta*. Ce qui n'est pas le cas pour *I. aegyptius* et *E. balteatus*. A Kong, la densité de population de *I. aegyptius* a été corrélée positivement avec l'humidité ($r = 0,43$ $p = 0,01$). Quant à *E. balteatus* ($r = -0,30$ $p = 0,08$) et *S. scripta* ($r = -0,32$ $p = 0,06$), des corrélations négatives ont été observées avec l'humidité relative de l'air. Par contre, cette corrélation est positive entre l'humidité relative et la densité de *I. aegyptius*.



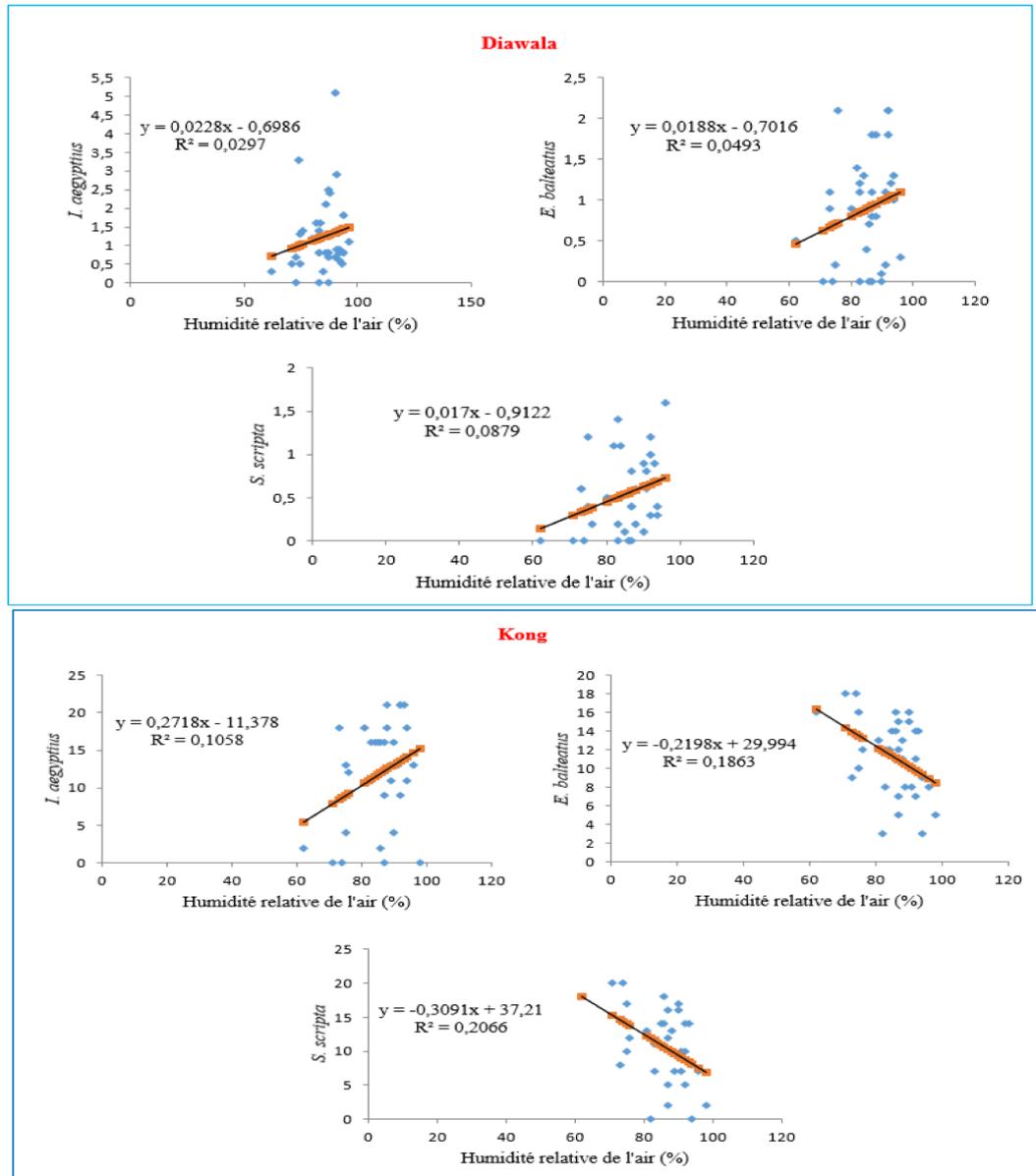
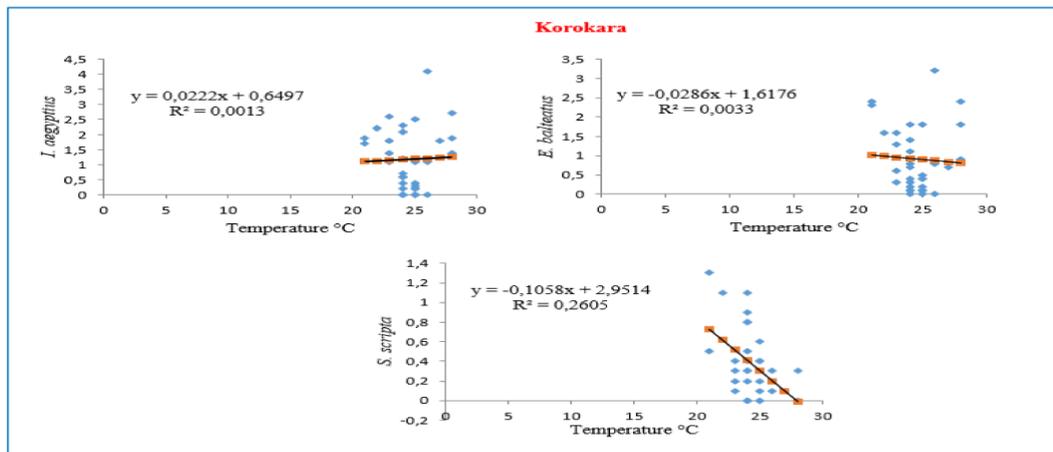


Figure 3 : Relations entre l'humidité relative et les fluctuations temporelles des populations de Syrphidae.

4.4 Influence de la température sur l'abondance des populations des espèces de Syrphidae : Dans la localité de Korokara et pour toute la période de suivi, l'analyse de la matrice de corrélation de Pearson révèle que la corrélation entre les températures et l'abondance des espèces de Syrphidae n'est pas significative pour les espèces de *I. aegyptius* ($r = 0,03$; $p = 0,83$) et de *E. balteatus* ($r = -0,05$; $p = 0,74$). En outre, la température n'influence que l'espèce *S. scripta* ($r = -0,51$; $p = 0,002$) chez qui la densité de la population baisse avec l'augmentation de la température. A Diawala, les analyses de la matrice de corrélation de Pearson ont montré une corrélation négative et non significative

entre la température et les espèces de *I. aegyptius* ($r = -0,09$; $p = 0,59$), de *E. balteatus* ($r = -0,21$; $p = 0,59$) et de *S. scripta* ($r = -0,17$; $p = 0,32$). Ce même constat a été fait dans la localité de Kaouara. Une corrélation négative et non significative entre les insectes *I. aegyptius* ($r = -0,15$; $p = 0,38$), *E. balteatus* ($r = -0,09$; $p = 0,57$) et de *S. scripta* ($r = -0,03$; $p = 0,83$) et la température est observée. A Kong, la densité de population de *E. balteatus* et *S. scripta* sont corrélées positivement avec la température enregistrée. Par contre l'espèce *I. aegyptius* est corrélée négativement avec la température ($r = -0,42$; $p = 0,01$).



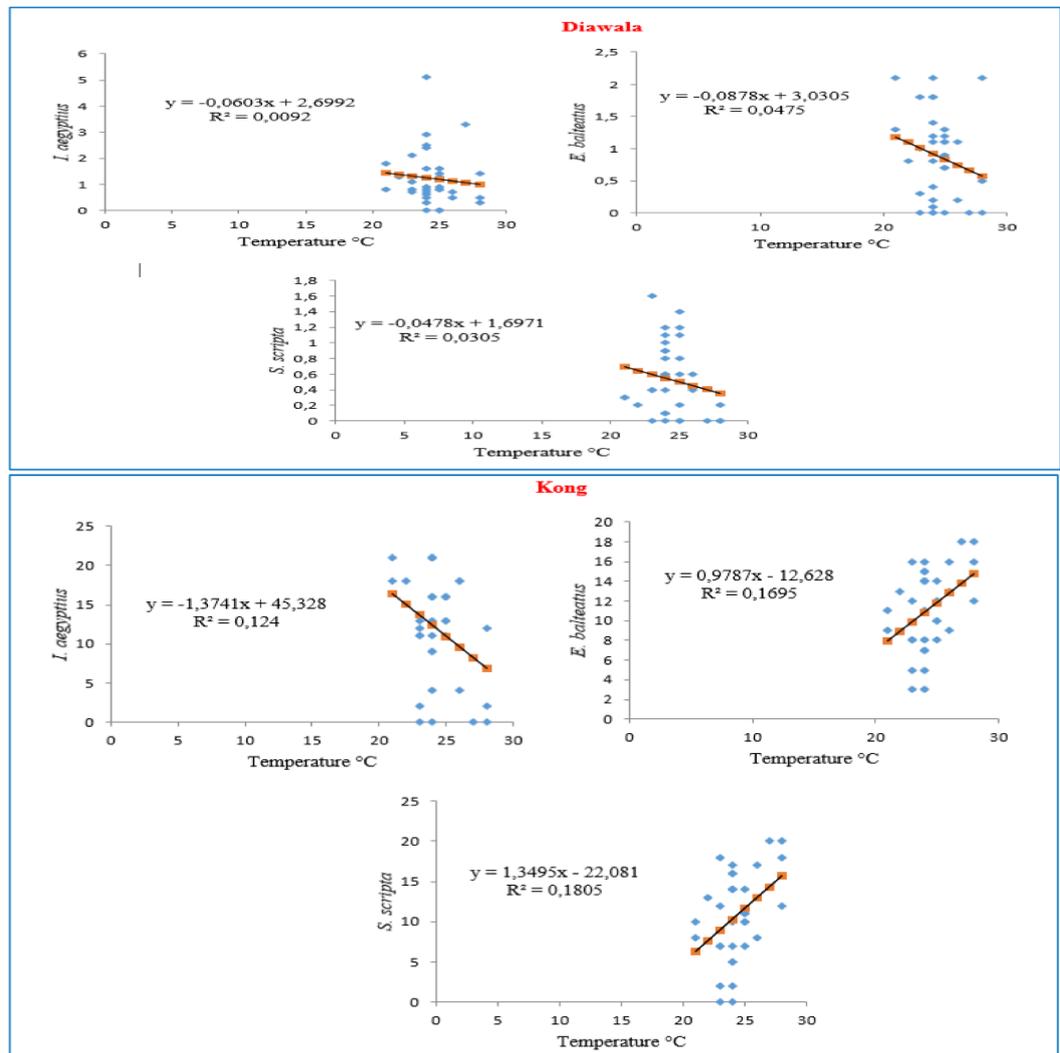


Figure 4 : Relations entre les températures moyennes et les fluctuations temporelles des populations de Syrphidae.

5. DISCUSSION

Les facteurs climatiques retenus, se sont avérés variables dans le réseau de parcelles de coton. L'abondance relative des espèces de Syrphidae dans les parcelles pourrait être due aux

conditions climatiques et la présence de proies telles que les pucerons dans les parcelles cotonnières qui constituent la principale nourriture des larves de Syrphidae (Dor, 2011;

Zitouni et Douar. 2017 ; Klana *et al* 2019). Selon Turpeau *et al* (2018) le miellat secrété par les pucerons *Aphis gossypii* attire également les Syrphidae. En effet les espèces sont toutes liées les unes aux autres par les réseaux trophiques (Pascal *et al*. 2008; Sauvion *et al*. 2013). Pour évaluer l'influence des facteurs climatiques sur la densité des espèces des Syrphidae dans les parcelles cotonnières, des tests de corrélation de Pearson ont été réalisés sur chaque site. Il ressort des analyses que dans l'ensemble des localités de Korokara, de Diawala et de Kaouara à l'exception de Kong, les fortes pluviométries n'influencent pas l'abondance des espèces *I. aegyptius* et *E. balteatus*. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Tuo en 2013 sur le palmier à huile. Il a révélé que les facteurs climatiques n'influençaient pas la dynamique des insectes sur les inflorescences mâles et femelles. Les variations de températures au cours de l'année commandent dans le temps les alternatives de repos et d'activité (germination et floraison, fructification, défoliation) des plantes. Ces différentes variantes auraient des effets directs ou indirects sur la reproduction et la croissance des insectes. De même, il ressort des analyses que l'humidité relative de l'air n'a pas influencé significativement la densité de population des espèces dans la période de juillet à octobre dans les différentes localités. En effet, la période de capture des insectes coïnciderait avec la saison pluvieuse. De plus certaines localités comme Korokara et Diawala sont entourées de forêts classées et Kong de la réserve naturelle de la Comoé et de champs

6 CONCLUSION

Cette étude visait à analyser l'influence de quelques facteurs climatiques sur la densité des espèces de Syrphidae dans les parcelles cotonnières de la région du Tchologo. L'observation des résultats a montré que les densités de population des trois espèces de Syrphidae varient d'une localité à une autre. Cependant, l'analyse statistique n'a révélée aucune différence significative entre les densités moyennes des espèces au niveau des différentes localités. Dans les quatre localités, il est ressorti

d'anacardiens. Ces conditions seraient favorables à une augmentation de l'humidité relative de l'air, qui aurait un effet négatif sur les populations d'insecte. Selon Bessat *et al* (2019), la taille des habitats semi-naturels ainsi que leur qualité botanique sont deux facteurs, bien que controversés, influenceraient la diversité végétale et entomologique. En effet, pendant la période de capture des insectes, des variations de la densité des espèces de Syrphidae ont été observées dans les parcelles cotonnières. Ces variations pourraient être, en partie liées à la pullulation des pucerons dans les parcelles de juillet à août et à la fructification des cotonniers de septembre à octobre. Les tests de corrélation de Pearson ont permis de constater que les températures moyennes enregistrées au cours de la période de l'étude n'auraient pas influencées l'abondance des espèces de Syrphidae dans les parcelles cotonnières. Cette relation s'est traduite par des températures relativement basses observées pendant les périodes de collecte des données. Toutefois les analyses ont montré que les fortes températures pourraient contribuer à la baisse des populations des espèces de Syrphidae dans les parcelles cotonnières. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Caetano en 2019 dans le cadre de son étude sur les impacts du changement climatique sur le développement et sur la préférence du site d'oviposition du syrpe ceinturé (*Episyrphus balteatus* (De Geer)). Selon Ouedraogo (2011), la température joue un rôle déterminant dans l'abondance des Tephritidae en diminuant le développement des populations de ces insectes.

que les précipitations enregistrées n'ont pas influencé l'abondance des espèces de Syrphidae. Les températures enregistrées semblent influencée négativement l'abondance des espèces dans les parcelles cotonnières. De même l'humidité relative de l'air enregistrée pendant la période de collecte des insectes n'influence pas la densité de population des trois espèces de Syrphidae. Toutefois, le contexte spatial et les variations climatiques à elles seules ne suffisent pas à expliquer la fluctuation des populations des

espèces de Syrphidae dans les parcelles cotonnières. Ainsi, des études approfondies s'avèrent-elles nécessaires pour une meilleure

compréhension de la variation des populations des Syrphidae dans les parcelles de cotonniers.

6. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le personnel du département Recherche et développement de SECO-SA pour la collecte des données, l'équipe

du CIRAD et du CNRA de Bouaké pour leur soutien pendant les travaux de terrain et de laboratoire.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Caetano J : 2019. Impacts du changement climatique sur le développement et sur la préférence du site d'oviposition du syrphé ceinturé (*Episyrphus balteatus* (De Geer)). Mémoire de Master en biologie des organismes et écologie, à finalité approfondie. Université de Gembloux. Faculté des sciences. 63 p.
- Bessat M., Castella E., Speight M.C.D et al. : 2019. Biodiversité fonctionnelle en paysage agricole : étude floristique et syrphidologique de Surfaces de Promotion de la Biodiversité (SPB). Biotechnologie, agronomie, société et environnement. 23(4), 226-244
- Dorothée B : 2011. L'impact des pesticides sur la santé humaine, thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré - Nancy 1, 185p
- Duhaime, L., Pinel-A., B : 2005. Méthode de sélection de lacs de référence dans le cadre d'une étude Before-After Control-Impact (BACI) évaluant les effets des coupes forestières sur le zooplancton des lacs de la forêt boréale. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 18, 199-220. <https://doi.org/10.7202/70558>
- Duhautois S : 2010. Structuration des communautés de Diptères sur le maïs, *Zea mays*, utilisé comme plante piège contre les mouches des légumes à la Réunion. Mémoire de Master de recherche. Université Montpellier II. 84 p
- Dor C., Maillet-Mezeray J. et Sarthou V: 2011. Biologie et Ecologie des principales espèces de syrphes aphidiphages rencontrées en grandes cultures, dossiers Syrphes- fiches espèces. 40 p
- Klana K, Yalamoussa T, Tenon C, et Kouakou H. K : 2019. Entomofauna and phytosanitary practices in cabbages production (*Brassica oleracea* L. 1753) in the township of Korhogo of Northern Côte d'Ivoire. Journal of Agriculture and Veterinary Sciences, Volume 12, PP 09-13
- Leroy, P.D., Sabri, A., Heuskin, S., Thonart, P., Lognay, G., Verheggen, F.J., Francis, F., Brostaux, Y., Felton, G.W et Haubruge, E: 2011. Microorganisms from aphid honeydew attract and enhance the efficacy of natural enemies. Nature Communications 2, 348. <https://doi.org/10.1038/ncomms1347>
- Liliana J: 2007. Etude des risques liés à l'utilisation des pesticides organochlorés et impact sur l'environnement et la santé humaine. Thèse de doctorat de l'université Claude Bernard - Lyon 1. 228 p
- Nibouche S, Beyo J et Goze E: 2003. Mise au point de plans d'échantillonnage pour la protection sur seuil contre les chenilles de la capsule du cotonnier. Colloque Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis, Garoua, Cameroun. 5p
- N'guessan E, Kouakou B.J, Ochou O.G, N'goran K.E, Tchia K.E, Kouakou M et Bini K.K.N : 2018. Fiches techniques des variétés de cotonnier, 12p
- Ouedraogo S.N: 2011. Dynamique spatio-temporelle des mouches des fruits (diptera, tephritidae) en fonction des

- facteurs biotiques et abiotiques dans les vergers de manguiers de l'ouest du burkina faso. Thèse de doctorat de de l'université Paris Est. 184 p
- Pascal L., Quentin C et Éric H : 2008. L'impact du miellat de puceron au niveau des relations tritrophiques entre les plantes-hôtes, les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels, Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 2009 13(2), 325-334
- Sauvion N., Joan V.B : 2013. Impacts des changements climatiques sur les interactions insectes-plantes, UMR BGPI - Biologie et Génétique des Interactions Plante-Parasite. 2 ECOBIO – Ecosystèmes. Editions Quae; IRD Editions, 749 p.
- Soro L., Soro S., Yobouet N.L et Ochou G.O : 2020. Spatial and temporal dynamics of Coccinellidae (Coleoptera) and Formicidae (Hymenoptera): Two families of beneficial insects, in cotton fields in the Tchologo region (Northern Côte d'Ivoire), Journal of Entomology and Zoology Studies 2020; 8(2): 1047-1053
- Stève B., Robert B : 2013. Influence des insecticides sur les auxiliaires dans les céréales et pommes de terre, Recherche Agronomique Suisse 4 (9): 376–383
- Tuo Y : 2013. État de l'entomofaune des inflorescences du palmier à huile en Côte d'Ivoire : Cas de la station de la Mé. Thèse de doctorat de l'Université Felix Houphouët Boigny, entomologie agricole. ; 204
- Turpeau E, Hulle M et Chaubet B : 2018. Les insectes prédateurs de pucerons. <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/> . Consulté le 29/09/2020.
- Zitouni D et Douar K : 2017. Étude bioécologique de la faune auxiliaire des aphides de poivron sous serre. Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. 69p

ARTICLE 3 : Publié à *Journal of Agriculture and Veterinary Science*

“Effect of three synthetic chemical insecticides on *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera: Coccinellidae), a predatory insect in cotton field in Ferkessedougou, northern Côte d'Ivoire.” (IOSR-JAVS), 14(2), 2021, pp. 14-20. DOI: 10.9790/2380-1402021420 www.iosrjournals.org/

Effect of three synthetic chemical insecticides on *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera: Coccinellidae), a predatory insect in cotton field in Ferkessedougou, northern Côte d'Ivoire.

SORO Lacina^{1*}, SORO Senan¹, Tenon COULIBALY³, FONDIO Drissa¹,
KOUAKOU Malanno²

¹ Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa B.P 150, Côte d'Ivoire

² Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de recherche sur le coton,
Laboratoire d'entomologie, Abidjan 13 B.P 150, Côte d'Ivoire.

³ Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences Biologiques, Département de Biologie Animale,
Université Peleforo Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire.

Abstract

Abusive use of pesticides in cotton plots in Côte d'Ivoire is not without consequences for useful entomofauna. Very few studies based on the role of beneficial insects in pest management have been done. The study aims to know the effect of three pesticides on *Cheilomenes sulphurea*, in cotton plots. Hand capture of insect was conducted 24 hours before and 72 hours after each chemical spraying. Observations made before the first spraying showed the abundance of larvae ($3.08 \pm 1.83/30$ plants) and adults ($5.91 \pm 2.6/30$ plants). Statistical analysis showed that there was no significant difference between the numbers of larvae ($ddl = 11; F = 0.41 p = 0.75$) and adults ($ddl = 11; F = 0.13 p = 0.93$). However, the number of larvae and adults of *Cheilomenes sulphurea* dropped considerably except in control plots after each spraying. All insecticides used were highly toxic on larvae ($ddl = 11; F = 49 p = 0.000$) and adults ($ddl = 11; F = 50.80 p = 0.000$). *Cheilomenes sulphurea* seems to be strongly influenced by synthetic insecticides.

Keywords: *Cheilomenes sulphurea*, insecticide, cotton, Ivory Coast.

Date of Submission: 16-02-2021

Date of Acceptance: 02-03-2021

I. Introduction

In Côte d'Ivoire, cotton cultivation is the main source of income for the savannah populations and therefore plays a very important socio-economic role in local development [1], [2]. Cotton cultivation generates 7% of export income and contributes to 1.7% of national income [3]. The cotton sector produces an annual turnover of around 120 billion euros, 70 to 80 percent of which is in foreign currency [4].

However, the cotton sector is subject to strong pest pressure. Indeed, cotton pests in Côte d'Ivoire are particularly important and diversified [5]. During the vegetative stage, there is a dominance of stinging and sucking insects, while during the flowering and fruiting stages, it is mainly carpophagous that are the most damaging [6]. In the lack of phytosanitary protection, production losses due to arthropod pests can vary between 30 and 75%, depending on the year and the cotton-growing area [7], [8]. Several control methods have been developed through research with the objective of maintaining the level of pest damage in cotton plots at an economically acceptable level [8]. The use of chemicals for pest control remains the most widely used control method in cotton cultivation [9], [10]. However, the abuse of synthetic pesticides for the phytosanitary protection of cotton crops carries many risks for human health and the environment [11], [12]. Several studies showed that the useful entomofauna, naturally present in cotton plots and contributing effectively to the regulation of insect pest populations does not escape the toxic effect of synthetic pesticides. This is the case of *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera: Coccinellidae), a very abundant predator in cotton plots in Côte d'Ivoire [2]. The objective of the study was to analyse the effect of three binary insecticides: Emamectine benzoate 24g/l and Acetamiprid 32 g/l (Thalis 56 EC); Profenophos 300 g/l and Cypermethrin 36 g/l (Duel 336 EC); Acetamiprid 16 g/l and Cypermethrin 72 g/l (Conquest 88 EC) used in the field on the ladybird *Cheilomenes sulphurea*.

II. Materials And Methods

Study area

The work was carried out in an experimental condition in Tiékpè area, precisely in Tchologo region (9° 35' 00" north, and 5° 11' 00" west) located in the north of Côte d'Ivoire (Figure 1). The climate is Sudanese

with two main seasons: a dry season from November to April characterised by the harmattan with peaks in December and February, and a rainy season from may to october with peaks in august and september. The Tchologo region has an average annual temperature of 26.4°C and a rainfall of 1260 mm.

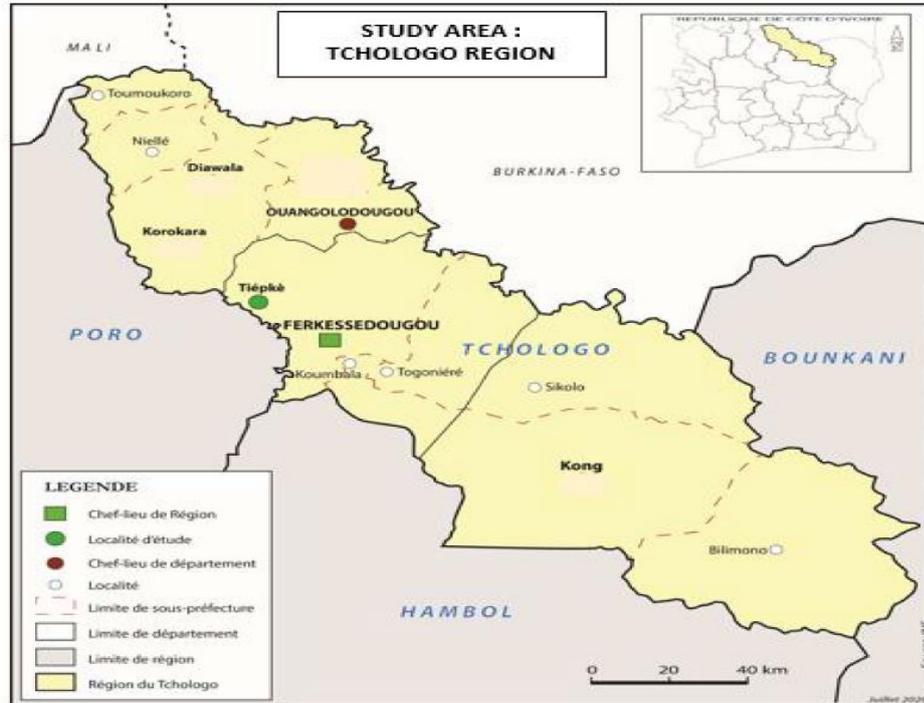


Figure 1 : Study Area

Vegetal material

The study was carried out with a variety of cotton plant *Gossypium hirsutum* L. It is GOUASSOU F1. This material is vulgarised for its agronomic performance (varieties with a high yield potential of 4000 kg/ha) and its tolerance to certain fungal diseases.

Animal material

The animal material consists of larvae and adults, one of the most abundant species of *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera : Coccinellidae), observed in cotton plots in Ferkessedougou region [2].

Chemical material

The chemical material consisted of binary insecticides formulations with active ingredients most vulgarised in Tchologo region (table).

Table : Liste of insecticid

Formulation	Active ingredient	Concentrations (g/l)	Chemical family	Rate of use (l/ha)
Thalis 56 EC	Emamectine benzoate	24	Avermectins	1
	Acetamiprid	32	Neonicotinoids	
Duel 336 EC	Profenophos	300	Organophosphates	1
	Cypermethrin	36	Pyrethroids	
Conquest 88 EC	Acetamiprid	16	Neonicotinoids	1
	Cypermethrin	72	Pyrethrinoids	

III. Methods

Experimental design

The trial was carried out in Fisher blocks with 4 treatments (Control plots, Thalix 56 EC, Duel 336 EC and Conquest 88 EC) and 3 repetitions. Each elementary plot was 10 m long and wide covering 6 seeding lines. The spacing between the lines was 80 cm. The distance between the plants in a row was 30 m. The distance between the blocks was 2 m.

Insecticide treatments

For each insecticide product, 6 treatments were carried out at intervals of 14 days, from the 45th to the 128th day after emergence: 2 treatments at the vegetative stage, 2 treatments at the vegetative-fruiting stage and 2 treatments at the fruiting stage. The quantities of product were brought back to the real surface of the plot and dissolved in the OSATU 16 sprayer with 15 liters of useful capacity. The control plots did not receive any insecticide treatment.

Sampling methods

Twelve (12) observation sessions were made by counting on each elementary plot according to the phenological stages of the cotton plant (the vegetative stage, the vegetative-fruiting stage and the fruiting stage) in order to evaluate the effect of insecticides. This method consisted in recording the larvae and adults of *Cheilomenes sulphurea* met on 30 cotton plants taken at random on each elementary plots following the diagonal. Observations were made at 24 hours before each spraying and 72 hours afterwards.

Data analysis.

The statistical analyses were carried out using IBM-SPSS statistical software. The various data were analysed using a parametric approach. One-factor analyses of variance (ANOVA 1) were carried out to compare the means obtained for each treatment. In the case of significant differences, the 5% Fisher multiple comparison test was carried out to identify homogeneous groups.

IV. Results

Effect of the three insecticides

Before the first spraying of the differentes insecticids in the plot, larvae ($3.08 \pm 1.83/30$ plants) and adults ($5.91 \pm 2.6 /30$ plants) of *C. sulphurea* were observed in all the plots. The results of analysis indicated that there was no significant difference between the numbers of larvae (ddl = 11; F = 0.41 p = 0.75), adults (ddl = 11; F = 0.13 p = 0.93) and treatments (Figure 2). However, 72 hours after the first spraying of insecticides, the number of larvae ($1.5 \pm 2.11 / 30$ plants) and adults ($3.00 \pm 4.5 /30$ plants) dropped considerably except in control plots after each spraying. The analysis of variance showed a highly significant effect of the active ingredients used on larvae (ddl = 11; F = 13.66 p = 0.002) and adults (ddl = 11; F = 17.87 p = 0.001). In fact, the average numbers of larvae and adults decreased considerably in the plots treated with the chemical Thalix 56 EC (emamectin benzoate 24 g/l and acetamiprid 32 g/l), Duel 336 EC (profenophos 300 g/l and cypermethrin 36 g/l) and Conquest 88 EC (acetamiprid 16 g/l and cypermethrin 72 g/l). A high population of larvae ($1.66 \pm 1.15 /30$ plants) and adults ($10.00 \pm 3.46/30$ plants) was observed in the untreated plots (Figure 3).

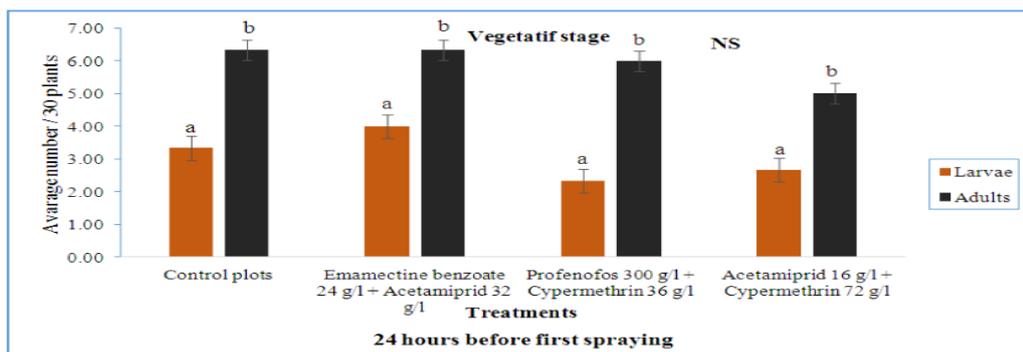


Figure 2: Mean number of larvae and adults of *Cheilomenes sulphurea* in different plots, 24 H before the first spraying
Histograms with the same letter do not differ statistically from each other (Fisher's test at the 5% threshold).

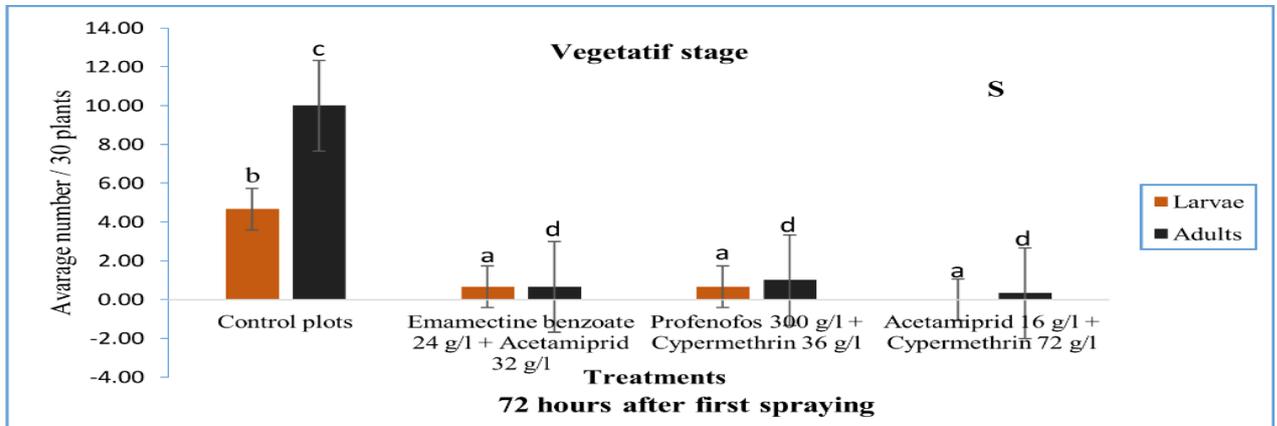


Figure 3: Effect of insecticides on *Cheilomenes sulphurea*, 72 after first spraying. Histograms with the same letter do not differ statistically from each other (Fisher's test at the 5% threshold).

Effects of the three insecticides on the fruiting and vegetative stage

During this stage, observations made on the different treatments showed higher average numbers of larvae ($8.00 \pm 5.29 / 30$ plants) and adults ($25.00 \pm 14.17 / 30$ plants) in the control plots than in the treated plots, 24 hours before and 72 hours after the spraying of the insecticides. Also, the results of the analysis of variance indicate significant relationships between the different insecticides and the numbers of larvae and adults of Coccinellidae (Figure 4).

24 hours before the second insecticide application the analysis of variance showed a highly significant effect of the active ingredients used in the first insecticide application on larvae (ddl = 11; $F = 5.65$ $p = 0.002$) and adults (ddl = 11; $F = 7.99$ $p = 0.009$) due to the remanence of the insecticides (Figure 4). The same observation was made during 72 hours post-use surveys on larvae (ddl = 11; $F = 49$ $p = 0.000$) and adults (ddl = 11; $F = 50.80$ $p = 0.000$) (Figure 5). Indeed, almost no larvae and adults of Coccinellidae were observed on the plots 72 hours after use of *Thalis 56 EC*, *Duel 336 EC* and *Conquest 88 EC*, compared to the first insecticide application (ddl = 11; $F = 7.99$ $p = 0.009$). The same observation was made during the 72 hours post-use surveys on larvae (ddl = 11; $F = 49$ $p = 0.000$) and adults (ddl = 11; $F = 50.80$ $p = 0.000$) (Figure 5). Indeed, almost no larvae and adults of Coccinellidae were observed on the plots 72 hours after the use of *Thalis 56 EC*, *Duel 336 EC* and *Conquest 88 EC*, as opposed to the control plots (07 ± 0.00 larvae /30 plants) and adults (24.66 ± 5.77 adults /30 plants).

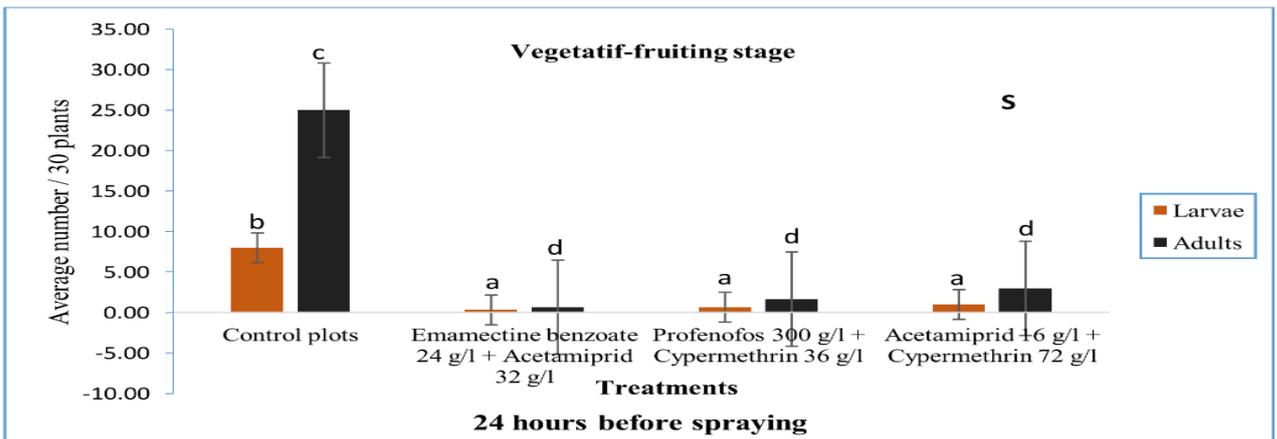


Figure 4: Effect of insecticides on *Cheilomenes sulphurea* 24 hours before the second spraying. Histograms with the same letter do not differ statistically from each other (Fisher's test at the 5% threshold).

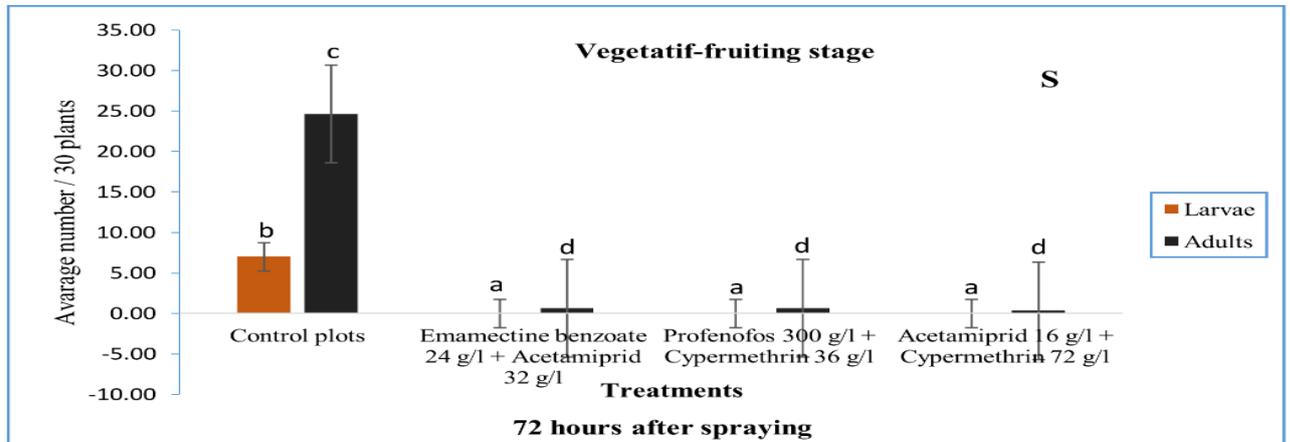


Figure 5: Effect of insecticides on *Cheilomenes sulphurea* 72 hours after second spraying
Histograms with the same letter do not differ statistically from each other (Fisher's test at the 5% threshold)

Effects of the three insecticides at the fruiting stage

The average numbers of larvae and adults of *Cheilomenes sulphurea* increased 24 hours before the third spraying of the plots compared to the last insecticide spraying of the vegetative-fruit stage. Thus, the respective mean numbers of larvae and adults (07.00 ± 01.00 / 30 plants) and (26.66 ± 5.03 / 30 plants) were observed in the control plots. However, on plots sprayed with *Thalis 56 EC* (02.00 ± 1.00 larvae / 30 plants) and (08.33 ± 0.57 adults / 30 plants) were observed, for *Duel 336 EC* (01.66 ± 0.57 larvae / 30 plants) and (06.33 ± 03.21 adults / 30 plants) and on plots sprayed with *Conquest 88 EC* observed (01.66 ± 0.57 larvae / 30 plants) and (04.66 ± 1.52 adults / 30 plants). However, the results of the synthetic insecticide toxicity effect tests indicated that there was a highly significant difference between the numbers of larvae and treatments ($ddl = 11$; $F = 32.70$ $p = 0.000$) and between adults and treatments ($ddl = 11$; $F = 30.79$; $p = 0.000$) (Figure 6). But, 72 hours after spraying the insecticides, the numbers of larvae and adults observed are very significantly different on treatments. In fact, the results of the analysis of variance indicated a highly toxic effect of the insecticides on the survival of the populations of larvae ($ddl = 11$; $F = 96.57$ $p = 0.000$) and adults ($ddl = 11$; $F = 117.56$; $p = 0.000$) of *Coccinellidae* (Figure 7).

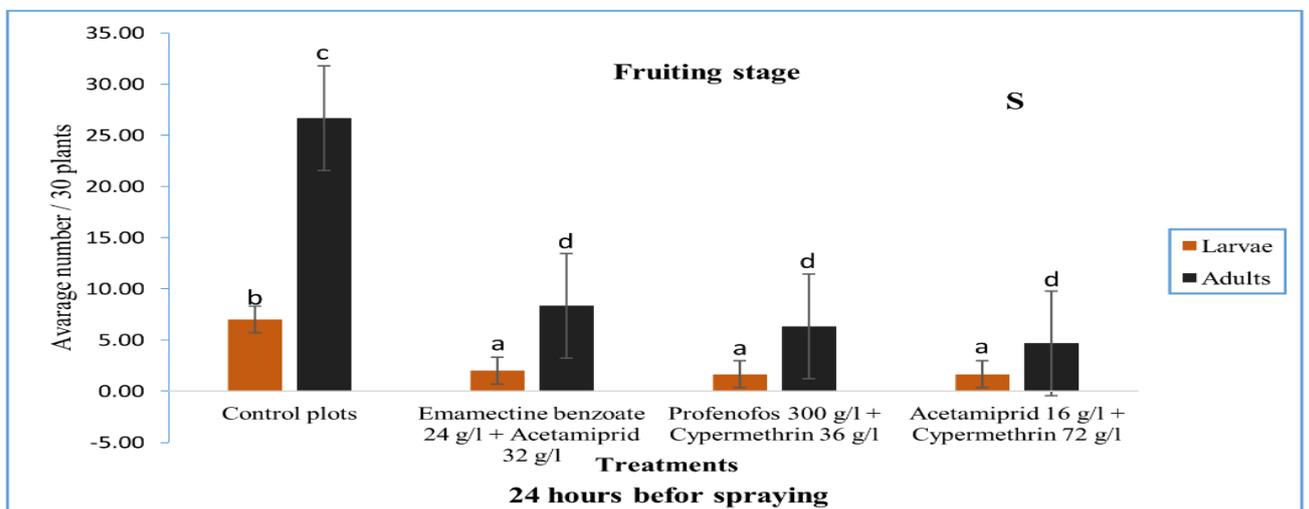


Figure 6: Effect of insecticides on *Cheilomenes sulphurea* 24 hours before the third spraying
Histograms with the same letter do not differ statistically from each other (Fisher's test at the 5% threshold)

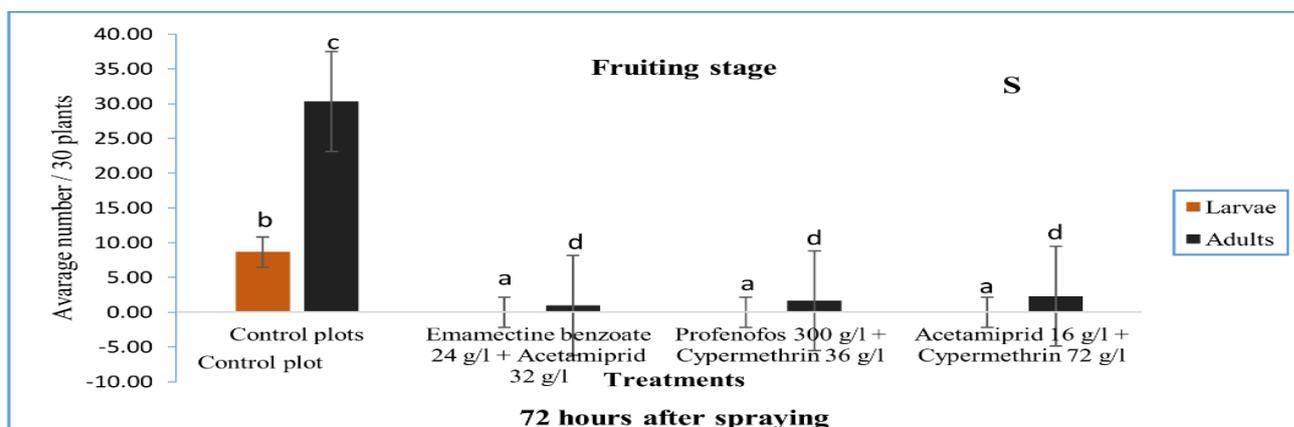


Figure 7: Effect of insecticides on *Cheilomenes sulphurea* 72 hours after third spraying. Histograms with the same letter do not differ statistically from each other (Fisher's test at the 5% threshold).

V. Discussion

The results show that, the beneficial insect *Cheilomenes sulphurea* is very sensitive to synthetic active ingredients of the avermectin, neonicotinoid, organophosphorus and pyrethroid families. These results show that the role of useful entomofauna in the regulation of cotton insect pests would not be taken into account in cotton phytosanitary protection programs in Côte d'Ivoire. These results are similar to those obtained by [9], who showed in their study, the effect of Lambda-cyhalothrin 5% EC on *Cheilomenes lunata*, *Cheilomenes sulphurea* and *Cheilomenes propinqua* in cotton plots in Tanzania. Thalis 56 EC, mixed with emamectin benzoate 24 g/l, an active ingredient of the avermectin family, and acetamiprid 32 g/l of the neonicotinoid chemical family is used as an alternative to pyrethroids to manage *H. armigera* resistance in the phytosanitary control of cotton plants against insect pests of the vegetative stage of cotton. In fact, emamectin benzoate, an active ingredient with an ovo-larvicidal effect acting by ingestion and contact, could have a very toxic effect on the larvae of *Cheilomenes sulphurea*. A similar observation was reported by [13] who indicated in their work the effect of emamectin benzoate in the host tree on the survival of the early larval stages of the boxwood borer. They showed the significant effect of emamectin benzoate treatment on the mortality of young larvae 9 to 11 days after oviposition. Similarly, the low numbers of larvae observed during spraying periods could be caused by the effect of insecticides on the reproductive cycle of *Cheilomenes sulphurea*. These results are close to those obtained by [14], mentioned by [15], who reported that abamectin 18g /L, use at 1.2 L/ha is very efficient on mites and then it can cause 100% mortality after the first treatment. The results of the study also show that Duel 336 EC, mixed with profenofos 300 g/l of the organophosphorus family and cypermethrin 36 g/l of the pyrethroid family, contributes to the reduction of *Cheilomenes sulphurea* populations in the sprayed plots. This reduction of the species could be due to the repellent effect of profenofos on larvae and adults and the high toxicity of pyrethroids on non-target insects. According to [16], insecticides could have a repellent effect on beneficial insects. This argument is in accordance with [17] who reported that the larvae and adults of the ladybird beetle (*Coccinella septempunctata*) consume a smaller quantity of aphids if they have been previously treated with dimethoate, an organophosphate. Similarly, the reduction in the larval and adult populations of *Cheilomenes sulphurea* could be explained by a change in the insect's physiology caused by the effect of insecticides. These chemicals could affect the development of Coccinellidae larvae and adults, as indicated by [16] in his work on the study of the effects of insecticide exposure on a model insect, *Drosophila melanogaster*, generally resulting in an increase in development time, the appearance of morphological malformations or an increase in larval or pupal mortality. These results are similar to those of [18], which showed that the development of the Asian ladybird *Harmonia axyridis* is delayed in the presence of sublethal doses of certain neurotoxic substances such as spinosad and indoxacarb.

VI. Conclusion

The active ingredients used in the farming environment to control cotton insect pests have shown very toxic effects on non-target insects, particularly *Cheilomenes sulphurea*. Analysis of the results showed that the active ingredients emamectin benzoate, acetamiprid, profenofos and cypermethrin are all highly toxic to the beneficial insect *Cheilomenes sulphurea*, which is very abundant in cotton plots in the Tchologo region.

However, more detailed studies are needed to determine the effect of new active ingredients on *Cheilomenes sulphurea* considering its important role in the phytosanitary protection of cotton.

Acknowledgements

We would like to thank the staff of SECO-SA's Research and Development Department for data collection and the CNRA in Bouaké for their support during the field and laboratory work.

Bibliographical references

- [1]. Aïwa A. L'impact de la culture du coton sur le développement socio-économique : étude de cas de la région de Korhogo, au nord de la cote d'Ivoire. *European Journal of Entomology and Zoology Studies* <http://www.entomoljournal.com> ~ 1053 ~ Scientific Journal.; 11(31) : 2015 ; 1857-7881.
- [2]. Soro L., Soro S., Yobouet N.L., Ochou G.O. Spatial and temporal dynamics of Coccinellidae (Coleoptera) and Formicidae (Hymenoptera): Two families of beneficial insects, in cotton fields in the Tchologo region (Northern Côte d'Ivoire), *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2020; 8(2): 2020 ; 1047-1053
- [3]. Koffi S.Y. Libéralisation de la filière coton en Côte d'Ivoire quinze ans après : empreinte spatiale et organisationnelle. *Cinq Continents* 3(7) : 2013 ;5-17.
- [4]. Berti F., Hofs J.L., Zagbaï H.S. & Lebailly P. Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (4): 2006 ; 271–280
- [5]. Vaissayre M., Cauquil J. & Silvie P. Protection phytosanitaire du cotonnier : Méthodes et moyens de lutte intégrée contre les ravageurs. *Agriculture et Développement* 8 : 1995 ; 4-23.
- [6]. Cauquil J. Maladies et ravageurs du cotonnier en Afrique au Sud du Sahara. Montpellier, Edition CIRAD, 1993 ; 92 p.
- [7]. Ochou O.G. Lutte contre les maladies et arthropodes du cotonnier. Note technique IDESSA-DCI / FC /PDC, 1998 ; 46 p.
- [8]. Badiane D., Gueye M.T., Coly E.V. & Faye O. Gestion intégrée des principaux ravageurs du cotonnier au Sénégal et en Afrique occidentale. *Int. J. Biological and Chemical Sciences* 9(5): 2015 ; 2654- 2667.
- [9]. Mrosso F., Mwatawala M. Rwegasira G. Effect of Lambacyhalothrin 5% EC on *Cheilomenes lunata*, *Cheilomenes sulphurea* and *Cheilomenes propinqua* (Coleoptera : Coccinellidae) Predators of Cotton Aphids (*Aphis gossypii*) (Homoptera : Aphididae), in Eastern Tanzania. 11 (6), 2014 ; 306-308.
- [10]. Koffi C.K, Vama E.T., Germain E.C.O., Malanno K., Kouadio K.N.B., Mamadou D., Acka E.D., Ochou G.O. Comparaison du potentiel insecticide des huiles essentielles de *Ocimum gratissimum* L. et de *Ocimum canum* Sims sur *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera: Gelechiidae), insecte ravageur du cotonnier en Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal*, 21 (14), 2018 ; 1857- 7431.
- [11]. Konan, N.O. & Mergeai, G. (2007). Possibilités d'amélioration de la principale espèce cultivée de cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) pour la résistance au nématode réniforme (*Rotylenchulus reniformis* Linford et Oliveira). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 11 (2), 2007 ; 159– 171.
- [12]. Traore, S. K., Demebele, A., Kone, M., Mambo, V., Lafrance, P., Bekro, Y-A. & Houenou, P. Contrôle des pesticides organochlorés dans le lait et produits laitiers : Bioaccumulation et Risques d'exposition. *Afrique Sciences*, 04(1), 2008 ; 87-98. URL : <http://dx.doi.org/10.4314/afsci.v4i1.61660>
- [13]. [13] Bras A., Auger-Rozenberg M.-A., Pineau P., Lorme P., Roques A., Laparie M., Rousset J. Effet de micro-injections d'emamectine benzoate dans l'arbre hôte sur la survie des premiers stades larvaires de la pyrale du buis, INRA, *Zoologie forestière*, 2020 ; 12 p
- [14]. Duchovskienne.L., (2007). Effects of abamectin on the two-spotted spider mite (Tetranychis Uriticae) in green house cucumbers, Lithuanian institute of Horticulture Laboratory of Plant Protection. .26.p.p. 2007 ; 166-175.
- [15]. Malika L. Analyse de l'efficacité d'un acaricide de la troisième génération (cas des Avermectines) au cours d'un processus d'homologation d'un produit nouveau. Mémoire de Master de l'Université de Tlemcen, 2018 ; 73 p
- [16]. Louat F. 2013. Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*, Thèse de doctorat de l'Université d'Orléans, école doctorale santé, sciences biologiques et chimie du vivant, 2013 ; 224 p.
- [17]. Singh, S.R., Walters, K.F., Port, G.R., Northing, P., 2004. Consumption rates and predatory activity of adult and fourth instar larvae of the seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata*(L.), following contact with dimethoate residue and contaminated prey in laboratory arenas. *Biological Control* 30, 127–133.
- [18]. Galvan, T.L., Koch, R.L., Hutchison, W.D., 2005. Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development, and reproduction of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* 34, 108–114

SORO Lacina, et. al. "Effect of three synthetic chemical insecticides on *Cheilomenes sulphurea* (Coleoptera: Coccinellidae), a predatory insect in cotton field in Ferkessedougou, northern Côte d'Ivoire." *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 14(2), 2021, pp. 14-20.

Résumé

Le coton représente le quatrième produit d'exportation en Côte d'Ivoire, après le cacao, l'hévéa et la noix de cajou. Toutefois, le cotonnier subit une forte pression parasitaire, occasionnant des pertes de récolte pouvant aller de 30 % à 75% en l'absence de protection phytosanitaire. Cette étude a pour objectif de réaliser l'inventaire des principales espèces d'insectes utiles qui participent à la régulation des populations d'insectes ravageurs, à la pollinisation et de d'identifier quelques facteurs agroécologiques pouvant influencer leurs populations dans les localités de Korokara, Diawala, Kaouara et Kong. Les captures à la main, à l'aide de filet fauchoir et de pots barbers ont été effectuées dans 40 parcelles cotonnières. Des pluviomètres et des thermohygromètres ont été installés dans chaque localité pour la collecte des données climatiques. Des insecticides chimiques de synthèse ont été utilisés pour tester l'effet des matières actives sur *Cheilomenes sulphurea* (Coccinellidae). Les résultats montrent que 30 474 individus ont été inventoriés. Ces individus représentent 28 espèces appartenant à 6 ordres et 9 familles. Les Formicidae ont représenté 49,63% des différentes familles, suivi des Apidae (10,47%), des Syrphidae (10,20%), des Coccinellidae (9,95%) et des Libellulidae (9,47%). L'étude des facteurs climatiques et des pratiques culturales, a révélé que ces facteurs influencent différemment les effectifs des espèces. Les insecticides chimiques de synthèse testés sur *C. sulphurea* ont été très toxiques sur les larves et les adultes. Cette étude a permis d'établir un premier inventaire des insectes utiles dans les parcelles cotonnières, ce qui représente de ce fait une base scientifique solide dans l'élaboration des programmes de lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier.

Mots clés : Insectes utiles, coton, pratiques culturales, facteurs climatiques, insecticides

Abstract

Cotton is the fourth largest export product in Côte d'Ivoire, behind cocoa, rubber and cashew nuts. However, cotton is exposed to heavy pest pressure, causing harvest losses up to 30% to 75% in the lack of phytosanitary protection. The aim of this study is to carry out an inventory of the main species of beneficial insects that participate in the regulation of insect pest populations, pollination and to identify agro-ecological factors that can influence their populations in the localities of Korokara, Diawala, Kaouara and Kong. Hand capture, using mowing nets and barber pots, was carried out in 40 cotton plots. The climatic data were collected with rain gauges and thermo-hygrometers in each locality. Synthetic chemical pesticides were used to test the effect of the active ingredients on *Cheilomenes sulphurea* (Coccinellidae). The results show that 30 474 specimens were inventoried. These specimens represent 28 species belonging to 6 orders and 9 families. Formicidae represented 49.63% of the different families, followed by Apidae (10.47%), Syrphidae (10.20%), Coccinellidae (9.95%) and Libellulidae (9.47%). The study of climatic factors and farming practices revealed that these factors influence species densities differently. The synthetic chemical insecticides tested on *C. sulphurea* were highly toxic on both larvae and adults. This study has allowed the establishment of the first inventory of beneficial insects in cotton plots, thus providing a solid scientific base for the implementation of Integrated Pest Management programmes for cotton pests.

Keywords: Beneficial insects, cotton, cultivation practices, climatic factors, insecticides