



UNIVERSITE  
JEAN LOROUGNON GUEDE

**UFR AGROFORESTERIE**

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail  
-----

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique

ANNEE : 2021-2022

N° D'ORDRE :

.....061.....

CANDIDAT

Nom : YAO

Prénoms : N'guessan

## THESE DE DOCTORAT

**Mention : Agriculture et Foresterie Tropicale**

**Spécialité : Entomologie Agricole**

**Entomofaune du gombo (*Abelmoschus esculentus* Moench, Malvaceae) et perspectives de contrôle de *Podagrica decolorata* Duvivier, 1892 (Coleoptera : Chrysomelidae), au moyen de la lutte biologique en Côte d'Ivoire**

### JURY

Président : M. BAKAYOKO Sidiky, Professeur Titulaire,  
Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : M. SORO Senan, Professeur Titulaire,  
Université Jean Lorougnon Guédé

Rapporteur : M. KRA Kouadio Dagobert, Maître de Conférences,  
Université Nangui Abrogoua

Examineurs : M. SORO Dogniméton, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé

M. N'DEPO Ossey Robert, Maître de Conférences,  
Université Jean Lorougnon Guédé

Soutenu Publiquement  
le : ...22/10/2022.....

## TABLE DES MATIÈRES

<b>DÉDICACES</b> .....	<b>xii</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES</b> .....	<b>xv</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>xvi</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>xix</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1. GOMBO</b> .....	<b>6</b>
1.1.1. Origine et distribution géographique .....	6
1.1.2. Systématique du gombo <i>Abelmoschus esculentus</i> .....	6
1.1.3. Description botanique du gombo.....	7
1.1.4. Biologie et mode de reproduction du gombo .....	8
1.1.5. Culture du gombo .....	8
1.1.5.1. Différents modes de semis .....	8
1.1.5.2. Fertilisation.....	9
1.1.5.3. Récolte et conservation du gombo.....	9
1.1.5.4. Amélioration variétale.....	9
1.1.5.5. Exigence hydrique .....	10
1.1.6. Importance socio-économique du gombo .....	10
1.1.6.1. Importance nutritionnelle .....	10
1.1.6.2. Importance médicinale .....	11
1.1.6.3. Importance économique .....	11
<b>1.2. MALADIES ET INSECTES RAVAGEURS DU GOMBO</b> .....	<b>12</b>
1.2.1. Maladies du gombo.....	12
1.2.2. Insectes ravageurs du gombo .....	12
1.2.2.1. Insectes défoliateurs du gombo .....	12

1.2.2.2. Insectes piqueurs-suceurs du gombo .....	12
1.2.2.3. Insectes foreurs du gombo.....	13
<b>1.3. MÉTHODES DE LUTTE CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS DU GOMBO</b> .....	<b>13</b>
1.3.1. Lutte agronomique.....	13
1.3.2. Lutte chimique.....	13
1.3.3. Lutte biologique.....	13
<b>1.4. RAVAGEUR MAJEUR DU GOMBO .....</b>	<b>14</b>
1.4.1. Systématique de <i>Podagrica decolorata</i> .....	14
1.4.2. Biologie de <i>Podagrica decolorata</i> .....	14
1.4.3. Plantes-hôtes de <i>Podagrica decolorata</i> .....	15
1.4.4. Dégâts de <i>Podagrica decolorata</i> .....	15
1.4.5. Variation des populations de <i>Podagrica decolorata</i> .....	15
<b>1.5. ENNEMIS NATURELS DE <i>PODAGRICA DECOLORATA</i> .....</b>	<b>16</b>
1.5.1. Systématique de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	16
1.5.2. Systématique de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	17
1.5.3. Caractères généraux des Reduviidae .....	17
1.5.4. Bioécologie des Reduviidae .....	18
<b>1.6. MÉTHODES DE LUTTE CONTRE <i>PODAGRICA DECOLORATA</i> .....</b>	<b>19</b>
1.6.1. Lutte chimique.....	19
1.6.2. Lutte biologique.....	19
1.6.3. Méthode de lutte intégrée.....	20
1.6.4. Méthode de lutte utilisant des biopesticides.....	20
1.6.4.1. <i>Azadirachta indica</i> Juss (Meliaceae) .....	20
1.6.4.2. <i>Ricinus communis</i> L. (Euphorbiaceae).....	21
1.6.4.3. <i>Carica papaya</i> L. (Caricaceae).....	21
1.6.4.4. <i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum (Apocynaceae).....	22

1.6.4.5. <i>Jatropha curcas</i> L. (Euphorbiaceae).....	23
1.6.5. Molécules bioinsecticides .....	23
1.6.5.1. Azadirachtine.....	23
1.6.5.2. Ricine .....	23
1.6.5.3. Pyrèthre .....	23
1.6.5.4. Quassine .....	24
1.6.5.5. Nicotine .....	24
<b>1.7. MILIEU D'ÉTUDE.....</b>	<b>24</b>
1.7.1. Situation géographique .....	24
1.7.2. Relief.....	25
1.7.3. Sol.....	25
1.7.4. Végétations et potentialités agricoles .....	26
1.7.5. Climat.....	26
1.7.5.1. Pluviométrie et température .....	26
1.7.5.2. Humidité relative .....	28
1.7.6. Contraintes agricoles.....	29
<b>DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1. MATÉRIEL.....</b>	<b>31</b>
2.1.1. Matériel biologique.....	31
2.1.2. Matériel technique .....	33
<b>2.2. MÉTHODES.....</b>	<b>35</b>
2.2.1. Inventaire de l'entomofaune du gombo et évaluation des dégâts en fonction des stades phénologiques .....	35
2.2.1.1. Dispositif expérimental .....	35
2.2.1.2. Capture et identification des insectes.....	37
2.2.1.3. Calcul de l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence .....	37
2.2.1.4. Évaluation des dégâts causés par les ravageurs.....	38

2.2.2. Variation saisonnière des populations de <i>Podagrica decolorata</i> , de ses prédateurs et évaluation des dégâts causés par le ravageur .....	39
2.2.2.1. Dispositif de piégeage .....	39
2.2.2.2. Évaluation des dégâts causés par <i>Podagrica decolorata</i> .....	39
2.2.3. Bioécologie de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	39
2.2.3.1. Conditions d'élevage de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	39
2.2.3.2. Conduite de l'élevage de <i>Rhynocoris rapax</i> et de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	40
2.2.3.3. Détermination de paramètres biologiques .....	40
2.2.3.3.1. Étude de paramètres morphométriques des œufs, larves et adultes .....	40
2.2.3.3.2. Périodes de pré-copulation et de pré-oviposition .....	41
2.2.3.3.3. Nombre d'œufs pondus par femelle et durée de vie des adultes .....	41
2.2.3.3.4. Durée d'incubation et taux de fertilité des œufs .....	42
2.2.3.3.5. Taux de survie larvaire, durée de développement et sex-ratio .....	42
2.2.3.4. Paramètres écologiques .....	43
2.2.4. Contrôle de <i>Podagrica decolorata</i> aux moyens d'extraits de plantes locales et du prédateur <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	43
2.2.4.1. Dispositif de mise en place des traitements .....	43
2.2.4.2. Préparation des extraits aqueux .....	44
2.2.4.3. Détermination des concentrations .....	44
2.2.4.4. Effet insecticide des extraits aqueux sur les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> et sur <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	46
2.2.4.5. Évaluation de la densité de <i>Podagrica decolorata</i> .....	46
2.2.5. Analyse statistique des données .....	47
<b>TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1. ENTOMOFAUNE DU GOMBO ET ÉVALUATION DES DÉGÂTS EN FONCTION DES STADES PHÉNOLOGIQUES .....</b>	<b>49</b>
3.1.1. Entomofaune collectée aux différents stades phénologiques .....	49
3.1.1.1. Ravageurs du gombo .....	49
3.1.1.1.1. Défoliateurs .....	49

3.1.1.1.2. Piqueurs-suceurs .....	49
3.1.1.1.3. Foreurs.....	53
3.1.1.2. Auxiliaires du gombo.....	55
3.1.1.2.1. Pollinisateurs .....	55
3.1.1.2.2. Prédateurs .....	55
3.1.2. Abondance relative et fréquence d'occurrence .....	55
3.1.3. Évaluation des dégâts causés par les insectes ravageurs en fonction des stades phénologiques du gombo .....	59
3.1.3.1. Évaluation des dégâts en fonction du mode de déprédation .....	59
3.1.3.2. Évaluation des dégâts sur les organes du gombo à chaque stade phénologique ..	61
3.1.3.2.1. Dégâts au stade de préfloraison .....	61
3.1.3.2.2. Dégâts au stade de boutons floraux .....	61
3.1.3.2.3. Dégâts au stade de floraison-fructification.....	62
3.1.4. Discussion .....	64
3.1.5. Conclusion partielle .....	66
<b>3.2. VARIATION SAISONNIÈRE DES POPULATIONS DE <i>PODAGRICA DECOLORATA</i>, DE SES PRÉDATEURS ET ÉVALUATION DES DÉGÂTS</b> .....	<b>67</b>
3.2.1. Évolution saisonnière des effectifs de <i>Podagrica decolorata</i> sur deux années consécutives .....	67
3.2.1.1. Variation saisonnière de la population de <i>Podagrica decolorata</i> de l'année 2018 .....	67
3.2.1.2. Variation saisonnière de la population de <i>Podagrica decolorata</i> de l'année 2019 .....	68
3.2.2. Relation entre les effectifs de <i>Podagrica decolorata</i> et quelques facteurs abiotiques .....	69
3.2.2.1. Saisons sèche et pluvieuse de l'année 2018 .....	69
3.2.2.2. Saisons sèche et pluvieuse de l'année 2019 .....	72
3.2.3. Dynamique de quelques espèces de Reduviidae, prédatrices de <i>Podagrica decolorata</i> .....	75

## TABLE DES MATIÈRES

3.2.3.1. Fréquence d'occurrence des espèces de Reduviidae .....	75
3.2.3.2. Variation des effectifs des espèces de Reduviidae en fonction des stades phénologiques du gombo .....	75
3.2.3.2.1. Variation des effectifs de Reduviidae de Janvier à Mars 2019 .....	75
3.2.3.2.2. Variation des effectifs de Reduviidae de Juin à Septembre 2019 .....	76
3.2.3.3. Relation entre les effectifs des espèces de Reduviidae et les facteurs abiotiques	77
3.2.3.3.1. Cas de la saison sèche de Janvier à Mars 2019 .....	77
3.2.3.3.2. Cas de la saison pluvieuse de Juin à Septembre 2019 .....	78
3.2.3.4. Effet de la dynamique des Reduviidae sur la population de <i>Podagrica decolorata</i> .....	79
3.2.4. Évaluation des dégâts causés par <i>Podagrica decolorata</i> suivant les stades de développement du gombo en saison sèche et en saison pluvieuse de deux années consécutives .....	81
3.2.4.1. Description des dégâts causés par <i>Podagrica decolorata</i> aux plants de gombo ..	81
3.2.4.2. Dégâts causés par les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> aux organes du gombo .	82
3.2.4.2.1. Dégâts causés par les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> aux organes du gombo en saison sèche 2018 .....	82
3.2.4.2.2. Dégâts causés par les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> aux organes du gombo en saison pluvieuse 2018.....	83
3.2.4.2.3. Dégâts causés par les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> aux organes du gombo en saison sèche 2019 .....	84
3.2.4.2.4. Dégâts causés par les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> aux organes du gombo en saison pluvieuse 2019.....	85
3.2.4.3. Ampleur des dégâts causés par les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> aux feuilles du gombo à toutes les saisons sur deux années consécutives .....	86
3.2.4.3.1. Saison sèche.....	86
3.2.4.3.2. Saison pluvieuse .....	87
3.2.5. Discussion .....	88
3.2.6. Conclusion partielle .....	91
<b>3.3. BIOÉCOLOGIE DE <i>RHYNOCORIS ALBOSILVOSUS</i> ET DE <i>RHYNOCORIS RAPAX</i>.....</b>	<b>92</b>

3.3.1. Bioécologie de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	92
3.3.1.1. Dimorphisme sexuel chez <i>Rhynocoris rapax</i> .....	92
3.3.1.1.1. Dernier segment abdominal.....	92
3.3.1.1.2. Morphologie externe .....	92
3.3.1.2. Accouplement chez <i>Rhynocoris rapax</i> .....	95
3.3.1.3. Œufs de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	95
3.3.1.3.1. Description des œufs de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	95
3.3.1.3.2. Taille des œufs de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	96
3.3.1.3.3. Nombre d'œufs pondus par femelle de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	96
3.3.1.3.4. Taux de fertilité et durée d'incubation de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	96
3.3.1.4. Larves de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	96
3.3.1.4.1. Description des larves de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	96
3.3.1.4.2. Durée de développement et taux de survie larvaires des différents stades de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	100
3.3.1.4.3. Sex-ratio de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	100
3.3.1.5. Pré-copulation et pré-oviposition des femelles de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	100
3.3.1.6. Longévité des adultes de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	101
3.3.1.7. Cycle biologique de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	101
3.3.1.8. Effet de la température et de l'hygrométrie sur le développement larvaire de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	101
3.3.1.8.1. Influence de l'hygrométrie .....	101
3.3.1.8.2. Influence de la température .....	101
3.3.1.9. Efficacité de la prédation chez <i>Rhynocoris rapax</i> .....	104
3.3.1.9.1. Technique de prédation de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	104
3.3.1.9.2. Efficacité de la prédation pendant 24 heures chez les larves et les adultes (mâle et femelle) de <i>Rhynocoris rapax</i> en fonction de la variation du nombre de <i>Podagrica decolorata</i> .....	104
3.3.1.9.2.1. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 5 proies .....	104
3.3.1.9.2.2. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 10 proies .....	104

3.3.1.9.2.3. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 15 proies .....	105
3.3.1.9.2.4. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 20 proies .....	105
3.3.1.9.3. Efficacité de la prédation pendant 48 heures des différents stades larvaires de <i>Rhynocoris rapax</i> en fonction de la variation du nombre de <i>Podagrica decolorata</i> .....	106
3.3.1.9.3.1. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 5 proies .....	106
3.3.1.9.3.3. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 15 proies .....	107
3.3.1.9.3.4. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 20 proies .....	107
3.3.2. Bioécologie de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	108
3.3.2.1. Dimorphisme sexuel chez <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	108
3.3.2.1.1. Dernier segment abdominal.....	108
3.3.2.1.2. Morphologie externe .....	108
3.3.2.2. Accouplement chez <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	110
3.3.2.3. Œufs de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	111
3.3.2.3.1. Description des œufs de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	111
3.3.2.3.2. Taille des œufs de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	111
3.3.2.3.3. Nombre d'œufs pondus par femelle de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	112
3.3.2.4. Larves de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	113
3.3.2.4.1. Description des larves de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	113
3.3.2.4.2. Durée de développement et taux de survie des différents stades larvaires de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	114
3.3.2.4.2.1. Durée de développement des différents stades larvaires de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	114
3.3.2.4.2.2. Taux de survie larvaire de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	114
3.3.2.4.3. Sex-ratio de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	117
3.3.2.5. Pré-copulation et pré-oviposition des femelles de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	117
3.3.2.6. Longévité des adultes de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	117
3.3.2.7. Cycle biologique de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	118

3.3.2.8. Effet de la température et de l'hygrométrie sur le développement larvaire de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	120
3.3.2.8.1. Influence de l'hygrométrie .....	120
3.3.2.8.2. Effet de la température .....	120
3.3.2.9. Efficacité de la prédation chez <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	121
3.3.2.9.1. Technique de prédation de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	121
3.3.2.9.2. Efficacité de la prédation pendant 24 heures chez les larves et les adultes (mâle et femelle) de <i>Rhynocoris albopilosus</i> en fonction de la variation du nombre de <i>Podagrica decolorata</i> .....	121
3.3.2.9.2.1. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 5 proies .....	121
3.3.2.9.2.2. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 10 proies .....	122
3.3.2.9.2.3. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 15 proies .....	122
3.3.2.9.2.4. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 20 proies .....	122
3.3.2.9.3. Efficacité de la prédation pendant 48 heures chez les larves et les adultes (mâle et femelle) de <i>Rhynocoris albopilosus</i> en fonction de la variation du nombre de <i>Podagrica decolorata</i> .....	123
3.3.2.9.3.1. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 5 proies .....	123
3.3.2.9.3.2. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 10 proies .....	123
3.3.2.9.3.3. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 15 proies .....	124
3.3.2.9.3.4. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 20 proies .....	124
3.3.3. Comparaison de quelques paramètres bioécologiques et agressivité de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et <i>Rhynocoris rapax</i> .....	124
3.3.3.1. Comparaison de quelques paramètres bioécologiques de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et <i>Rhynocoris rapax</i> .....	124
3.3.3.1.1. Comparaison de la durée d'incubation.....	124
3.3.3.1.2. Comparaison du taux d'éclosion.....	125
3.3.3.1.3. Comparaison du taux de survie larvaire.....	125
3.3.3.1.4. Comparaison de la durée du cycle .....	125
3.3.3.1.5. Sex-ratio .....	126
3.3.3.1.6. Période de copulation.....	126

3.3.3.1.7. Période d’oviposition .....	126
3.3.3.1.8. Durée de vie des femelles.....	126
3.3.3.2. Agressivité de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et <i>Rhynocoris rapax</i> vis-à-vis de <i>Podagrica decolorata</i> durant 24 heures.....	127
3.3.3.2.1. Agressivité en présence de 5 proies .....	127
3.3.3.2.2. Agressivité en présence de 10 proies .....	128
3.3.3.2.3. Agressivité en présence de 15 proies .....	129
3.3.3.2.4. Agressivité en présence de 20 proies .....	130
3.3.3.3. Agressivité de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et <i>Rhynocoris rapax</i> vis à vis des adultes de <i>Podagrica decolorata</i> en 48 heures .....	131
3.3.3.3.1. Agressivité en présence de 5 proies .....	131
3.3.3.3.2. Agressivité en presence de 10 proies .....	132
3.3.3.3.3. Agressivité en présence de 15 proies .....	133
3.3.3.3.4. Agressivité en présence de 20 proies .....	133
3.3.4. Discussion .....	134
3.3.5. Conclusion partielle .....	139
<b>3.4. CONTRÔLE DE <i>PODAGRICA DECOLORATA</i> AUX MOYENS D’EXTRAITS DE PLANTES LOCALES ET DU PRÉDATEUR <i>RHYNOCORIS ALBOPILOSUS</i></b>	<b>140</b>
3.4.1. Effet insecticide des extraits aqueux sur les adultes de <i>Podagrica decolorata</i> ....	140
3.4.2. Effet insecticide des extraits aqueux sur les stades de développement de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	142
3.4.2.1. Effet des extraits de feuilles de <i>Ricinus communis</i> sur les larves et adultes de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	142
3.4.2.1.1. Contrôle après 24 heures .....	142
3.4.2.1.2. Contrôle après 72 heures .....	142
3.4.2.2. Effet des extraits de feuilles de <i>Azadirachta indica</i> sur les larves et adultes de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	144
3.4.2.2.1. Contrôle après 24 heures .....	144
3.4.2.2.2. Contrôle après 72 heures .....	144

## TABLE DES MATIÈRES

3.4.3. Variation de la densité de <i>Podagrica decolorata</i> après traitement du gombo aux moyens d'extraits aqueux et du prédateur <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	146
3.4.3.1. Premier traitement (1 <sup>er</sup> essai).....	146
3.4.3.2. Deuxième traitement (2 <sup>ème</sup> essai).....	147
3.4.3.3. Troisième traitement (3 <sup>ème</sup> essai).....	148
3.4.4. Évaluation de la bio-efficacité des extraits aqueux de <i>Ricinus communis</i> , d' <i>Azadirachta indica</i> et du prédateur <i>Rhynocoris albopilosus</i> pour le contrôle de <i>Podagrica decolorata</i> .....	149
3.4.4.1. Premier traitement (1 <sup>er</sup> essai).....	149
3.4.4.2. Deuxième traitement (2 <sup>ème</sup> essai).....	150
3.4.4.3. Troisième traitement (3 <sup>ème</sup> essai).....	151
3.4.5. Discussion .....	152
3.4.6. Conclusion partielle .....	154
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>155</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>158</b>

## DÉDICACES

*Je dédie ce mémoire à :*

*mon épouse, Madame Yao née Djoué Prisca Adjoua,*

*mes filles, Yao Synthyché Mienman Johana et sa sœur cadette Yao Bérénice Mienclohé Schellumielle,*

*mes parents, Kouadio Yao et Kouamé Aya.*

## REMERCIEMENTS

Ce travail est le couronnement de plusieurs années de travail qui ont été possibles grâce à la sollicitude, au soutien et à la générosité de plusieurs personnes auxquelles je tiens particulièrement à transmettre mes sincères remerciements.

Au Professeur Titulaire, TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), pour son attachement au travail bien fait afin de faire de notre institution un pôle d'excellence.

Au Professeur Titulaire, KONE Tidiani, Vice-président chargé de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour sa forte implication dans notre formation.

Au Professeur Titulaire, AKAFFOU Doffou Sélastique, Vice-président chargé de la planification, de la programmation et des relations extérieures de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour son implication dans notre formation depuis le master.

Au Docteur TONESSIA Dolou Charlotte, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé, Directrice de l'UFR Agroforesterie, pour sa disponibilité.

Au Professeur Titulaire SORO Senan, à l'Université Jean Lorougnon Guédé, Directeur de Thèse, je suis infiniment reconnaissant d'avoir assuré l'encadrement scientifique et technique de cette Thèse pour les conseils et discussions enrichissantes que nous avons eues pour l'orientation du travail. Outre ses qualités humaines, je salue la qualité de son encadrement. Merci pour tout, cher Maître.

Je suis très reconnaissant :

- Au Professeur BAKAYOKO Sidiky, Professeur Titulaire à l'Université Jean Lorougnon Guédé, qui malgré ses nombreuses charges a accepté de présider le jury de cette soutenance de Thèse ;

- Au Docteur SORO Dogniméton, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé pour avoir exprimé de l'intérêt sur le sujet de la présente thèse en acceptant d'examiner les travaux y afférents et de siéger parmi les membres du jury ;

- Au Docteur N'DEPO Ossey Robert, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé pour sa disponibilité en acceptant en tant qu'examineur de juger ce travail ;

- Au Docteur KRA Kouadio Dagobert, Maître de Conférences à l'Université Nangui Abrogoua pour avoir lu et corrigé ce manuscrit. Ses précieux conseils et suggestions pertinentes m'ont permis d'améliorer ce mémoire. Je le remercie également d'avoir accepté d'être rapporteur et de juger cette thèse ;

## REMERCIEMENTS

- Au Docteur YEBOUE N'guessan Lucie, Maître de Conférences, pour sa disponibilité et pour avoir manifesté de l'intérêt pour le sujet de thèse en acceptant d'instruire et ainsi participer à la conception de ce document, grâce aux corrections qu'elles y a apportées.

- Au Docteur NANDJUI Jacob, Maître de Conférences, pour avoir manifesté de l'intérêt pour le sujet de thèse en acceptant d'instruire cette thèse et ainsi contribuer à la conception de ce document.

- Au Docteur TANO Djè Kévin Christian, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé, sa connaissance de la Biologie des insectes, ses compétences en défense des cultures contre les ravageurs au moyen des extraits de plantes, sa marque de bienveillance, sa disponibilité et sa perspicacité ont contribué significativement à l'aboutissement de ce travail. Merci Docteur.

- Au Docteur TRA Bi Crolaud Sylvain, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour sa disponibilité, ses conseils avisés et suggestions.

Mes sincères remerciements au Docteur KWADJO Koffi Eric, Maître de Conférences à l'Université Nangui Abrogoua pour m'avoir aidé à identifier certaines espèces et donner des orientations qui m'ont été utiles dans l'exécution de ce travail.

A tous les Enseignants-Chercheurs de l'Unité Pédagogique de Recherche d'Entomologie Agricole de l'Université Jean Lorougnon Guédé, je voudrais exprimer ma profonde gratitude pour l'atmosphère conviviale qui a toujours prévalu en notre sein.

Mes remerciements vont également à l'endroit de tous mes condisciples de l'Unité Pédagogique de Recherche d'Entomologie Agricole de l'Université Jean Lorougnon Guédé.

Au Docteur N'DRI Konan Ella et à son épouse, tous mes remerciements, pour les conseils motivants, leur hospitalité et pour leurs soutiens pour la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont à l'endroit de Docteur OBODJI Adagba pour sa rigueur scientifique, qui est pour moi un modèle, un guide et frère pour sa contribution depuis le début jusqu'au terme de ce travail.

Mes sincères remerciements et mon infinie gratitude s'adressent à mes parents et amis avec qui je partage les joies et les doutes du quotidien. Je suis heureux de vous avoir rencontré.

Je voudrais également remercier le couple SESS pour leurs soutiens notamment au plan spirituel. Un remerciement exceptionnel à mon frère N'DAH Kouadio et à son épouse pour leur hospitalité toutes les fois que je suis passé à Daloa.

Enfin, je voudrais remercier mon frère OHOUKOU Patrick, le couple COMOIE et la famille TIANGBE pour leurs soutiens toutes les fois que j'ai eu besoin d'eux. Sachez que sans vos soutiens ce travail n'aurait pas abouti.

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES**

- ADN : Acide Desoxyribonucléique
- ANOVA : Analyse de Variance
- BAD : Banque Africaine de Développement
- BNETD : Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
- CNRA : Centre National de Recherche Agronomique
- FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisations des Nations Unies pour l'alimentaire et l'agriculture)
- LSD : Least Significant Difference (Plus petit Différence Significative)
- OCPV : Office d'aide à la Commercialisation des Produits Vivriers
- PRICI : Projet de Renaissance des Infrastructures de Côte d'Ivoire
- PRO2M : Programme d'appui au développement des filières Manioc et Maraîchers en Côte d'Ivoire
- SODEXAM : Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météologique
- UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé
- UNESCO : Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.</b> Matériel technique utilisé dans l'étude .....	33
<b>Tableau II.</b> Insectes du gombo et leurs actions sur la parcelle expérimentale aux différents stades phénologiques .....	50
<b>Tableau III.</b> Différents groupes d'insectes ravageurs du gombo.....	53
<b>Tableau IV.</b> Abondance relative et fréquence d'occurrence des espèces d'insectes collectés aux différents stades phénologiques .....	57
<b>Tableau V.</b> Taux d'attaque des insectes ravageurs au stade de préfloraison.....	61
<b>Tableau VI.</b> Taux d'attaque des insectes ravageurs au stade de bouton floral.....	62
<b>Tableau VII.</b> Taux d'attaque des insectes ravageurs au stade de floraison-fructification .....	63
<b>Tableau VIII.</b> Fréquences d'occurrence de six espèces de Reduviidae, prédatrices de <i>Podagrica decolorata</i> .....	75
<b>Tableau IX.</b> Corrélation entre l'effectif des prédateurs et quelques facteurs climatiques en saison sèche de l'année 2019.....	78
<b>Tableau X.</b> Corrélation entre l'effectif des prédateurs et quelques facteurs climatiques en saison pluvieuse de l'année 2019.....	79
<b>Tableau XI.</b> Ampleur des dégâts causés aux feuilles en saison sèche .....	87
<b>Tableau XII.</b> Ampleur des dégâts causés aux feuilles en saison pluvieuse.....	88
<b>Tableau XIII.</b> Paramètres morphométriques mesurés chez des mâles et des femelles de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	94
<b>Tableau XIV.</b> Paramètres morphométriques mesurés des différents stades larvaires de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	99
<b>Tableau XV.</b> Durée moyenne de développement et taux de survie larvaire de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	100
<b>Tableau XVI.</b> Nombre de proies ingerées par <i>Rhynocoris rapax</i> en 24 heures .....	106
<b>Tableau XVII.</b> Nombre de proies ingerées par <i>Rhynocoris rapax</i> en 48 heures .....	108
<b>Tableau XVIII.</b> Paramètres morphologiques mesurés chez des mâles et des femelles de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	110

<b>Tableau XIX.</b> Paramètres morphométriques mesurés des différents stades larvaires de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	116
<b>Tableau XX.</b> Durée moyenne de développement et taux de survie larvaire de <i>Rhynocoris albopilosus</i> .....	117
<b>Tableau XXI.</b> Comparaison de l'efficacité de la prédation entre les différents stades de développement de <i>Rhynocoris albopilosus</i> face aux adultes de <i>Podagrira decolorata</i> en 24 heures .....	123
<b>Tableau XXII.</b> Comparaison de l'efficacité de la prédation des différents stades de développement de <i>Rhynocoris albopilosus</i> face aux adultes de <i>Podagrira decolorata</i> en 48 heures.....	125
<b>Tableau XXIII.</b> Comparaison de quelques paramètres bioécologiques de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et <i>Rhynocoris rapax</i> .....	127
<b>Tableau XXIV.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis-à-vis de 5 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> en 24 heures .....	128
<b>Tableau XXV.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis-à-vis de 10 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> en 24 heures .....	129
<b>Tableau XXVI.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis-à-vis de 15 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> en 24 heures .....	130
<b>Tableau XXVII.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis-à-vis de 20 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> en 24 heures .....	131
<b>Tableau XXVIII.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis-à-vis de 5 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> pendant 48 heures.....	132
<b>Tableau XXIX.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis-à-vis de 10 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> pendant 48 heures .....	132
<b>Tableau XXX.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis-à-vis de 15 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> pendant 48 heures .....	133
<b>Tableau XXXI.</b> Agressivité de <i>Rhynocoris rapax</i> et <i>Rhynocoris albopilosus</i> vis à vis de 20 adultes de <i>Podagrira decolorata</i> pendant 48 heures .....	134
<b>Tableau XXXII.</b> Taux de mortalité des adultes de <i>Podagrira decolorata</i> (%) après traitement par les extraits aqueux .....	141

**Tableau XXXIII.** Taux de mortalité des larves et des adultes de *Rhynocoris albopilosus* (%) après traitement par les extraits de *Ricinus communis* ..... 143

**Tableau XXXIV.** Taux de mortalité des larves et des adultes de *Rhynocoris albopilosus* (%) après traitement par les extraits de *Azadirachta indica* ..... 145

**Tableau XXXV.** Variation des effectifs moyens des adultes de *Podagrica decolorata* après le premier traitement ..... 146

**Tableau XXXVI.** Variation des effectifs moyens des adultes de *Podagrica decolorata* après le deuxième traitement ..... 147

**Tableau XXXVII.** Variation des effectifs moyens des adultes de *Podagrica decolorata* après le troisième traitement ..... 148

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Plant de gombo .....	7
<b>Figure 2.</b> <i>Podagrica decolorata</i> .....	15
<b>Figure 3.</b> Morphologie générale d'un Reduviidae.....	18
<b>Figure 4.</b> Plante adulte de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss (Meliaceae).....	21
<b>Figure 5.</b> Quelques plantes à effet bioinsecticide.....	22
<b>Figure 6.</b> Carte de la Côte d'Ivoire et de la ville de Man .....	25
<b>Figure 7.</b> Diagrammes ombrothermiques de la localité de Man de 2018 à 2020.....	27
<b>Figure 8.</b> Humidité relative de la localité de Man de 2018 à 2020 .....	28
<b>Figure 9.</b> Deux espèces prédatrices de <i>Podagrica decolorata</i> .....	31
<b>Figure 10.</b> Plant de gombo (variété Hiré) .....	32
<b>Figure 11.</b> Feuilles fraîches d' <i>Azadirachta indica</i> (Meliaceae) .....	32
<b>Figure 12.</b> Feuilles fraîches de <i>Ricinus communis</i> (Euphorbiaceae).....	32
<b>Figure 13.</b> Quelques matériels techniques .....	34
<b>Figure 14.</b> Schéma du dispositif expérimental.....	36
<b>Figure 15.</b> Schéma du dispositif de traitement.....	45
<b>Figure 16.</b> Quelques ravageurs du gombo .....	54
<b>Figure 17.</b> Quelques espèces de Reduviidae prédatrices de <i>Podagrica decolorata</i> .....	56
<b>Figure 18.</b> Taux d'attaque des ravageurs aux différents stades de développement du gombo	60
<b>Figure 19.</b> Effectifs moyens d'adultes de <i>Podagrica decolorata</i> pris aux pièges colorés à chaque stade phénologique du gombo durant les différentes saisons de l'année 2018 .....	68
<b>Figure 20.</b> Effectifs moyens d'adultes de <i>Podagrica decolorata</i> pris aux pièges colorés à chaque stade phénologique du gombo durant les différentes saisons de l'année 2019 .....	69
<b>Figure 21.</b> Relation entre les effectifs de <i>Podagrica decolorata</i> et quelques facteurs abiotiques durant la saison sèche de l'année 2018.....	70

<b>Figure 22.</b> Relation entre les effectifs de <i>Podagrira decolorata</i> et quelques facteurs abiotiques durant la saison pluvieuse de l'année 2018 .....	71
<b>Figure 23.</b> Relation entre les effectifs de <i>Podagrira decolorata</i> et quelques facteurs abiotiques durant la saison sèche de l'année 2019.....	73
<b>Figure 24.</b> Relation entre les effectifs de <i>Podagrira decolorata</i> et quelques facteurs abiotiques durant la saison pluvieuse de l'année 2019 .....	74
<b>Figure 25.</b> Variation des populations des espèces de Reduviidae en saison sèche 2019 .....	76
<b>Figure 26.</b> Variation des populations des espèces de Reduviidae en saison pluvieuse 2019 ..	77
<b>Figure 27.</b> Corrélation entre l'évolution des populations de prédateurs et l'effectif de <i>Podagrira decolorata</i> en saison sèche de l'année 2019 .....	80
<b>Figure 28.</b> Corrélation entre l'évolution des populations de prédateurs et l'effectif de <i>Podagrira decolorata</i> en saison pluvieuse de l'année 2019 .....	80
<b>Figure 29.</b> Dégâts causés par <i>Podagrira decolorata</i> .....	81
<b>Figure 30.</b> Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison sèche 2018 .....	83
<b>Figure 31.</b> Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison pluvieuse 2018 .....	84
<b>Figure 32.</b> Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison sèche 2019 .....	85
<b>Figure 33.</b> Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison pluvieuse 2019 .....	86
<b>Figure 34.</b> Dimorphisme sexuel chez les adultes de <i>Rhynocoris rapax</i> (vue ventrale et vue dorsale) .....	93
<b>Figure 35.</b> Œufs de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	95
<b>Figure 36.</b> Différents stades de développement larvaire de <i>Rhynocoris rapax</i> jusqu'à l'émergence adulte.....	98
<b>Figure 37.</b> Cycle biologique de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	102
<b>Figure 38.</b> Corrélation entre l'hygrométrie et la durée du cycle de développement larvaire de <i>Rhynocoris rapax</i> .....	103

**Figure 39.** Corrélation entre la température et la durée du cycle de développement larvaire de *Rhynocoris rapax* ..... 103

**Figure 40.** Dimorphisme sexuel chez les adultes de *Rhynocoris albopilosus* (vue ventrale et vue dorsale)..... 109

**Figure 41.** Accouplement entre un mâle et une femelle de *Rhynocoris albopilosus* ..... 111

**Figure 42.** Description des œufs de *Rhynocoris albopilosus* ..... 112

**Figure 43.** Différents stades de développement larvaire de *Rhynocoris albopilosus* jusqu'à l'émergence adulte ..... 115

**Figure 44.** Cycle biologique de *Rhynocoris albopilosus* ..... 119

**Figure 45.** Corrélation entre l'hygrométrie et la durée du cycle de développement larvaire de *Rhynocoris albopilosus*..... 120

**Figure 46.** Corrélation entre la température et la durée du cycle de développement larvaire de *Rhynocoris albopilosus*..... 121

**Figure 47.** Efficacité du premier traitement ..... 149

**Figure 48.** Efficacité du deuxième traitement ..... 150

**Figure 49.** Efficacité du troisième traitement..... 151

## **INTRODUCTION**

Le gombo (*Abelmoschus esculentus*), appartenant à la famille des Malvacées est une plante maraîchère cultivée dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes du monde (Saifullah & Rabbani, 2009). La production annuelle du gombo dans le monde est estimée à six millions de tonnes (Sathish *et al.*, 2013). Au plan national, sa production est estimée à environ 185.800 tonnes/an (PRO2M, 2019).

Le gombo contient de fortes teneurs en protéines, glucides, vitamines A et C, fer, phosphore, potassium et en magnésium (Nzikou *et al.*, 2006). Un extrait alcoolique de feuilles de gombo est susceptible d'éliminer les radicaux libres de l'oxygène, d'améliorer les fonctions rénales et de réduire la protéinurie (Siemonsma & Kouamé, 2004). Les feuilles sont parfois utilisées comme base de cataplasmes, comme émollient, sudorifique ou utilisées pour la confection de lignes de pêche et de pièges à gibier. La culture du gombo est très valorisée pour ses feuilles et fruits immatures comestibles en soupe et sauce (Khomsug *et al.*, 2010). Le gombo ne subit pas de transformation véritable avant consommation. Les fruits immatures sont généralement commercialisés frais et parfois en conserve dans certains pays comme les Etats-Unis, la Grèce... Dans les régions arides et en Inde, les fruits découpés en tranches sont séchés au soleil et conservés sur de très longues périodes (Ouobo *et al.*, 2010).

En Côte d'Ivoire, tous les peuples cultivent et consomment le gombo (Fondio *et al.*, 2001). Les diverses utilisations du gombo font de lui une culture importante s'inscrivant dans le cadre de la sécurité alimentaire. Le gombo est très prisé par les habitants de l'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire.

Cependant, il subit les influences de nombreux aléas qui limitent sérieusement sa culture dont les plus connus sont les insectes et les maladies (Asare-Bediako *et al.*, 2014). Parmi les ennemis du gombo, il y a des viroses, des maladies fongiques, des bactérioses, les maladies transmises par des nématodes et les insectes ravageurs (Fondio & Djidji, 2007). Au nombre, des insectes ravageurs du gombo le plus connu est *Podagrica decolorata*, une altise qui cause d'énormes dégâts aux cultures du gombo (Soro *et al.*, 2016). La défoliation des plants du gombo par cet insecte se caractérise par des trous réduisant ainsi leurs surfaces photosynthétiques. *Podagrica decolorata* est reconnu comme étant vecteur du virus de la mosaïque du gombo (OMV) dans des pays comme le Nigéria, le Kenya, la Sierra Leone et la Côte d'Ivoire (Ugwoke & Onyishi, 2009). Compte tenu de l'importance des dégâts occasionnés par ce dernier, plusieurs méthodes de lutte ont été proposées parmi lesquelles la lutte chimique. Toutefois, l'utilisation des insecticides crée de nombreux problèmes comme l'élimination des ennemis naturels et les risques environnementaux (la pollution de l'air, la nappe phréatique et le sol). Ces pratiques

nuisent à la santé humaine et occasionnent le développement de la résistance aux insecticides chimiques par les insectes nuisibles (Kadri *et al.*, 2013 ; Hénault-Ethier, 2015).

En raison de ces effets néfastes, il est nécessaire de rechercher des méthodes de lutte efficaces sans toutefois nuire à la santé de l'Homme et à l'environnement. L'utilisation des biopesticides pour la protection des cultures comme alternative aux insecticides de synthèse présenterait de nombreux avantages. Leur biodégradabilité avec un délai de rémanence faible fait d'eux des produits à faible répercussion écologique (Riba & Silvy, 1993 ; Isman, 1997). Plusieurs essais de lutte au moyen de biopesticides ont donné des résultats satisfaisants sur de nombreux insectes ravageurs (Gueye *et al.*, 2011 ; Tano *et al.*, 2012 ; Mondedji *et al.*, 2014 ; Ossey *et al.*, 2018). Ainsi, le potentiel biocontrôle de plusieurs prédateurs a-t-il été étudié (Sahayaraj, 2014). Certaines espèces, comme *Rhynocoris fuscipes*, *Rhynocoris kumarii*, *Rhynocoris longifrons*, *Rhynocoris marginatus* et *Acanthaspis pedestris*, ont éliminé diverses espèces de ravageurs comme *Dysdercus cingulatus*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* et *Mylabris indica* dans les agrosystèmes, ce qui laisse penser qu'ils pourraient être employés dans la lutte contre les ravageurs (Ravichandran, 2004 ; Nagarajan *et al.*, 2010 ; Kumar *et al.*, 2011).

Au Sénégal, Tendeng *et al.* (2017) ont recensé *Cosmolestes pictus* comme étant une espèce prédatrice de *P. decolorata*. En Côte d'Ivoire, Kwadjo *et al.* (2008) ont observé *Rhynocoris albopilosus* comme prédateur de *Podagrica decolorata*. Cependant, très peu de travaux ont été effectués sur les Reduviidae hormis les études de Villiers (1948) sur leur systématique. Ainsi, l'étude de la bioécologie et de l'agressivité des prédateurs de certaines espèces de la famille des Reduviidae est très importante dans le cadre des programmes de lutte intégrée contre les insectes ravageurs de cultures (Hema, 2017). En Côte d'Ivoire, le contrôle des insectes ravageurs du gombo est essentiellement basé sur l'emploi des insecticides de synthèse. Aucune étude n'a été réalisée concernant le contrôle de *P. decolorata* à l'aide d'extraits de plantes associés aux ennemis naturels simultanément.

Ainsi, cette étude a-t-elle été menée pour évaluer l'efficacité comparée des extraits aqueux (feuilles de neem et feuilles de ricin), des prédateurs (*Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax*) et d'un insecticide chimique (Lambda cyhalothrine) dans le cadre de la lutte biologique.

L'objectif général de l'étude est d'améliorer la production du gombo par la mise en œuvre d'une méthode de lutte biologique efficace contre *Podagrica decolorata*.

De manière spécifique, il s'agira de :

- inventorier l'entomofaune du gombo en fonction des stades phénologiques ;

- étudier la dynamique des populations de *Podagrica decolorata* et de ses prédateurs puis les dégâts causés par le ravageur à chaque saison ;
- étudier la bioécologie de *Rhynocoris rapax* et de *Rhynocoris albopilosus* ;
- contrôler *P. decolorata* au moyen d'extraits de plantes locales et de l'un des prédateurs présentant des caractéristiques intéressantes.

Outre l'introduction, la conclusion et les perspectives, le document comporte trois parties principales. La première partie a consisté à faire une revue bibliographique. La deuxième partie présente le matériel et les méthodes expérimentales. Enfin, la troisième partie expose les résultats et discussion suivis de la conclusion et les perspectives.

## **PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS**

## 1.1. GOMBO

### 1.1.1. Origine et distribution géographique

Le gombo est une plante maraîchère appartenant à la famille des Malvaceae et au genre *Abelmoschus*. L'origine du genre *Abelmoschus* se situe en Asie du Sud-Est, où plusieurs espèces sont représentées. L'origine de l'espèce *Abelmoschus esculentus* est controversée. Deux hypothèses sont émises et aucun élément ne permet de trancher définitivement. La première propose une origine indienne en se fondant sur l'aire de répartition d'*Abelmoschus tuberculatus*, originaire de l'Uttar Pradesh au Nord de l'Inde. Cependant, d'un point de vue linguistique, il n'existe pas de nom vernaculaire pour cette espèce, qui n'est d'ailleurs pas décrite par les premiers botanistes indiens. La seconde suggère une origine africaine (Égypte ou Éthiopie). L'espèce *Abelmoschus ficulneus* est en effet présente dans cette région et l'ancienneté de la culture de *Abelmoschus esculentus* y est attestée. Dès 1216, un voyageur arabe aurait clairement décrit ce gombo en haute Égypte sous le nom de « bamiah », terme à l'origine des noms vernaculaires égyptiens mais aussi, Slave, allemand, grec, russe et turc du gombo. A partir de cette région, des formes primitives auraient migré vers l'Afrique de l'Ouest puis vers l'Amérique du Sud. Le nom « gombo » serait apparu par déformation de Gambie (Chevalier, 1940).

### 1.1.2. Systématique du gombo *Abelmoschus esculentus*

La systématique du gombo selon la classification phylogénétique APG II (2003) est la suivante :

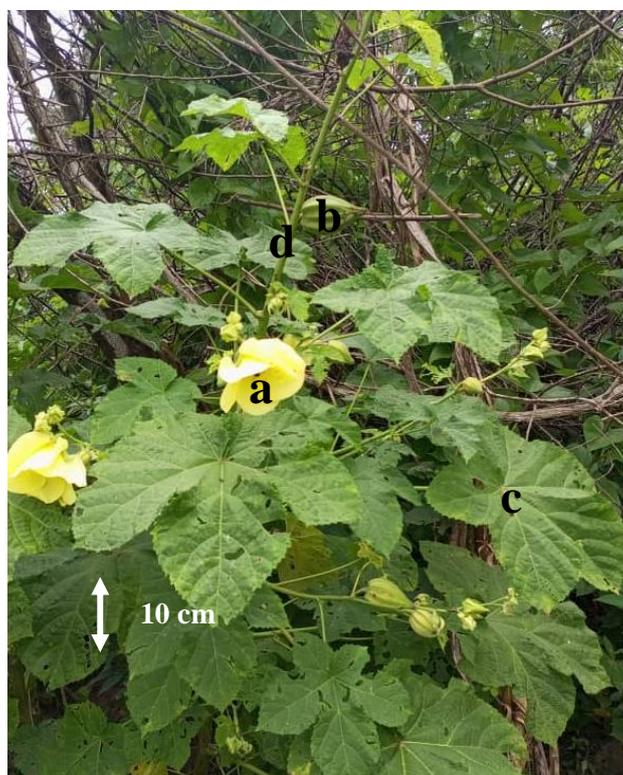
<b>Règne</b>	: Plantae
<b>Sous-règne</b>	: Tracheobionta
<b>Division</b>	: Magnoliophyta
<b>Classe</b>	: Magnoliopsida
<b>Sous-classe</b>	: Diveniidae
<b>Ordre</b>	: Malvales
<b>Famille</b>	: Malvaceae
<b>Genre</b>	: <i>Abelmoschus</i>
<b>Espèce</b>	: <i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench, 1794

### 1.1.3. Description botanique du gombo

Les feuilles de gombo sont alternées et présentent un limbe le plus souvent palmatilobé. Les feuilles sont en général de couleur verte avec une différence qui se situe au niveau de la couleur des nervures selon les variétés. Elles peuvent être de coloration verte ou rouge. La forme de la feuille est variable sur un même pied (Pizongo, 2014). La tige de l'espèce peut atteindre plus de 1,5 à plus de 3 m de hauteur. Elle est cylindrique, de couleur pourpre ou verte, glabre ou légèrement pubescente et se lignifie ultérieurement.

La tige présente des ramifications dressées ou courbées vers le bas selon les variétés. Deux groupes de variétés existent à savoir les variétés à tiges longues et les variétés à tiges courtes. Il existe cependant une large gamme de variétés dont la hauteur est intermédiaire. Le gombo présente un système racinaire pivotant avec de nombreuses racines secondaires qui lui permettent de fixer la plante en profondeur et de puiser l'eau et les sels minéraux dont elle a besoin (De Lennoy, 2001).

Les plants de gombo se caractérisent par une croissance indéterminée. Selon Charrier (1983), leur floraison est continue mais très dépendante des stress biotiques et abiotiques (Figure 1).



**Figure 1.** Plant de gombo

a : fleur ; b : Fruit ; c : feuille ; d : tige

#### 1.1.4. Biologie et mode de reproduction du gombo

Les premières fleurs de la plante apparaissent un à deux mois après le semis. Il y a émission d'une fleur, uniquement sur l'axe orthotrope (Charrier, 1983). *Abelmoschus esculentus* porte des fleurs hermaphrodites, axillaires, solitaires et de grandes dimensions. Elles sont de couleur jaune ou jaune or avec une coloration rouge à la base des cinq pétales libres. Les fleurs sont éphémères et le mode de reproduction est l'autogamie avec un taux très variable d'allogamie. En effet, l'anthèse se produit très tôt dans la matinée suivie de l'épanouissement de la fleur. Elles demeurent ouvertes toute la matinée pour ne se refermer qu'en milieu de l'après-midi. Sous des conditions nuageuses et humides, l'ouverture de la fleur est généralement retardée.

Le fruit du gombo est une capsule cylindrique, fusiforme présentant une couleur variable selon les variétés (Menouar, 2015).

#### 1.1.5. Culture du gombo

En Côte d'Ivoire, tous les peuples cultivent et consomment le gombo. Cependant, les techniques de production ont très peu évolué. Le gombo est généralement produit pendant la grande saison des pluies sur des lopins de terre à proximité des grandes superficies de cultures céréalières (riz, maïs) et d'igname ou dispersé dans ces champs (Fondio & Djidji, 2007).

Il est conseillé de choisir des sols ; riches en matière organique et drainant bien. En revanche, les sols argileux ou riches en éléments grossiers sont déconseillés (Fondio & Djidji, 2007).

##### 1.1.5.1. Différents modes de semis

La culture sur buttes est largement pratiquée. Ce système a l'avantage, sur les sols pauvres, de concentrer la matière organique de la couche superficielle du sol dans les buttes (Siemonsma, 1982). Les semis sont réalisés sur terrain plat ou sur billons. Sur terrain plat, il faut faire un labour profond de 20 à 30 cm de profondeur, pulvériser et ameublir le sol. Sur billons, il est nécessaire de faire un labour, émietter les grosses mottes de terre puis réaliser des billons d'une hauteur de 30 cm et de 1 m de large avec une daba ou une billonneuse tirée par un tracteur (Fondio & Djidji, 2007).

Pour avoir une germination et une levée rapide et uniforme dans le temps, les graines doivent être trempées au préalable soit dans l'eau pendant 24 h, soit dans de l'alcool éthylique ou de l'acétone pendant 30 mn. Aussi, la germination et la croissance initiale sont fortement

influencées par les pratiques culturales qui abaissent la température du sol (De Lannoy, 2001 ; Pizongo, 2014).

#### **1.1.5.2. Fertilisation**

L'apport de fumure minérale devra être fractionné et son application intervient 30 ; 50 et 70 jours après semis en fonction de la longueur du cycle végétatif de la plante (Pizongo, 2014). A défaut, il faut incorporer par bêchage, de la fumure organique, à raison de 10 à 15 tonnes par hectare. Trente jours après le semis (pour les gombos de cycle court) ou soixante jours après le semis (pour ceux de cycle long), il est conseillé d'apporter par sarclo-binage, 200 à 250 kg/ha d'urée (Fondio & Djidji, 2007).

#### **1.1.5.3. Récolte et conservation du gombo**

La récolte des fruits immatures commence environ six jours après la première floraison et s'étale sur un à trois mois selon le cultivar. Pour la production de semences, les fruits qui sont les capsules, sont récoltés plus tardivement soit environ 75 à 95 jours après semis (De Lannoy, 2001 ; Pizongo, 2014).

Pour obtenir de bonnes semences, il est conseillé de laisser les graines dans les capsules. Le gombo frais se conserve difficilement, au maximum 2 à 3 jours dans un endroit frais et humide. Pour la conservation de masse, il est procédé au séchage des fruits. Ces derniers sont découpés selon des formes et tailles variables avant d'être exposés pour le séchage (Ouobo *et al.*, 2010).

#### **1.1.5.4. Amélioration variétale**

La culture du gombo était surtout basée sur les cultivars traditionnels locaux. Les paysans africains ont sélectionné une diversité de formes adaptées à une grande variété de systèmes culturaux (Charrier, 1983).

La sélection de variétés modernes n'a été entreprise intensément que par quelques pays comme les USA, l'Inde, le Ghana et le Nigeria. Il s'agit de la sélection généalogique dans des populations issues de croisements contrôlés entre géniteurs choisis pour leur relation et pour leur tolérance aux aléas. Les objectifs de la sélection sont sensiblement identiques dans tous les pays à savoir une meilleure production, une adaptation au milieu, une tolérance aux maladies et aux parasites, de meilleures qualités organoleptiques. Les cultivars améliorés importés tels que *Clemson spineless*, *Indiana*, *Emerald* et *Artist* sont cultivés en Afrique tropicale et subtropicale car très appréciés par les paysans (Charrier, 1983).

En Côte d'Ivoire, deux espèces de gombo sont identifiées, *Abelmoschus caillei* et *Abelmoschus esculentus*. Dans chaque espèce, le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) a sélectionné une variété : Koto (*Abelmoschus esculentus*) et Tomi (*Abelmoschus caillei*) (Fondio & Djidji, 2007). Cependant, les variétés les plus cultivées en Côte d'Ivoire ont été sélectionnées par Technisem France avec les cultivars Hiré et Kotobi de 45 jours et 60 jours respectivement.

#### **1.1.5.5. Exigence hydrique**

Le gombo comme tout végétal a besoin d'eau pour accomplir son cycle, mais les sols hydromorphes sont à éviter (De Lennoy, 2001 ; Pizongo, 2014). Certains facteurs tels que le stade phénologique de la plante, la saison et la nature du sol influencent les besoins en eau de la plante. La plante est sensible à la sécheresse mais cela est prononcé à des périodes données de son cycle végétatif.

L'effet du stress hydrique en phase de formation de boutons floraux est très néfaste pour le gombo et se manifeste par une baisse des composantes du rendement (Sawadogo *et al.*, 2006 ; Pizongo, 2014). Il est donc préférable de pratiquer la culture du gombo en saison des pluies.

Pour la culture du gombo en saison sèche, l'arrosage est obligatoire soit 20 litres d'eau par mètre carré tous les deux jours (Fondio & Djidji, 2007).

#### **1.1.6. Importance socio-économique du gombo**

##### **1.1.6.1. Importance nutritionnelle**

Le gombo est principalement cultivé pour ses fruits verts immatures, qui sont utilisés comme légume. Il peut être conservé par congélation ou la mise en conserve comme cela se fait aux Etats-Unis d'Amérique (Spivey *et al.*, 1957). En Afrique de l'Ouest, les fruits sont généralement bouillis pour faire des soupes et des sauces gluantes. Les jeunes feuilles sont couramment consommées en sauce. Le feuillage est parfois utilisé comme aliment pour le bétail. Les graines torréfiées de gombo sont employées dans certaines régions comme substitut du café (Siemonsma, 1982). Le gombo est fortement consommé sous deux formes (fraîche et sèche) en Côte d'Ivoire en raison de 5,5 kg par habitant (Fondio & Djidji, 2007). Il contient de fortes teneurs de protéines, de glucides, de vitamines A et C, de fer, de phosphore, de potassium et de magnésium (Nzikou *et al.*, 2006).

### 1.1.6.2. Importance médicinale

Les vertus sanitaires du gombo sont multiples ; il est un anti-inflammatoire, un diurétique, un antiseptique et un antispasmodique (FAO, 2009). Des études réalisées en Chine ont révélé qu'un extrait alcoolique de feuilles de gombo est susceptible d'éliminer les radicaux libres de l'oxygène, d'améliorer les fonctions rénales et de réduire la protéinurie (Siemonsma & Kouamé, 2004). Le mucilage du gombo a des usages médicaux. Il a été utilisé comme substitut du plasma sanguin, ou pour accroître le volume sanguin (Siemonsma, 1982). Les feuilles sont parfois utilisées comme base de cataplasmes, comme émollient, sudorifique (Khomsug *et al.*, 2010).

### 1.1.6.3. Importance économique

Si les usages alimentaires et médicaux de *Abelmoschus esculentus* sont bien connus par les populations rurales et urbaines, son circuit de commercialisation est bien connu aussi par celles-ci. En dehors de la vente occasionnelle des feuilles, le fruit reste l'organe principal qui intéresse les consommateurs. La commercialisation du gombo frais au Burkina Faso procure des revenus de 2241 F CFA par jour aux différents acteurs (producteurs et commerçants) malgré l'absence d'une bonne organisation du circuit de commercialisation (Sawadogo *et al.*, 2009). En Côte d'Ivoire, le prix du gombo fluctue et peut atteindre 1000 F CFA/kg (OCPV, 2021). Les fruits verts immatures du gombo peuvent être conservés par séchage et ou coupés en tranches, ou encore par saumurage. Le produit séché est généralement broyé en poudre avant d'être vendu. Le mucilage du gombo a des usages industriels (Siemonsma, 1982) et est utilisé comme agent de collage pour la fabrication de papier glacé, ainsi qu'en confiserie (Markose & Peter, 1990). Les feuilles sont parfois utilisées localement pour la confection de lignes de pêche et de pièges à gibier. On peut en confectionner des cordes, et l'utiliser pour la fabrication de papier et de carton (Siemonsma, 1982). La tige du gombo est utilisée pour la fabrication de la pâte à papier et la confection de cordelettes (FAO, 2009).

*Abelmoschus esculentus* est une plante utilitaire à haute valeur alimentaire et médicinale pour les populations rurales et urbaines. Cette plante constitue une source de revenu non négligeable pour les ménages les plus vulnérables du monde rural. Mais de nombreux facteurs climatiques (température et eau) et la culture sur de petites superficies limitent la production et la commercialisation du gombo (Siemonsma, 1982 ; Sawadogo *et al.*, 2009). Toutefois, les maladies et les insectes constituent les principales menaces de la culture du gombo.

## 1.2. MALADIES ET INSECTES RAVAGEURS DU GOMBO

### 1.2.1. Maladies du gombo

Parmi les principaux problèmes qui affectent la production du gombo, figurent les maladies de l'enroulement des feuilles et celles de la mosaïque de gombo causées par des virus (Norman, 1992). Le virus de la mosaïque du gombo, transmis par les altises dont *Podagrica* sp. est très répandu en Afrique, mais les dommages sont beaucoup moins importants que ceux causés par la maladie des feuilles d'enroulement de gombo transmis par l'aleurode *Bemisia tabaci*. Les maladies fongiques les plus graves du gombo en Afrique sont la fonte de semis, la fusariose, la Cercosporiose puis l'oïdium. L'aleurode est également le vecteur du virus de la mosaïque jaune, une principale cause d'échec des cultures en Asie. La lutte contre ces virus n'est possible que par le contrôle des vecteurs (Kumar *et al.*, 2013).

### 1.2.2. Insectes ravageurs du gombo

Sur le gombo, 72 espèces ont été enregistrées (Srinivas & Rajendran, 2003). Ces ravageurs infestent les feuilles, les tiges, les branches, les fleurs et les fruits (Sharma *et al.*, 2010). Les insectes ravageurs du coton attaquent également le gombo.

#### 1.2.2.1. Insectes défoliateurs du gombo

Les défoliateurs se composent des Orthoptères (*Zonocerus variegatus*), des Lépidoptères (*Sylepta derogata*, *Prodenia litura*, *Spodoptera littoralis*) et des Coléoptères (*Epilachna similis*). Ces ravageurs dévorent les feuilles, les fleurs et les fruits causant ainsi de graves dégâts au gombo (Obeng-Ofori & Sackey, 2003). En Afrique de l'Ouest, la plante est fréquemment attaquée par deux Coléoptères *Podagrica uniforma* et *Podagrica sjostedti* qui sont responsables de la défoliation (Odebiyi, 1980). Ces insectes transmettent également le virus de la mosaïque qui provoque des pertes significatives de rendement (Vanlommel *et al.*, 1996).

#### 1.2.2.2. Insectes piqueurs-suceurs du gombo

Les piqueurs-suceurs se nourrissent de la sève de la plante. Ce groupe comprend les Homoptères et les Hétéroptères. Le puceron du cotonnier, *Aphis gossypii* (Homoptère) et la mouche blanche, *Bemisia tabaci* (Homoptère) causent des dégâts considérables au gombo en suçant la sève de la plante au-dessous des feuilles. Quant à *Dysdercus superstitionis* (Hétéroptère), les larves et les adultes se nourrissent également de sève. En effet, cette espèce d'insectes percent et aspirent la sève des feuilles et des fruits causant ainsi leur dessèchement

(Obeng-Ofori & Sackey, 2003). Les principaux insectes ravageurs de gombo répertoriés en Thaïlande sont : le puceron du coton, la cicadelle du coton et la mouche blanche (Petlamul *et al.*, 2009 ; Ek-Amnuay, 2010).

### **1.2.2.3. Insectes foreurs du gombo**

Plusieurs espèces de l'ordre des Lépidoptères appartenant à la famille des Noctuidae occasionnent par leurs larves des dégâts au gombo. C'est le cas d'*Earias vittella* qui est une Noctuelle foreuse des pousses et des fruits. Il perce l'organe pour le vider de son contenu (Sharma *et al.*, 2010).

Les ravageurs constituent les principales raisons du faible rendement de la production du gombo. Il est donc important de préconiser des méthodes de lutte.

## **1.3. MÉTHODES DE LUTTE CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS DU GOMBO**

### **1.3.1. Lutte agronomique**

La lutte agronomique est basée sur l'entretien de la parcelle. Elle consiste au nettoyage régulier de la parcelle en vue d'éliminer les mauvaises herbes qui favorisent la pullulation de certains insectes nuisibles. Elle consiste également à supprimer les premières feuilles attaquées par exemple par les larves mineuses de *Liriomyza* sp. (Djidi & Fondio, 2013).

### **1.3.2. Lutte chimique**

La lutte chimique occupe indiscutablement la place la plus importante dans la lutte contre les insectes nuisibles du gombo. Elle repose essentiellement sur l'emploi des insecticides chimiques qui sont de divers types. De nombreux insecticides sont ainsi proposés pour lutter contre les insectes ravageurs du gombo en Côte d'Ivoire. Le traitement à la cyperméthrine et à la deltaméthrine sont employés pour lutter contre les altises et les chenilles de lépidoptères (Fondio & Djidji, 2007).

### **1.3.3. Lutte biologique**

La lutte biologique consiste en l'utilisation par l'homme des organismes vivants pour entraver, réduire ou éliminer les dommages causés par d'autres organismes vivants (Lavabre, 1970). L'utilisation de certains bioinsecticides comme *Levo 2,4 SL* permet de lutter contre les insectes ravageurs du gomob (Adja *et al.*, 2019).

Au champ, le gombo est infesté par une importante entomofaune. Plusieurs méthodes de lutte sont préconisées contre ses insectes ravageurs dont *Podagrica decolorata* demeure le plus important.

## 1.4. RAVAGEUR MAJEUR DU GOMBO

### 1.4.1. Systématique de *Podagrica decolorata*

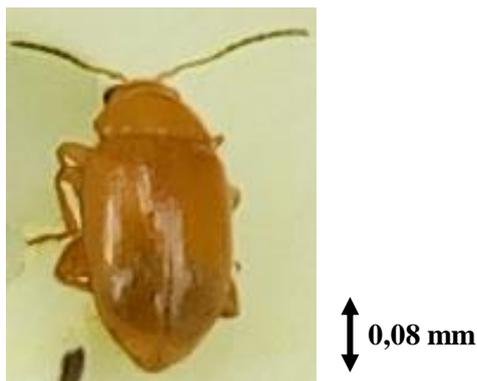
*Podagrica decolorata* aussi appelé altise a été déterminé au Museum de Paris avec la clé de Bryant (1942).

<b>Règne</b>	: Animal
<b>Embranchement</b>	: Arthropodes
<b>Sous-Embranchement</b>	: Atelocerates
<b>Super-Classe</b>	: Hexapodes
<b>Classe</b>	: Insectes
<b>Sous-classe</b>	: Ptérygotes
<b>Ordre</b>	: Coléoptères
<b>Sous-ordre</b>	: Cucujiformia
<b>Super-famille</b>	: Chrysomeloidae
<b>Famille</b>	: Chrysomelidae
<b>Genre</b>	: <i>Podagrica</i>
<b>Espèce</b>	: <i>Podagrica decolorata</i> Duvivier, 1892

### 1.4.2. Biologie de *Podagrica decolorata*

Les œufs de *Podagrica decolorata* sont petits, pondus parfois en paquets, parfois séparés. Après six à sept jours d'incubation, des larves de premier stade éclosent (Givord & den Boer, 1980).

Quatre stades larvaires sont révélés chez *P. decolorata*. Les larves sont allongées, presque cylindriques. Elles sont de couleur blanc crème, blanc jaunâtre, jaune violacé et brun rosâtre respectivement pour les stades 1, 2, 3 et 4. La longueur du corps et la largeur médiane de la capsule céphalique croissent régulièrement à chaque mue larvaire. Le corps est parcouru d'une légère pilosité chez les stades larvaires, avec des poils courts (Atachi & Montcho, 2007). Les adultes de *P. decolorata* ont une coloration orangée avec une taille de 4 mm (Figure 2).



**Figure 2.** *Podagrica decolorata*

#### **1.4.3. Plantes-hôtes de *Podagrica decolorata***

*P. decolorata* attaque l'aubergine à tous les stades de développement. Les adultes de ces espèces perforent les feuilles ; rongent les tiges et les fleurs ainsi que les fruits de cette plante (Appert & Deuse, 1988). *P. decolorata* est également responsable des dégâts causés sur le cotonnier en Côte d'Ivoire (Hala *et al.*, 2006). Il s'attaque aussi au gombo et ses dégâts peuvent causer une baisse considérable du rendement (Givord & den Boer, 1980).

#### **1.4.4. Dégâts de *Podagrica decolorata***

Les dégâts causés par *P. decolorata* sur les feuilles des plantes en champ, sont aisément reconnaissables. Il mange selon une méthode bien particulière. *P. decolorata* mange le limbe en forme d'un petit disque puis se déplace sur la feuille et de nouveau crée un autre petit disque ; très rapidement la feuille ressemble à un crible. Il s'attaque également aux fruits et aux fleurs en faisant des trous sur ceux-ci.

Il est le ravageur le plus vorace du gombo. *P. decolorata* se nourrit en perforant les feuilles, réduisant ainsi la surface photosynthétique des feuilles et diminue le rendement du gombo (Yao, 2016). Parmi les coléoptères qui s'attaquent au gombo, il est le principal vecteur qui transmet le virus de la mosaïque (OMV) (Ugwoké & Onyishi, 2009). Il est aussi responsable de la baisse de rendement dans les champs de coton dans le nord de la Côte d'Ivoire (Hala *et al.*, 2006).

#### **1.4.5. Variation des populations de *Podagrica decolorata***

*Podagrica decolorata* est fortement attiré par la plante-hôte qui possède plus de feuilles pour son alimentation. Au fur et à mesure que la plante se développe, la taille de la population augmente (Taylor, 1970). L'abondance de la population ne dépend pas du mois mais de la disponibilité et du stade de développement de la plante-hôte (Hala *et al.*, 2006). Les adultes de

*P. decolorata* restent présents durant toute l'année tant qu'ils trouvent de la nourriture sur la plante-hôte (Givord & den Boer, 1980). Certains paramètres climatiques tels que l'humidité de l'air favorisent le développement des différents stades des altises (Rawat & Singh, 1971).

*Podagrica decolorata* est considéré comme le ravageur le plus fréquent dans les zones de production du gombo en Côte d'Ivoire. Toutefois, il existe des ennemis naturels qui permettent de réguler la population de cet insecte ravageur.

## 1.5. ENNEMIS NATURELS DE *PODAGRICA DECOLORATA*

Appartenant à la famille des Chrysomelidae, *Podagrica decolorata* constitue une proie pour certaines espèces de Reduviidae telles que *Rhinocoris albopilosus* (Kwadjo *et al.*, 2008). Trois espèces de Reduviidae dont *Rhinocoris albopilosus*, *Rhinocoris rapax* et *Rhinocoris bicolor* ont été recensées comme ennemis naturels de *Ootheca mutabilis* qui est une Chrysomelidae qui cause d'énormes dégâts aux cultures de niébé (Ossey, 2019).

### 1.5.1. Systématique de *Rhinocoris albopilosus*

Les punaises prédatrices appartiennent à l'ordre des Hétéroptères. Selon Bequaert (1935) la position systématique de *R. albopilosus* est comme suit :

<b>Règne</b>	: Animal
<b>Embranchement</b>	: Arthropodes
<b>Classe</b>	: Insectes
<b>Super-ordre</b>	: Hémiptéroïdes
<b>Ordre</b>	: Hétéroptères
<b>Sous-ordre</b>	: Gymnocérates
<b>Famille</b>	: Reduviidae
<b>Sous-famille</b>	: Harpactorinae
<b>Genre</b>	: <i>Rhinocoris</i>
<b>Espèce</b>	: <i>Rhinocoris albopilosus</i> Signoret, 1858

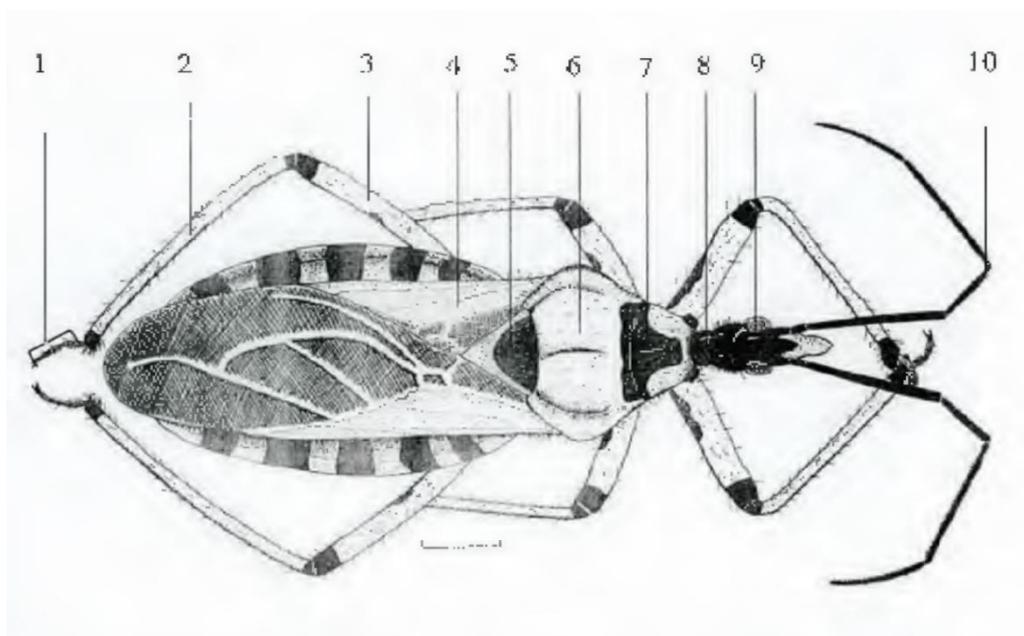
### 1.5.2. Systématique de *Rhynocoris rapax*

Cette espèce appartient à l'ordre des Hétéroptères et à la famille des Reduviidae. Selon Maldonado (1990), la position systématique de *R. rapax* est comme suit :

<b>Règne</b>	: Animal
<b>Embranchement</b>	: Arthropodes
<b>Classe</b>	: Insectes
<b>Super-ordre</b>	: Hémiptéroïdes
<b>Ordre</b>	: Hétéroptères
<b>Sous-ordre</b>	: Gymnocérates
<b>Famille</b>	: Reduviidae
<b>Sous-famille</b>	: Harpactorinae
<b>Genre</b>	: <i>Rhynocoris</i>
<b>Espèce</b>	: <i>Rhynocoris rapax</i> Stål, 1855

### 1.5.3. Caractères généraux des Reduviidae

Les Reduviidae ou réduves sont des punaises reconnaissables à leur rostre robuste constitué de trois segments généralement arqués et qui s'encastre au repos dans un sillon stridulatoire situé sous le prosternum (Figure 3) (Villiers, 1948 ; Soro, 2016). Les Reduviidae ont une taille très variable. Les plus petits mesurent entre 4 et 7 mm (espèces du genre *Empicoris*), les moyens ont entre 8,5 et 9,5 mm (genre *Phymata*) et les plus grands peuvent atteindre 26 à 30 mm (*Phonoctonus*). Leur couleur est variable, certains sont verts avec une coloration brune plus ou moins étendue sur le dos. D'autres spécimens sont de couleur pâle traversée par une large bande longitudinale foncée sur l'abdomen (Poutouli *et al.*, 2011 ; Soro, 2016). La description des Reduviidae la plus détaillée est celle faite par Villiers (1948). Comme chez la plupart des insectes, les Reduviidae ont le corps constitué de trois parties fondamentales : la tête, le thorax et l'abdomen (Villiers, 1948). La tête des Reduviidae porte les appendices céphaliques, les antennes et le rostre. Le thorax est constitué de trois parties : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. L'abdomen est composé de tergite et de sternite. Les tergotes, de formes variables sont séparées latéralement des sternites par un rebord plus ou moins large appelé connexivum (Villiers, 1948) (Figure 3).



**Figure 3.** Morphologie générale d'un Reduviidae (Moulet, 2002)

1. Tarse ; 2. Tibia ; 3. Fémur ; 4. Ailes ; 5. Scutellum ; 6. Lobe postérieur du pronotum ; 7. Lobe antérieur du pronotum ; 8. Cou ; 9. Œil ; 10. Antenne

#### 1.5.4. Bioécologie des Reduviidae

Les connaissances sur les microhabitats de 238 insectes prédateurs en Inde révèlent que 85 % d'espèces de Reduviidae vivent exclusivement sous les rochers (Hwang & Weirauch, 2012). A l'exception des grands *Triatominae* hémophages de l'Amérique qui ont été élevés et étudiés dans les laboratoires de parasitologie, très peu de choses sont connues sur la biologie des Reduviidae. Nul doute que celle-ci ne réserve aux chercheurs de nombreuses découvertes intéressantes. Les Reduviidae présentent des particularités biologiques fort curieuses : anesthésie des proies, construction d'oothèques, etc...

De multiples phénomènes du même ordre restent à rechercher. C'est le cas de la structure des œufs si particulière, du régime alimentaire, des caractères des diverses formes larvaires, des modalités de l'accouplement, etc. La biologie des Reduviidae est caractérisée généralement par une préoviposition plus longue chez les Reduviinae, plus courte chez les Ectrichodinae et les Salyavatinae, intermédiaire chez les Harpactorinae, Peiratinae et les Triatominae. Les Harpactorines pondent le plus grand nombre d'œufs, suivis des Triatomines et des Reduves. La période d'incubation est la plus courte chez les Harpactorinae et la plus longue chez les Peiratinae. Le taux d'éclosion est plus élevé chez les Triatominae suivi par les

Harpactorinae et la plus faible chez les Peiratinae. La mortalité larvaire est élevée aux stade I et II (Ambrose & Kumar, 2016).

## 1.6. MÉTHODES DE LUTTE CONTRE *PODAGRICA DECOLORATA*

### 1.6.1. Lutte chimique

La lutte chimique occupe indiscutablement la place la plus importante dans la lutte contre les insectes nuisibles du gombo. Elle repose essentiellement sur l'emploi des insecticides chimiques qui sont de divers types. De nombreux insecticides sont ainsi proposés pour lutter contre les insectes ravageurs du gombo. En Côte d'Ivoire, la lutte contre *Podagrira decolorata* se fait par l'utilisation des insecticides tels que la cyperméthrine (Cypercal 50 EC : 0,5 l / ha) ou la deltaméthrine (Décis 12,5 EC : 0,5 l / ha) pour le traitement des parcelles (Fondio & Djidji, 2007).

### 1.6.2. Lutte biologique

La lutte biologique se définit comme l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour lutter contre d'autres organismes jugés nuisibles (Traoré, 2008). Il existe plusieurs méthodes de lutte biologique à savoir la lutte biologique classique, la lutte biologique par inondation, la lutte microbiologique et la lutte biologique par conservation.

La lutte biologique classique consiste à l'introduction et à l'acclimatation d'entomophage contre un ravageur. Cette méthode peut être également utilisée contre un ravageur naturel en absence d'un prédateur naturel. *Rodolia cardinalis* est une coccinelle australienne introduite dans de nombreuses régions du globe pour la lutte biologique classique contre la cochenille australienne, *Icerya purchasi* (Alford, 2002).

Quant à la lutte biologique par inondation, elle vise à augmenter artificiellement les populations de parasites par des apports extérieurs. L'organisme antagoniste doit être lâché ou inoculé à chaque fois que l'effectif du ravageur croît dangereusement. C'est le cas de *Trichogramma maidis* (Hymenoptera : Trichogrammatidae) qui est produit en France en plusieurs millions d'unités. Il est lâché chaque année massivement pour lutter contre la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* (Hawlitzky, 1993).

La lutte microbiologique consiste en l'utilisation des micro-organismes entomopathogènes dans le but de réduire les dégâts dus aux ravageurs. Les entomopathogènes sont des organismes capables de provoquer des maladies chez les insectes. C'est le cas de *Beauveria bassiana* qui est un champignon entomopathogène utilisé contre les altises du gombo au Togo (Tounou *et al.*, 2018).

La lutte biologique par conservation consiste à protéger et favoriser les populations d'ennemis naturels, afin de réduire l'impact des ravageurs sur les cultures (Hema, 2017).

### 1.6.3. Méthode de lutte intégrée

La lutte intégrée consiste à combiner de façon harmonieuse deux ou plusieurs méthodes de lutte contre les insectes ravageurs. Cette méthode de lutte se fait en tenant compte de la biologie et de l'écologie de l'insecte tout en minimisant l'emploi des insecticides de synthèse. La promotion de la lutte phytosanitaire intégrée constituerait l'un des moyens permettant de réduire l'utilisation des pesticides chimiques. Dans cette lutte, les produits phytosanitaires ne sont utilisés que s'ils ne présentent pas de risques pour l'environnement et spécialement s'ils sont assez sélectifs vis-à-vis des agents antagonistes ou prédateurs naturels (Hema, 2017). C'est le cas de *Bacillus thuringiensis* (Bt), une bactérie entomopathogène qui agit comme insecticide sélectif et permet de lutter contre de nombreux insectes ravageurs de cultures.

### 1.6.4. Méthode de lutte utilisant des biopesticides

De nombreuses plantes ou parties de plantes (racines, tiges, écorces, feuilles, fleurs, fruits) sont utilisées depuis les temps reculés par les paysans africains, pour la protection de leurs récoltes durant le stockage (Bekon, 2001). Il a été démontré que plus de 2000 espèces de végétaux supérieurs sont dotées de propriétés insecticides (Alzouma, 2001).

L'effet insecticide de l'huile essentielle de *Ocimum gratissimum*, composant principal du *NECO 50 EC* testé sur *Podagrica decolorata* a été trouvé satisfaisant (Tano *et al.*, 2019).

#### 1.6.4.1. *Azadirachta indica* Juss (Meliaceae)

Le neem est un arbre, à feuillage persistant et imparipenné (5 à 8 paires de folioles falciformes à base très inégale), pouvant atteindre 10 m de hauteur (Gauvin *et al.*, 2003). Originaire du Sud-est de l'Asie, il est utilisé depuis des milliers d'années, notamment en Inde, pour ses extraordinaires propriétés insecticides, médicinales et cosmétiques. Cette plante doit son activité insecticide et anti-appétant principalement à des composés limonoïdes (azadirachtine, salanine, nimbine et leurs analogues). Plusieurs études ont démontré l'efficacité des extraits de neem sur des ravageurs de plusieurs cultures. En effet, sur le niébé, les extraits de cette plante ont contrôlé les populations de punaises suceuses de gousses (Tanzubil, 2000 ; Degri *et al.*, 2013 ; Kabeh, 2013), le foreur des gousses *Maruca vitrata* (Badii, 2005) et les pucerons *Aphis craccivora* (Lowery *et al.*, 1993) (Figure 4).



**Figure 4.** Plante adulte de *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae)

#### **1.6.4.2. *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae)**

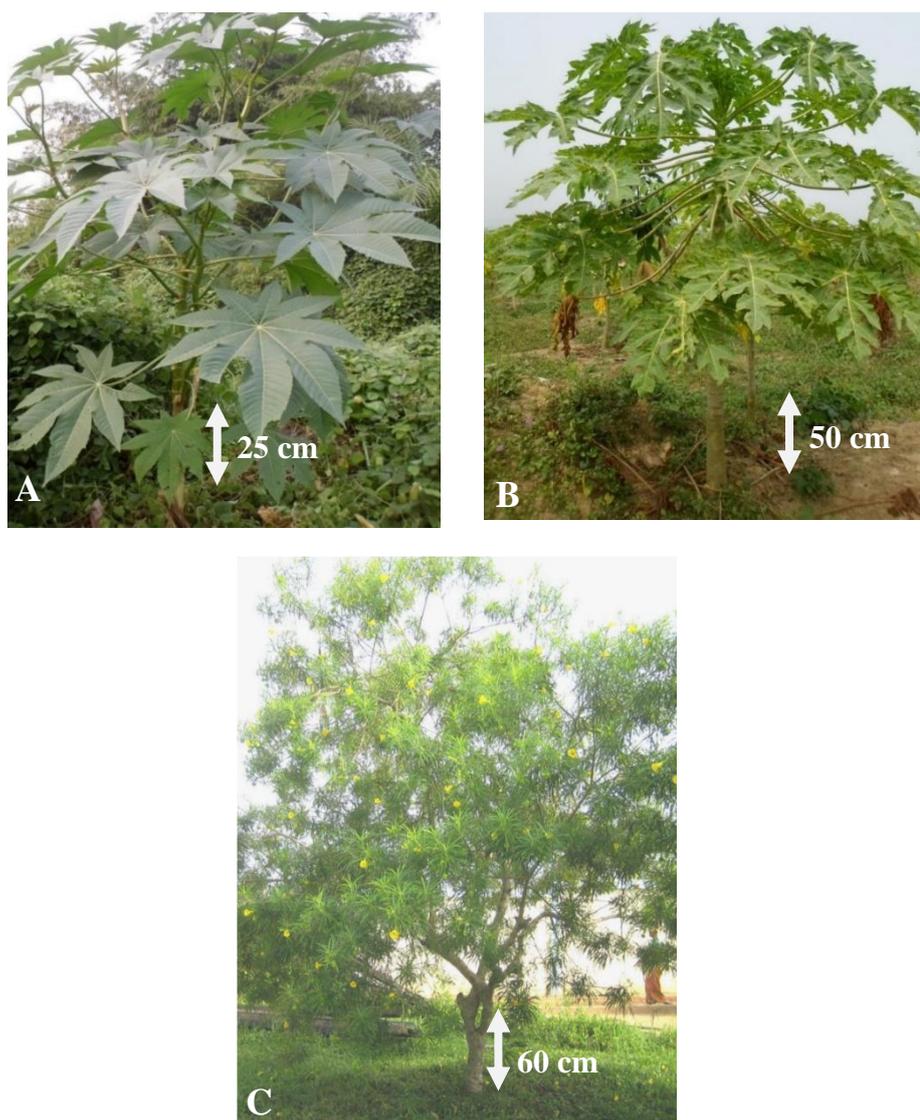
*Ricinus communis* est une plante herbacée connue sous le nom de ricin. La plante a une hauteur moyenne de 2,5 mètres mais peut atteindre quelque fois 10 mètres. Les feuilles possèdent 5 à 12 lobes et un bord denté. Les fleurs sont de magnifiques cyathes, monoïques organisées en grappes avec au sommet, des pistils pourpres. Les fruits sont des capsules tricoques hérissées de pointes. Les graines sont dans les capsules contenant entre 40 et 60 % d'huile riche en triglycérides, principalement la ricinoléine. Selon Maroyi (2007), le ricin est une plante qui pousse à proximité des zones habitées généralement dans les dépotoirs (Figure 5 A).

#### **1.6.4.3. *Carica papaya* L. (Caricaceae)**

*Carica papaya* communément appelé papayer, est une plante tropicale arborescente originaire d'Amérique centrale et du sud. La plante peut atteindre 2 à 10 mètres de hauteur. Les feuilles rassemblées au sommet du tronc sont portées par un long pétiole. Le fruit du papayer est une baie de forme et de dimension variable. La papaye est riche en vitamine A et C. Elle facilite la digestion et ses graines sont vermifuges. Toute la plante contient une enzyme protéolytique appelée papaïne. Principalement cultivé pour ses fruits, les feuilles du papayer ont été testées pour leur effet insecticide (Gnago *et al.*, 2010) (Figure 5 B).

**1.6.4.4. *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum (Apocynaceae)**

*Thevetia peruviana* ou laurier jaune (Figure 5 C), est une plante originaire d'Amérique tropicale. Elle possède des feuilles qui sont recouvertes d'un revêtement cireux permettant de réduire les pertes d'eau (transpiration). Toutes les parties de la plante contiennent plusieurs toxines dont les principales sont composées de cardénolides : la thevetine A et la thevetine B. Les toxines de la plante ont été testées dans le cadre de la lutte biologique contre plusieurs espèces d'insectes (Kareru *et al.*, 2010).



**Figure 5.** Quelques plantes à effet bioinsecticide (Obodji, 2016)

A : *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), B : *Carica papaya* L. (Caricaceae) et C : *Thevetia peruviana* K. Schum (Apocynaceae)

#### 1.6.4.5. *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae)

*Jatropha curcas* L. est un arbuste de 3 à 8 m de haut appartenant à la famille des Euphorbiaceae et originaire d'Amérique centrale (Habou *et al.*, 2013). Le tronc, comme l'ensemble des éléments qui composent la plante, contient du latex blanc (Barbier *et al.*, 2012). Le fruit du jatropha est une capsule tricoque qui s'ouvre par déhiscence septicide, puis loculicide. L'exocarpe reste charnue jusqu'à ce que les graines soient matures. Ces graines sont noires, mesurent en moyenne 18 mm de longueur et 10 mm de largeur avec un poids d'environ 727g pour 1000 graines (Singh, 1970). Plusieurs auteurs ont signalé l'activité insecticide des extraits de *J. curcas* respectivement sur *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Chrysomelidae), *Podagrica* sp. (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae) (Adesina & Afolabi, 2014 ; Diabaté *et al.*, 2014).

#### 1.6.5. Molécules bioinsecticides

##### 1.6.5.1. Azadirachtine

Parmi la douzaine d'analogues à azadirachtine, seuls deux composés, l'azadirachtine A (Aza A) et le 3-tigloyazadirachtol (Aza B) ont une activité significative (Isman, 1997 ; Gauvin *et al.*, 2003). Le taux d'azadirachtine est plus élevé dans les graines que dans les feuilles de neem. Les extraits des grains de neem permettent à une concentration de 3 à 5 ppm, de protéger les denrées stockées sur une période de 6 mois (Belanger & Musabyimana, 2005).

##### 1.6.5.2. Ricine

La ricine est une molécule végétale produite par le ricin. C'est une glycoprotéine très toxique formée de deux chaînes polypeptidiques A et B, reliées entre elles par un pont disulfure. La chaîne B permet à la toxine de se fixer à la paroi cellulaire et la chaîne A responsable des propriétés toxiques, est capable d'inhiber la synthèse des protéines en attaquant l'ARN des ribosomes, entraînant la mort cellulaire (Déthiollaz, 2003). Elle est présente dans toutes les parties de la plante et c'est la graine qui renferme le taux le plus élevé, à savoir 1 à 2 % de ricine (Olsnes, 2004).

##### 1.6.5.3. Pyrèthre

Les plantes appartenant à la famille des Asteraceae accumulent dans leurs fleurs des substances à effet insecticide appelées pyrèthres. Elles agissent sur le système nerveux d'un grand nombre d'insectes ravageurs. Le pyrèthre est une substance qui a une action rapide sur les insectes. L'effet insecticide est renforcé par l'addition d'adjuvant. Le mode d'action du

pyrèthre consiste à perturber la conduction nerveuse par un ralentissement de la fermeture des canaux sodiques  $\text{Na}^+$  au cours de la phase de reconstitution du potentiel d'action des neurones (Riba & Silvy, 1993).

#### **1.6.5.4. Quassine**

La quassine est une substance qui est extraite des arbres appelés, *Quassia amara* et de *Picrasma excelsa*. Ces deux espèces appartiennent à la famille des Simaroubaceae qui sont des plantes tropicales principalement présentes en Océanie, en Asie et en Amérique du Sud (SCF, 2002). La quassine est présente essentiellement dans le bois. L'extraction du bois de ces plantes fournit environ 0,65 g de quassine par kg de bois. Elle a une action insecticide et nématocide. Soluble dans l'eau, c'est un produit systémique utilisé essentiellement contre les insectes suceurs tels que les pucerons (Guo *et al.*, 2005).

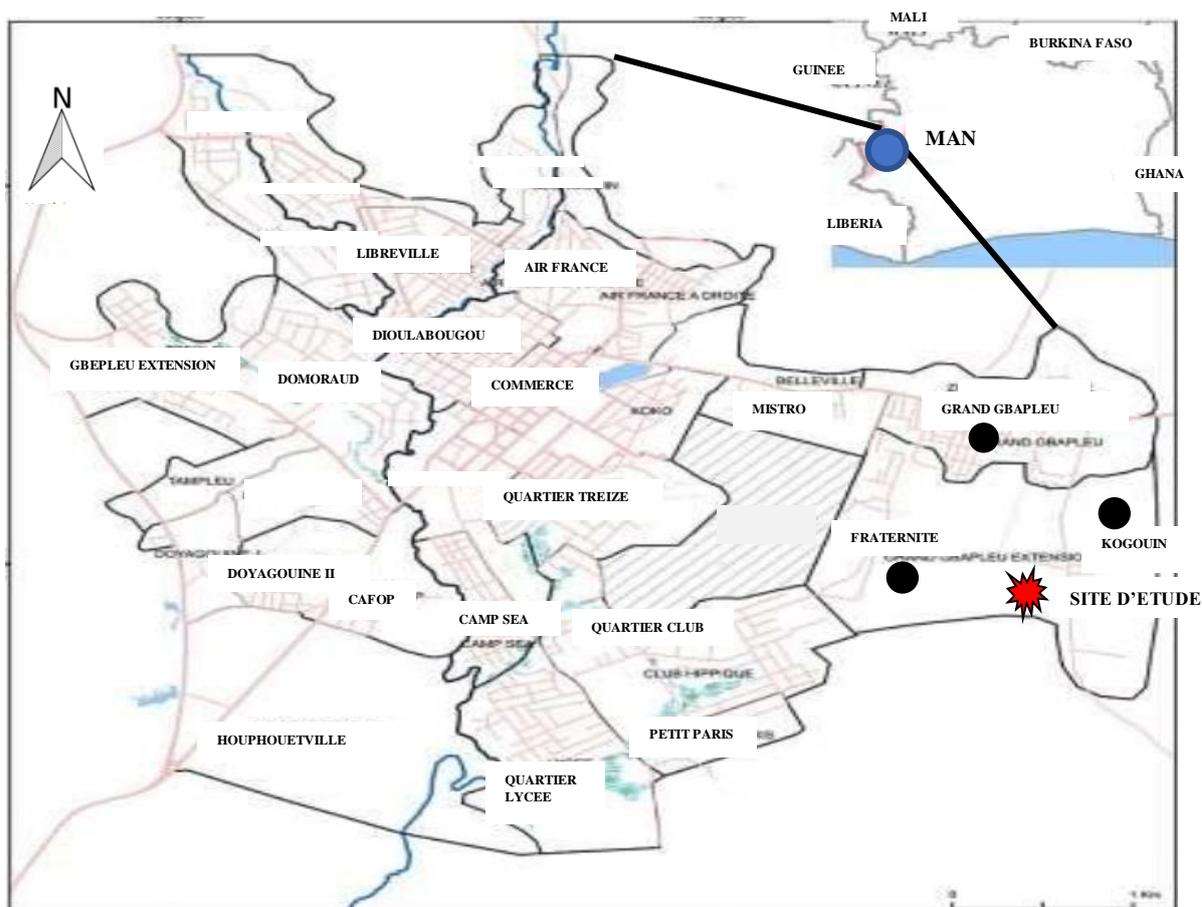
#### **1.6.5.5. Nicotine**

Elle est extraite des feuilles et des tiges du tabac, *Nicotiana tabacum* (Solanaceae). C'est un alcaloïde qui agit par inhalation, ingestion et contact. La nicotine a des propriétés acaricides, insecticide et fongicide (Rogers *et al.*, 2004 ; Zein *et al.*, 2014). Elle se dégrade en 3 à 4 jours. Elle peut être inhalée et absorbée directement à travers la peau. Il faut donc éviter tout contact lors de sa manipulation. Il faut éviter de consommer les fruits des plants traités avant un délai de 4 jours. La dose létale pour l'homme est comprise entre 500 et 1000 mg (Bernd, 2013).

### **1.7. MILIEU D'ÉTUDE**

#### **1.7.1. Situation géographique**

Cette étude a été réalisée à la périphérie de la ville de Man, chef-lieu de la région du Tonkpi située dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire à 578 km d'Abidjan avec les coordonnées géographiques suivantes : 07°20 et 07°35 de latitude Nord ; 07°25 et 07°45 de longitude Ouest (Koffi, 2009). La zone d'étude est limitée au Nord par le quartier Grand-Gbapleu, à l'Ouest par le quartier Fraternité et à l'Est par le quartier Kogouin (Figure 6).



**Figure 6.** Carte de la Côte d'Ivoire et de la ville de Man (Kouman *et al.*, 2016)

 Site d'étude   
  Ville de Man   
  Quartiers localisant géographiquement le site d'étude

### 1.7.2. Relief

La région de Man possède un relief très accidenté, caractérisé par des chaînes de montagnes dont la plupart des versants sont constitués de sols totalement dénudés et mis en culture ; ce qui a aggravé les problèmes d'érosion provoquant l'effleurement et le détachement des blocs rocheux (Tiessé, 2020). Les sommets les plus élevés sont : le Mont Tonkpi (1189 m), le Mont Gla (1175 m), le Mont Mia (1077 m). La plupart des versants des montagnes sont abrupts les exposant ainsi au risque d'érosion (Keli, 2009).

### 1.7.3. Sol

Les sols de la région de Man sont de type ferralitique à fertilité chimique moyenne. Il existe également des sols développés sur les roches basiques qui sont potentiellement riches, des sols hydromorphes dans les bas-fonds et des sols minéraux au niveau des montagnes (Keli, 2009). Le sol de Man souffre de l'érosion hydrique, montrant ainsi des sols ferralitiques

fortement ou moyennement désaturés. On distingue des sols à texture généralement sablo-argileuse qui sont présents au Nord et au Sud-Est de Man, des sols de texture argileuse et très épais, se développant sous les forêts denses mésophiles et qui occupent les plaines alluviales des principaux cours d'eau (Boyossoro *et al.*, 2007).

#### **1.7.4. Végétations et potentialités agricoles**

La ville de Man est située dans le domaine forestier de la Côte d'Ivoire car elle bénéficie d'un climat doux et pluvieux puis d'une forêt sempervirente (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). Cependant cette forêt est de plus en plus détruite au profit des cultures pérennes et de l'urbanisation (Tiesse, 2020). Cette localité est constituée de deux écorégions que sont la forêt de montagnes guinéennes en altitude et la savane Ouest soudanienne en plaine. Les forêts humides ont laissé la place à des jachères de *Chromolaena odorata* (Keli, 2009). Les potentialités agricoles sont énormes. Il existe entre autres, une production animale et végétale diversifiée, des écologies diversifiées présentant des aptitudes culturelles variées (montagnes, plaines, plateaux, bas-fonds). La pluviométrie est favorable à l'agriculture et le réseau hydrographique est dense. La disponibilité de nombreux bas-fonds aménagés par le projet BAD-Ouest, favorise la culture du riz irrigué (Keli, 2009).

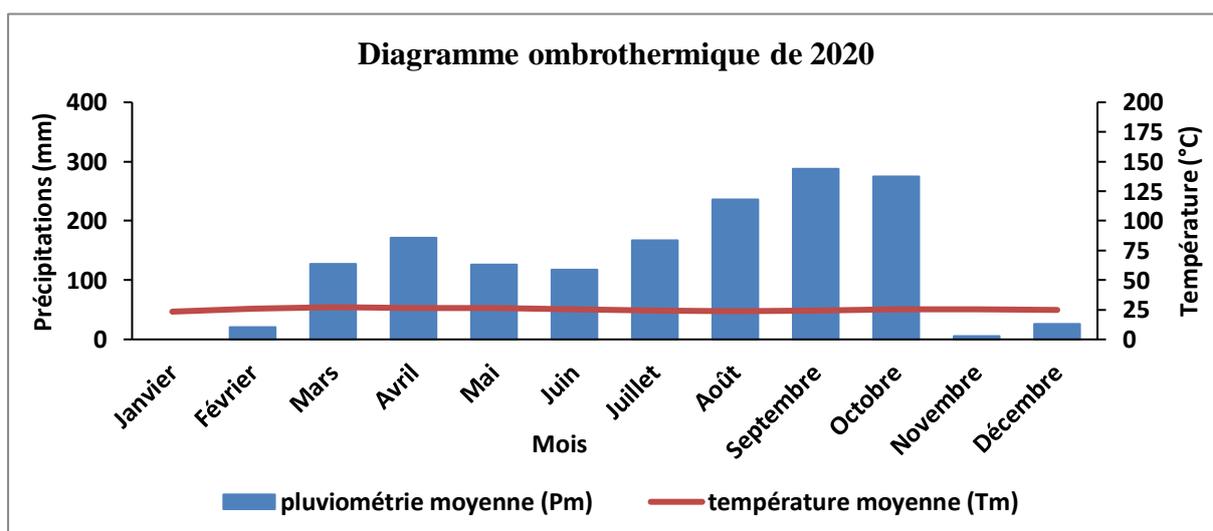
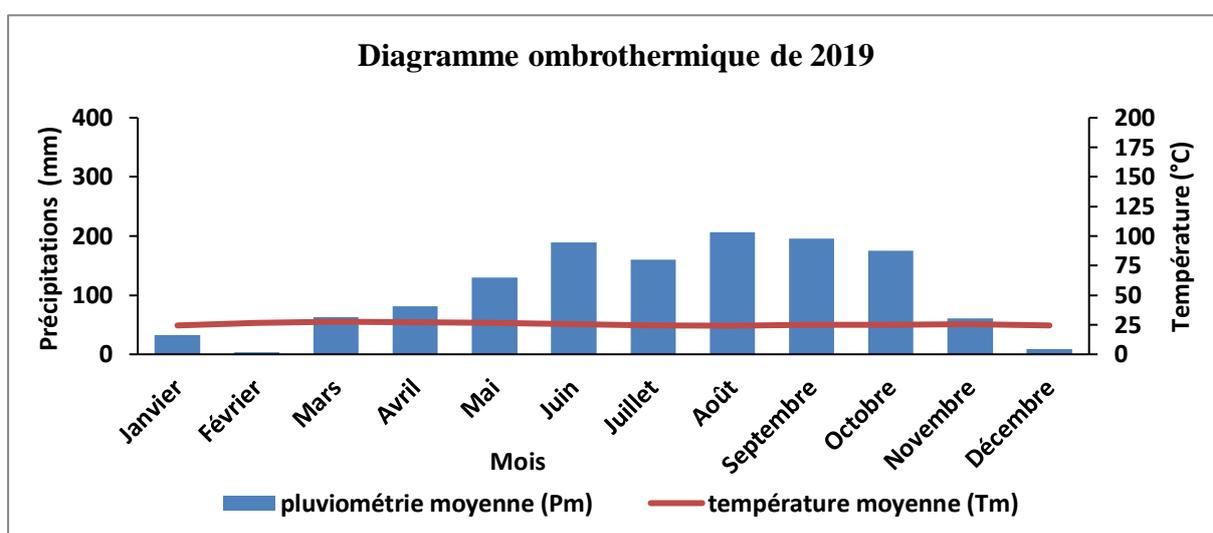
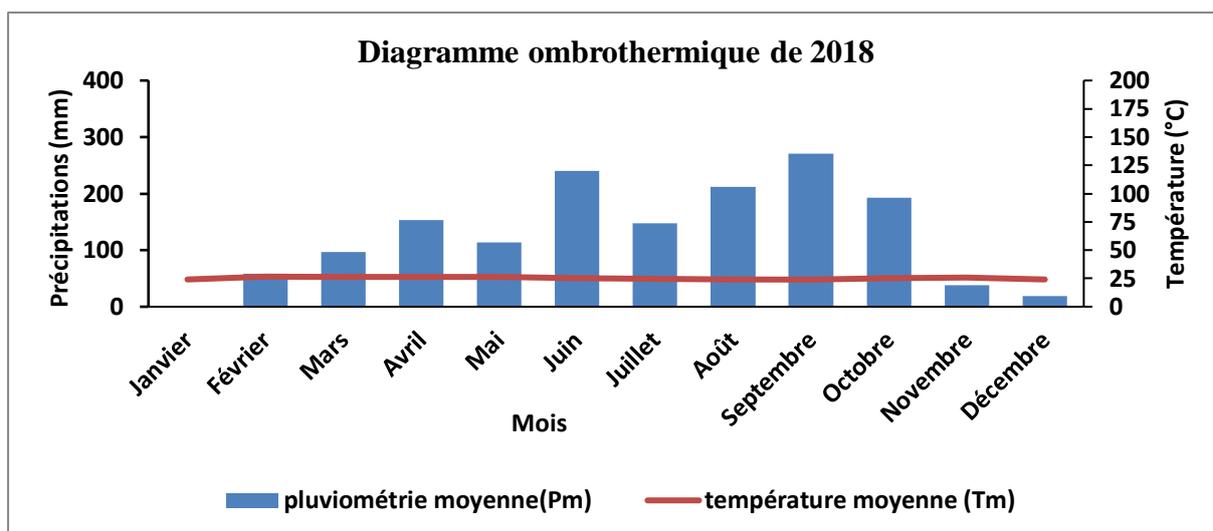
#### **1.7.5. Climat**

##### **1.7.5.1. Pluviométrie et température**

La ville de Man est caractérisée par un climat de montagne où la température augmente avec l'altitude (en Janvier). Selon le PRICI (2016) la saison sèche est bien tranchée et courte (3 mois dont 1 mois et demi d'Harmattan).

La pluviométrie varie fortement de 1300 à 2400 mm de pluie par an avec une répartition monomodale (Keli, 2009). Les moyennes des précipitations et températures mensuelles de 2018 à 2020, montrent que celles-ci sont plus abondantes en août et en septembre avec respectivement 217,95 et 251,76 mm de pluie, et plus basses dans les mois de décembre et janvier avec respectivement 17,71 et 11,01 mm de pluie. La courbe ombrothermique montre que les mois de novembre, décembre, janvier et février ont été secs avec des précipitations plus faibles.

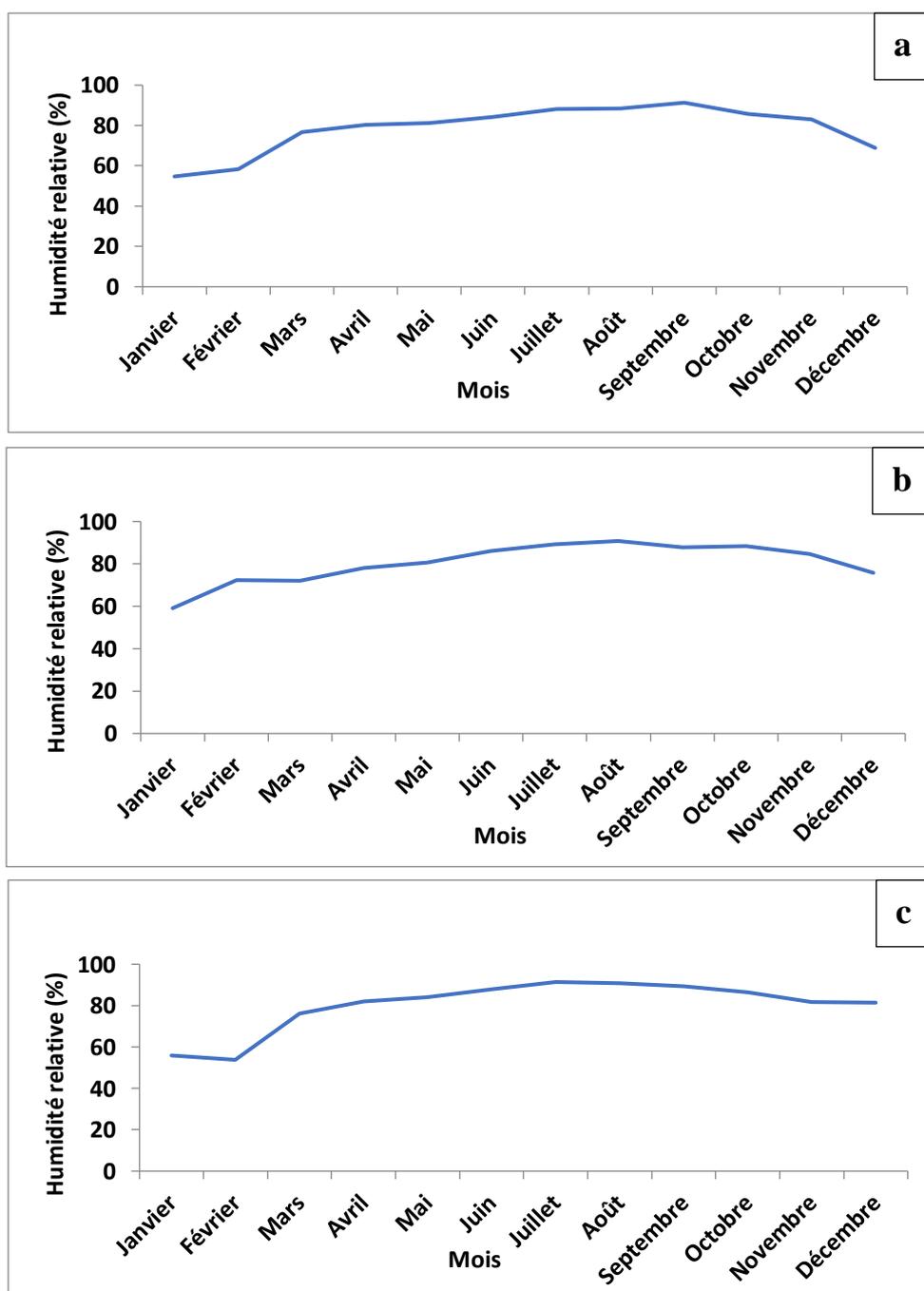
Les températures sont douces et moyennes de 24° C (Keli, 2009). Les températures moyennes ont été basses en Janvier, Juillet, Août, Septembre et Décembre sur les trois années. Les températures moyennes élevées ont été observées en février, mars, avril et mai avec des valeurs comprises entre 26 et 27,10° C (Figure 7).



**Figure 7.** Diagrammes ombrothermiques de la localité de Man de 2018 à 2020

### 1.7.5.2. Humidité relative

L'hygrométrie de la ville de Man varie entre 80 à 85 % (Keli, 2009). Les valeurs moyennes de l'humidité relative (HR) durant la période d'étude étaient comprises entre 54,7 et 91,3 % pour l'année 2018, entre 59,1 et 90,8 % pour l'année 2019. En 2020, les valeurs moyennes oscillaient entre 53,8 et 91,4 % (Figure 8a, 8b, 8c).



**Figure 8.** Humidité relative de la localité de Man de 2018 à 2020

a : année 2018

b : année 2019

c : 2020

### **1.7.6. Contraintes agricoles**

Les contraintes à l'agriculture sont importantes. La présence de montagnes sur le tiers de la superficie et de gros blocs rocheux en surface réduisent la surface cultivable. La petite taille des exploitations et les affleurements rocheux rendent difficile la mécanisation de l'agriculture à l'Ouest. Le relief accidenté, avec des pentes généralement supérieures à 80 %, présente des risques d'érosion. Des systèmes de culture extensifs, inadaptés au relief accidenté conduisent à la dénudation des flancs des montagnes (Keli, 2009).

## **DEUXIÈME PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES**

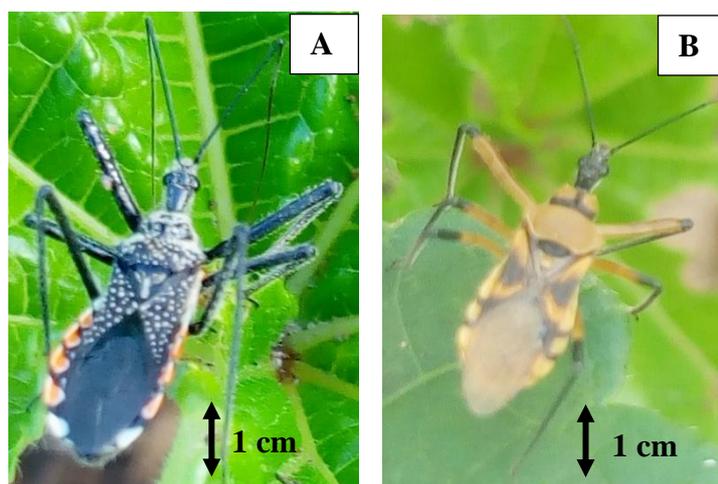
## 2.1. MATÉRIEL

Le matériel était composé de matériel biologique et technique.

### 2.1.1. Matériel biologique

Le matériel animal était constitué d'insectes ravageurs, *Podagrica decolorata* (Coleoptera : Chrysomelidae) et de deux espèces prédatrices de ce ravageur *Rhynocoris albopilosus* (Figure 9A) et *Rhynocoris rapax* (Figure 9B).

Le matériel végétal était composé d'un cultivar de gombo, la variété Hiré (Figure 10) appartenant à l'espèce *Abelmoschus esculentus* et de feuilles de plantes locales *Azadirachta indica* (Figure 11) puis de *Ricinus communis* (Figure 12) utilisées pour la lutte biologique. La durée moyenne du cycle de la variété Hiré est de 45 jours. Ses fruits sont côtelés et gluants (Fondio & Djidji, 2007). Le choix des plants tests pour la préparation des extraits aqueux se justifie par leur effet insecticide déjà testé et leur facilité d'accès dans la zone d'étude.



**Figure 9.** Deux espèces prédatrices de *Podagrica decolorata*

A : *Rhynocoris albopilosus*    B : *Rhynocoris rapax*



**Figure 10.** Plant de gombo (variété Hiré)



**Figure 11.** Feuilles fraîches d'*Azadirachta indica* (Meliaceae)



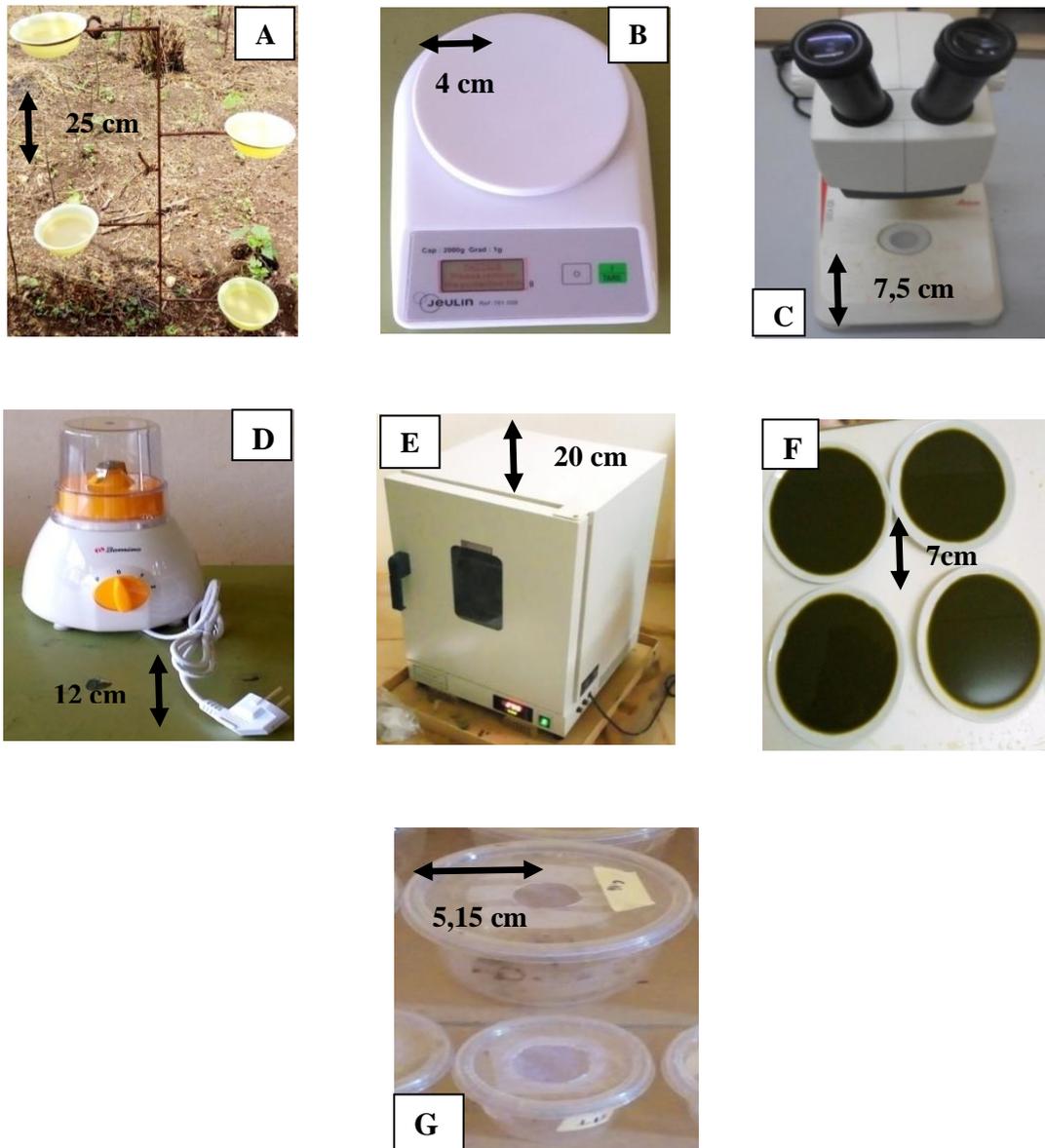
**Figure 12.** Feuilles fraîches de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae)

### 2.1.2. Matériel technique

Le matériel technique était constitué de matériel de terrain, de laboratoire et de produits chimiques (Tableau I) et (Figure 13).

**Tableau I.** Matériel technique utilisé dans l'étude

<b>Matériel de terrain</b>	<b>Usage</b>
Machette	Désherbage de la parcelle
Daba	Semis et sarclage
Appareil photo numérique	Prise des photos
Mètre-ruban	Piquetage et mise en place du dispositif
Arrosoir	Arrosage des plants
Pièges colorés	Piégeage des insectes
Filet fauchoir	Capture des insectes volants
Pince	Capture des insectes agressifs
Pulvérisateurs à mains	Pulvérisation des plants
Gangs et cache-nez	Protection lors des traitements
<b>Matériel de laboratoire</b>	
Balance électronique	Pesée de la poudre de l'extrait aqueux
Loupe binoculaire	Observation des insectes
Ruban adhésif	Marquage des informations afférentes à l'insecte
Mixeur	Broyage des feuilles et homogénéisation
Bécher	Mesure des quantités d'eau utilisée
Etuve	Séchage des feuilles et obtention du résidu sec
Thermohygromètre	Mesure de la température et de l'humidité de l'air
Assiettes en porcelaine	Formation du résidu sec
Tissu en popeline, Papier de Whatman et Entonnoir	Filtrage du mélange (poudre + eau distillée)
Verrerie	Récupération du filtrat après filtration
Boîtes d'élevage	Elevage des larves et des adultes de <i>Rhynocoris albopilosus</i> et de <i>Rhynocoris rapax</i>
Boîtes de pétri	Incubation des œufs des Reduviidae
<b>Produits chimiques</b>	
Alcool 70° et eau distillée	Préparation des produits de traitement
Insecticide chimique Top Lambda 25 EC	Lutte chimique contre les ravageurs



**Figure 13.** Quelques matériels techniques

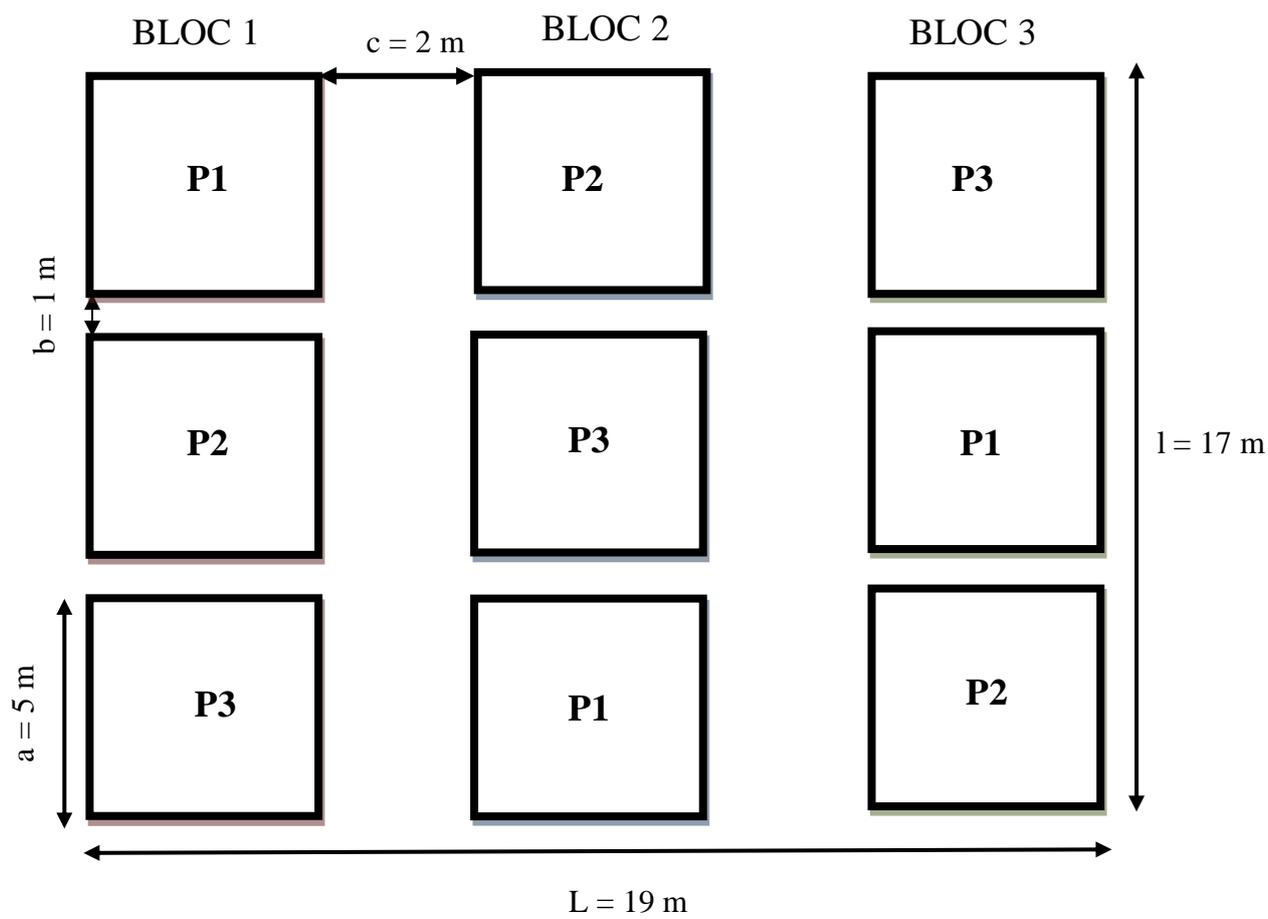
A : Pièges colorés sur un support ; B : Balance électronique ; C : Loupe binoculaire ; D : Mixeur ; E : Etuve ; F : Assiettes en porcelaines et G : Boîtes d'élevage

## 2.2. MÉTHODES

### 2.2.1. Inventaire de l'entomofaune du gombo et évaluation des dégâts en fonction des stades phénologiques

#### 2.2.1.1. Dispositif expérimental

La parcelle expérimentale avait nécessité une superficie de 323 m<sup>2</sup> (19 m x 17 m). Elle était constituée de trois blocs distants de 2 m. Chaque bloc était constitué de trois parcelles élémentaires (P1 : Inventaire de l'entomofaune ; P2 : Dégâts causés par les ravageurs ; P3 : dynamique de *P. decolorata*). Chaque parcelle élémentaire mesurait 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m). Les parcelles élémentaires distantes entre elles de 1 m dans le bloc ont été constituées chacune de six lignes espacées entre elles de 1 m. Chaque ligne a été constituée de 10 plants soit 60 plants par parcelle élémentaire. Sur chaque ligne, les plants ont été distants entre eux de 0,5 m. L'ensemble de la parcelle expérimentale comptait au total 540 plants. Le dispositif expérimental est subdivisé en sous-parcelles avec trois (03) répétitions (Figure 14).



**Figure 14.** Schéma du dispositif expérimental

P1 : Inventaire de l'entomofaune ; P2 : Dégâts causés par les ravageurs ; P3 : dynamique de *P. decolorata*

L : Longueur du bloc ; l : largeur du bloc ; a : côté d'une parcelle élémentaire ; b : distance entre deux parcelles élémentaires ; c : distance entre deux blocs ; P : parcelle élémentaire

### 2.2.1.2. Capture et identification des insectes

Les insectes ont été capturés tous les trois jours à partir du 14<sup>ème</sup> jour après semis à l'aide de pinces, de la main, de filet fauchoir et de pièges colorés après le démariage à un plant. Les insectes les moins mobiles et agressifs ont été capturés avec des pinces. Une capture manuelle a été faite à la main protégée de gants pour les insectes moins mobiles et non agressifs. Les insectes volants ont été capturés à l'aide du filet fauchoir par un mouvement de rotation de celui-ci pour les enfermer. Les pièges colorés utilisés pour la capture des insectes étaient constitués de quatre portoirs sur lesquels étaient disposés quatre bacs colorés en plastique (17 cm de diamètre et 9 cm de profondeur). Les insectes qui volaient à proximité étaient attirés par la couleur jaune et tombaient dans les bacs contenant de l'eau savonneuse puis mouraient (Franck, 2008). L'eau savonneuse contenue dans les bacs colorés était renouvelée à chaque relevé. Les portoirs du piège sont situés à différents niveaux du sol : 25 cm ; 50 cm ; 75 cm et 100 cm. Au total, neuf pièges colorés ont été placés dans les parcelles élémentaires au milieu des lignes centrales ; soit un piège par parcelle élémentaire.

Les insectes capturés ont été conservés dans des piluliers contenant de l'alcool à 70° et amenés au laboratoire pour l'identification et le dénombrement. L'identification a été réalisée, à l'aide d'une loupe binoculaire de marque *LEICA EZA* en utilisant les clés d'identification de Delvare & Aberlenc (1989) et les ouvrages de Roth (1974) ; Appert & Deuse (1988) ; Scholtz & Holm (1996) et Poutouli *et al.* (2011).

### 2.2.1.3. Calcul de l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence

Après identification des insectes capturés, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence ont été exprimées pour chaque espèce.

L'abondance relative ( $Ar$ ), selon Zaim & Gautier (1989) exprime le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce ( $Na$ ) considérée et le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues ( $N$ ).

$$Ar (\%) = (Na/N) \times 100 \quad (1)$$

Selon Dajoz (2000), la fréquence d'occurrence ( $C$ ) représente le rapport exprimé du nombre de collectes où l'on trouve l'espèce ( $Pa$ ) et le nombre total de collectes ( $P$ ).

$$C (\%) = 100 \times \frac{Pa}{P} \quad (2)$$

La valeur de  $C$  a permis de catégoriser les espèces d'insectes capturées :

- des espèces omniprésentes sont celles observées dans toutes les collectes ( $C = 100 \%$ ) ;
- des espèces constantes sont celles présentes dans plus de 50 % des collectes ( $50 \% \leq C < 100 \%$ ) ;
- des espèces fréquentes sont celles présentes dans 25 % des collectes ( $25 \% \leq C < 50 \%$ ) ;
- des espèces occasionnelles sont celles présentes dans moins de 25 % des collectes ( $C < 25$ ).

#### 2.2.1.4. Évaluation des dégâts causés par les ravageurs

L'évaluation des dégâts a été faite en tenant compte de deux critères :

Le premier critère a été basé sur le mode de déprédation des insectes ravageurs en fonction des stades phénologiques. Une parcelle élémentaire comptant 60 plants a été choisie de façon aléatoire par bloc. A chaque relevé, 32 plants centraux ont été inspectés puis les dégâts causés par les défoliateurs, les piqueurs-suceurs et les foreurs ont été évalués. Le taux d'attaque des plants par chaque groupe d'insectes a été calculé suivant le rapport du nombre de plants attaqués au nombre total de plants visités dans chaque parcelle élémentaire multiplié par cent (Dupriez *et al.*, 2001 ; Murúa *et al.*, 2006). Pour ce faire, la formule suivante a été utilisée :

$$\text{Taux d'attaque (\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de plants attaqués}}{\text{Nombre total de plants visités}} \quad (3)$$

Les taux moyens d'attaque causés par les défoliateurs, les piqueurs-suceurs et les foreurs ont été évalués en fonction des stades phénologiques.

Le second critère a été basé sur les dégâts causés à chaque organe par les ravageurs en fonction de la phénologie de la plante.

Deux fois par semaine, les dégâts causés sur les feuilles, les boutons floraux, les fleurs et les fruits par les insectes ravageurs ont été observés en fonction du stade phénologique jusqu'à la fin du cycle du gombo. Pour évaluer les dégâts, l'échantillonnage a consisté à choisir 32 plants au hasard sur les lignes centrales d'une parcelle élémentaire dans chaque bloc où les plants ont été examinés minutieusement. Au stade de préfloraison, toutes les feuilles sur 32 plants ont été dénombrés et inspectées pour rechercher celles qui sont attaquées. Au stade de bouton floral, toutes les feuilles, tous les boutons floraux sur les 32 plants ont été comptés et inspectés afin de rechercher et dénombrer les organes attaqués. Au stade de floraison-fructification, les feuilles, les boutons floraux, les fleurs et les fruits ont été dénombrés sur 32 plants puis inspectés pour connaître l'effectif de chaque organe attaqué. Cela a permis de déterminer le taux d'attaque estimé (en pourcentage) par le rapport du nombre d'organes attaqués et le nombre total d'organes visités sur les 32 plants dans chaque parcelle élémentaire

(Shah *et al.*, 2011 ; Humayun, 2012 ; Koushik *et al.*, 2013). La formule suivante a été utilisée pour calculer ce taux d'attaque.

$$\text{Taux d'attaques de l'organe (\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'organes atteints}}{\text{Nombre total de l'organe considéré}} \quad (4)$$

## 2.2.2. Variation saisonnière des populations de *Podagrica decolorata*, de ses prédateurs et évaluation des dégâts causés par le ravageur

### 2.2.2.1. Dispositif de piégeage

Le dispositif de piégeage était celui utilisé pour faire l'inventaire de l'entomofaune. L'échantillonnage a débuté 14 jours après semis jusqu'à la fin du cycle du gombo. Les relevés ont été faits 2 fois par semaine entre 07 heures et 10 heures du fait de la forte présence de ces altises en ce moment de la journée. Les variations saisonnières des effectifs de *P. decolorata* ont été étudiées sur deux ans (2018 et 2019) et celles des Reduviidae ont été étudiées en saison sèche et en saison pluvieuse de l'année 2019.

### 2.2.2.2. Évaluation des dégâts causés par *Podagrica decolorata*

Une parcelle élémentaire a été choisie par bloc de façon aléatoire. Pour évaluer les dégâts, l'échantillonnage a été effectué chaque semaine sur les plants centraux en éliminant les plantes de bordure. Toutes les feuilles ont été dénombrées sur les 32 plants inspectés pour rechercher les feuilles atteintes par *Podagrica decolorata* à tous les stades phénologiques. Ainsi le taux d'attaque de chaque organe a été calculé selon la formule suivante (Shah *et al.*, 2011 ; Humayun, 2012 ; Koushik *et al.*, 2013) :

$$\text{Taux d'attaque des feuilles (\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de feuilles atteintes}}{\text{Nombre total de feuilles}} \quad (5)$$

L'indice de sévérité a été déterminé pour estimer la sévérité des dégâts sur les plants. Les codes de cet indice sont : 1 : 0 à 25 % de dégâts ; 2 : 25 à 50 % de dégâts ; 3 : 50 à 75 % de dégâts et 4 : 75 à 100 % de dégâts (Soro, 2016).

## 2.2.3. Bioécologie de *Rhynocoris albopilosus* et de *Rhynocoris rapax*

### 2.2.3.1. Conditions d'élevage de *Rhynocoris albopilosus* et de *Rhynocoris rapax*

La collecte des adultes de *Rhynocoris albopilosus* et de *Rhynocoris rapax* soumis à l'élevage a été faite sur des parcelles de gombo non traitées. La collecte a été effectuée avec des

filets fauchoirs et des boîtes de 500 ml dans lesquelles les individus de chaque espèce étaient placés en couple. Ces boîtes ont été perforées pour permettre une aération. Ainsi, la partie supérieure a été percée d'un trou de 2 cm de diamètre et les faces latérales ont également été percées de six trous de diamètre 1 cm chacun. Toutes les parties de la boîte perforées sont recouvertes de mousseline dont la taille des mailles est de 0,4 mm. A chaque fois que l'une des deux espèces est capturée, elle est placée dans une cage après détermination du sexe. Le dimorphisme sexuel chez les adultes de *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax* a été examiné en considérant d'abord des caractères morphométriques, ensuite la coloration et l'ornementation et enfin les caractères sexuels externes (Kwadjo *et al.*, 2010). L'élevage a été conduit dans deux milieux différents. Dans le premier milieu, les œufs pondus par les insectes souches ont été collectés, mis dans les boîtes de Pétri et incubés au laboratoire à une température moyenne de  $25,02 \pm 0,97^\circ \text{C}$  et un taux d'humidité relative de  $74,48 \pm 3,31 \%$ . Dans le second, l'étude a été réalisée en milieu ambiant sous une paillote (3x3x2m). Les deux espèces de Reduviidae et leurs larves ont été nourries avec les adultes de *Podagrira decolorata* collectés sur des parcelles de gombo non traitées.

### **2.2.3.2. Conduite de l'élevage de *Rhynocoris rapax* et de *Rhynocoris albopilosus***

Le dispositif expérimental utilisé était complètement randomisé. Trois répétitions ont été faites. Pour chacune des répétitions, 30 larves de premier stade ont été considérées et suivies jusqu'au stade adulte. Les larves ont été isolées dans des boîtes de 100 ml.

### **2.2.3.3. Détermination de paramètres biologiques**

L'étude de ces paramètres biologiques s'est intéressée à la description des œufs, des larves et des adultes à différents stades de développement. Ces paramètres bioécologiques ont été déterminés à partir de certaines formules (Tano *et al.*, 2011).

#### **2.2.3.3.1. Étude de paramètres morphométriques des œufs, larves et adultes**

La description des œufs a porté sur la coloration et la taille. La description des larves et des adultes a porté essentiellement sur les caractères morphométriques. Le passage d'un stade larvaire à un autre est marqué par la présence d'exuvie. Les paramètres morphométriques chez les larves et les adultes de chaque espèce ont été déterminés et portant essentiellement sur la taille des différentes parties du corps (la tête, le thorax, les pattes et la longueur du corps). L'expérience a été menée sur 30 individus de chaque stade larvaire et 60 adultes dont 30 mâles et 30 femelles de chaque espèce fixée préalablement dans de l'alcool à 70 %. Les observations morphométriques ont été réalisées à l'aide d'une loupe binoculaire. Pour la mesure des œufs,

60 œufs pondus par des couples mis en observation ont été collectés et placés dans de grandes boîtes de 500 ml pour chaque espèce. Ainsi, la taille moyenne a été déterminée et exprimée en millimètre (mm).

#### 2.2.3.3.2. Périodes de pré-copulation et de pré-oviposition

La pré-copulation est la période qui sépare la mue imaginale du premier accouplement tandis que la pré-oviposition est la période qui sépare le premier accouplement de la première ponte. Dès le passage au stade adulte, 30 couples de chaque espèce de punaises prédatrices ont été isolés. Chaque couple a été immédiatement placé dans un bocal plastique de 500 ml.

Ainsi tous les couples ont été suivis jusqu'à l'observation du premier accouplement où la date (Da) a été notée pour déterminer la période moyenne de pré-copulation obtenue selon le calcul suivant :

$$\text{période moyenne de pré – copulation (jours)} = \frac{\sum C_i X_i}{\sum X_i} \quad (6)$$

Avec  $C_i = D_a - D_o$  ;  $X_i$  : nombre de couples et la date de la mue imaginale a été notée  $D_o$ .

L'expérience a été poursuivie jusqu'à l'observation de la première ponte dans chaque cage. La date de la première ponte ( $D_{pp}$ ) a été relevée, puis la période moyenne de pré-oviposition a été déterminée.

$$\text{période moyenne de pré – oviposition (jours)} = \frac{\sum O_i F_i}{\sum F_i} \quad (7)$$

Avec  $O_i = D_{pp} - D_a$  et  $F_i$  : effectif de femelles

#### 2.2.3.3.3. Nombre d'œufs pondus par femelle et durée de vie des adultes

Dès l'observation de la première ponte, l'expérience a été poursuivie pour les autres pontes pour chaque femelle. Trente femelles ont été mises en observation. Le nombre d'œufs déposés par femelle a été noté tous les deux jours et l'expérience a été poursuivie jusqu'à la mort de la femelle. La somme des œufs pondus par femelle a été faite et la moyenne des œufs pondus par femelle a été déterminée selon la formule suivante :

$$\text{Nombre d'œufs pondus/Femelle} = \frac{\sum P_o}{\sum F_i} \quad (8)$$

$P_o$  : nombre d'œufs pondus et  $F_i$  : effectif des femelles

Par la suite, la durée de vie a été déterminée et cette durée correspond au temps compris entre la date de l'émergence ( $D_o$ ) de l'imago et celle de sa mort ( $D_m$ ). Les durées moyennes de vie des femelles et des mâles constituant les 30 couples ont été calculées.

$$\text{Durée moyenne de vie (jours)} = \frac{\sum DV_i N_i}{\sum N_i} \quad (9)$$

Avec  $DV_i = D_m - D_o$  et  $N_i$  : effectif de mâles ou de femelles

#### 2.2.3.3.4. Durée d'incubation et taux de fertilité des œufs

La durée d'incubation des œufs correspond à la période comprise entre la ponte et l'éclosion de l'œuf. La date de la ponte de l'œuf a été notée  $D_p$ . Pour chacune des 30 femelles, le nombre d'œufs éclos a été relevé et le taux moyen de fertilité a été calculé.

$$\text{Durée d'incubation (DI)} = D_e - D_p \quad (10)$$

Puis, le nombre d'œufs éclos a été relevé et le taux moyen de fertilité a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux moyen de fertilité (\%)} = \frac{\sum E_i F_i}{\sum F_i} \times 100 \quad (11)$$

Avec  $F_i$  : effectif de femelles et  $E_i = \frac{\text{Nombre d'œufs éclos}}{\text{Nombre d'œufs pondus}}$

Le taux d'éclosion correspond à la proportion d'œufs éclos par rapport au nombre d'œufs incubés.

#### 2.2.3.3.5. Taux de survie larvaire, durée de développement et sex-ratio

Les observations portant sur la survie larvaire, la durée de développement et le sex-ratio ont été faites à partir de la descendance de 30 couples. Chaque larve de premier stade a été isolée dans une boîte contenant un régime alimentaire de 4 adultes de *Podagrira decolorata* physiquement affaiblis par suppression des ailes coriaces (élytres) pour l'alimentation des larves de premier stade tous les deux jours. Les adultes de *Podagrira decolorata* ont été régulièrement renouvelés. La cage a fait l'objet d'un suivi journalier. Les dates des mues successives ont été notées.

Le taux moyen de survie a été calculé pour chaque stade larvaire.

$$\text{Taux moyen de survie larvaire (\%)} = \frac{\sum SL_i F_i}{\sum F_i} \times 100 \quad (12)$$

Avec  $F_i$  : effectif de femelles et  $SL_i = \frac{\text{Nombre de larves du stade suivant}}{\text{Nombre de larves du stade précédent}}$

Le passage d'un stade larvaire à l'autre est marqué par une mue suivie du rejet d'une exuvie. La taille de cette exuvie étant supérieure à celle du stade précédent, la durée moyenne de passage d'un stade larvaire à l'autre a été déterminée et exprimée en nombre de jours. Après

la mue imaginale, les insectes ont été regroupés par sexe et suivis jusqu'au stade adulte. La durée moyenne de développement, qui regroupe la période d'incubation de l'œuf (DI) et la durée de développement larvaire (DL) a été calculée.

$$\text{Durée du cycle de développement} = \frac{\sum Z_i T_i}{\sum T_i} \times 100 \quad (13)$$

Avec  $Z_i = DI+DL$  ;  $T_i$  : effectif d'adultes

Puis le sex-ratio a été calculé pour les descendants de chaque femelle, suivant la formule :

$$\text{Sex-ratio (SR)} = \frac{\text{Nombre de mâles}}{\text{Nombre de femelles}} \quad (14)$$

#### 2.2.3.4. Paramètres écologiques

Les relevés de température et d'hygrométrie dans les boîtes d'élevage ont été effectués trois fois par jour. Dès 7 h, le premier relevé a été fait, le second a été fait à 13 h et le dernier, à 18 h. Ces données ont été relevées à l'aide d'un thermo-hygromètre.

#### 2.2.4. Contrôle de *Podagrica decolorata* aux moyens d'extraits de plantes locales et du prédateur *Rhynocoris albopilosus*

##### 2.2.4.1. Dispositif de mise en place des traitements

Le dispositif expérimental utilisé est celui de Fisher en trois blocs aléatoires constitués de cinq traitements avec trois répétitions (Figure 15). Les parcelles élémentaires mesuraient 2 x 2,5 m et les blocs consécutifs ont été séparés de 2 m. Chaque bloc est constitué de 5 parcelles élémentaires (P1, P2, P3, P4, P5). Les parcelles élémentaires étaient distantes de 1 m. Sur une même ligne, les plants étaient distants de 0,5 m. Chaque bloc avait une longueur de 14 m et une largeur de 2,5 m. L'ensemble de la parcelle expérimentale avait 14 m de longueur et 11,5 m de largeur, soit une surface totale de 161 m<sup>2</sup>. Les plants de gombo ont été disposés en six lignes dont cinq plants par ligne. Les parcelles élémentaires ont été constituées de 30 jeunes plants de gombo. Ainsi, chaque bloc contenait-il 150 plants soit 450 plants sur l'ensemble de la parcelle. Des lâchers de *Rhynocoris albopilosus* sont réalisés dans un milieu contrôlé avec la mousseline. La parcelle élémentaire contenant le prédateur *Rhynocoris albopilosus* a été séparée des autres par une mousseline pour éviter les mouvements du prédateur vers les autres parcelles. Chacune de ces parcelles a été traitée uniquement soit avec un extrait de feuilles de neem, soit avec un extrait de feuilles de ricin, soit un insecticide chimique de synthèse ou soit des lâchers d'adultes

de *Rhynocoris albopilosus*. Une parcelle n'a pas été traitée dans chaque bloc et a servi de parcelle témoin.

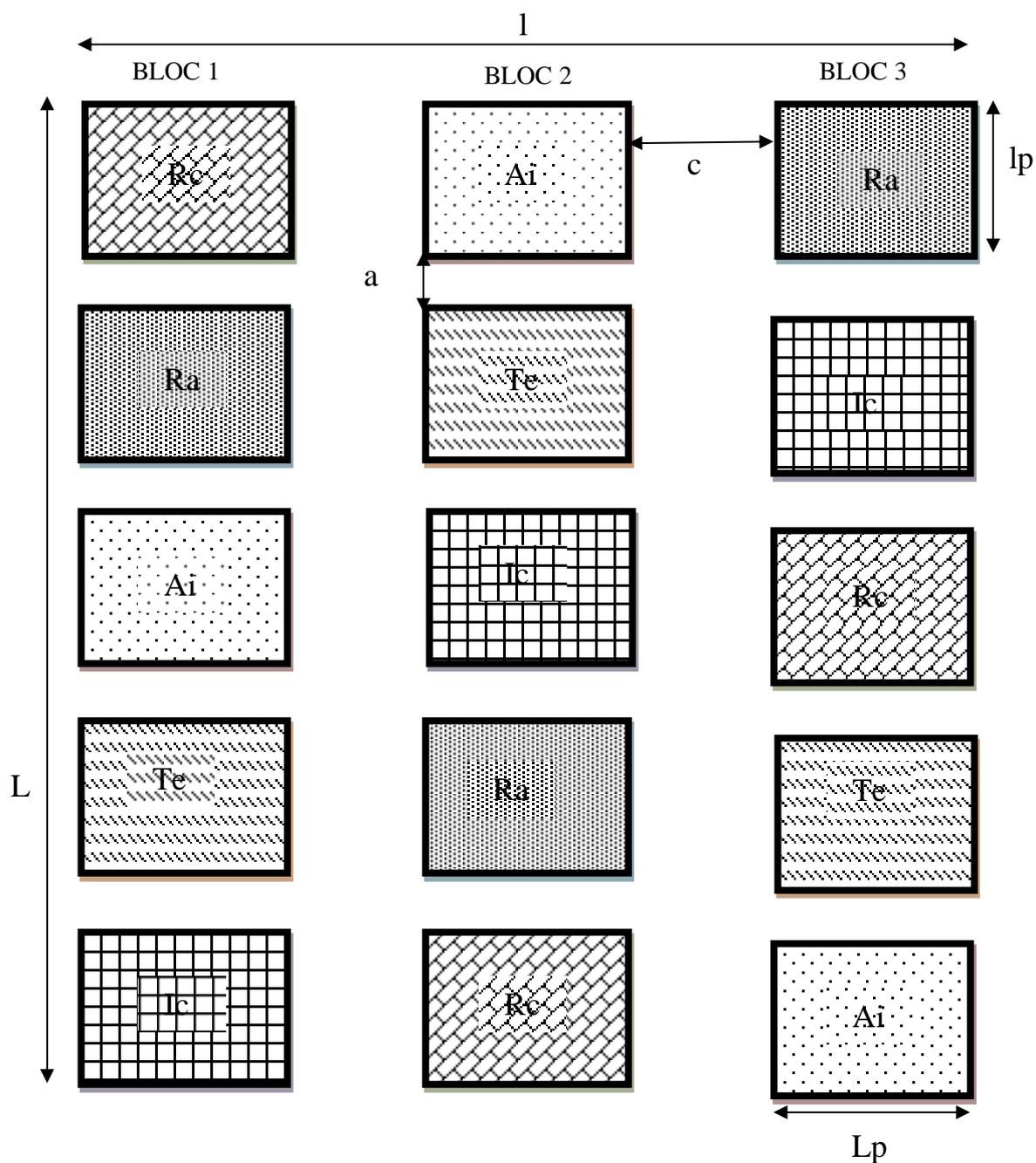
Pour traiter les parcelles élémentaires, trois pulvérisateurs à main de capacité deux litres ont été utilisés. L'un a servi à appliquer l'insecticide chimique Lambda cyhalothrine (0,05 g/l) sur les plants de gombo. Les deux autres ont servi à appliquer les extraits aqueux de feuilles de neem et de ricin à différentes concentrations (10 g/l ; 30 g/l ; 50 g/l ; 70 g/l ; 90 g/l) sur les plants de gombo. Les traitements ont été effectués par quinzaine, soit deux semaines après la levée (Ossey, 2019).

#### **2.2.4.2. Préparation des extraits aqueux**

Deux plantes ont servi à préparer les extraits aqueux : *Azadirachta indica* et *Ricinus communis*. Les feuilles ont été utilisées comme organe pour l'extrait aqueux. Elles ont été séchées à l'étuve pendant 3 à 4 jours à une température maximale de 50° C. Les feuilles de chaque espèce de plante ont été broyées à l'aide d'un mixeur jusqu'à leur réduction en poudre. Une quantité de 100 g de poudre obtenue à partir de chaque plante a été diluée dans 200 ml d'eau distillée. Le mélange (poudre + eau distillée) a été ensuite homogénéisé dans le mixeur pendant 5 minutes. Le mélange obtenu a été filtré à l'aide d'un tissu en popeline. Le filtrat obtenu est à nouveau homogénéisé dans le mixeur et filtré une deuxième fois avec du papier Whatman. Le filtrat récupéré a été filtré une troisième fois à l'aide d'un entonnoir contenant à l'intérieur du coton hydrophile. Le filtrat obtenu après cette troisième filtration, a été mis dans des assiettes en porcelaine, puis concentré par évaporation dans une étuve réglée à 50° C pendant 48 h, jusqu'à l'obtention d'un résidu sec (Zirihi & Kra, 2003 ; Obodji *et al.*, 2016).

#### **2.2.4.3. Détermination des concentrations**

Le résidu sec obtenu après 48 heures à l'étuve, a permis de préparer des concentrations successives de l'extrait aqueux (10 g/l, 30 g/l, 50 g/l, 70 g/l, 90 g/l). Pour l'insecticide chimique de référence *Lambda Cyhalothrine 25 EC*, la dose recommandée pour le traitement des plants a été diluée dans l'eau. Ce qui correspond à une concentration de 0,05 g/l.



**Figure 15.** Schéma du dispositif de traitement

L : longueur d'un bloc (14 m), l : largeur d'un bloc (11,50 m), c : distance entre deux blocs (2 m), Lp : longueur d'une parcelle élémentaire (2,5 m), lp : largeur de la parcelle élémentaire (2 m), a : distance entre deux parcelles élémentaires (1 m), Te : témoin, Ra : Traitement avec *R. albopilosus*, Rc : Traitement avec *R. communis*, Ai : Traitement avec *A. indica*, Ic : traitement avec insecticide chimique (*Lambda Cyhalothrine*)

#### 2.2.4.4. Effet insecticide des extraits aqueux sur les adultes de *Podagrica decolorata* et sur *Rhynocoris albopilosus*

Des infestations contrôlées ont été effectuées sur 11 plants recouverts de mousseline. Pour cela, 50 adultes de *Podagrica decolorata* ont été placés par plant recouvert de mousseline. Deux jours plus tard, 10 des 11 plants ont été traités avec les extraits aqueux. L'un des plants a servi de témoin. Les insectes morts ont été dénombrés 24 et 72 heures après le traitement. Pour chaque concentration des différents extraits aqueux de plante, les taux moyens de mortalité ont été calculés et corrigés par la formule d'Abott (1925). L'effet insecticide des extraits aqueux de feuilles de neem et de ricin a été étudié sur les cinq stades larvaires puis les adultes mâles et femelles de *Rhynocoris albopilosus*. Pour chacun des stades de développement de *Rhynocoris albopilosus*, un effectif de 30 individus placés dans une cage ont été soumis aux traitements des extraits aqueux de neem et de ricin à différentes concentrations (10 g/l, 30 g/l, 50 g/l, 70 g/l, 90 g/l). Trois répétitions ont été faites par concentration et par extrait aqueux de plante.

$$M_o = 100 \times \frac{\text{Nombre d'insectes morts}}{\text{Nombre total d'insectes}} \quad (15)$$

Avec M : taux de mortalité.

$$M_c = 100 \times \frac{M_o - M_t}{100 - M_t} \quad (16)$$

Avec  $M_c$  : taux de mortalité corrigé ;  $M_o$  : taux de mortalité observé dans l'essai et  $M_t$  : taux de mortalité observé dans le témoin.

La concentration létale 50 ou CL50 est celle qui provoque la mort de 50 % d'une population d'insectes traités au bout de 24 heures. Elle a été déterminée pour chaque extrait aqueux de plante par la méthode de Finney (1971).

#### 2.2.4.5. Évaluation de la densité de *Podagrica decolorata*

Tenant compte du déplacement de *Podagrica decolorata* d'une parcelle à une autre rendant leur population non uniforme sur l'ensemble de la parcelle expérimentale, l'une des formules appropriées pour calculer l'efficacité du traitement dans ces conditions a été celle de Henderson-Tilton. Ainsi, des adultes de *P. decolorata* capturés sur des parcelles non traitées ont été lâchés une semaine avant le lâcher du prédateur *Rhynocoris albopilosus*. Ces traitements ont commencé au stade bouton floral. Le jour du premier lâcher des prédateurs a été considéré

comme le premier jour de traitement. Ce même jour, des traitements à l'aide d'extraits aqueux de neem et de ricin puis de *Lambda cyhalothrine* (0,05 g/l) ont été effectués. Avant chaque traitement, la densité du ravageur par plant a été évaluée et 24 ; 48 et 72 heures après chaque traitement, pour avoir l'effet des traitements et le niveau de population du ravageur. Les insectes ont été comptés en inspectant rigoureusement les deux faces des feuilles des 30 plants de chaque parcelle élémentaire par traitement. Sachant que la densité d'une population d'insectes sur des parcelles traitées dépend de la taille de la population initiale et des traitements, la valeur corrigée de l'efficacité (en pourcentage) de chaque traitement a été calculée en utilisant la formule de Henderson-Tilton (1955) :

$$\% \text{ Efficacité} = \left( 1 - \left( \frac{T_a}{T_b} \right) \times \left( \frac{C_b}{C_a} \right) \right) \times 100 \quad (17)$$

où  $T_b$  et  $C_b$  représentent la densité avant le traitement dans les parcelles traitées et les parcelles témoins, respectivement ;  $T_a$  et  $C_a$  représentent les densités après traitement dans les parcelles traitées et les parcelles témoins, respectivement (Tounou *et al.*, 2018).

### 2.2.5. Analyse statistique des données

Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica version 7.1 (StatSoft, 2005). Il s'agit de l'analyse de variance (ANOVA), du test LSD de Fisher, du test  $t$  de Student et du test de corrélation de Pearson. S'agissant de l'analyse de variance, elle a permis d'analyser les taux de dégâts, l'efficacité de la prédation, l'efficacité des traitements et les paramètres biologiques (le sex-ratio, la durée de vie, la durée des différents stades larvaires...).

La séparation des groupes homogènes était basée sur le test LSD de Fisher au seuil de 5 %. Le test  $t$  de Student a été réalisé pour comparer les paramètres biologiques et l'efficacité de la prédation entre *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax*, afin de déterminer l'espèce qui répond au mieux aux critères de choix d'un prédateur dans le cadre de la lutte biologique. Le test  $t$  de Student a également permis de comparer les moyennes des paramètres morphométriques du mâle et de la femelle de chaque espèce de Reduviidae.

Le test de corrélation de Pearson a été utilisé d'une part pour l'étude des relations entre les facteurs abiotiques (température, pluviométrie et hygrométrie) et la variation saisonnière du ravageur *Podagrica decolorata*, puis la dynamique des espèces de Reduviidae prédatrices de *P. decolorata* et des facteurs abiotiques (température, pluviométrie et hygrométrie) d'autre part.

## **TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### 3.1. ENTOMOFAUNE DU GOMBO ET ÉVALUATION DES DÉGÂTS EN FONCTION DES STADES PHÉNOLOGIQUES

L'un des objectifs de cette étude est d'inventorier les insectes inféodés à la culture du gombo. Cette étude a permis de distinguer trois groupes d'insectes ravageurs (les défoliateurs, les piqueurs-suceurs, les foreurs). Les dégâts causés par ces ravageurs ont été évalués. Outre les ravageurs, des auxiliaires ont été recensés parmi lesquels des prédateurs de *Podagrica decolorata* de la famille des Reduviidae. L'étude de la fréquence d'occurrence a permis de déterminer différents groupes (espèces omniprésentes, constantes, fréquentes et occasionnelles).

#### 3.1.1. Entomofaune collectée aux différents stades phénologiques

Les techniques de collecte utilisées ont permis de capturer 11602 insectes appartenant à 10 ordres repartis en 36 familles et 61 espèces. Ces insectes ont été dénombrés par stade phénologique du gombo. Ainsi, à la préfloraison, 3663 insectes ont été collectés soit 31,57 %. Au stade de bouton floral, 3757 individus ont été capturés soit 32,38 %. Au stade de floraison et de fructification, 4182 insectes ont été capturés, soit 36,05 %. Les insectes inventoriés ont été classés en deux groupes en fonction de leur action sur les plants de gombo. Ce sont les ravageurs (les défoliateurs, les piqueurs-suceurs et les foreurs) et les auxiliaires (Tableau II).

##### 3.1.1.1. Ravageurs du gombo

###### 3.1.1.1.1. Défoliateurs

Ce groupe de ravageurs est constitué de Coléoptères, de Lépidoptères et d'orthoptères. Ces ravageurs s'attaquent aux feuilles du gombo. Dans ce groupe, seul *Podagrica decolorata* est présent à tous les stades phénologiques de la plante (Tableau III) (Figure 16).

###### 3.1.1.1.2. Piqueurs-suceurs

Ce groupe de ravageurs, étaient constitués des Homoptères (*Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci*, *Jacobiasca hybrida* et *Amrasca* sp.), de Thysanoptères (*Thrips tabaci*) et d'Hétéroptères (*Nezara viridula*, *Acrosternum acutum*, *Aspavia armigera*, *Oxycarenus hyalipennis*, *Anoplocnemis curvipes*, *Cletus* sp. et *Dysdercus voelkeri*). Ces insectes s'attaquent pratiquement aux feuilles et aux fruits en fonction de la phénologie de la plante. C'est le cas de *Dysdercus voelkeri* qui s'attaque aux fruits (Tableau III) (Figure 16).

**Tableau II.** Insectes du gombo et leurs actions sur la parcelle expérimentale aux différents stades phénologiques

ORDRES	Familles	Espèces	Effectif				Statut des insectes	
			Stades phénologiques					
			Préflo	Bouton-flo	Flo-fruit	Total		
Coléoptères	Coccinellidae	<i>Cheilomones sulphurea</i> Olivier, 1791	14	8	6	28	prédateurs	
	Cetoniidae	<i>Pachnoda cordata</i> Drury, 1773	0	0	5	5	défoliateurs	
	Meloidae	<i>Mylabris variabilis</i> Pallas, 1781	0	0	22	22	défoliateurs	
	Chrysomelidae	<i>Ootheca mutabilis</i> Sahlberg, 1829	10	8	11	29	défoliateurs	
		<i>Podagrica decolorata</i> Duvivier, 1892	662	906	1224	2792	défoliateurs	
		<i>Nisotra dilecta</i> Dalman, 1823	41	60	71	172	défoliateurs	
Tenebrionidae	<i>Lagria villosa</i> Fabricius, 1781	4	7	2	13	défoliateurs		
Lepidoptères	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i> Boisduval, 1833	4	9	17	30	défoliateurs	
		<i>Anomis flava</i> Fabricius, 1775	18	31	20	69	défoliateurs	
		<i>Earias vittella</i> Fabricius, 1794	4	2	9	15	foreurs	
		<i>Xanthodes graellsii</i> Feisthamel, 1837	21	7	4	32	défoliateurs	
		<i>Xanthodes transversa</i> Guenée, 1852	18	5	3	26	défoliateurs	
		<i>Agrotis ipsilon</i> Hufnagel, 1766	6	3	0	9	défoliateurs	
		<i>Helicoverpa armigera</i> Hubner, 1808	8	16	21	45	défoliateurs	
		<i>Cosmophila flava</i> Fabricius, 1775	19	11	7	37	défoliateurs	
		Pyralidae	<i>Sylepta derogata</i> Fabricius, 1775	13	9	4	26	défoliateurs
		Orthoptères	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i> Linné, 1758	149	61	29	239
<i>Pyrgomorpha conica</i> Olivier, 1791	13			5	0	15	défoliateurs	
Acrididae	<i>Acrida acuminata</i> Stål, 1873		16	10	6	32	défoliateurs	
	<i>Chorthippus brunneus</i> Thunberg, 1815		8	1	0	9	défoliateurs	
Tettigonidae	<i>Tettigonia viridissima</i> Linnaeus, 1758		8	2	0	10	défoliateurs	
Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> Linnaeus, 1758		4	1	0	5	défoliateurs	
Gryllidae	<i>Brachytrupes membranaceus</i> Drury, 1770		15	8	2	25	défoliateurs	
Homoptères	Aphididae		<i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877	1015	907	874	2796	piqueurs- suceurs
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius, 1889	813	617	467	2097	piqueurs- suceurs	
	Cicadellidae	<i>Empoasca dolichi</i> Paoli, 1930	29	16	9	54	piqueurs- suceurs	

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

ORDRES	Familles	Espèces	Stades phénologiques				Effectif	Statut des insectes
			Préflo	Bouton-flo	Flo-fruit	Total		
		<i>Empoasca vitis</i> Gothe, 1875	18	8	4	30	piqueurs- suceurs	
		<i>Jacobiasca</i> sp.	204	164	198	466	piqueurs- suceurs	
		<i>Jacobiasca hybrida</i> Bergenin et Zanon, 1922	39	21	13	73	piqueurs- suceurs	
		<i>Amrasca</i> sp.	10	8	3	21	piqueurs- suceurs	
	Diaspididae	<i>Pinnaaspis strachani</i> Cooley, 1899	8	6	13	27	piqueurs- suceurs	
	Coccidae	<i>Parasaissetia nigra</i> Nietner, 1861	11	8	3	22	piqueurs- suceurs	
	Membracidae	<i>Membracis</i> sp.	13	17	15	45	piqueurs- suceurs	
Hyménoptères	Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	6	63	144	213	pollinisateurs	
	Vespidae	<i>Vespula</i> sp.	17	9	14	40	prédateurs	
	Formicidae	<i>Lasius niger</i> Linnaeus, 1758	27	21	14	62	prédateurs	
		<i>Paltothyreus tarsatus</i> Mayr, 1862	129	158	112	399	prédateurs	
		<i>Camponatus</i> sp.	7	5	1	13	prédateurs	
	Ichneumonidae	<i>Lathrolestes</i> sp.	16	13	19	48	prédateurs	
Odonates	Libellulidae	<i>Trithemis annulata</i> Palisot de Beauvois, 1807	2	3	0	5	prédateurs	
	Coenagrionidae	<i>Pseudagrion punctum</i> Rambur, 1842	1	4	2	7	prédateurs	
Thysanoptère	Thripidae	<i>Thrips tabaci</i> Lindemann, 1889	18	8	6	32	piqueurs- suceurs	
Dermaptère	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus, 1758	1	3	0	4	prédateurs	
Diptères	Dolichopodidae	<i>Condylostylus</i> sp.	16	4	10	30	prédateurs	
	Asilidae	<i>Tolmerus cingulatus</i> Fabricius, 1781	12	11	16	39	prédateurs	
	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i> Fallen, 1816	9	14	11	34	piqueurs- suceurs	
	Calliphoridae	<i>Calliphora</i> sp.	10	6	3	19	piqueurs- suceurs	
Hétéroptères	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> Linnaeus, 1758	8	19	12	39	piqueurs- suceurs	
		<i>Acrosternum acutum</i> Dallas, 1851	10	24	16	50	piqueurs- suceurs	
		<i>Aspavia armigera</i> Fabricius, 1775	6	4	9	19	piqueurs- suceurs	
	Lygaeidae	<i>Oxycarenus hyalinipennis</i> A. Costa, 1843	0	7	13	20	piqueurs- suceurs	
	Reduviidae	<i>Coranus griseus</i> Rossi, 1790	2	5	0	7	prédateurs	
		<i>Rhynocoris albopilosus</i> Signoret, 1858	31	78	114	223	prédateurs	

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

ORDRES	Familles	Espèces	Effectif				Statut des insectes
			Stades phénologiques				
			Préflo	Bouton-flo	Flo-fruit	Total	
		<i>Rhynocoris rapax</i> Stal, 1855	13	22	35	70	prédateurs
		<i>Rhynocoris bicolor</i> Fabricius, 1781	9	17	59	85	prédateurs
		<i>Hediocoris fasciatus</i> Reuter, 1882	0	2	1	3	prédateurs
		<i>Cosmolestes pictus</i> Klug, 1830	1	4	9	14	prédateurs
	Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus voelkeri</i> Schmidt, 1932	95	298	479	700	piqueurs- suceurs
	Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i> Fabricius, 1781	0	3	2	5	piqueurs- suceurs
		<i>Cletus</i> sp.	2	6	10	18	piqueurs- suceurs
	Alydidae	<i>Riptortus pedestris</i> Fabricius, 1775	0	4	9	13	piqueurs- suceurs
10 Ordres	36 Familles	61 Espèces	3663	3757	4182	11602	
			31,57	32,38	36,05	100	

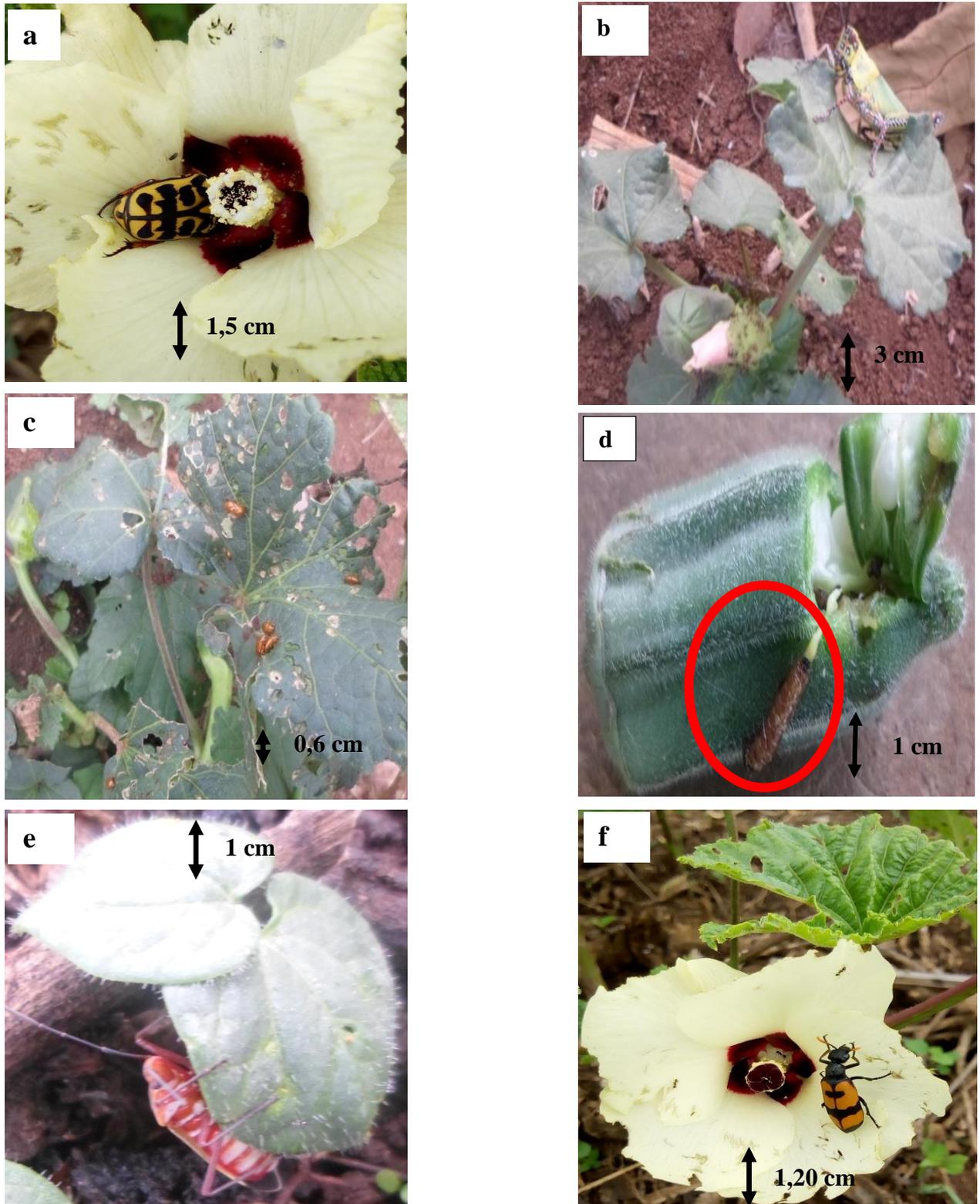
Préflo : préfloraison ; bouton-flo : bouton floral ; flo-fruit : floraison-fructification

## 3.1.1.1.3. Foreurs

Ces ravageurs sont essentiellement constitués de chenilles de Lépidoptères de l'espèce *Earias vittella*. Elles sont foreuses des pousses et fruits du gombo (Tableau III) (Figure 16).

**Tableau III.** Différents groupes d'insectes ravageurs du gombo

Groupes d'insectes	Ordres	Familles	Espèces		
Défoliateurs	Coléoptères	Chrysomelidae	<i>Ootheca mutabilis</i> <i>Podagrica decolorata</i> <i>Nisotra dilecta</i>		
		Cetoniidae	<i>Pachnoda cordata</i>		
		Meloidae	<i>Mylabris variabilis</i>		
		Tenebrionidae	<i>Lagria villosa</i>		
		Lépidoptères	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i> <i>Anomis flava</i> <i>Xanthodes graellsii</i> <i>Xanthodes transversa</i> <i>Agrotis ipsilon</i> <i>Helicoverpa armigera</i> <i>Cosmophila flava</i>	
			Orthoptères	Pyralidae	<i>Sylepta derogata</i>
				Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i> <i>Pyrgomorpha conica</i>
	Acrididae			<i>Acrida acuminata</i> <i>Chorthippus brunneus</i>	
	Piqueurs-suceurs		Homoptères	Tettigonidae	<i>Tettigonia viridissima</i>
				Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>
				Gryllidae	<i>Brachytrupes membranaceus</i>
		Aphididae		<i>Aphis gossypii</i>	
		Aleyrodidae		<i>Bemisia tabaci</i>	
		Thysanoptères Hétéroptères	Cicadellidae	<i>Empoasca dolichi</i> <i>Empoasca vitis</i> <i>Jacobiasca</i> sp. <i>Jacobiasca hybrida</i> <i>Amrasca</i> sp.	
Thripidae			<i>Thrips tabaci</i>		
Pentatomidae			<i>Nezara viridula</i> <i>Acrosternum acutum</i> <i>Aspavia armigera</i>		
Lygaeidae			<i>Oxycarenus hyalinipennis</i>		
Pyrrhocoridae			<i>Dysdercus voelkeri</i>		
Foreurs	Lépidoptères	Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i> <i>Cletus</i> sp.		
		Noctuidae	<i>Earias vittella</i>		



**Figure 16.** Quelques ravageurs du gombo

a : *Pachnoda cordata* (défoliateurs) ; b : *Zonocerus variegatus* (défoliateurs) ; c : *Podagrica decolorata* (défoliateurs) ; d : *Earias vitella* (larve foreuse de fruit) ; e : *Dysdercus voelkeri* (piqueur-suceur) et f : *Mylabris variabilis* (défoliateurs)

### 3.1.1.2. Auxiliaires du gombo

#### 3.1.1.2.1. Pollinisateurs

Les pollinisateurs observés dans le champ appartiennent aux ordres des Hyménoptères et à la famille des Apidae. Il s'agit principalement de l'espèce *Apis mellifera*. Cette espèce pollinisatrice a été très présente sur la parcelle au stade de floraison.

#### 3.1.1.2.2. Prédateurs

Les prédateurs sont des insectes entomophages qui se nourrissent d'autres insectes par prédation directe. Parmi les prédateurs, des espèces appartenant à la famille des Reduviidae ont été répertoriées comme étant des ennemis naturels de plusieurs insectes dont *Podagrica decolorata* ravageur du gombo. Ce sont les adultes (Figure 17 a) et les larves (Figure 17 b) de *Rhynocoris albopilosus*, et des adultes d'autres espèces de Reduviidae *Rhynocoris rapax* (Figure 17 c), *Coranus* sp (Figure 17 d), *Cosmolestes pictus* (Figure 17 e), *Rhynocoris bicolor* (Figure 17 f) et *Hediocoris fasciatus* (Figure 17 g). Des espèces telles que *Cheilomonas sulphuræ* sont prédatrices des pucerons *Aphis gossypii*.

### 3.1.2. Abondance relative et fréquence d'occurrence

Durant le stade de préfloraison, l'espèce la plus abondante était *Aphis gossypii* avec une abondance relative de 27,71 %. Au stade de bouton floral, l'abondance relative de *A. gossypii* a été également importante avec une valeur de 24,14 %, suivi de *Podagrica decolorata* avec un taux de 24,11 %. Enfin, au stade de floraison-fructification l'espèce *P. decolorata* a été abondante avec un taux de 29,27 %. De la préfloraison en passant par le stade de bouton floral au stade de floraison-fructification, l'abondance relative de *P. decolorata* a été respectivement de 18,07 % ; 24,11 % ; 29,27 % (Tableau IV).

Quant à la fréquence d'occurrence, l'étude a montré une espèce omniprésente qui est *P. decolorata*, 13 espèces constantes, 26 espèces fréquentes et 21 espèces occasionnelles (Tableau IV).



**Figure 17.** Quelques espèces de Reduviidae prédatrices de *Podagrica decolorata*

a : Adulte de *Rhynocoris albopilosus* ; b : Larve de *Rhynocoris albopilosus* ; c : *Rhynocoris rapax* ; d : *Coranus* sp. ; e : *Cosmolestes pictus* ; f : *Rhynocoris bicolor* et g : *Hediocoris fasciatus*

**Tableau IV.** Abondance relative et fréquence d'occurrence des espèces d'insectes collectés aux différents stades phénologiques

Ordres	Familles	Espèces	Abondance relative			Fréquence d'occurrence (% C)	Caractéristiques	
			Stades phénologiques					
			Préfloraison	Bouton floral	Fleur - fruit			
Coléoptères	Coccinellidae	<i>Cheilomones sulphurea</i> Olivier, 1791	0,38	0,21	0,14	27,27	Fréquente	
		<i>Pachnoda cordata</i> Drury, 1773	0	0	0,12	13,64	Occasionnelle	
	Chrysomelidae	<i>Mylabris variabilis</i> Pallas, 1781	0	0	0,53	22,73	Occasionnelle	
		<i>Ootheca mutabilis</i> Sahlberg, 1829	0,27	0,21	0,26	31,82	Fréquente	
		<i>Podagrica decolorata</i> Duvivier, 1892	18,07	24,11	29,27	100	Omniprésente	
Lepidoptères	Tenebrionidae	<i>Nisotra dilecta</i> Dalman, 1823	1,12	1,6	1,7	54,55	Constante	
		<i>Lagria villosa</i> Fabricius, 1781	0,11	0,19	0,05	18,18	Occasionnelle	
	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i> Boisduval, 1833	0,11	0,24	0,41	36,36	Fréquente	
		<i>Anomis flava</i> Fabricius, 1775	0,49	0,83	0,48	45,45	Fréquente	
		<i>Earias vittella</i> Fabricius, 1794	0,11	0,05	0,22	36,36	Fréquente	
		<i>Xanthodes graellsii</i> Feisthamel, 1837	0,57	0,19	0,1	31,82	Fréquente	
		<i>Xanthodes transversa</i> Guenée, 1852	0,49	0,13	0,07	18,18	Occasionnelle	
		<i>Agrotis ipsilon</i> Hufnagel, 1766	0,16	0,08	0	18,18	Occasionnelle	
		<i>Helicoverpa armigera</i> Hubner, 1808	0,22	0,43	0,5	31,82	Fréquente	
		<i>Cosmophila flava</i> Fabricius, 1775	0,52	0,29	0,17	22,73	Occasionnelle	
Orthoptères	Pyralidae	<i>Sylepta derogata</i> Fabricius, 1775	0,35	0,24	0,1	27,27	Fréquente	
		<i>Zonocerus variegatus</i> Linné, 1758	4,07	1,62	0,69	59,09	Constante	
	Pyrgomorphidae	<i>Pyrgomorpha conica</i> Olivier, 1791	0,35	0,13	0	13,64	Occasionnelle	
		Acrididae	<i>Acrida acuminata</i> Stal, 1873	0,44	0,27	0,14	22,73	Occasionnelle
			<i>Chorthippus brunneus</i> Thunberg, 1815	0,22	0,03	0	27,27	Fréquente
	Tettgonidae	<i>Tettigonia viridissima</i> Linnaeus, 1758	0,22	0,05	0	18,18	Occasionnelle	
	Gryllotapidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> Linnaeus, 1758	0,11	0,03	0	18,18	Occasionnelle	
Homoptères	Gryllidae	<i>Brachytrupes membranaceus</i> Drury, 1770	0,41	0,21	0,05	36,36	Fréquente	
		Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877	27,71	24,14	20,9	86,36	Constante
	<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius, 1889		22,19	16,42	11,17	68,18	Constante	
	Cicadellidae		<i>Empoasca dolichi</i> Paoli, 1930	0,79	0,43	0,22	45,45	Fréquente
		<i>Empoasca vitis</i> Gothe, 1875	0,49	0,21	0,1	27,27	Fréquente	
		<i>Jacobiasca</i> sp.	5,57	4,37	4,73	50	Constante	
		<i>Jacobiasca hybrida</i> Bergenin et Zano, 1922	1,06	0,56	0,31	40,91	Fréquente	
	Diaspididae	<i>Amrasca</i> sp.	0,27	0,21	0,07	27,27	Fréquente	
		Coccidae	<i>Pinnaspis strachani</i> Cooley, 1899	0,22	0,16	0,31	22,73	Occasionnelle
			<i>Parasaissetia nigra</i> Nietner, 1861	0,3	0,21	0,07	13,64	Occasionnelle
Membracidae		<i>Membracis</i> sp.	0,35	0,45	0,36	40,91	Fréquente	

Ordres	Familles	Espèces	Abondance relative			Fréquence d'occurrence (% C)	Caractéristiques
			Stades phénologiques				
			Préfloraison	Bouton floral	Fleur-fruit		
Hyménoptères	Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	0,16	1,68	3,44	63,64	Constante
	Vespidae	<i>Vespula</i> sp.	0,46	0,24	0,33	40,91	Fréquente
	Formicidae	<i>Lasius niger</i> Linnaeus, 1758	0,74	0,56	0,33	50	Constante
		<i>Paltothyreus tarsatus</i> Mayr, 1862	3,52	4,21	2,68	72,73	Constante
		<i>Camponatus</i> sp.	0,19	0,13	0,02	31,82	Fréquente
		<i>Lathrolestes</i> sp.	0,44	0,35	0,45	27,27	Fréquente
Odonates	Libellulidae	<i>Trithemis annulata</i> Palisot de Beauvois 1807	0,05	0,08	0	9,09	Occasionnelle
	Coenagrionidae	<i>Pseudagrion punctum</i> Rambur, 1842	0,03	0,11	0,05	13,64	Occasionnelle
Thysanoptères	Thripidae	<i>Thrips tabaci</i> Lindemann, 1889	0,49	0,21	0,14	36,36	Fréquente
Dermaptères	Forficudidae	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus, 1758	0,03	0,08	0	9,09	Occasionnelle
Diptères	Dolichopodidae	<i>Condylostylus</i> sp.	0,44	0,11	0,24	45,45	Fréquente
	Asilidae	<i>Tolmerus cingulatus</i> Fabricius, 1781	0,33	0,29	0,38	36,36	Fréquente
	Scarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i> Fallen, 1816	0,25	0,37	0,26	36,36	Fréquente
	Calliphoridae	<i>Calliphora</i> sp.	0,27	0,16	0,07	27,27	Fréquente
	Hétéroptères	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> Linnaeus, 1758	0,22	0,51	0,29	59,09
<i>Acrosternum acutum</i> Dallas, 1851			0,27	0,64	0,38	54,55	Constante
<i>Aspavia armigera</i> Fabricius, 1775			0,16	0,11	0,22	36,36	Fréquente
<i>Oxycarenus hyalinipennis</i> A. Costa, 1843			0	0,19	0,31	27,27	Fréquente
<i>Coranus griseus</i> Rossi, 1790			0,05	0,13	0	13,64	Occasionnelle
Lygaeidae		<i>Rhynocoris albopilosus</i> Signoret, 1858	0,85	2,08	2,73	63,64	Constante
		<i>Rhynocoris rapax</i> Stål, 1855	0,35	0,59	0,84	40,91	Fréquente
		<i>Rhynocoris bicolor</i> Fabricius, 1781	0,25	0,45	1,41	54,55	Constante
		<i>Hediocoris fasciatus</i> , Reuter, 1882	0	0,05	0,02	9,09	Occasionnelle
		<i>Cosmolestes pictus</i> Klug, 1830	0,03	0,11	0,22	22,73	Occasionnelle
Pyrrhocoridae		<i>Dysdercus voelkeri</i> Schmidt, 1932	2,59	7,93	11,45	77,27	Constante
Coreidae		<i>Anoplocnemis curvipes</i> Fabricius, 1781	0	0,08	0,05	9,09	Occasionnelle
		<i>Cletus</i> sp.	0,05	0,16	0,24	18,18	Occasionnelle
		<i>Riptortus pedestris</i> Fabricius, 1775	0	0,11	0,22	22,73	Occasionnelle
<b>10 Ordres</b>		<b>36 Familles</b>	<b>61 Espèces</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

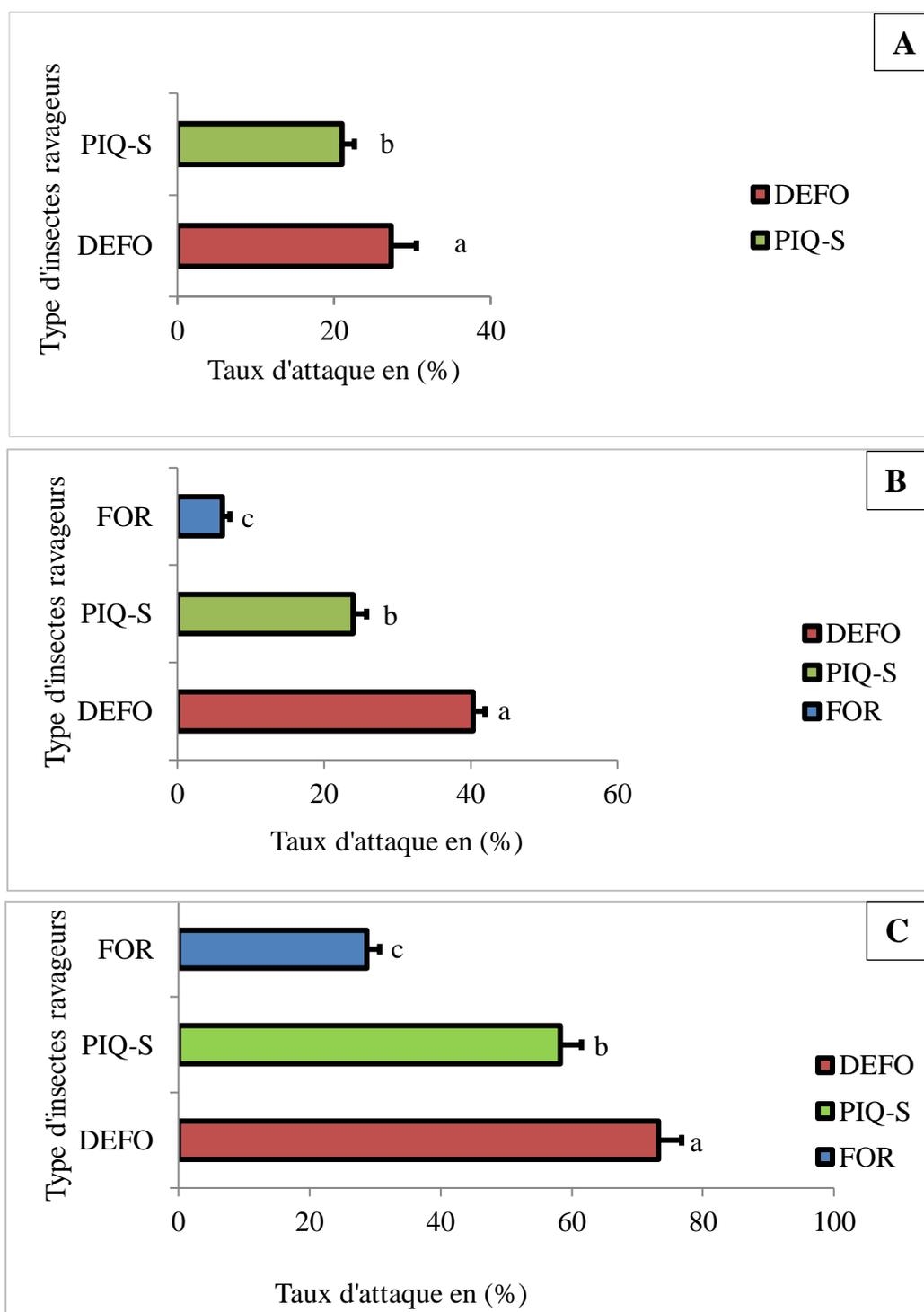
### **3.1.3. Évaluation des dégâts causés par les insectes ravageurs en fonction des stades phénologiques du gombo**

#### **3.1.3.1. Évaluation des dégâts en fonction du mode de déprédation**

A la préfloraison, le test *t* de Student a révélé des différences non significatives entre les taux d'attaque des deux groupes d'insectes avec  $p = 0,094$ . Ainsi, les défoliateurs ont provoqué un taux d'attaque de  $27,26 \pm 13,84$  % et les piqueurs-suceurs ont induit un taux d'attaque de  $21,01 \pm 6,76$  % (Figure 18 A).

Au stade de bouton floral, les analyses statistiques effectuées ont montré des différences très hautement significatives entre les dégâts causés par les groupes d'insectes ( $ddl = 2$  ;  $F = 122,99$  ;  $p = 0,001$ ) (Figure 18 B). En effet, le taux d'attaque des défoliateurs s'est élevé à  $40,33 \pm 7,45$  % ; celui des piqueurs suceurs, à  $23,96 \pm 8,40$  % et enfin, les foreurs avec le plus faible taux d'attaque évalué à  $06,10 \pm 4,89$  %.

Les analyses statistiques effectuées au stade de floraison-fructification concernant les taux d'attaque des trois groupes d'insectes ont révélé des différences très hautement significatives ( $ddl = 2$  ;  $F = 57,62$  ;  $p = 0,001$ ) (Figure 18 C). De ce fait, le taux d'attaque induit par les défoliateurs a été très élevé, soit  $73,24 \pm 22,08$  %. Les piqueurs suceurs quant à eux, ont occasionné un taux d'attaque de  $58,25 \pm 20,13$  %. Enfin, les foreurs ont causé des dégâts évalués à  $28,77 \pm 12,11$  %.



**Figure 18.** Taux d'attaque des ravageurs aux différents stades de développement du gombo

A : Stade de préfloraison ; B : stade de bouton floral ; C : stade de floraison-fruitification ; DEFO : Défoliateurs ; PIQ-S : Piqueurs-suceurs ; FOR : Foreurs et % : pourcentage

\*Test LSD de Fisher au seuil de 5 % (les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes)

### 3.1.3.2. Évaluation des dégâts sur les organes du gombo à chaque stade phénologique

Les taux d'attaque en fonction des stades de développement du gombo ont été évalués en pourcentage.

#### 3.1.3.2.1. Dégâts au stade de préfloraison

A ce stade, l'analyse effectuée a montré un effet très significatif sur les taux d'attaques en fonction de l'âge de la plante ( $ddl = 5$  ;  $F = 5,19$  et  $p = 0,009$ ) et les dégâts ont porté exclusivement sur les feuilles (Tableau V). Cette période s'étend du 14<sup>ème</sup> au 29<sup>ème</sup> jour après semis. Ainsi, les taux d'attaque ont été évalués en tenant compte des plants ayant des feuilles endommagées deux semaines après semis jusqu'à la fin de la préfloraison. Le taux d'attaque le plus faible ( $13,54 \pm 4,77$  %) est observé deux semaines après semis, le taux le plus élevé ( $36,46 \pm 7,86$  %) est observé au 26<sup>ème</sup> jour après semis où il est resté constant jusqu'au 29<sup>ème</sup> jour.

**Tableau V.** Taux d'attaque des insectes ravageurs au stade de préfloraison

Jours après semis (JAS)	Taux d'attaque des feuilles (%)
14 JAS	$13,54 \pm 4,77b$
17 JAS	$18,75 \pm 8,27ab$
20 JAS	$25 \pm 8,27ab$
23 JAS	$31,25 \pm 6,25a$
26 JAS	$36,46 \pm 7,86a$
29 JAS	$36,46 \pm 7,22a$
<b>p</b>	0,009
<b>F</b>	5,19

*NB : Sur la colonne, pour le paramètre, les taux d'attaque dont les valeurs moyennes sont suivies de lettres ne sont pas statistiquement différentes ( $p < 0,05$ ).*

*Très significative :  $p \leq 0,01$  ; p : % de probabilité ; F : test LSD de Fisher ; % : pourcentage ; JAS : Jours après semis.*

#### 3.1.3.2.2. Dégâts au stade de boutons floraux

A ce stade de développement de la plante, les dégâts portent sur les feuilles et les boutons floraux. Cette période s'étend du 32<sup>ème</sup> au 50<sup>ème</sup> jour après semis (Tableau VI).

Au niveau des feuilles, l'analyse a révélé des différences très hautement significatives ( $ddl = 6$  ;  $F = 20,64$  et  $p = 0,0001$ ). Le taux d'attaque des insectes ravageurs qui est de  $46,88 \pm 1,80$  % au 32<sup>ème</sup> JAS, augmente progressivement pour atteindre une valeur maximale de  $78,13 \pm 13,54$  % au 50<sup>ème</sup> JAS.

Concernant les boutons floraux, les analyses statistiques ont montré des différences significatives au niveau du taux d'attaque occasionnés sur ces organes ( $ddl = 6$  ;  $F = 2,27$  et  $p = 0,04$ ). En effet, le taux d'attaque des boutons floraux très faible au 32<sup>ème</sup> JAS avec une valeur de  $1,04 \pm 1,00$  % était le début du stade de bouton floral. Ce taux d'attaque a évolué progressivement au niveau de ces organes à ce stade de développement de la plante. Ainsi, au 50<sup>ème</sup> JAS, le taux de dégâts relevé se chiffrait-il à  $13,54 \pm 1,04$  % qui est la valeur maximale.

**Tableau VI.** Taux d'attaque des insectes ravageurs au stade de bouton floral

Jours après semis (JAS)	Taux d'attaque des feuilles (%)	Taux d'attaque des boutons floraux (%)
32 JAS	$46,88 \pm 1,8g$	$1,04 \pm 1,00b$
35 JAS	$55,21 \pm 1,04f$	$6,25 \pm 1,8ab$
38 JAS	$59,38 \pm 1,8e$	$6,25 \pm 4,77ab$
41 JAS	$62,5 \pm 3,13d$	$7,29 \pm 1,04ab$
44 JAS	$65,63 \pm 3,13c$	$6,25 \pm 3,61ab$
47 JAS	$69,79 \pm 2,08b$	$12,5 \pm 3,61a$
50 JAS	$78,13 \pm 1,8a$	$13,54 \pm 1,04a$
<b>p</b>	0,0001	0,04
<b>F</b>	20,64	2,27

*NB : Sur la colonne, pour le paramètre, les taux d'attaque dont les valeurs moyennes portent des lettres différentes sont statistiquement différentes ( $p < 0,05$ ).*

*Très hautement significative :  $p \leq 0,001$  ; significative :  $p \leq 0,05$  ; p : % de probabilité ; F : test LSD de Fisher ; ddl : degré de liberté ; % : pourcentage ; JAS : Jours après semis.*

### 3.1.3.2.3. Dégâts au stade de floraison-fructification

Au stade de floraison-fructification, les dégâts ont porté sur les feuilles, les boutons floraux, les fleurs et les fruits. Cette période s'étend du 51<sup>ème</sup> au 89<sup>ème</sup> jour après semis (JAS) (Tableau VII).

L'analyse effectuée au niveau des feuilles, a montré des différences très hautement significatives du taux d'attaque ( $ddl = 12$  ;  $F = 5,76$  et  $p = 0,001$ ). Le taux d'attaque des feuilles à partir du 53<sup>ème</sup> JAS qui était de  $77,08 \pm 04,77$  % est passé à 100 % à partir du 71<sup>ème</sup> JAS. Ce taux d'attaque est resté constant jusqu'au 89<sup>ème</sup> JAS.

Concernant les boutons floraux, l'analyse a indiqué un effet très hautement significatif des taux d'attaque ( $ddl = 12$  ;  $F = 10,52$  et  $p = 0,0001$ ). Le taux d'attaque très faible de  $18,75 \pm 3,12$  % au 53<sup>ème</sup> jour après semis, augmente progressivement pour atteindre une valeur

maximale de  $39,58 \pm 3,61$  % au 83<sup>ème</sup> et au 86<sup>ème</sup> JAS. Du 53<sup>ème</sup> au 71<sup>ème</sup> jour après semis, les taux d'attaque ont évolué significativement. A partir du 74<sup>ème</sup> jusqu'au 89<sup>ème</sup> JAS, ces taux d'attaque ont été statistiquement identiques.

Quant au taux d'attaque des fleurs, très faible au 53<sup>ème</sup> JAS avec une valeur de  $1,04 \pm 1,00$  % évolue progressivement pour atteindre une valeur maximale de  $37,50 \pm 3,13$  % au 89<sup>ème</sup> JAS. L'analyse a montré des différences très hautement significatives (ddl = 12 ; F = 10,35 et p = 0,0001).

Avec les fruits, jusqu'au 53<sup>ème</sup> JAS, aucun dégât n'a été observé. A partir du 56<sup>ème</sup> JAS, les dégâts causés par les ravageurs augmentent pour atteindre une valeur maximale de  $40,63 \pm 3,13$  % au 89<sup>ème</sup> JAS. Les analyses statistiques ont montré des différences très hautement significatives (ddl = 12 ; F = 75,77 et p = 0,001) entre les taux d'attaque et le développement de la plante.

**Tableau VII.** Taux d'attaque des insectes ravageurs au stade de floraison-fructification

Jours après semis (JAS)	Taux d'attaque des feuilles en (%)	Taux d'attaque des boutons floraux en (%)	Taux d'attaque des fleurs en (%)	Taux d'attaque des fruits en (%)
<b>53 JAS</b>	$77,08 \pm 04,77c$	$18,75 \pm 3,12c$	$01,04 \pm 1,00e$	0i
<b>56 JAS</b>	$85,42 \pm 09,02bc$	$27,08 \pm 1,80bc$	$04,17 \pm 3,61de$	$01,04 \pm 1,00i$
<b>59 JAS</b>	$87,50 \pm 11,27b$	$23,96 \pm 6,51b$	$09,37 \pm 6,25cde$	$06,25 \pm 3,13h$
<b>62 JAS</b>	$91,67 \pm 7,86ab$	$28,13 \pm 3,13b$	$13,54 \pm 4,77cde$	$10,42 \pm 1,80gh$
<b>65 JAS</b>	$91,67 \pm 7,22ab$	$27,08 \pm 3,61b$	$10,42 \pm 7,86cde$	$12,50 \pm 3,13g$
<b>68 JAS</b>	$93,75 \pm 5,41ab$	$34,38 \pm 3,13a$	$12,50 \pm 8,27cd$	$17,71 \pm 1,80f$
<b>71 JAS</b>	100a	$34,38 \pm 3,13a$	$18,75 \pm 6,25bc$	$21,88 \pm 3,13ef$
<b>74 JAS</b>	100a	$36,46 \pm 1,80a$	$29,17 \pm 14,09ab$	$25,00 \pm 3,13de$
<b>77 JAS</b>	100a	$38,54 \pm 3,61a$	$30,21 \pm 10,05ab$	$26,04 \pm 1,80de$
<b>80 JAS</b>	100a	$38,54 \pm 4,77a$	$31,25 \pm 6,25a$	$29,17 \pm 1,80cd$
<b>83 JAS</b>	100a	$39,58 \pm 3,61a$	$36,46 \pm 3,61a$	$33,33 \pm 1,80bc$
<b>86 JAS</b>	100a	$39,58 \pm 3,61a$	$33,33 \pm 3,61a$	$36,46 \pm 4,77ab$
<b>89 JAS</b>	100a	$38,54 \pm 3,61a$	$37,50 \pm 3,13a$	$40,63 \pm 3,13a$
<b>P</b>	0,0001	0,0001	0,0001	0,001
<b>F</b>	5,76	10,57	10,35	75,77

*NB : Sur la colonne, pour le paramètre, les taux d'attaque dont les valeurs moyennes portent des lettres différentes sont statistiquement différentes ( $p < 0,05$ ).*

*Les lettres correspondent aux rangs obtenus à l'issue du classement des taux d'attaque. Très hautement significative :  $p \leq 0,001$  ; p : % de probabilité ; F : test LSD de Fisher ; ddl : degré de liberté ; % : pourcentage ; JAS : Jours après semis.*

### 3.1.4. Discussion

Au total 61 espèces appartenant à 36 familles et regroupés en 10 ordres ont été répertoriés au cours de cette étude. La diversité des espèces collectées sur le site d'étude pourrait s'expliquer par une absence d'activités anthropiques dans la zone d'étude. Ainsi, la culture du gombo dans un tel milieu isolé aurait-elle favorisé la présence des insectes sur la parcelle de gombo. Parmi les espèces recensées *Podagrica decolorata*, *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci*, *Dysdercus voelkeri*, *Sylepta derogata*, *Mylabris variabilis* et *Jacobiasca* sp. ont déjà été identifiées en Côte d'Ivoire par certains auteurs comme étant des insectes ravageurs du gombo (Gnago *et al.*, 2010 ; Adja *et al.*, 2019). Ces mêmes espèces ont été également recensées au Pakistan et en Inde comme étant des ravageurs du gombo (Bhutto *et al.*, 2017 ; Bhatt *et al.*, 2018).

Concernant les auxiliaires de cultures, *Apis mellifera* a été plus recensé aux stades bouton floral et floraison-fructification qu'au stade préfloraison. La forte présence de cet insecte à ces deux stades phénologiques pourrait expliquer une forte pollinisation des fleurs du gombo. Les résultats de la présente étude sont conformes à ceux d'Angbanyéré & Matthew (2012) au Burkina Faso qui ont montré que *A. mellifera* est le pollinisateur majeur de *Abelmoschus esculentus*. D'autres auxiliaires ont été recensés comme étant des prédateurs. Il s'agit de *Cheilomonas sulphurea* qui aurait été attiré par une forte abondance des pucerons pour son alimentation sur la parcelle. Les résultats obtenus sont similaires à ceux de Mrosso *et al.* (2013) et d'Adja *et al.* (2019) qui ont montré que *C. sulphurea* est un grand prédateur des pucerons. Le groupe des prédateurs a été essentiellement représenté par la famille des Reduviidae. Six espèces de cette famille ont été recensées comme prédatrices de *Podagrica decolorata*. Il s'agit de *Rhynocoris albopilosus*, *Rhynocoris bicolor*, *Rhynocoris rapax*, *Cosmolestes pictus*, *Hediocoris fasciatus* et *Coranus* sp. La présence de ces punaises prédatrices s'expliquerait par l'abondance de leur proie (*Podagrica decolorata*). Ces résultats sont proches de ceux de Kwadjo *et al.* (2013) qui ont recensé *R. albopilosus* comme prédateurs de *D. voelkeri* et de *P. decolorata* (ravageur du gombo). D'autres auteurs comme Ossey *et al.* (2017) ont montré que *R. albopilosus*, *R. bicolor* et *R. rapax* sont des espèces prédatrices de *Ootheca mutabilis*. En effet, ils ont révélé que ces trois espèces prédatrices attaquent *O. mutabilis* (Chrysomelidae) en suçant son hémolymphe. D'autres travaux effectués par Tendeng *et al.* (2017) sur l'actualisation de l'entomofaune des cultures maraîchères en basse Casamance (Sénégal) ont permis de recenser *C. pictus* comme une espèce prédatrice de *P. decolorata*. Quant à *Coranus* sp., il a été répertorié par Ambrose & Kumar (2016) comme prédateur de *Earias vitella*, *Sylepta derogata*

et de *Helicoverpa armigera*. La diversité de proies consommées par ces insectes signifierait qu'ils sont des prédateurs généralistes.

L'abondance relative de *P. decolorata*, *B. tabaci*, *D. voelkeri*, *M. variabilis*, *A. mellifera* et *A. gossypii* a montré que la présence de ces insectes sur la parcelle s'est faite en fonction de la phénologie du gombo. Cela serait dû au fait que ces espèces ne sont pas toutes attirées par les mêmes organes. Certaines espèces seraient attirées par les feuilles tendres, les fleurs et d'autres par les fruits. La fréquence d'occurrence a montré que l'espèce *P. decolorata* a été omniprésente à tous les stades phénologiques du gombo. Cette ubiquité s'expliquerait par le fait que ce ravageur s'attaque à plusieurs organes de la plante hôte (feuilles, boutons floraux, fleurs et les fruits). Ces résultats sont similaires à ceux de Ossey *et al.* (2017) qui ont collecté *O. mutabilis* durant le cycle de développement du niébé à Adzopé en Côte d'Ivoire. Il ressort de leurs travaux que cet insecte s'attaque également à plusieurs organes de la plante d'où sa présence à tous les stades de développement en culture du niébé.

Les ravageurs collectés ont été classés en trois groupes en fonction de leur mode d'action sur la plante hôte (le gombo). Ainsi, des défoliateurs, des piqueurs-suceurs et des foreurs ont-ils été distingués. Le taux d'attaque des défoliateurs à la préfloraison est plus important que celui des piqueurs-suceurs. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'à ce stade les feuilles sont tendres ce qui faciliterait donc leur consommation. Les résultats de cette étude corroborent ceux de Fomekong *et al.* (2008) puis de Ossey *et al.* (2017) qui ont montré qu'à la préfloraison les feuilles sont tendres et gorgées d'eau. Aux stades de bouton floral et de floraison-fructification, apparaissent les foreurs dont *Earias vitella*, absents à la préfloraison. Les larves de cette noctuelle sont foreuses des pousses, des boutons floraux et des fruits. Leur présence se justifie par le fait que les larves se nourriraient de réserves nutritives accumulées dans les organes cibles. Ces résultats sont similaires à ceux de Sharma *et al.* (2010), qui ont montré que *E. vitella* est un foreur des organes du gombo. Au stade de floraison-fructification, le taux d'attaque des défoliateurs est supérieur à ceux observés aux stades précédents. Cela s'expliquerait par le fait que les ressources nutritives (feuilles, boutons floraux, fleurs et fruits) étant nombreuses à ce stade de développement, plusieurs insectes sont donc attirés. Tous les organes du gombo ont été attaqués par les insectes ravageurs mais le plus fort taux d'attaque induit par les défoliateurs s'expliquerait par la forte présence des altises qui s'attaquent à tous les organes de la plante. Ainsi, *Podagrica decolorata* a-t-il été reconnu comme étant le ravageur vorace du gombo qui s'attaque surtout aux feuilles. D'autres travaux, comme ceux de Tano *et al.* (2019) ont également montré que cette altise est le principal agent de la défoliation des plants de gombo à tous les stades de développement de la plante.

### 3.1.5. Conclusion partielle

Cette étude a révélé une grande diversité d'insectes inféodés à la culture du gombo. Au total 11602 insectes repartis en 61 espèces, 36 familles, et 10 ordres ont été répertoriés. Ces insectes ont été classés en différents groupes. Ces ravageurs ont été classés en fonction de leur mode d'action sur la plante-hôte en défoliateurs, piqueurs-suceurs et foreurs. Les auxiliaires de cultures constitués de prédateurs, de pollinisateurs et des individus dont l'action sur le gombo n'a pas été élucidée. Parmi les prédateurs, des espèces de la famille des Reduviidae ont été recensées. Ce sont *R. albopilosus*, *R. bicolor*, *R. rapax*, *C. pictus*, *H. fasciatus* et *Coranus* sp qui sont des prédateurs de *P. decolorata* (ravageur majeur du gombo). Les défoliateurs constituent le groupe de ravageurs ayant induit un fort taux de dégâts à tous les stades phénologiques du gombo. Ainsi, des altises de l'espèce *P. decolorata*, ont-ils été reconnues comme des ravageurs voraces par rapport à leur présence et aux dégâts qu'ils causent à la culture du gombo. Cette espèce s'attaque à tous les organes du gombo mais beaucoup plus aux feuilles à telle enseigne qu'elle est omniprésente durant le cycle du gombo. De tous les organes attaqués, les feuilles subissent plus de pression des ravageurs par des perforations réduisant ainsi leur surface foliaire photosynthétique. Cette situation rend ces feuilles non consommables et réduit la production au plan quantitatif et qualitatif. Au regard donc de ce qui précède, l'étude de la variation saisonnière des populations de *P. decolorata* et de la dynamique des prédateurs de cette altise seraient envisageables dans une perspective de lutte biologique pour améliorer la productivité du gombo en Côte d'Ivoire.

### **3.2. VARIATION SAISONNIÈRE DES POPULATIONS DE *PODAGRICA DECOLORATA*, DE SES PRÉDATEURS ET ÉVALUATION DES DÉGÂTS**

Ce chapitre porte essentiellement sur les fluctuations saisonnières des effectifs de *Podagrica decolorata* et de ses prédateurs. D'une part, il a permis d'établir la relation entre les effectifs des ravageurs, leurs prédateurs et les facteurs abiotiques. Ce chapitre a permis de déterminer la relation entre l'évolution des populations de ravageurs et celles des prédateurs d'autre part.

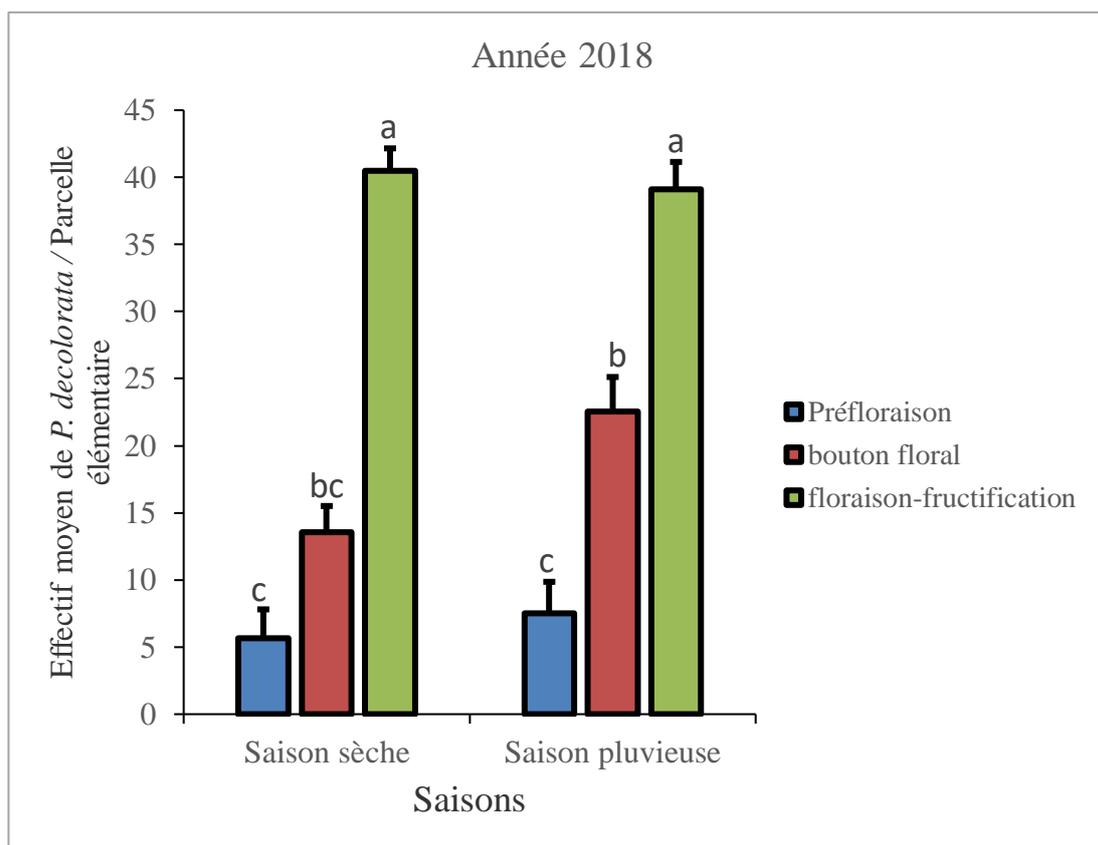
#### **3.2.1. Évolution saisonnière des effectifs de *Podagrica decolorata* sur deux années consécutives**

Les effectifs moyens de *P. decolorata* au stade de floraison-fructification ont été plus élevés que ceux des autres stades de développement du gombo à toutes les saisons.

##### **3.2.1.1. Variation saisonnière de la population de *Podagrica decolorata* de l'année 2018**

L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les effectifs moyens enregistrés aux différents stades phénologiques du gombo (ddl = 2 ; F = 98,03 ; p = 0,001) (Figure 19). Les travaux effectués pendant la saison sèche (janvier à mars) ont permis d'obtenir un effectif moyen de  $40,46 \pm 11,78$  individus au stade de floraison-fructification. Le stade bouton floral a enregistré en moyenne  $13,56 \pm 3,42$  individus. Les plus faibles effectifs moyens ont été relevés au stade de préfloraison avec  $5,67 \pm 4,67$  adultes de *P. decolorata*.

En saison pluvieuse, la phase de floraison-fructification a enregistré un effectif moyen de  $39,08 \pm 13,30$  adultes de *P. decolorata*. Le stade bouton floral a quant à lui, montré  $22,53 \pm 5,25$  individus. Les faibles effectifs moyens ont été enregistrés au stade de préfloraison avec  $7,5 \pm 2,36$  individus. Les analyses statistiques ont montré des différences très hautement significatives entre les effectifs moyens enregistrés aux différents stades phénologiques du gombo (ddl = 2 ; F = 51,65 ; p = 0,001) (Figure 19).



**Figure 19.** Effectifs moyens d'adultes de *Podagrica decolorata* pris aux pièges colorés à chaque stade phénologique du gombo durant les différentes saisons de l'année 2018

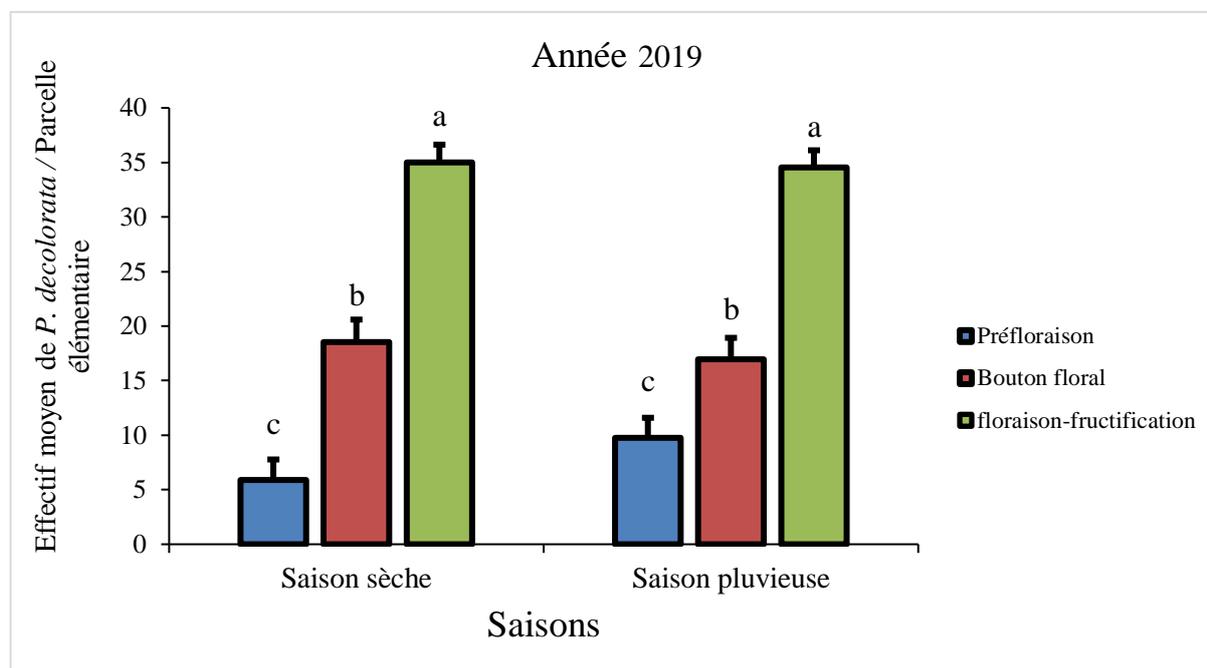
Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test LSD de Fisher

### 3.2.1.2. Variation saisonnière de la population de *Podagrica decolorata* de l'année 2019

Les analyses de variance effectuées en saison sèche ont montré des différences très hautement significatives ( $ddl = 2$  ;  $F = 69,77$  ;  $p = 0,0001$ ) entre les effectifs moyens enregistrés aux différents stades phénologiques du gombo (Figure 20). L'effectif moyen d'adultes de *P. decolorata* enregistrés lors de la phase de floraison-fruitification s'élève à  $35 \pm 9,95$  individus. Au stade de bouton floral, l'effectif moyens relevé s'élevait à  $18,53 \pm 6,51$  adultes d'altises. Les faibles effectifs ont été enregistrés au stade de préfloraison avec une valeur de  $5,89 \pm 1,88$  individus.

Au niveau de la saison pluvieuse, l'analyse a indiqué des différences très hautement significatives ( $ddl = 2$  ;  $F = 57,71$  ;  $p = 0,0001$ ) entre les effectifs moyens enregistrés aux différents stades phénologiques du gombo (Figure 20). Ainsi, la phase de floraison-fruitification a enregistré un effectif moyen de  $34,54 \pm 9,31$  d'adultes de *P. decolorata*. Le

stade bouton floral a enregistré  $16,93 \pm 3,45$  individus. Les faibles effectifs ont été enregistrés au stade de préfloraison avec  $9,78 \pm 7,83$  individus.



**Figure 20.** Effectifs moyens d'adultes de *Podagrica decolorata* pris aux pièges colorés à chaque stade phénologique du gombo durant les différentes saisons de l'année 2019

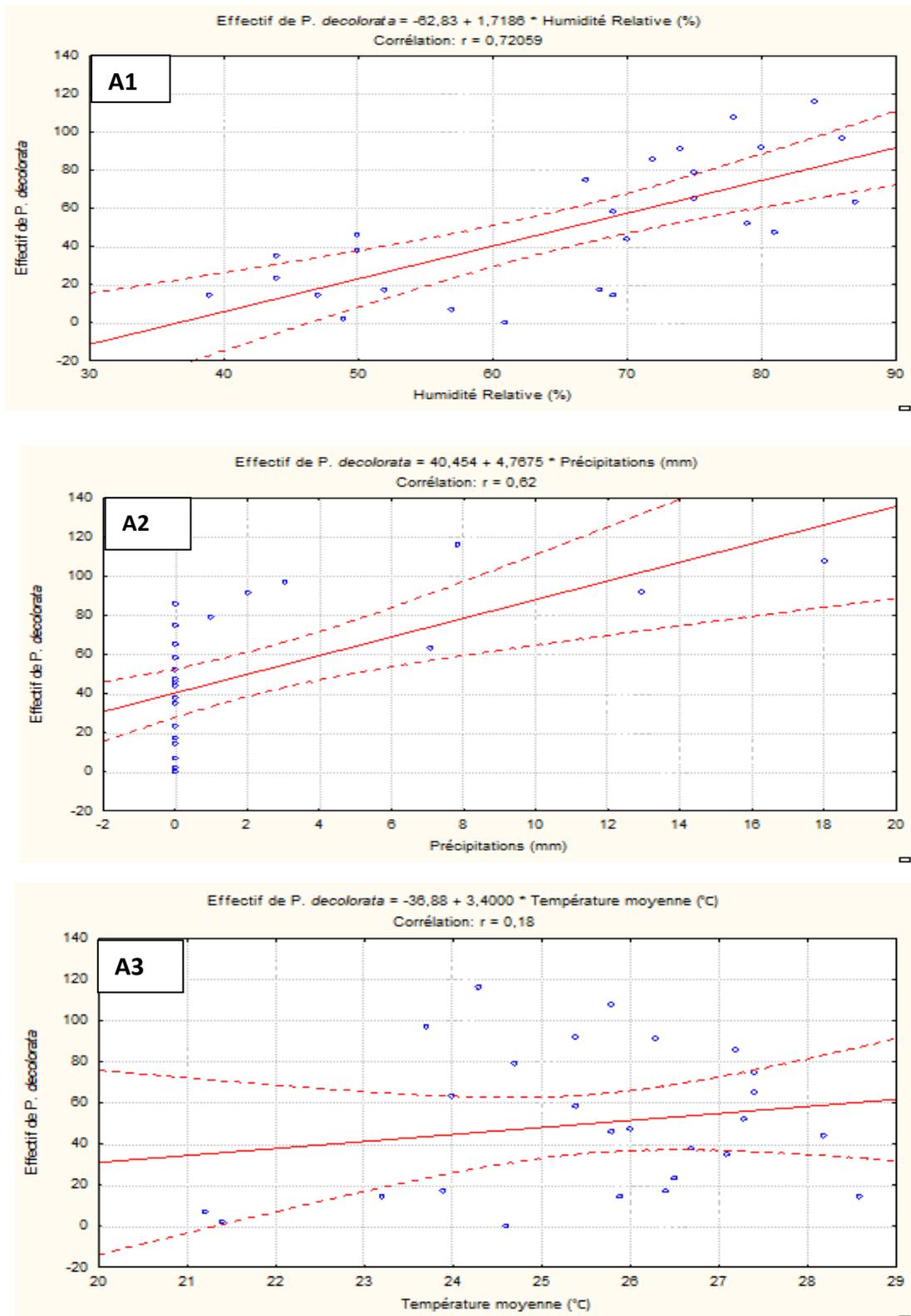
Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test LSD de Fisher

### 3.2.2. Relation entre les effectifs de *Podagrica decolorata* et quelques facteurs abiotiques

#### 3.2.2.1. Saisons sèche et pluvieuse de l'année 2018

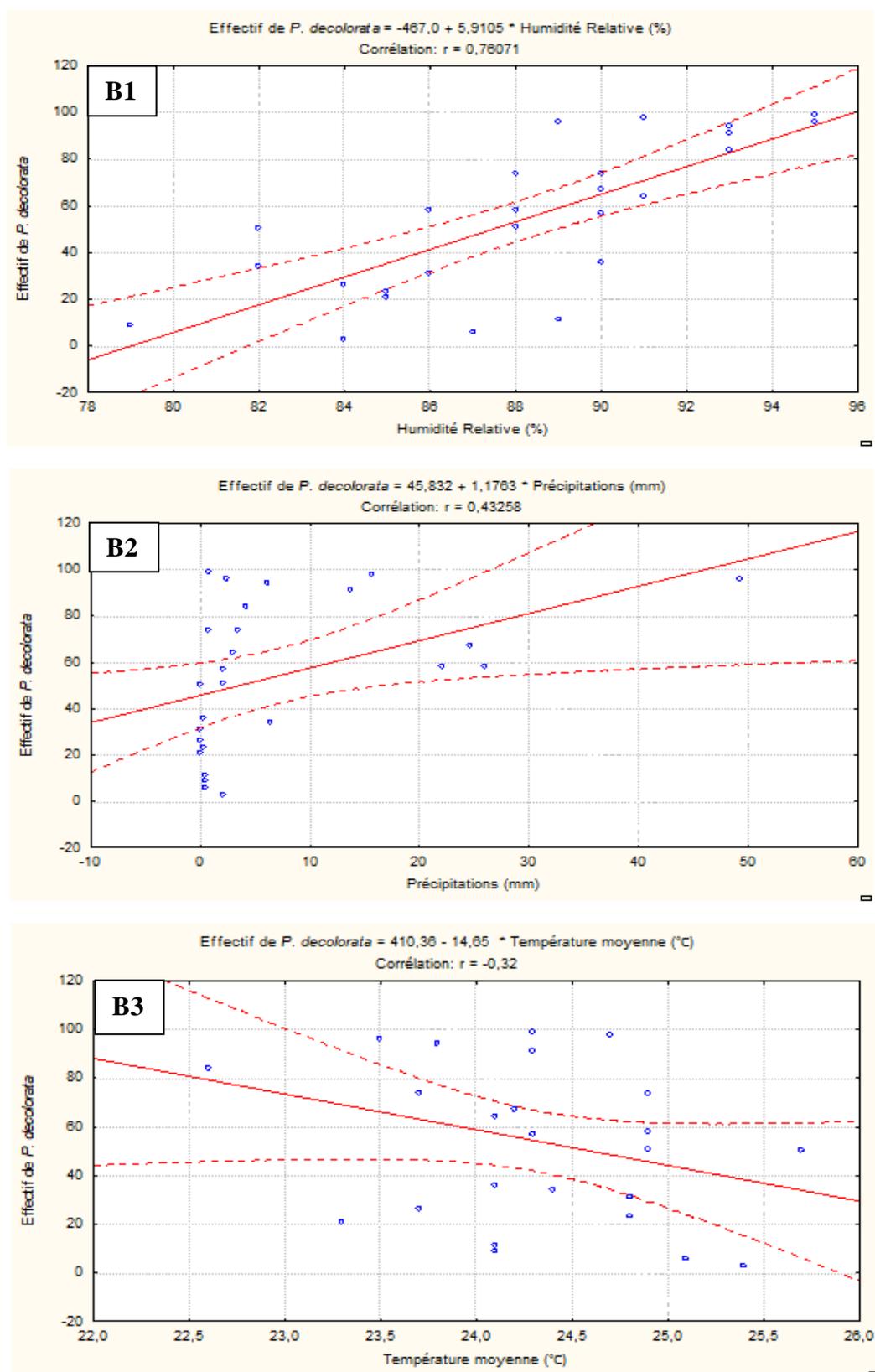
L'étude de la relation entre les effectifs de *P. decolorata*, l'humidité et les précipitations en saison sèche a montré des corrélations positives très hautement significatives pour l'humidité relative ( $r = 0,72$  ;  $p = 0,0001$ ) et pour les précipitations moyennes ( $r = 0,62$  ;  $p = 0,001$ ). La température a été corrélée positivement et non significativement ( $r = 0,18$  ;  $p = 0,37$ ) (Figure 21 A1 ; 21 A2 et 21 A3).

Concernant la saison pluvieuse, l'étude a montré des corrélations positives très hautement significatives pour l'humidité ( $r = 0,76$  ;  $p = 0,0001$ ) et les précipitations ( $r = 0,43$  ;  $p = 0,03$ ). Toutefois, la corrélation avec la température est négative et non significative ( $r = -0,32$  ;  $p = 0,11$ ) (Figure 22 B1 ; 22 B2 et 22 B3).



**Figure 21.** Relation entre les effectifs de *Podagrica decolorata* et quelques facteurs abiotiques durant la saison sèche de l'année 2018

A1 : Humidité relative (%) ; A2 : Précipitations (mm) ; A3 : Température moyenne (°C)



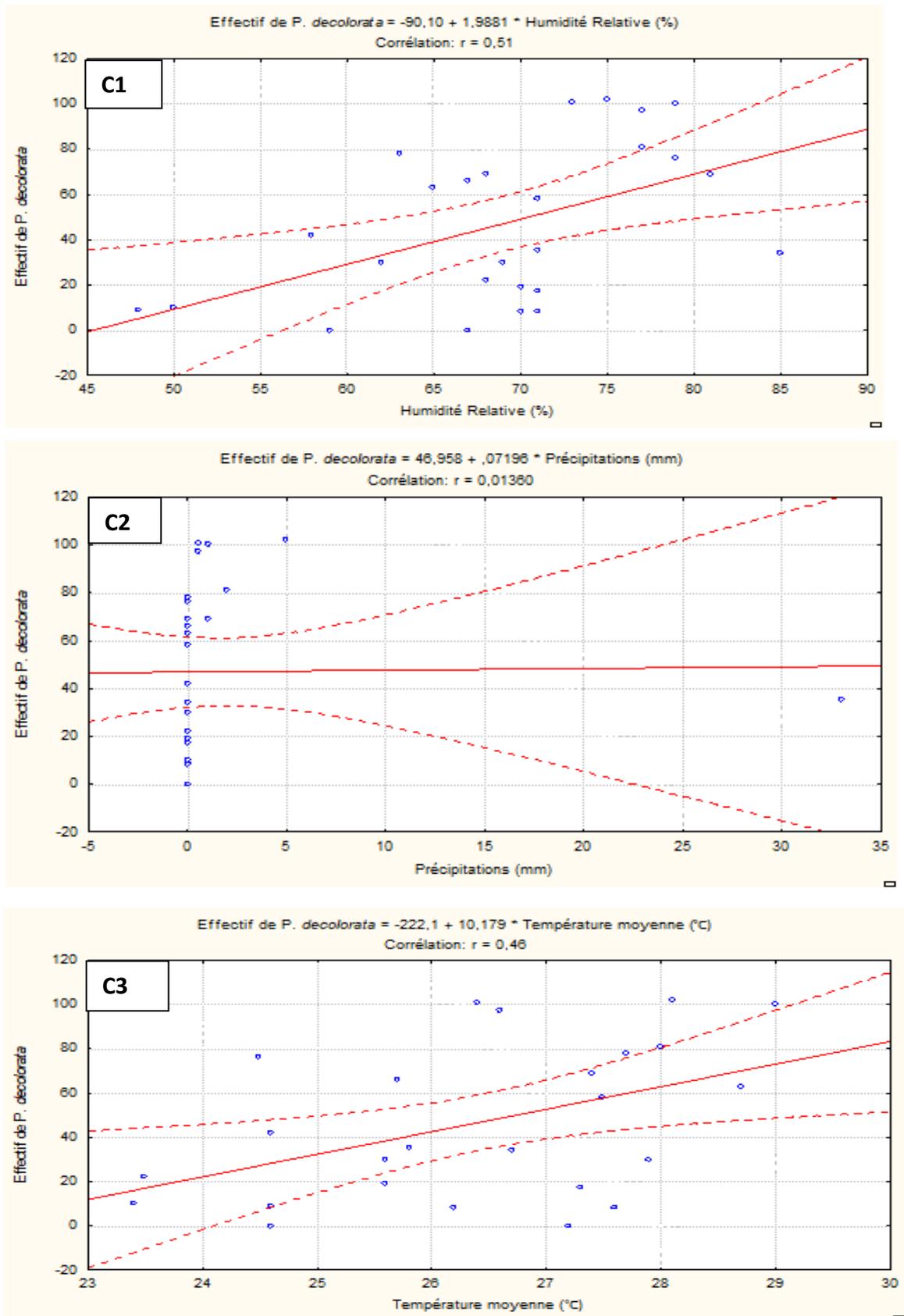
**Figure 22.** Relation entre les effectifs de *Podagrica decolorata* et quelques facteurs abiotiques durant la saison pluvieuse de l'année 2018

B1 : Humidité relative (%) ; B2 : Précipitations (mm) ; B3 : Température moyenne (°C)

### 3.2.2.2. Saisons sèche et pluvieuse de l'année 2019

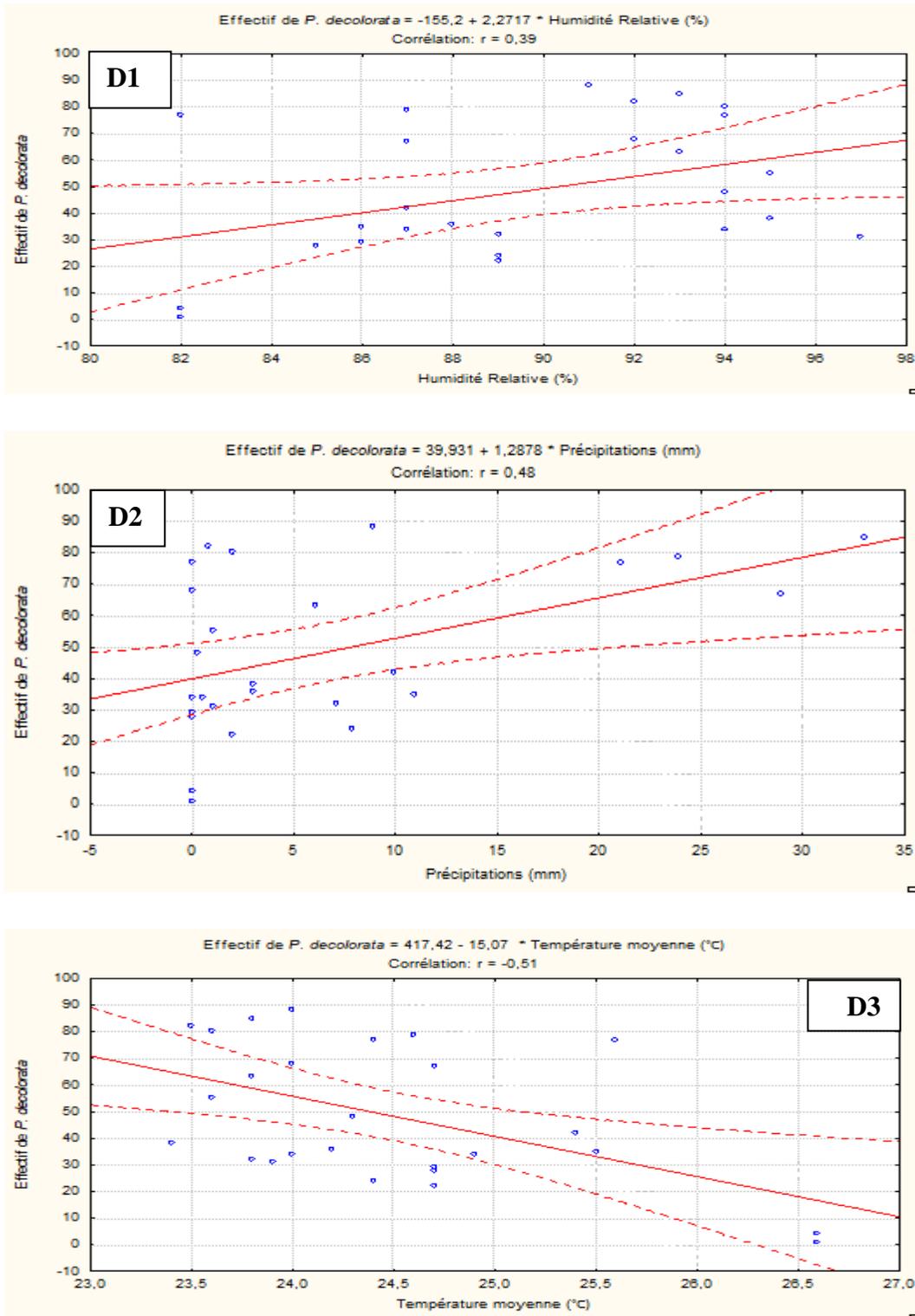
En saison sèche, la relation entre les effectifs de *P. decolorata* et l'humidité ainsi que la température a donné respectivement des coefficients de corrélation très significatifs et significatifs ( $r = + 0,51$  et  $p = 0,01$  ;  $r = + 0,46$  et  $p = 0,02$ ). Le coefficient de corrélation a été positif mais non significatif pour les précipitations moyennes ( $r = + 0,01$  ;  $p = 0,95$ ) (Figure 23 C1 ; 23 C2 et 23 C3).

Pour la saison pluvieuse, l'étude a montré des corrélations positives significatives entre l'effectif de *P. decolorata* et l'humidité relative ( $r = + 0,39$  ;  $p = 0,05$ ) puis les précipitations ( $r = + 0,48$  ;  $p = 0,01$ ). La température a eu un coefficient de corrélation négatif et très significatif ( $r = - 0,51$  et  $p = 0,01$ ) (Figure 24 D1 ; 24 D2 et 24 D3).



**Figure 23.** Relation entre les effectifs de *Podagrica decolorata* et quelques facteurs abiotiques durant la saison sèche de l'année 2019

C1 : Humidité relative (%) ; C2 : Précipitations (mm) ; C3 : Température moyenne (°C)



**Figure 24.** Relation entre les effectifs de *Podagrica decolorata* et quelques facteurs abiotiques durant la saison pluvieuse de l'année 2019

D1 : Humidité relative (%) ; D2 : Précipitations (mm) ; D3 : Température moyenne (°C)

### 3.2.3. Dynamique de quelques espèces de Reduviidae, prédatrices de *Podagrica decolorata*

#### 3.2.3.1. Fréquence d'occurrence des espèces de Reduviidae

De toutes les six espèces collectées *R. albopilosus* et *R. rapax* ont été révélées comme des espèces constantes ( $C \geq 50$  %) avec des fréquences d'occurrence respectives de 75 % et 63,46 % (Tableau VIII).

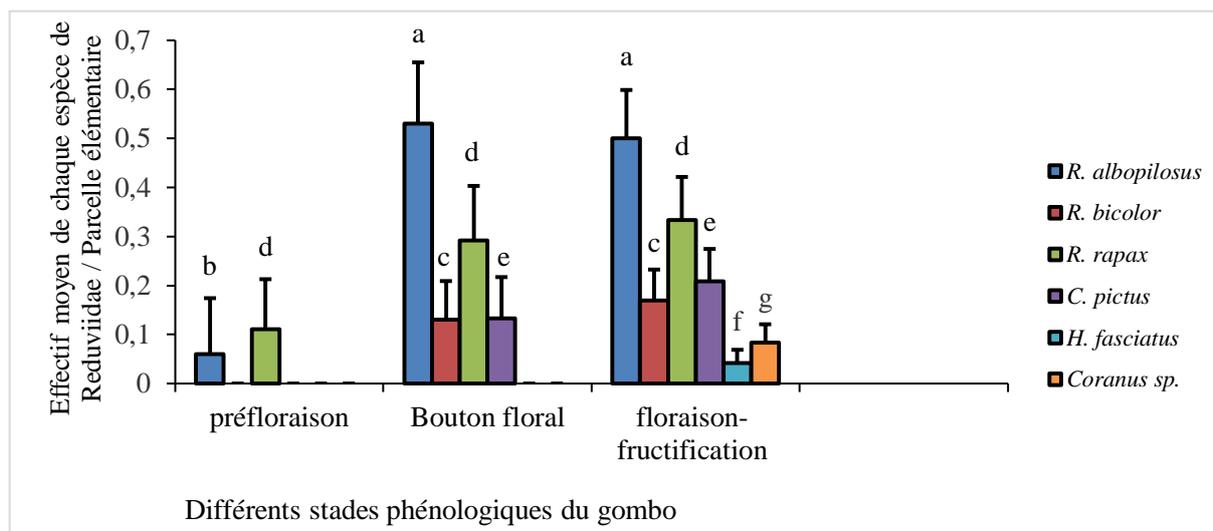
**Tableau VIII.** Fréquences d'occurrence de six espèces de Reduviidae, prédatrices de *Podagrica decolorata*

Espèces de Reduviidae	<i>Rhynocoris albopilosus</i>	<i>Rhynocoris rapax</i>	<i>Rhynocoris Bicolor</i>	<i>Cosmolestus pictus</i>	<i>Hediocoris fasciatus</i>	<i>Coranus sp.</i>
Fréquence d'occurrence (%)	75	63,46	36,54	38,46	17,31	17,31
Caractéristiques	Constante	Constante	Fréquente	Fréquente	Accessoire	Accessoire

#### 3.2.3.2. Variation des effectifs des espèces de Reduviidae en fonction des stades phénologiques du gombo

##### 3.2.3.2.1. Variation des effectifs de Reduviidae de Janvier à Mars 2019

Le premier cycle de culture du gombo réalisé en saison sèche de Janvier à Mars 2019, a montré que les effectifs moyens des différentes espèces de Reduviidae prédatrices de *P. decolorata* ont varié faiblement en fonction de la phénologie du gombo. A la préfloraison, sur six espèces, c'est seulement *R. albopilosus* et *R. rapax* qui ont été collectés avec des effectifs moyens inférieurs à 0,2 individu/parcelle élémentaire. Au stade de bouton floral, en plus des deux premières espèces prises à la préfloraison *R. bicolor* et *C. pictus* ont été collectés avec des effectifs moyens oscillant entre 0 et 0,6 individu/parcelle élémentaire. Au stade de floraison-fructification, les six espèces de Reduviidae ont été collectées avec des effectifs moyens inférieurs à 1 pour chaque espèce. Les analyses statistiques ont révélé des différences très significatives entre le nombre d'individus collectés en fonction des stades phénologiques du gombo pour *R. albopilosus* ( $F = 5,51$  ; ddl = 2 ;  $p = 0,01$ ). L'analyse de variance a également révélé des différences non significatives entre les effectifs moyens de cinq espèces de Reduviidae et les stades phénologiques du gombo. Ce sont *R. bicolor* ( $F = 1,61$  ; ddl = 2 ;  $p = 0,21$ ), *R. rapax* ( $F = 1,32$  ; ddl = 2 ;  $p = 0,28$ ) ; *Coranus sp.* ( $F = 1,42$  ; ddl = 2 ;  $p = 0,25$ ), *C. pictus* ( $F = 2,13$  ; ddl = 2 ;  $p = 0,13$ ) et *H. fasciatus* ( $F = 0,68$  ; ddl = 2 ;  $p = 0,51$ ) (Figure 25).

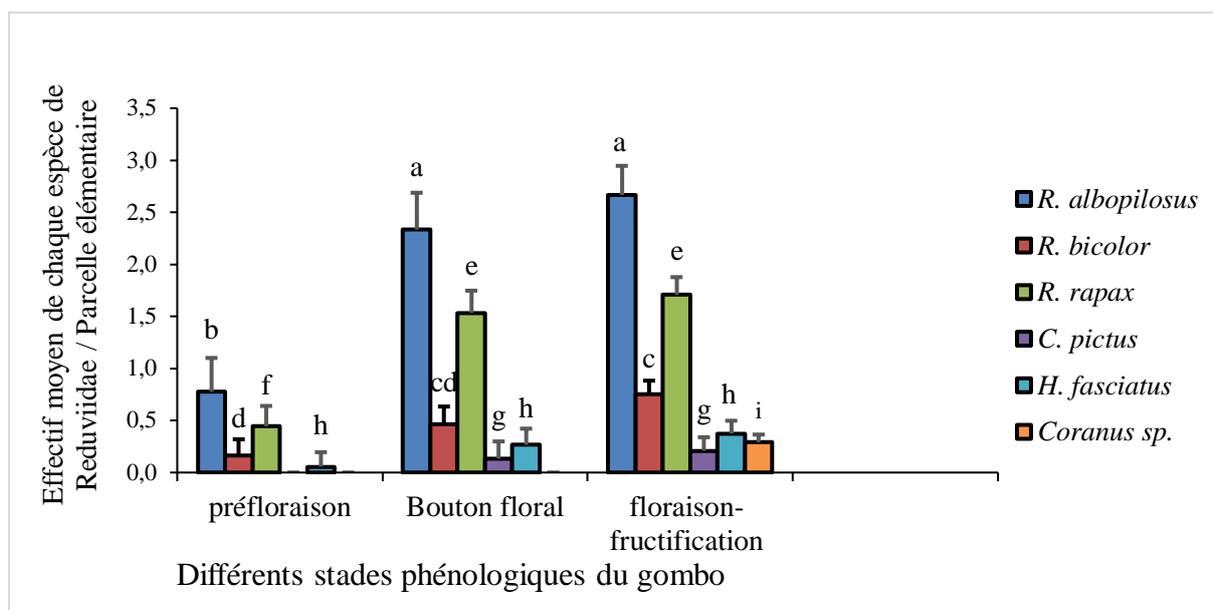


**Figure 25.** Variation des populations des espèces de Reduviidae en saison sèche 2019

\*Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test LSD de Fisher.

### 3.2.3.2.2. Variation des effectifs de Reduviidae de Juin à Septembre 2019

Au deuxième cycle de culture, réalisé en saison pluvieuse de Juin à Septembre 2019, toutes les six espèces ont été collectées avec une augmentation de leurs effectifs moyens en fonction des stades phénologiques. Les effectifs moyens de *R. albopilosus* et *R. rapax* ont été élevés au stade de floraison-fructification avec respectivement un effectif moyen de  $2,67 \pm 0,28$  et  $1,71 \pm 0,17$  individus/parcelle élémentaire. L'espèce *Coranus sp.*, absente aux deux premiers stades de développement a été prise au piège coloré qu'au stade de floraison-fructification avec un effectif moyen de  $0,29 \pm 0,07$  individu/parcelle élémentaire. L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les effectifs moyens des punaises spécialisées dans la prédation en fonction des stades de développement du gombo pour les espèces suivantes : *R. albopilosus* ( $F = 10,40$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,001$ ), *R. bicolor* ( $F = 4,17$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,02$ ), *R. rapax* ( $F = 13,03$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,001$ ) ; *Coranus sp.* ( $F = 4,59$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,01$ ). En revanche les analyses statistiques ont révélé des différences non significatives des effectifs de *C. pictus* ( $F = 1,30$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,28$ ) et *H. fasciatus* ( $F = 1,47$  ;  $ddl = 2$  ;  $p = 0,24$ ) entre les différents stades phénologiques (Figure 26).



**Figure 26.** Variation des populations des espèces de Reduviidae en saison pluvieuse 2019

\*Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test LSD de Fisher

### 3.2.3.3. Relation entre les effectifs des espèces de Reduviidae et les facteurs abiotiques

#### 3.2.3.3.1. Cas de la saison sèche de Janvier à Mars 2019

Des corrélations positives ont été observées entre les six espèces de Reduviidae et l'humidité relative. Ces corrélations ont été très significatives entre l'humidité et les populations de *R. rapax* ( $p = 0,002$  ;  $r = + 0,58$ ) puis celles de *C. pictus* ( $p = 0,01$  ;  $r = + 0,50$ ). Elles ont été significatives pour *R. albopilosus* ( $p = 0,02$  ;  $r = + 0,46$ ). Quant aux trois autres espèces de Reduviidae elles ont été corrélées positivement et non significatives (Tableau IX).

Des corrélations positives non significatives entre les effectifs des cinq espèces de Reduviidae et la température moyenne ont été observées. Une corrélation positive, significative ( $p = 0,04$  ;  $r = + 0,40$ ) entre l'effectif de *Coranus sp* avec la température a été obtenue (Tableau IX).

Des corrélations positives non significatives ont été révélées entre les effectifs de cinq espèces de Reduviidae et les précipitations moyennes. Une corrélation négative non significative a été obtenue entre l'effectif de *R. bicolor* et les précipitations moyennes (Tableau IX).

**Tableau IX.** Corrélation entre l'effectif des prédateurs et quelques facteurs climatiques en saison sèche de l'année 2019

Espèces de Reduviidae	Saison sèche 2019		
	Coefficient de corrélation des facteurs abiotiques		
	Humidité relative (%)	Température moyenne (°C)	Précipitations moyennes (mm)
<i>Rhynocoris albopilosus</i>	r = + 0,46 <b>p = 0,02 *</b>	r = + 0,36 p = 0,07	r = + 0,10 p = 0,62
<i>Rhynocoris bicolor</i>	r = + 0,00 p = 0,42	r = + 0,29 p = 0,15	r = - 0,03 p = 0,89
<i>Rhynocoris rapax</i>	r = + 0,58 <b>p = 0,002 **</b>	r = + 0,25 p = 0,21	r = + 0,19 p = 0,35
<i>Cosmolestes pictus</i>	r = + 0,50 <b>p = 0,01 **</b>	r = + 0,28 p = 0,17	r = + 0,01 p = 0,98
<i>Hediorcoris fasciatus</i>	r = + 0,14 p = 0,50	r = + 0,22 p = 0,29	r = + 0,11 p = 0,61
<i>Coranus sp.</i>	r = + 0,27 p = 0,19	r = + 0,40 <b>p = 0,04 *</b>	r = + 0,06 p = 0,76

\* : Corrélation significative à 0,05 ; \*\* : Corrélation très significative à 0,01 ; test de corrélation de Pearson au seuil de 5 %

### 3.2.3.3.2. Cas de la saison pluvieuse de Juin à Septembre 2019

Les effectifs de toutes les espèces de punaises prédatrices ont eu des corrélations négatives non significatives avec la température moyenne à l'exception de *R. albopilosus* ( $p = 0,008$  ;  $r = - 0,51$ ) qui est négativement corrélé à la température de façon très significative (Tableau X).

Avec les précipitations moyennes, les effectifs des cinq espèces de Reduviidae ont été corrélés positivement. Des corrélations positives très hautement significatives ont été révélées entre les précipitations moyennes et *R. bicolor* ( $p = 0,0001$  ;  $r = + 0,70$ ) et *R. rapax* ( $p = 0,001$  ;  $r = + 0,61$ ). Des corrélations positives significatives ont aussi été montrées entre les précipitations et *C. pictus* ( $p = 0,05$  ;  $r = + 0,39$ ) et *Coranus sp* ( $p = 0,006$  ;  $r = + 0,52$ ). L'effectif de *R. albopilosus* a été corrélé positivement et non significatif ( $p = 0,16$  ;  $r = + 0,28$ ) avec les précipitations moyennes. Une corrélation négative et non significative a été révélée entre l'effectif de *H. fasciatus* et les précipitations ( $p = 0,69$  ;  $r = - 0,08$ ) (Tableau X).

Des espèces comme *R. rapax* ( $p = 0,27$  ;  $r = + 0,23$ ), *Cosmolestes pictus* ( $p = 0,18$  ;  $r = + 0,27$ ) et *Coranus* sp ( $p = 0,95$  ;  $r = + 0,01$ ) ont révélé des corrélations positives non significatives avec l'humidité relative. La corrélation entre *R. bicolor* et l'humidité relative a été négative et non significative ( $r = - 0,06$  ;  $p = 0,76$ ). En revanche, les corrélations entre l'humidité et les populations de *R. albopilosus* ( $p = 0,008$  ;  $r = + 0,51$ ) puis celles de *H. fasciatus* ( $p = 0,005$  ;  $r = + 0,54$ ) ont été positives et très significatives (Tableau X).

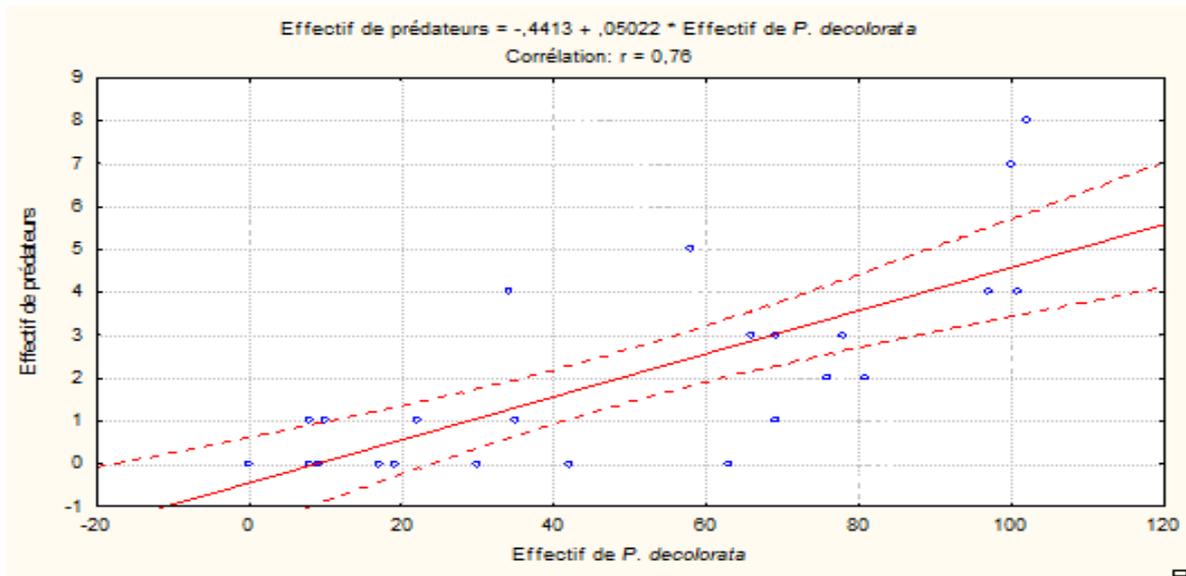
**Tableau X.** Corrélation entre l'effectif des prédateurs et quelques facteurs climatiques en saison pluvieuse de l'année 2019

Espèces de Reduviidae	Saison pluvieuse 2019		
	Coefficient de corrélation des facteurs abiotiques		
	Humidité relative (%)	Température moyenne (°C)	Précipitations moyennes (mm)
<i>Rhynocoris albopilosus</i>	$r = + 0,51$ $p = 0,008$ **	$r = - 0,51$ $p = 0,008$ **	$r = + 0,28$ $p = 0,16$
<i>Rhynocoris bicolor</i>	$r = - 0,06$ $p = 0,76$	$r = - 0,15$ $p = 0,45$	$r = + 0,70$ $p = 0,0001$ ***
<i>Rhynocoris rapax</i>	$r = + 0,23$ $p = 0,26$	$r = - 0,30$ $p = 0,13$	$r = + 0,61$ $p = 0,001$ ***
<i>Cosmolestes pictus</i>	$r = + 0,27$ $p = 0,18$	$r = - 0,23$ $p = 0,26$	$r = + 0,39$ $p = 0,04$ *
<i>Hediocoris fasciatus</i>	$r = + 0,54$ $p = 0,005$ **	$r = - 0,32$ $p = 0,11$	$r = - 0,08$ $p = 0,69$
<i>Coranus</i> sp.	$r = + 0,01$ $p = 0,95$	$r = - 0,14$ $p = 0,48$	$r = + 0,52$ $p = 0,006$ **

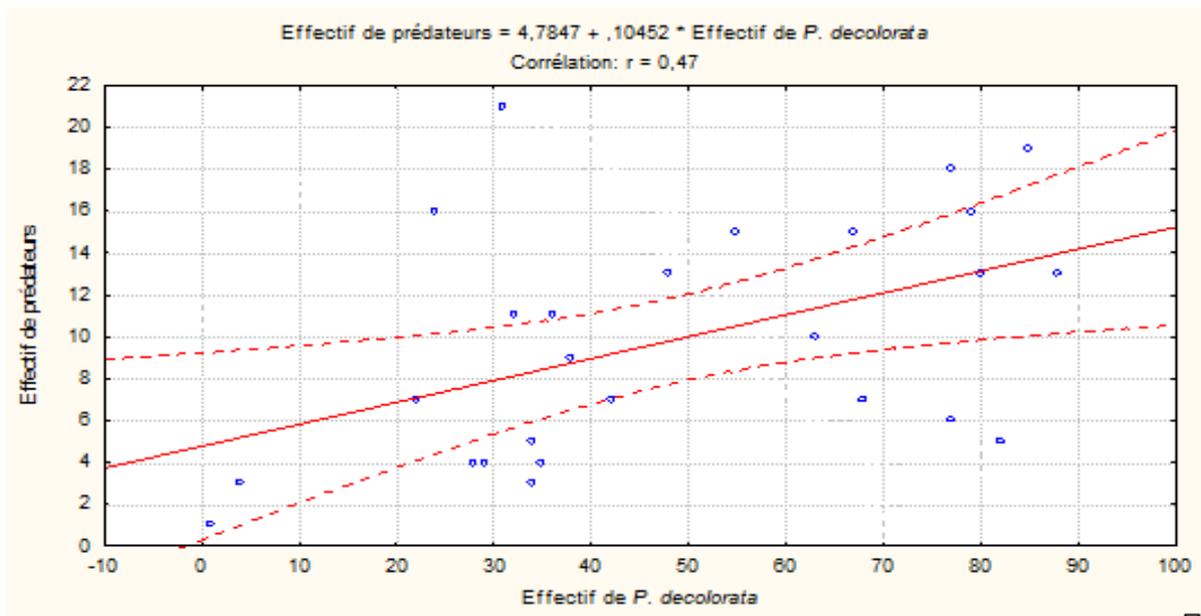
\* : Corrélation significative à 0,05 ; \*\* : Corrélation très significative à 0,01 ; \*\*\* : Corrélation très hautement significative à 0,001 ; test de corrélation de Pearson au seuil de 5 %.

#### 3.2.3.4. Effet de la dynamique des Reduviidae sur la population de *Podagrira decolorata*

L'étude de la relation entre les effectifs des adultes de *P. decolorata* et des Reduviidae prédateurs durant la période d'étude de la dynamique en 2019 a montré des corrélations positives hautement significatives en saison sèche ( $r = + 0,76$  ;  $p = 0,0001$ ) (Figure 27) et des corrélations positives très significatives en saison pluvieuse ( $r = + 0,47$  ;  $p = 0,01$ ) (Figure 28).



**Figure 27.** Corrélation entre l'évolution des populations de prédateurs et l'effectif de *Podagrica decolorata* en saison sèche de l'année 2019



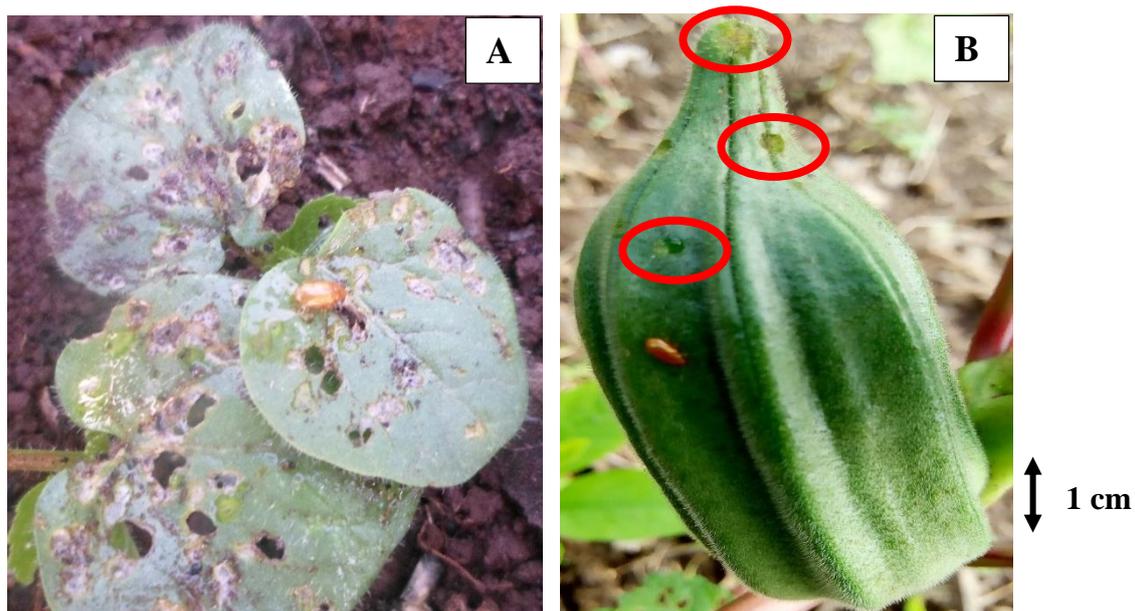
**Figure 28.** Corrélation entre l'évolution des populations de prédateurs et l'effectif de *Podagrica decolorata* en saison pluvieuse de l'année 2019

### 3.2.4. Évaluation des dégâts causés par *Podagrica decolorata* suivant les stades de développement du gombo en saison sèche et en saison pluvieuse de deux années consécutives

Les taux d'attaque en fonction des stades de développement du gombo ont été évalués en pourcentage. Ces taux ont varié en fonction du stade phénologique du gombo du 14<sup>ème</sup> au 84<sup>ème</sup> jours après semis (JAS) durant deux années consécutives (2018 et 2019).

#### 3.2.4.1. Description des dégâts causés par *Podagrica decolorata* aux plants de gombo

Les adultes de *P. decolorata* s'attaquent à tous les organes aériens (feuilles ; fleurs ; boutons floraux et fruits) à l'exception de la tige du gombo. Ce ravageur fait généralement de petits trous dans ces organes. La perforation des feuilles entraîne une réduction de la surface foliaire photosynthétique (Figure 29 A). La perforation précoce des boutons floraux et fleurs entraînent leur chute. Quant aux fruits, les trous laissés par *P. decolorata* provoquent leur assèchement et la chute pour certains (Figure 29 B).



**Figure 29.** Dégâts causés par *Podagrica decolorata*

A : Perforation des feuilles de gombo par *P. decolorata*

B : Trous laissés par *P. decolorata* sur un fruit de gombo

### 3.2.4.2. Dégâts causés par les adultes de *Podagrica decolorata* aux organes du gombo

Les taux moyens des différents organes attaqués sur 32 plants visités par parcelle ont varié du 14<sup>ème</sup> au 84<sup>ème</sup> JAS à chaque saison.

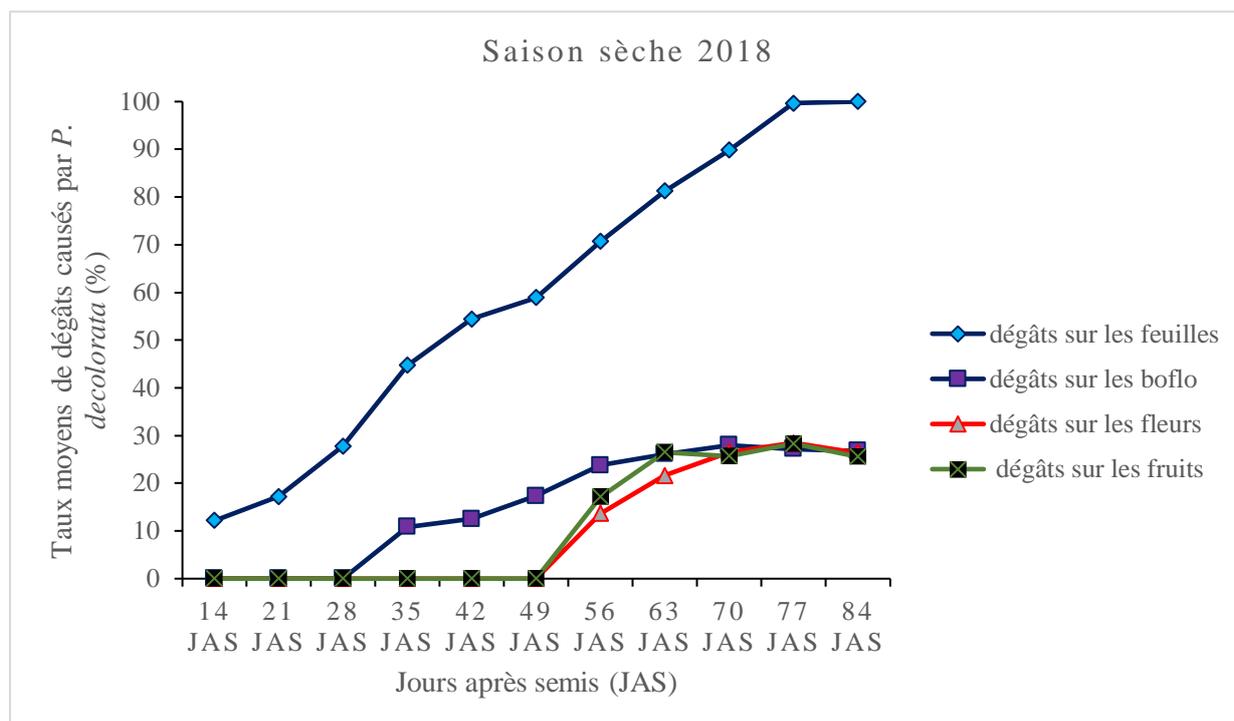
#### 3.2.4.2.1. Dégâts causés par les adultes de *Podagrica decolorata* aux organes du gombo en saison sèche 2018

Au niveau des feuilles, l'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts avec l'évolution des plants ( $F = 295,57$  ; ddl = 10 ;  $p = 0,001$ ). Ainsi, à tous les stades phénologiques du gombo les feuilles ont-elles connu un fort taux d'attaque avec le développement de la plante. Le taux moyen de feuilles attaquées a évolué à partir du 14<sup>ème</sup> JAS avec  $12,16 \pm 2,12$  % progressivement jusqu'à atteindre une valeur maximale de 100 % au 84<sup>ème</sup> JAS (Figure 30).

L'analyse statistique a indiqué des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts et le développement de la plante de gombo au niveau des boutons floraux ( $F = 82,14$  ; ddl = 10 ;  $p = 0,001$ ). En effet, les boutons floraux ont été attaqués aussi par les altises dès leur apparition jusqu'à la senescence des plants de gombo. Le taux d'attaque au niveau des boutons floraux bien que faibles par rapport à celui observé au niveau des autres organes a enregistré une valeur maximale de  $27,96 \pm 3,01$  % au 70<sup>ème</sup> JAS (Figure 30).

Concernant les fleurs épanouies qui ont fait leur apparition après le stade bouton floral, l'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts avec l'âge des plants de gombo ( $F = 165,84$  ; ddl = 10 ;  $p = 0,001$ ). Les pétales des fleurs sont perforés par ces ravageurs. Le taux d'attaque contre les fleurs évolue faiblement mais de façon significative avec sa plus forte valeur de  $28,48 \pm 2,24$  % au 77<sup>ème</sup> jours après semis (Figure 30).

Les fruits apparaissent au stade floraison-fructification. Les trous provoqués par les altises sur les fruits entraînent précocement leur chute. L'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts avec l'âge des plants de gombo ( $F = 183,77$  ; ddl = 10 ;  $p = 0,001$ ). Les taux d'attaque observés au niveau des fruits étaient faibles également. Le plus fort taux d'attaque à ce stade de développement de la plante a été de  $28,31 \pm 4,28$  % au 77<sup>ème</sup> JAS (Figure 30).



**Figure 30.** Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison sèche 2018

boflo : Boutons floraux

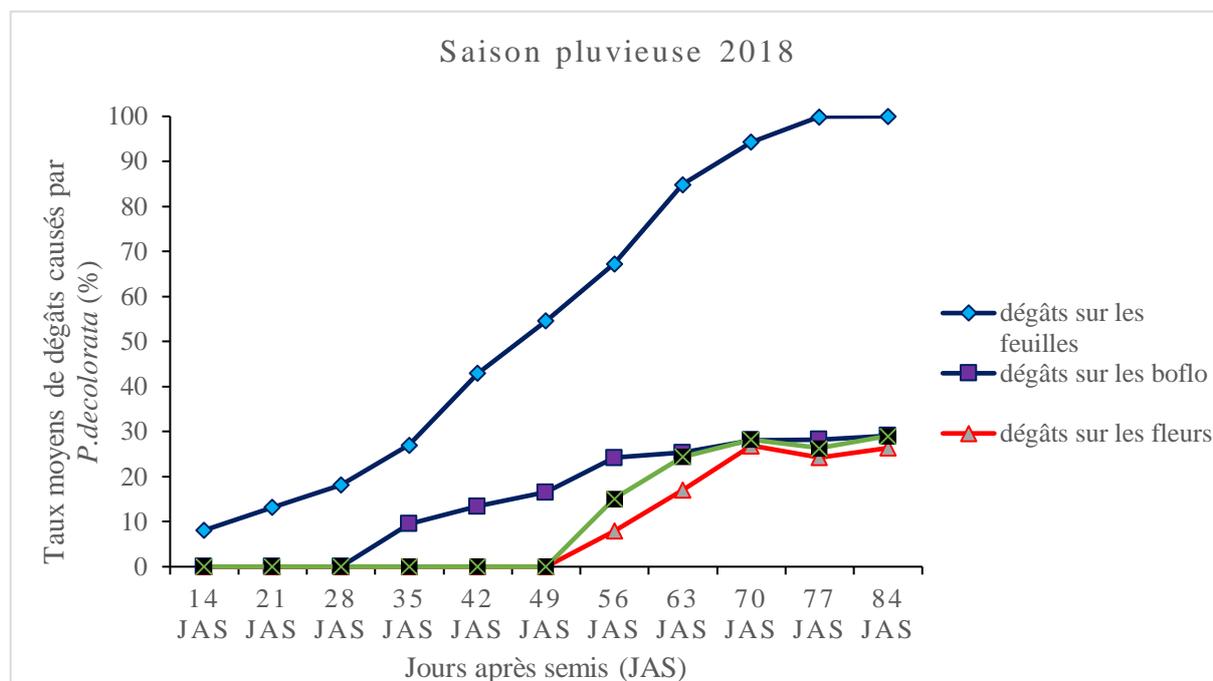
### 3.2.4.2.2. Dégâts causés par les adultes de *Podagrica decolorata* aux organes du gombo en saison pluvieuse 2018

L'analyse statistique réalisée concernant les dégâts causés au niveau des feuilles a révélé des différences très hautement significatives entre les dégâts et l'âge des plantes ( $F = 206,27$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Les taux moyens d'attaque des feuilles ont évolué à partir de 14 JAS avec 8,10 % jusqu'à atteindre une valeur maximale de 100 % au 84<sup>ème</sup> jours (Figure 31).

Avec les boutons floraux, l'analyse statistique a indiqué des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts avec l'évolution de la plante ( $F = 145,18$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Ces boutons floraux ont été attaqués aussi par ces altises dès leur apparition jusqu'à la senescence des plants de gombo. Le taux d'attaque au niveau des boutons floraux est faible avec une valeur maximale de  $28,60 \pm 0,48$  % au 63<sup>ème</sup> JAS (Figure 31).

Au niveau des fleurs, l'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts avec l'évolution de la plante ( $F = 107,41$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,0001$ ). Le taux d'attaque des fleurs évolue faiblement mais de façon significative avec sa plus forte valeur de  $26,90 \pm 2,35$  % au 70<sup>ème</sup> JAS (Figure 31).

Les taux d'attaque observés au niveau des fruits étaient faibles également et l'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts avec l'évolution des plants ( $F = 145,27$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Le plus fort taux d'attaque à ce stade de développement de la plante a été  $29,04 \pm 1,44$  % au 84<sup>ème</sup> JAS (Figure 31).



**Figure 31.** Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison pluvieuse 2018

boflo : Boutons floraux

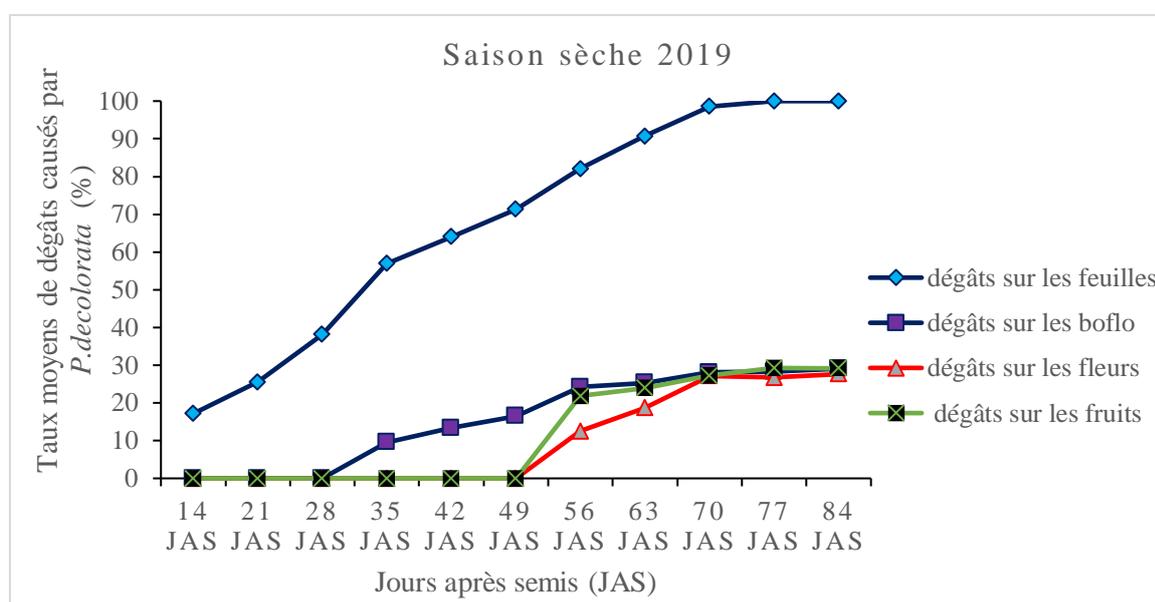
### 3.2.4.2.3. Dégâts causés par les adultes de *Podagrica decolorata* aux organes du gombo en saison sèche 2019

Les feuilles ont également connu un fort taux d'attaque et l'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts avec l'âge des plants de gombo ( $F = 110,40$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Le taux moyen de feuilles attaqués a évolué de façon exponentielle du 14<sup>ème</sup> JAS avec  $17,16 \pm 0,44$  % pour atteindre une valeur maximale de 100 % au 77<sup>ème</sup> jour (Figure 32).

Les boutons floraux ont été attaqués aussi par *P. decolorata* dès leur apparition jusqu'à la senescence des plants de gombo. L'analyse statistique réalisée a indiqué des effets très hautement significatifs entre les taux moyens des dégâts avec l'âge des plants de gombo ( $F = 104,77$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Le taux d'attaque au niveau des boutons floraux est faible avec une valeur maximale de  $29,06 \pm 1,18$  % au 84<sup>ème</sup> JAS (Figure 32).

Pour les fleurs, l'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts et le développement des plants de gombo ( $F = 96,77$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Le taux d'attaque contre les fleurs évolue faiblement avec sa plus forte valeur  $27,63 \pm 1,54$  % au 84<sup>ème</sup> JAS (Figure 32).

L'analyse statistique réalisée au niveau des fruits a montré des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts et l'évolution des plants ( $F = 172,11$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Ainsi, les taux d'attaque observés au niveau des fruits ont été faibles. Le plus fort taux d'attaque à ce stade de développement de la plante a été  $29,20 \pm 0,78$  % au 84<sup>ème</sup> JAS (Figure 32).



**Figure 32.** Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison sèche 2019

boflo : Boutons floraux

#### 3.2.4.2.4. Dégâts causés par les adultes de *Podagrica decolorata* aux organes du gombo en saison pluvieuse 2019

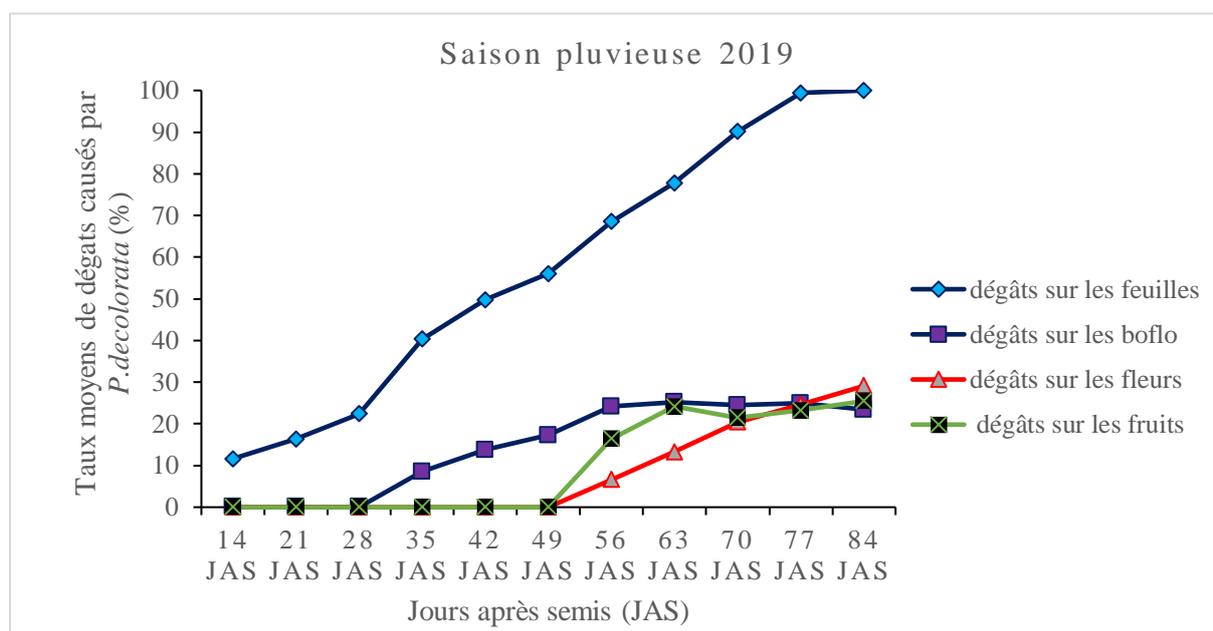
Pour les feuilles, l'analyse statistique a indiqué des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts et le développement des plants de gombo ( $F = 580,76$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). En effet, les taux moyens d'attaque des feuilles ont évolué exponentiellement du 14<sup>ème</sup> JAS avec 11,62 % jusqu'à atteindre une valeur maximale de 100 % au 84<sup>ème</sup> jours (Figure 33).

Concernant les boutons floraux, l'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts et l'évolution des plants de gombo

( $F = 84,73$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Les taux d'attaque au niveau de ces boutons floraux ont été faibles avec une valeur maximale de  $25,19 \pm 1,40$  % au 63<sup>ème</sup> JAS (Figure 33).

Au niveau des fleurs, l'analyse statistique a montré des effets très hautement significatifs entre les taux moyens des dégâts et le développement des plants ( $F = 136,31$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Les taux d'attaque des fleurs ont évolué faiblement mais de façon significative avec sa plus forte valeur  $29,10 \pm 1,41$  % au 84<sup>ème</sup> JAS (Figure 33).

L'analyse statistique effectuée chez les fruits a indiqué des différences très hautement significatives entre les taux moyens des dégâts et le développement des plants ( $F = 100,84$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ). Le plus fort taux d'attaque au niveau des fruits a été de  $25,47 \pm 2,80$  % au 84<sup>ème</sup> JAS (Figure 33).



**Figure 33.** Taux moyens d'attaque des plants de gombo en fonction des stades phénologiques en saison pluvieuse 2019

boflo : Boutons floraux

### 3.2.4.3. Ampleur des dégâts causés par les adultes de *Podagrica decolorata* aux feuilles du gombo à toutes les saisons sur deux années consécutives

L'ampleur des dégâts causés aux feuilles a été déterminée grâce à l'indice de dégâts foliaires.

#### 3.2.4.3.1. Saison sèche

Le taux moyen de feuilles endommagées a été important au 84<sup>ème</sup> JAS avec une valeur de 100 % de feuilles endommagées de Janvier à Mars 2018 alors qu'en 2019 le plus fort taux

d'attaque a été 100 % au 77<sup>ème</sup> JAS. L'indice de dégâts foliaires faible au 14<sup>ème</sup> JAS avec une valeur de 1 soit 25 % de la surface foliaire détruite en 2018 est passé à 4 au 77<sup>ème</sup> JAS soit un taux de dégât foliaire compris entre 75-100 %. L'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives entre les indices de dommages foliaires en saison sèche de 2018 ( $F = 25,64$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,0001$ ).

En saison sèche de l'année 2019, l'indice de dégâts foliaires qui était de 1 au 14<sup>ème</sup> JAS après semis a enregistré sa valeur maximale au 70<sup>ème</sup> JAS avec la valeur 4. L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les indices de dommages foliaires en saison sèche de 2019 ( $F = 25,88$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,0001$ ) (Tableau XI).

**Tableau XI.** Ampleur des dégâts causés aux feuilles en saison sèche

Stades phénologiques	Jours après semis (JAS)	Saison sèche			
		1 <sup>ère</sup> année (2018)		2 <sup>ème</sup> année (2019)	
		(%) de feuilles endommagées sur 32 plants	Indice de dégâts foliaires	(%) de feuilles endommagées sur 32 plants	Indice de dégâts foliaires
Préfloraison	14	12,16 ± 2,12h	1d	17,16 ± 0,76g	1d
	21	17,20 ± 2,31h	1d	25,55 ± 2,62g	1,33 ± 0,58dc
	28	27,80 ± 2,90g	1,33 ± 0,58cd	38,20 ± 3,22f	1,67 ± 0,58c
	35	44,69 ± 3,31f	1,67 ± 0,58c	56,94 ± 8,30e	1,67 ± 0,58c
Bouton floral	42	54,39 ± 4,77e	2,67 ± 0,58b	64,08 ± 6,23de	2,67 ± 0,58b
	49	58,93 ± 2,75e	2,67 ± 0,58b	71,36 ± 7,42d	3b
	56	70,65 ± 3,63d	3b	82,10 ± 8,39c	3b
Floraison-fructification	63	81,23 ± 3,54c	3b	90,71 ± 3,97b	3,67 ± 0,58a
	70	89,79 ± 5,16b	3,67 ± 0,58a	98,60 ± 2,43ab	4a
	77	99,66 ± 0,57a	4a	100a	4a
	84	100a	4a	100a	4a
	F	295,57	25,64	110,4	25,88
	ddl	10	10	10	10
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

*NB : Sur la colonne, pour le paramètre, le pourcentage de feuilles endommagées et l'indice de dégâts foliaires dont les valeurs moyennes portent des lettres différentes sont statistiquement différentes ( $p < 0,05$ ).*

*Les lettres correspondent aux rangs obtenus à l'issue du classement de pourcentage de feuilles endommagées et de l'indice de dégâts foliaires.*

*Très hautement significative :  $p \leq 0,001$  ; p : % de probabilité ; F : test LSD de Fisher ; ddl : degré de liberté ; % : pourcentage.*

### 3.2.4.3.2. Saison pluvieuse

Le pourcentage moyen de feuilles endommagées a été important à partir de 70 JAS avec une valeur de 100 % de feuilles endommagées en saison pluvieuse 2018 alors qu'en 2019 le plus fort taux d'attaque a été 100 % au 84<sup>ème</sup> JAS. L'indice de dégâts foliaires faible au 14<sup>ème</sup>

JAS avec une valeur de 1 en saison pluvieuse de 2018 est passé à 4 au 70<sup>ème</sup> JAS. L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les indices de dommages foliaires en saison pluvieuse de 2018 ( $F = 149,8$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,001$ ).

En saison pluvieuse de l'année 2019, l'indice de dégâts foliaires qui était de 1 au 14<sup>ème</sup> JAS après semis a atteint sa valeur maximale au 84<sup>ème</sup> JAS avec la valeur 4. L'analyse statistique a indiqué des différences très hautement significatives entre les indices de dommages foliaires en saison pluvieuse de 2019 ( $F = 28,75$  ;  $ddl = 10$  ;  $p = 0,0001$ ) (Tableau XII).

**Tableau XII.** Ampleur des dégâts causés aux feuilles en saison pluvieuse

Stades phénologiques	Jours après semis (JAS)	Saison pluvieuse			
		1 <sup>ère</sup> année (2018)		2 <sup>ème</sup> année (2019)	
		(%) de feuilles endommagées sur 32 plants	Indice de dégâts foliaires	(%) de feuilles endommagées sur 32 plants	Indice de dégâts foliaires
Préfloraison	14	08,10 ± 2,06i	1e	11,62 ± 1,78j	1d
	21	13,21 ± 2,60hi	1e	16,32 ± 1,70i	1d
	28	18,14 ± 1,41g	1e	22,38 ± 1,63h	1d
	35	27,06 ± 3,79f	1,67 ± 0,58d	40,33 ± 3,52g	1,33 ± 0,58d
Bouton floral	42	42,97 ± 3,31e	2c	49,78 ± 2,48f	2c
	49	54,58 ± 5,14d	2c	56,00 ± 1,96e	2c
	56	67,29 ± 9,77c	3b	68,54 ± 3,12d	2,67 ± 0,58b
Floraison-fructification	63	84,87 ± 5,56b	3b	77,78 ± 3,87c	2,67 ± 0,58b
	70	94,32 ± 3,84a	4a	90,11 ± 1,92ab	3b
	77	99,92 ± 0,12a	4a	99,37 ± 0,68a	3,67 ± 0,58a
	84	100a	4a	100a	4a
	F	136,31	149,8	580,76	28,75
	ddl	10	10	10	10
	P	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

NB : Sur la colonne, pour le paramètre, le pourcentage de feuilles endommagées et l'indice de dégâts foliaires dont les valeurs moyennes portent des lettres différentes sont statistiquement différentes ( $p < 0,05$ ).

Les lettres correspondent aux rangs obtenus à l'issue du classement de pourcentage de feuilles endommagées et de l'indice de dégâts foliaires.

Très hautement significative :  $p \leq 0,001$  ;  $p$  : % de probabilité ;  $F$  : test LSD de Fisher ;  $ddl$  : degré de liberté ; % : pourcentage.

### 3.2.5. Discussion

En saison sèche comme en saison pluvieuse des deux années consécutives, les effectifs moyens de *Podagrica decolorata* obtenus à la phase de floraison-fructification ont été plus élevés que ceux des autres phases phénologiques. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'à ce stade du développement de la plante plusieurs organes cibles du ravageur *P. decolorata* sont

disponibles. Ce sont les feuilles, les boutons floraux, les fleurs et les fruits. Le stade floraison-fructification serait donc le stade le plus attractif pour ces altises.

Les résultats obtenus sont conformes à ceux de Obodji *et al.* (2015) qui ont obtenu un nombre important de *Leucinodes orbonalis* (Lepidoptera : Pyralidae) sur l'aubergine au stade de fructification par rapport aux stades préfloraison et floraison. En revanche, les résultats de la présente étude sont différents de ceux de Yeboué (1998) et de Ossey (2019) qui ont respectivement noté une baisse progressive des populations de *P. decolorata* et *Nisotra dilecta* (Coleoptera : Chrysomelidae) sur la culture du gombo et celles de *Ootheca mutabilis* (Coleoptera : Chrysomelidae) en culture du niébé due, au vieillissement de la plante.

Les paramètres climatiques influencent la variation des populations de *P. decolorata*. L'humidité relative a affecté positivement les populations de *P. decolorata* durant toutes les saisons sur les deux années consécutives. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'humidité serait un paramètre qui favorise le développement de cet insecte. Les fortes chaleurs entraîneraient une quiescence de ces altises d'où la baisse de leurs effectifs en début de saison sèche. En revanche, ces insectes sortent de cet état de quiescence dès les premières pluies de l'année dans le mois de Mars. C'est ce qui justifierait leur présence remarquable sur la parcelle dès les premières pluies de Mars. Les résultats de cette étude sont conformes à ceux de Hala *et al.* (2006) qui ont rapporté que l'humidité de l'air favorise le développement de *P. decolorata*. Ces mêmes auteurs ont également rapporté que les écarts de température élevés coïncident avec de faibles niveaux d'humidité relative sont des conditions non favorables au développement des Altises.

Les précipitations ont impacté positivement les populations d'altises. Les altises ont eu une forte présence durant le mois de mars qui marquait le début de la saison pluvieuse et les mois d'août et septembre. Cet important effectif aux mois d'août et septembre se justifierait par le stade de floraison-fructification qui est un stade d'attraction pour *P. decolorata* due à la diversité des ressources nutritives. Ces résultats diffèrent de ceux de Hala *et al.* (2006) qui ont mentionné que les mois d'août et septembre où il y a de fortes pluies les altises pullulaient moins.

Deux espèces de Reduviidae ont été répertoriées comme étant des espèces constantes durant les deux saisons (saison sèche et saison pluvieuse). Il s'agissait de *Rhinocoris albopilosus* et de *Rhinocoris rapax* avec des fréquences d'occurrence respectives de 75 % et 63,46 %. Les espèces comme *Rhinocoris bicolor* et *Cosmolestes pictus* (Reduviidae) ont été fréquentes. Les résultats obtenus se rapprochent de ceux de Ossey (2019) qui a aussi rapporté la constance de l'espèce *R. albopilosus* lors de ses travaux. Toutefois cet auteur a indiqué que

*R. rapax* était une espèce occasionnelle et *R. bicolor* était une espèce régulière. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que les zones d'études étaient différentes, ensuite les plantes-hôtes et les proies de ces prédateurs étaient différentes. En effet, ces prédateurs s'attaquent à *Ootheca mutabilis* en culture de niébé et à *P. decolorata* en culture du gombo.

Les effectifs des six espèces de Reduviidae ont varié selon les saisons et en fonction du stade de développement de la plante. Le stade qui a attiré le plus grand nombre de prédateurs est le stade floraison-fructification. A toutes les saisons, les six espèces prédatrices inventoriées ont été présentes au cours de la phase de floraison-fructification avec des effectifs importants en saison pluvieuse. Certains auteurs ont mentionné que les prédateurs seraient attirés par les plantes attaquées par des ravageurs du fait des substances volatiles émises par la plante hôte pour se défendre (Shimoda & Tabayashi, 2001 ; Shimoda *et al.*, 2005 ; Ossey, 2019).

L'étude de la dynamique a révélé une influence des paramètres climatiques sur les populations des différentes espèces de Reduviidae. En effet, ces facteurs auraient un impact sur le cycle biologique de ces insectes. Ce qui justifierait leur faible effectif en saison sèche et leur abondance en saison pluvieuse. Les résultats de la présente étude sont proches de ceux de Rall *et al.* (2010) et de Romo & Tyljanakis (2013) qui ont montré l'impact de la température sur les interactions prédateurs-proies.

Des corrélations positives significatives ont été obtenues entre les effectifs de *P. decolorata* et des punaises prédatrices. Cela pourrait s'expliquer par l'abondance des proies sur la parcelle expérimentale. Les prédateurs auraient donc été attirés par leurs proies. Le même constat a été fait par Ossey (2019) qui a mentionné qu'une corrélation positive a été observée entre les effectifs des Reduviidae et ceux de *Ootheca mutabilis*. Ces résultats sont également proches de ceux de Soratur *et al.* (2017) qui ont trouvé des corrélations positives significatives entre les effectifs de coccinelles et de leurs proies qui sont les pucerons. En revanche, ces résultats sont différents de ceux de Sahayaraj & Martin (2003) qui ont montré que des lâchers de prédateurs de l'espèce *Rhynocoris marginatus* (Reduviidae), dans un champ d'arachide, ont permis de réduire significativement des populations de plusieurs ravageurs tels que les larves de Lépidoptères *Spodoptera litura* et *Helicoverpa armigera*.

Les dégâts causés aux boutons floraux, les fleurs, les fruits sont moins importants que les dégâts occasionnés au niveau des feuilles. Ces dégâts ont été provoqués par *P. decolorata* durant tout le cycle du gombo. Les résultats de cette étude rejoignent ceux de Ossey (2019) qui a estimé que les attaques des bourgeons floraux, fleurs et des fruits au moyen des pièces buccales de type broyeur, pourrait s'expliquer par le fait que ces organes contiendraient des ressources nutritives nécessaires à la satisfaction des besoins physiologiques du ravageur.

Les taux d'attaques et les indices de dégâts foliaires à toutes les saisons ont été importants au stade de floraison-fructification. Cela pourrait s'expliquer par l'émission de substances volatiles par la plante-hôte. Les résultats de la présente étude sont proches de ceux de Honda *et al.* (2010). L'importance des ressources nutritives aurait également attiré un grand nombre d'altises au stade de floraison-fructification qui ont attaqué fortement la plante. Ces résultats sont conformes à ceux de Tano *et al.* (2019) qui ont révélé que *P. decolorata* reste sur le plant tant que cette plante possède des réserves nutritives et aussi peut servir d'abri.

Un faible effectif des altises a été obtenu à la phase de préfloraison. Cela s'expliquerait d'une part, par le fait que les ressources nutritives étaient insuffisantes pour attirer un nombre important d'altises, et à toutes les saisons à la sénescence des plants ou les ressources nutritives s'amenuisent leur effectif baisse d'autre part. Le faible effectif des altises pourrait s'expliquer par le fait que les plantes-hôtes sur les parcelles expérimentales ne disposaient pas de ressources suffisantes pour favoriser leur pullulation. Les résultats de la présente étude sont conformes à ceux de Hala *et al.* (2006) qui ont obtenu un faible effectif des altises en saison sèche et pendant la sénescence des plants. Selon, ces auteurs le faible effectif, voire l'absence des altises durant la saison sèche, pourrait s'expliquer par le manque de plantes-hôtes fraîches.

### 3.2.6. Conclusion partielle

L'étude de la variation saisonnière de *P. decolorata* a révélé une influence des facteurs abiotiques sur la fluctuation des populations de ce ravageur. Ensuite, l'étude de la dynamique des Reduviidae, prédateurs de *P. decolorata* a montré que ces insectes sont abondants sur les parcelles pendant la saison pluvieuse et que leur forte présence sur la parcelle est due à la présence du ravageur. Cela indique un bon synchronisme entre la population des prédateurs et du ravageur à contrôler. L'étude de la fréquence d'occurrence des Reduviidae prédateurs de *P. decolorata* a révélé *Rhynocoris albopilosus* comme l'espèce la plus présente (75 %) sur la parcelle expérimentale. Cela suscite un intérêt particulier dans la lutte biologique pour le contrôle du niveau infestation et d'abondance du ravageur. Ainsi, dans le chapitre suivant, aborderons-nous la bioécologie de ces deux espèces constantes dans le but de les utiliser comme alternative à l'usage des insecticides chimiques dans la lutte contre *P. decolorata*.

### 3.3. BIOÉCOLOGIE DE *RHYNOCORIS ALBOPILOSUS* ET DE *RHYNOCORIS RAPAX*

L'étude de la bioécologie de *Rhynocoris albopilosus* et de *Rhynocoris rapax* a permis de connaître les paramètres biologiques et écologiques de ces insectes. L'agressivité des deux espèces de Reduviidae face à leurs proies a été évaluée à tous les stades de développement de chaque espèce de prédateur. Une comparaison de l'agressivité et des paramètres bioécologiques des deux espèces de prédateurs a été faite.

#### 3.3.1. Bioécologie de *Rhynocoris rapax*

##### 3.3.1.1. Dimorphisme sexuel chez *Rhynocoris rapax*

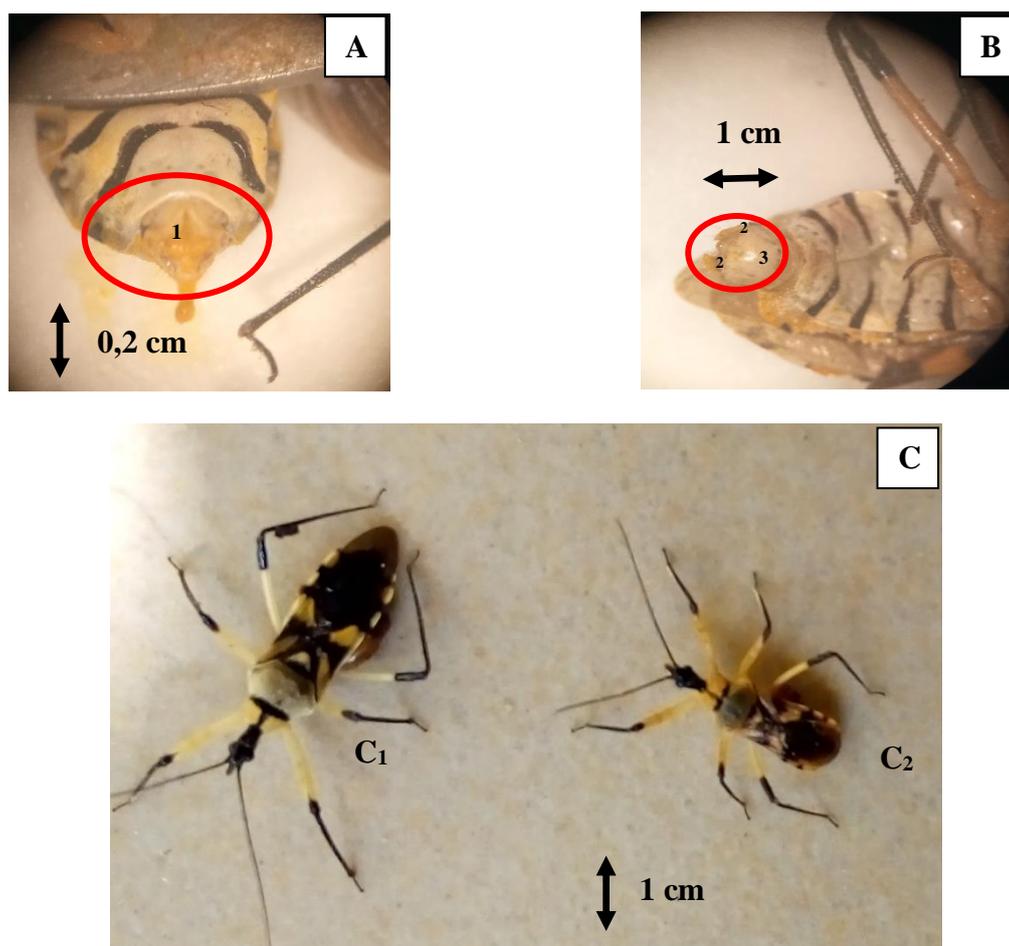
Le dimorphisme sexuel chez *Rhynocoris rapax* a été étudié en se basant sur des caractères morphologiques (la taille des différents segments du corps, la coloration de l'insecte et le dernier segment abdominal ; Figure 34).

##### 3.3.1.1.1. Dernier segment abdominal

Concernant le dernier segment abdominal, l'apex de l'abdomen de la femelle est arrondi en vue ventrale et dorsale. Chez le mâle, les valves génitales sont courtes. Le pygophore a une longue apophyse verticale bidentée en dessous. Pour connaître le sexe d'un adulte de *R. rapax*, il suffit d'exercer une pression sur l'abdomen pour observer au niveau de l'apex de l'abdomen les traits distinctifs du mâle et de la femelle (Figure 34).

##### 3.3.1.1.2. Morphologie externe

Pour la morphologie externe, le mâle tout comme la femelle de *R. rapax* ont la même coloration qui est le jaune doré et noir dans l'ensemble. Une vue dorsale montre des hémélytres de coloration noire et jaune. Le pronotum est de coloration jaune pour les deux sexes. Une vue dorsale met en saillie une bande noire transversale au niveau de l'abdomen. Sur chaque segment de l'abdomen, cette bande n'atteint pas le connexivum. Au niveau de la femelle, l'observation des bandes noires sur un même segment de la face ventrale donne une forme trapézoïdale. Chez le mâle, les bandes noires d'un même segment abdominal sont convexes. L'étude des caractères morphométriques du mâle et de la femelle a montré que les femelles sont de façon générale de plus grande taille que les mâles. Les mesures des paramètres morphologiques considérés chez 30 individus mâles et 30 individus femelles de *R. rapax* ont donné des résultats qui permettent de faire une nette comparaison entre les deux sexes.



**Figure 34.** Dimorphisme sexuel chez les adultes de *Rhynocoris rapax* (vue ventrale et vue dorsale)

A : Vue ventrale de la femelle (1 : abdomen avec le bord arrondi) ; B : Vue ventrale du mâle (2 : valves génitales ; 3 : apophyse) ; C1 : Vue dorsale de la femelle et C2 : Vue dorsale du mâle

Le test  $t$  de Student a permis d'établir différents niveaux de significativité (Tableau XIII). Considérant le mesofemur et le mesotarse, l'analyse statistique a montré que les mesures prises chez les deux sexes ne sont pas significatives ( $p > 0,05$ ). Ensuite, l'analyse a aussi révélé un niveau significatif des mesures concernant la longueur du protarse et la longueur du mesotibia ( $p < 0,05$ ) puis très significatif pour la longueur du rostre. Enfin elle a montré des différences très hautement significatives pour les autres paramètres tels que la longueur du corps, la longueur des antennes, la longueur de la tête, la longueur de l'abdomen, la largeur de l'abdomen, la longueur du profemur, la longueur du protibia, la longueur du metafemur, la longueur du metatibia, la longueur du pronotum et la largeur du pronotum entre le mâle et la femelle de *R. rapax* ( $p < 0,001$ ) (Tableau XIII).

**Tableau XIII.** Paramètres morphométriques mesurés chez des mâles et des femelles de *Rhynocoris rapax*

Paramètres morphométriques considérés	Moyenne (mm) ± Ecart-type		p	Signification
	Mâles	Femelles		
Longueur du corps	10,87 ± 0,47a	13,18 ± 0,84b	< 0,001	***
Longueur du rostre	2,92 ± 0,13a	3,1 ± 0,27b	< 0,01	**
Longueur des antennes	11,08 ± 0,76a	13,4 ± 1,05b	< 0,001	***
Longueur de la tête	1,9 ± 0,10a	2,02 ± 0,09b	< 0,001	***
largeur de la tête	1,03 ± 0,04a	1,11 ± 0,13b	< 0,001	***
Longueur de l'abdomen	6,04 ± 0,18a	7,05 ± 0,87b	< 0,001	***
largeur de l'abdomen	3,57 ± 0,29a	4,26 ± 0,48b	< 0,001	***
Longueur du profemur	3,57 ± 0,42a	4,21 ± 0,5b	< 0,001	***
Longueur du protibia	4,54 ± 0,36a	5,1 ± 0,39b	< 0,001	***
Longueur du protarse	1,01 ± 0,05a	1,04 ± 0,05b	0,045	*
Longueur du mesofemur	3,11 ± 0,12a	3,07 ± 0,24a	0,376	
Longueur du mesotibia	3,83 ± 0,61a	4,15 ± 0,26b	0,011	*
Longueur du mesotarse	1,00 ± 0,03a	1,02 ± 0,08a	0,317	
Longueur du metafemur	4,08 ± 0,76a	5,08 ± 0,25b	< 0,001	***
Longueur du metatibia	4,75 ± 0,73a	6,11 ± 0,18b	< 0,001	***
Longueur du metatarse	1,05 ± 0,07a	1,11 ± 0,08b	< 0,01	**
Longueur du pronotum	2,49 ± 0,13a	2,86 ± 0,22b	< 0,001	***
Largeur du pronotum	2,51 ± 0,14a	2,9 ± 0,19b	< 0,001	***

\*\*\* : Très hautement Significatif ; \*\* : Très Significatif ; \* : Significatif ; sur une même ligne les chiffres ne comportant pas les mêmes lettres sont significativement différents (Test t de Student au seuil de 5 %)

### 3.3.1.2. Accouplement chez *Rhynocoris rapax*

Le mâle de *R. rapax* est excité dès qu'il aperçoit une femelle de la même espèce. Le mâle qui sort de la mue imaginale commence sa parade nuptiale par le rapprochement. Il touche la femelle avec ses antennes et monte sur le dos de la femelle par ses pattes antérieures. Une fois que le mâle est sur le dos de sa partenaire, il la presse avec ses pattes antérieures et les deux partenaires sexuels peuvent rester dans cette position de chevauchement immobile pendant quelques minutes. Les comportements qui précèdent la copulation sont l'approche, le chevauchement, la sortie des organes génitaux et la copulation.

### 3.3.1.3. Œufs de *Rhynocoris rapax*

#### 3.3.1.3.1. Description des œufs de *Rhynocoris rapax*

Les œufs de *R. rapax* sont de couleur brune et sombre. Ces œufs sont de forme allongée et présentent par leur partie en contact avec le support de ponte une forme arrondie et par leur partie supérieure un opercule d'éclosion. Ils sont fixés les uns aux autres grâce à une substance collante (la glu) sécrétée par la femelle. Les œufs sont ainsi groupés en amas et forment une grappe (Figure 35).



**Figure 35.** Œufs de *Rhynocoris rapax*

### 3.3.1.3.2. Taille des œufs de *Rhynocoris rapax*

L'étude de la taille des œufs a porté sur deux paramètres qui sont la longueur et la largeur. Pour cette étude, l'échantillon considéré avait une taille de 60 œufs. L'étude a révélé une longueur moyenne de  $1,32 \pm 0,26$  mm sur  $0,71 \pm 0,14$  mm de large en moyenne. L'analyse de variance a révélé une différence très hautement significative entre la longueur et la largeur des œufs ( $p = 0,001$ ).

### 3.3.1.3.3. Nombre d'œufs pondus par femelle de *Rhynocoris rapax*

Une femelle de *R. rapax* pond en moyenne  $44,50 \pm 13,10$  œufs par couvée. L'analyse de variance a révélé des différences très hautement significatives ( $p = 0,0001$ ) entre le nombre d'œufs pondus par femelle pour une couvée.

### 3.3.1.3.4. Taux de fertilité et durée d'incubation de *Rhynocoris rapax*

Le taux moyen de fertilité des œufs est de  $78,21 \pm 12,63$  % en milieu semi naturel. La durée moyenne d'incubation des œufs a été de  $8,17 \pm 0,95$  jours à  $25,02 \pm 0,97$  °C et une hygrométrie moyenne de  $74,48 \pm 3,31$  %.

### 3.3.1.4. Larves de *Rhynocoris rapax*

#### 3.3.1.4.1. Description des larves de *Rhynocoris rapax*

Au terme du développement larvaire de *R. rapax*, cinq stades larvaires ont été déterminés : les larves de premier stade, les larves de deuxième stade, les larves de troisième stade, les larves de quatrième stade et enfin, les larves de cinquième stade. Le passage d'un stade larvaire à un autre se fait par un rejet de l'exosquelette appelé exuvie (Figure 36).

Les larves de premier stade de *R. rapax* sont celles qui sont issues de l'éclosion des œufs. Les larves de stade 1 ont un aspect jaune orangé. L'abdomen, les tibias, la tête et les antennes sont sombres (Figure 36 A). La longueur moyenne du corps des larves à ce stade est de  $2,67 \pm 0,49$  mm. Ces larves ont été isolées dans des boîtes de 100 ml dès l'éclosion pour un suivi régulier jusqu'à l'émergence des adultes. Chaque larve est nourrie par 4 adultes de *P. decolorata* physiquement affaiblis pour faciliter sa prédation par celle-ci (Tableau XIV).

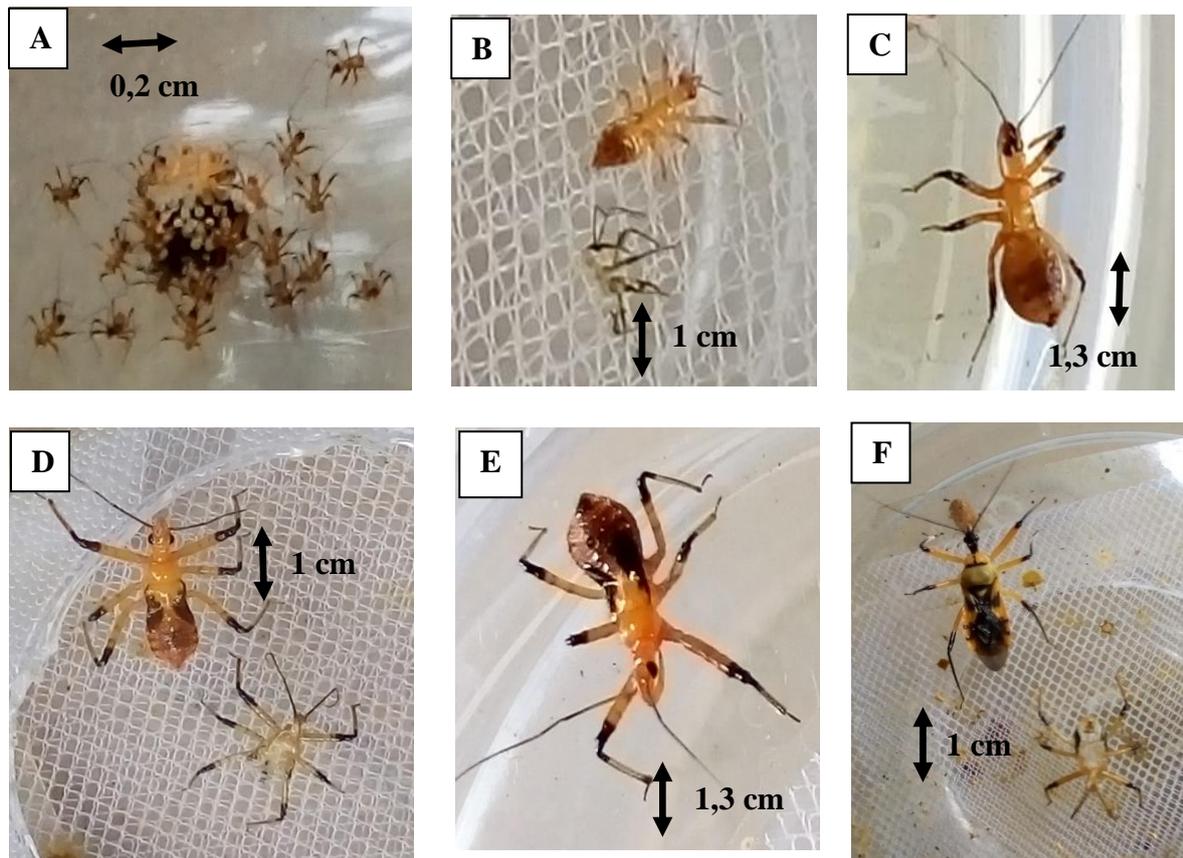
Les larves de stade 2 sont obtenues après que les larves de premier stade ont fait leurs mues. L'exuvie issue de la mue est observable à l'œil nu dans la boîte où est isolée la larve. Toutes les mues n'ont pas eu lieu au même moment. Elles se sont déroulées progressivement dans un intervalle d'une à deux semaines entre la première et la dernière mue. Elles présentent un thorax jaune orangé avec un abdomen sombre (Figure 36 B). Par une observation à l'œil nu,

il est difficile de distinguer une larve de premier stade ayant un âge de 7 jours d'une larve qui vient de passer nouvellement au stade 2, d'où la nécessité de faire une analyse morphométrique pour obtenir les mesures des différentes parties du corps de *R. rapax*. Ainsi, l'analyse de variance a montré que la longueur moyenne du corps des larves de stade 2 est de  $3,75 \pm 0,28$  mm (Tableau XIV).

Le rejet de l'exuvie des larves de deuxième stade permet de passer au stade 3. A ce stade de développement larvaire, les ébauches alaires sont bien visibles sur les bords du mesonotum. L'abdomen devient volumineux (Figure 36 C). A ce stade, ces larves développent des aptitudes de prédation similaires à celles des adultes pour immobiliser leurs proies (adultes de *P. decolorata*). L'analyse de variance des caractères morphométriques a révélé que la longueur moyenne du corps des individus de ce stade larvaire est de  $4,71 \pm 0,43$  mm. Le thorax est jaune orangé et l'abdomen est de coloration brun-orangée (Tableau XIV).

La troisième mue des larves de *R. rapax* permet aux larves de stade 3 de passer au quatrième stade larvaire. Ce stade est caractérisé par un développement général du corps de l'insecte. Le thorax demeure jaune orangé avec un abdomen sombre (Figure 36 D). Les larves de ce stade sont très habiles face à leurs proies (adultes de *P. decolorata*). L'analyse de variance a montré des différences hautement significatives entre les dimensions des paramètres mesurés et les autres stades ( $p < 0,001$ ). La longueur moyenne du corps est de  $6,20 \pm 0,35$  mm (Tableau XIV).

Les larves de quatrième stade rejettent leurs exuvies pour passer au stade cinq. Les individus de ce stade présentent généralement une coloration jaune orangé (Figure 36 E). A ce stade de développement, les insectes ont pratiquement les mêmes techniques de prédation que les adultes. Au niveau de la morphologie générale, toutes les parties du corps augmentent de taille. Ainsi, les individus du stade 5 mesurent en moyenne  $8,14 \pm 0,34$  mm. Le stade cinq est le dernier stade de développement larvaire. Après ce stade, la larve fait la dernière mue pour passer au stade adulte (Figure 36 F). Cette dernière mue est appelée mue imaginale (Tableau XIV).



**Figure 36.** Différents stades de développement larvaire de *Rhynocoris rapax* jusqu'à l'émergence adulte

A : Larves de premier stade ; B : Larve de deuxième stade avec son exuvie ; C : Larve de troisième stade ; D : Larve de quatrième stade avec son exuvie ; E : Larve de cinquième stade et F : Imago (stade adulte)

**Tableau XIV.** Paramètres morphométriques mesurés des différents stades larvaires de *Rhynocoris rapax*

Paramètres morphométriques considérés	Moyenne (mm) ± Ecart-type						
	Larve 1	Larve 2	Larve 3	Larve 4	Larve 5	F	p
Longueur du corps	2,67 ± 0,49e	3,75 ± 0,28d	4,71 ± 0,43c	6,20 ± 0,35b	8,14 ± 0,34a	917,47	< 0,001
Longueur du rostre	0,62 ± 0,14e	0,93 ± 0,14d	1,45 ± 0,23c	1,92 ± 0,13b	2,12 ± 0,11a	501,54	< 0,001
Longueur des antennes	2,72 ± 0,42e	3,84 ± 0,20d	4,95 ± 0,27c	7,16 ± 0,20b	9,19 ± 0,72a	1186,98	< 0,001
Longueur de la tête	0,78 ± 0,06e	0,94 ± 0,13d	1,34 ± 0,11c	1,69 ± 0,11b	1,82 ± 0,13a	503,58	< 0,001
largeur de la tête	0,46 ± 0,06c	0,51 ± 0,07c	0,86 ± 0,13b	0,9 ± 0,07ab	0,93 ± 0,12a	183	< 0,001
Longueur de l'abdomen	1,48 ± 0,10e	1,91 ± 0,20d	2,56 ± 0,44c	4,07 ± 0,12b	5,04 ± 0,17a	1172,32	< 0,001
largeur de l'abdomen	1,24 ± 0,10e	1,41 ± 0,08d	1,79 ± 0,08c	2,33 ± 0,16b	3,38 ± 0,14a	1638	< 0,001
Longueur du profemur	1,26 ± 0,07e	1,49 ± 0,11d	1,96 ± 0,14c	2,52 ± 0,25b	3,1 ± 0,10a	780,17	< 0,001
Longueur du protibia	1,46 ± 0,11e	1,77 ± 0,09d	2,21 ± 0,13c	3,12 ± 0,13b	4,05 ± 0,26a	1357,22	< 0,001
Longueur du protarse	0,31 ± 0,07d	0,37 ± 0,06d	0,56 ± 0,08c	0,74 ± 0,08b	0,92 ± 0,30a	87,90	< 0,001
Longueur du mesofemur	1,1 ± 0,06e	1,34 ± 0,05d	1,83 ± 0,17c	2,35 ± 0,34b	2,85 ± 0,14a	453,76	< 0,001
Longueur du mesotibia	1,35 ± 0,09e	1,51 ± 0,08d	2,03 ± 0,14c	2,85 ± 0,11b	3,67 ± 0,24a	1325,46	< 0,001
Longueur du mesotarse	0,29 ± 0,07e	0,35 ± 0,06d	0,52 ± 0,07c	0,74 ± 0,05b	0,89 ± 0,12a	324,58	< 0,001
Longueur du metafemur	1,3 ± 0,06e	1,67 ± 0,11d	2,24 ± 0,15c	2,84 ± 0,18b	3,65 ± 0,18a	1292,05	< 0,001
Longueur du metatibia	1,72 ± 0,13e	1,98 ± 0,11d	2,51 ± 0,18c	3,57 ± 0,18b	4,25 ± 0,22a	1228,14	< 0,001
Longueur du metatarse	0,35 ± 0,05e	0,41 ± 0,06d	0,56 ± 0,06c	0,81 ± 0,14b	0,92 ± 0,13a	201,55	< 0,001
Longueur du pronotum	0,29 ± 0,07e	0,34 ± 0,06d	0,55 ± 0,08c	0,82 ± 0,12b	1,09 ± 0,10a	432,32	< 0,001
largeur du pronotum	0,38 ± 0,08e	0,45 ± 0,11d	0,76 ± 0,09c	1,05 ± 0,07b	1,38 ± 0,15a	468,37	< 0,001

\*Les moyennes d'une même ligne avec la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test LSD de Fisher au seuil de 5 %)

### 3.3.1.4.2. Durée de développement et taux de survie larvaires des différents stades de *Rhynocoris rapax*

L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative entre les différents stades de développement larvaire ( $F = 80,55$  ;  $ddl = 4$  ;  $p = 0,001$ ). Le stade larvaire qui a la plus courte durée de développement est le stade 3 avec  $8,4 \pm 1,57$  jours. Par contre, le stade larvaire qui a la plus longue durée de développement est le stade 5 avec  $16,27 \pm 2,41$  jours (Tableau XV). Le cycle larvaire dure en moyenne  $56,30 \pm 4,94$  jours.

Le taux de survie larvaire augmente au fur et à mesure que l'âge des larves augmente. Ainsi, le taux de survie des larves de premier stade est de  $74,28 \pm 9,02$  % et celui des larves du dernier stade est de  $96,08 \pm 3,14$  %. L'analyse de variance a montré des différences hautement significatives entre les taux de survie enregistrés aux différents stades de développement larvaire ( $F = 56,09$  ;  $ddl = 4$  ;  $p = 0,001$ ) (Tableau XV).

**Tableau XV.** Durée moyenne de développement et taux de survie larvaire de *Rhynocoris rapax*

Stades larvaire	Durée moyenne de développement en jours	Taux de survie larvaire (%)
Larve 1	$12,1 \pm 1,43b$	$74,28 \pm 9,02d$
Larve 2	$10,3 \pm 3,15c$	$82,74 \pm 6,70c$
Larve 3	$08,4 \pm 1,57d$	$88,45 \pm 6,04b$
Larve 4	$9,23 \pm 2,02d$	$93,60 \pm 5,78a$
Larve 5	$16,28 \pm 2,41a$	$96,08 \pm 3,14a$
<b>p</b>	0,001	0,001
<b>F</b>	80,55	56,09

\*Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher)

### 3.3.1.4.3. Sex-ratio de *Rhynocoris rapax*

Au terme du développement larvaire, en moyenne  $15,10 \pm 4,01$  femelles et  $8,53 \pm 2,75$  mâles ont émergé soit un sex-ratio de 0,58 en faveur des femelles.

### 3.3.1.5. Pré-copulation et pré-oviposition des femelles de *Rhynocoris rapax*

La pré-copulation a lieu en moyenne  $10,07 \pm 1,70$  jours après la mue imaginale. Il n'y a pas de différence significative ( $p = 0,48$ ) au niveau de la durée de pré-copulation des femelles. Après l'accouplement, la période moyenne de pré-oviposition a été évaluée à  $7,17 \pm 0,70$  jours.

L'analyse statistique a révélé une différence non significative entre les femelles pour la pré-oviposition ( $p = 0,82$ ).

### **3.3.1.6. Longévité des adultes de *Rhynocoris rapax***

La longévité des adultes se définit comme étant le temps compris entre la date d'émergence de l'adulte et celle de sa mort. Les femelles de *R. rapax* ont vécu en moyenne  $82,10 \pm 9,41$  jours et les mâles ont vécu en moyenne  $68,67 \pm 8,44$  jours. L'analyse de variance a montré que la durée de vie des femelles est très hautement significative ( $F = 33,90$  ;  $ddl = 1$  ;  $p = 0,0001$ ) que celle des mâles.

### **3.3.1.7. Cycle biologique de *Rhynocoris rapax***

Le cycle biologique de *R. rapax* comprend trois stades de développement qui sont : le stade œuf, le stade larvaire et le stade adulte (Figure 37). L'espèce *R. rapax* a cinq stades de développement larvaire qui évoluent distinctement jusqu'à l'émergence des adultes. Le cycle biologique de *R. rapax* a duré en moyenne  $81,71 \pm 13,95$  jours.

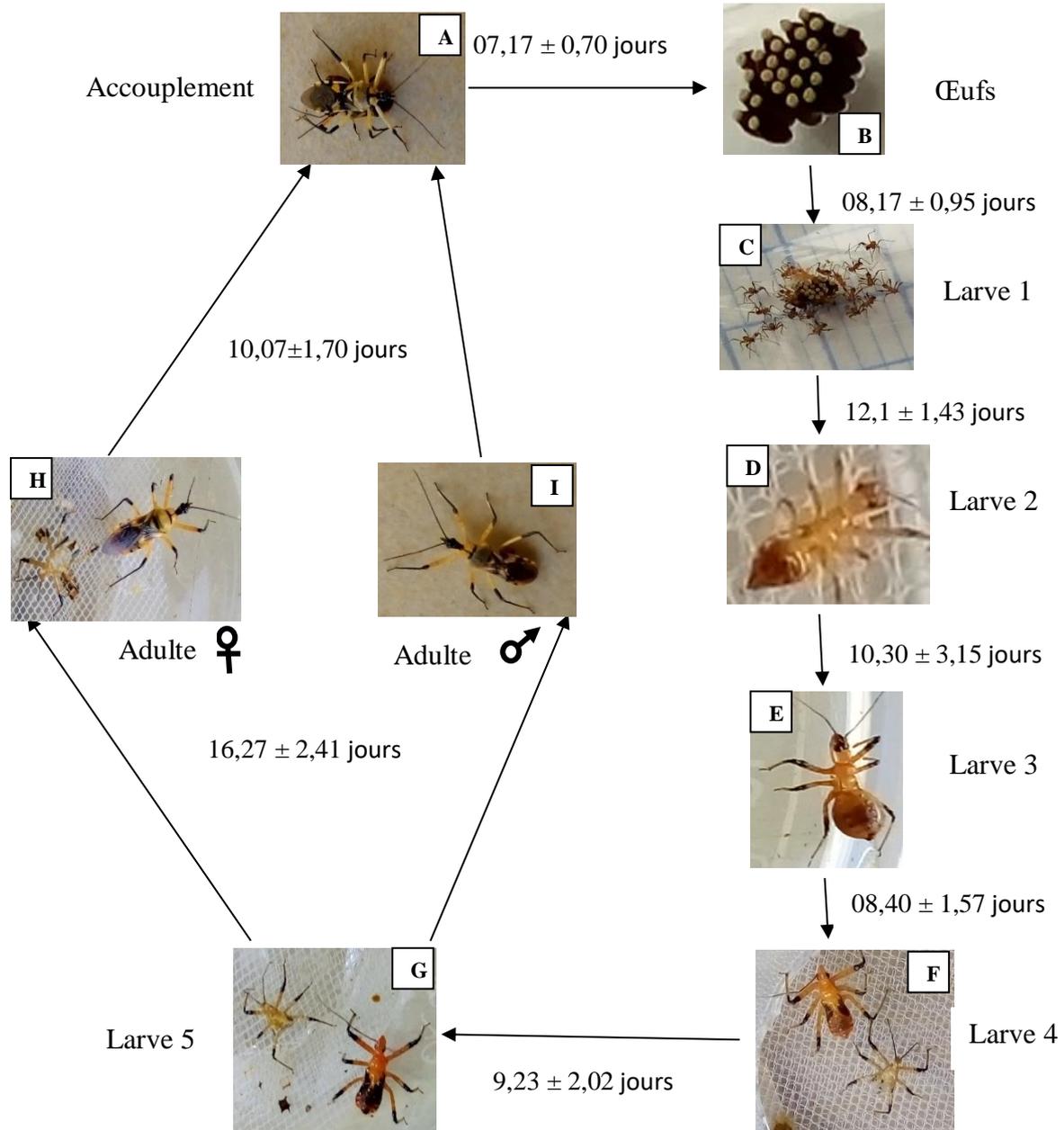
### **3.3.1.8. Effet de la température et de l'hygrométrie sur le développement larvaire de *Rhynocoris rapax***

#### **3.3.1.8.1. Influence de l'hygrométrie**

L'hygrométrie moyenne durant le cycle de développement larvaire est de  $79,69 \pm 4,16$  %. La durée moyenne du développement larvaire est de  $56,30 \pm 4,94$  jours. En revanche, lorsque l'hygrométrie est basse, le cycle durait moins de  $56,30 \pm 4,94$  jours. L'étude de la corrélation entre la durée de développement larvaire et l'hygrométrie des boîtes d'élevage est positive et hautement significative ( $r = 0,82$  ;  $p = 0,0001$ ) (Figure 38).

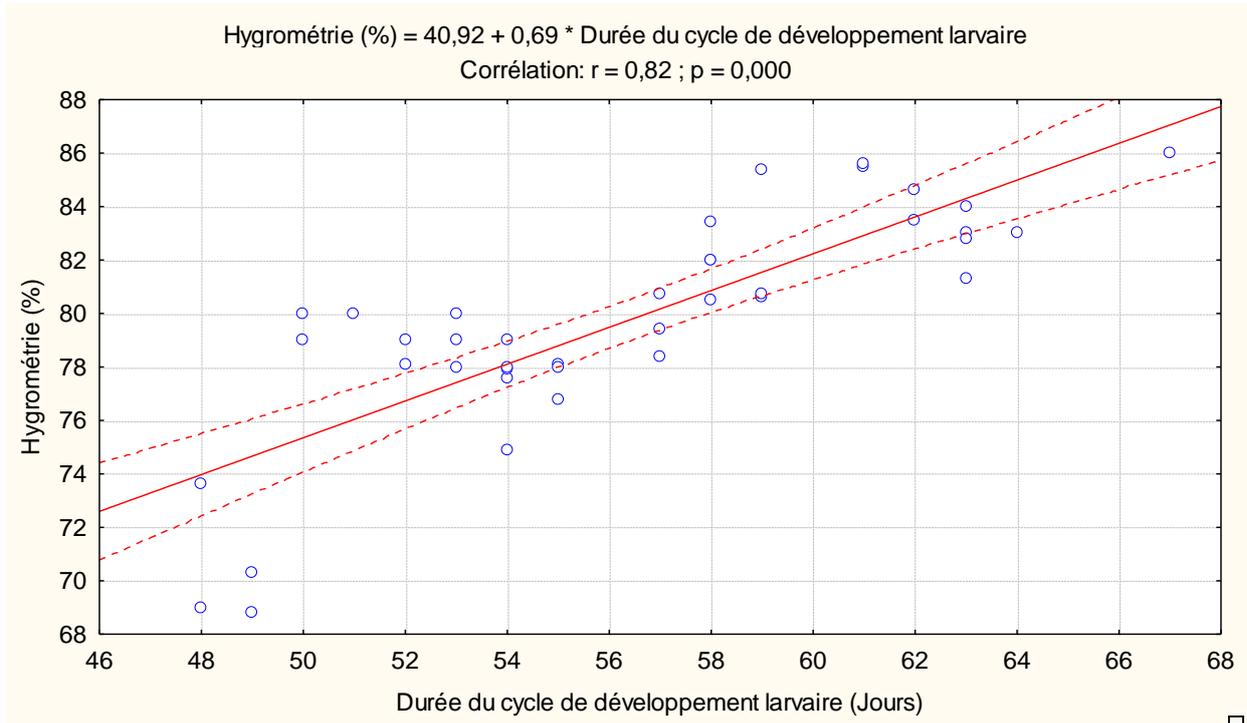
#### **3.3.1.8.2. Influence de la température**

La température moyenne du développement larvaire est de  $26,22 \pm 1,05$  °C. L'étude de l'influence de la température sur la durée du cycle a montré que plus la température est élevée le cycle de développement est court et lorsqu'elle est basse le cycle de développement larvaire est long. La corrélation entre la durée de développement larvaire et la température interne des boîtes d'élevage est négative et hautement significative ( $r = - 0,78$  ;  $p = 0,0001$ ). La durée du cycle de développement diminue quand la température est élevée (Figure 39).

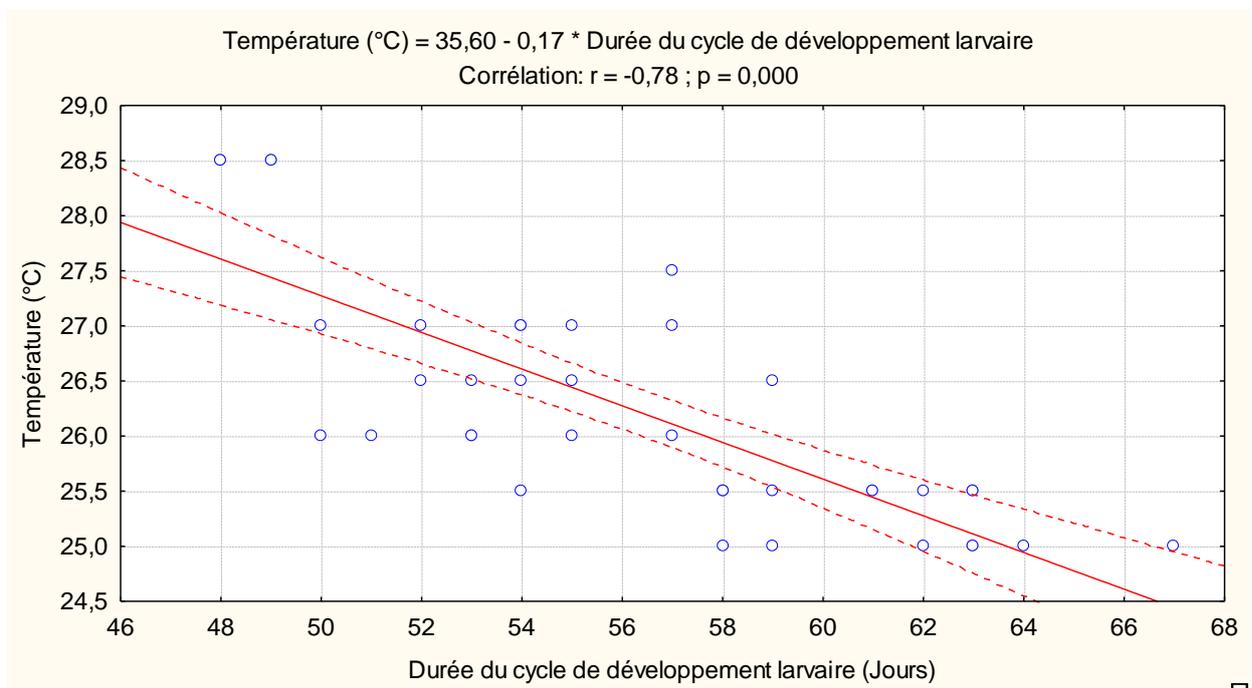


**Figure 37.** Cycle biologique de *Rhynocoris rapax*

A : Accouplement ; B : Œufs ; C : Larve de premier stade ; D : Larve de deuxième stade ; E : Larve de troisième stade ; F : Larve de quatrième stade ; G : Larve de cinquième stade ; H : Adulte femelle ; I : Adulte mâle



**Figure 38.** Corrélation entre l'hygrométrie et la durée du cycle de développement larvaire de *Rhynocoris rapax*



**Figure 39.** Corrélation entre la température et la durée du cycle de développement larvaire de *Rhynocoris rapax*

### 3.3.1.9. Efficacité de la prédation chez *Rhynocoris rapax*

#### 3.3.1.9.1. Technique de prédation de *Rhynocoris rapax*

Les observations du comportement de prédation ont permis de constater que *R. rapax* est très sensible au bruit lorsqu'il est à l'affût pour attendre sa proie. *R. rapax*, approche sa proie, la capture avec ses pattes implante son rostre et injecte sa salive toxique pour la paralyser. Le prédateur passe plusieurs minutes à sucer l'hémolymphe de sa proie. La technique de camouflage est l'une de leur stratégie d'attaque pour surprendre leurs proies.

#### 3.3.1.9.2. Efficacité de la prédation pendant 24 heures chez les larves et les adultes (mâle et femelle) de *Rhynocoris rapax* en fonction de la variation du nombre de *Podagrica decolorata*

##### 3.3.1.9.2.1. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 5 proies

L'analyse de variance sur l'efficacité de la prédation des différents stades larvaires montre une différence très hautement significative ( $F = 238,11$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ) entre les différents stades larvaires et les adultes de *R. rapax*. Une femelle consommait en moyenne  $4,4 \pm 0,62$  adultes de *P. decolorata* en 24 heures alors qu'un mâle en consommait en moyenne  $3,20 \pm 0,41$ . En revanche, le niveau de consommation du quatrième stade larvaire  $2,3 \pm 0,88$  adultes de *P. decolorata* est sensiblement égal à celui du cinquième stade larvaire  $2,43 \pm 0,57$  proies. L'analyse de variance a révélé qu'il n'y pas de différence significative entre les larves de premier stade et de deuxième stade concernant le nombre de proies consommées évalué à  $0,1 \pm 0,31$  proie pour le stade 1 et  $0,33 \pm 0,48$  proie pour le stade 2 (Tableau XVI).

##### 3.3.1.9.2.2. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 10 proies

L'analyse de variance effectuée sur les adultes (mâles et femelles) et les larves de tous les stades de développement auxquels 10 adultes de *P. decolorata* ont été soumis dans la boîte d'élevage a montré une différence très hautement significative au niveau de la prédation ( $F = 134,53$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Une femelle consommait en moyenne  $5,23 \pm 1,01$  adultes de *P. decolorata* en 24 heures sur 10 proies disponibles, alors qu'un mâle consommait en moyenne  $4,27 \pm 0,94$  adultes de la même proie. Le niveau de consommation du mâle est équivalent de celui du cinquième stade de développement larvaire avec une valeur moyenne de  $4,07 \pm 1,34$  adultes de *P. decolorata*. Avec 10 proies disponibles dans la boîte, le stade 5 a été très agressif par rapport aux autres stades larvaires. La consommation par le stade larvaire 1 est de  $0,2 \pm$

0,41 adultes d'altises qui est équivalent de celui du deuxième stade larvaire avec une consommation moyenne de  $0,53 \pm 0,51$  adultes de *P. decolorata*. (Tableau XVI).

#### **3.3.1.9.2.3. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 15 proies**

L'analyse de variance effectuée sur les adultes et les larves de tous les stades de développement auxquels ont été soumis 15 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative entre les stades de développement de *R. rapax* ( $F = 152,68$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Une femelle très agressive, consommait en moyenne  $5,73 \pm 1,36$  adultes de *P. decolorata* en 24 heures. Quant au mâle, il consommait en moyenne  $4,47 \pm 0,97$  adultes de la même proie en 24 heures. Le niveau de consommation du mâle est équivalent de celui du cinquième stade de développement larvaire comme précédemment lorsque 10 proies lui étaient soumises. Le nombre de proies consommées par le stade larvaire 1 est équivalent à celui consommé par le stade larvaire 2 comme lorsqu'ils étaient soumis à 10 proies également (Tableau XVI).

#### **3.3.1.9.2.4. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 20 proies**

L'analyse de variance effectuée sur les cinq stades larvaires et les adultes auxquels ont été soumis 20 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative ( $F = 228,92$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,0001$ ). Le stade de développement le plus agressif est l'adulte femelle qui consomme en moyenne  $6,67 \pm 1,09$  adultes de *P. decolorata* en 24 heures. Le mâle consommait en moyenne  $4,87 \pm 0,73$  adultes d'altises. Le niveau de consommation du mâle est équivalent de celui du cinquième stade de développement larvaire comme les cas précédents lorsqu'ils étaient soumis à 10 proies et 15 proies. Ainsi, le cinquième stade larvaire se présente comme le plus agressif. Le nombre de proies consommées par le stade larvaire 1 est équivalent à celui consommé par le stade larvaire 2 comme lorsqu'ils étaient soumis à 10 et 15 proies (Tableau XVI).

**Tableau XVI.** Nombre de proies ingerées par *Rhynocoris rapax* en 24 heures

Stade de développement du prédateur	Nombre de proies consommées en 24 H			
	5 proies	10 proies	15 proies	20 proies
Larve de premier stade	0,10 ± 0,31e	0,20 ± 0,41e	0,23 ± 0,43e	0,33 ± 0,48e
Larve de deuxième stade	0,33 ± 0,48e	0,53 ± 0,51e	0,63 ± 0,49e	0,70 ± 0,53e
Larve de troisième stade	1,20 ± 0,41d	2,07 ± 0,69d	2,43 ± 0,77d	2,97 ± 0,76d
Larve de quatrième stade	2,30 ± 0,88c	2,77 ± 1,07c	3,17 ± 0,91c	3,50 ± 0,94c
Larve de cinquième stade	2,43 ± 0,57c	4,07 ± 1,34b	4,27 ± 1,01b	4,50 ± 1,01b
Adulte mâle	3,20 ± 0,41b	4,27 ± 0,94b	4,47 ± 0,97b	4,87 ± 0,73b
Adulte femelle	4,40 ± 0,62a	5,23 ± 1,01a	5,73 ± 1,36a	6,67 ± 1,09a
<b>p</b>	0,001	0,001	0,001	0,0001
<b>F</b>	238,11	134,53	152,68	228,92

\* Les valeurs de la même colonne suivie par des lettres différentes sont significatives les unes des autres au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher).

### 3.3.1.9.3. Efficacité de la prédation pendant 48 heures des différents stades larvaires de *Rhynocoris rapax* en fonction de la variation du nombre de *Podagrica decolorata*

#### 3.3.1.9.3.1. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 5 proies

L'analyse de variance sur l'efficacité de la prédation des différents stades larvaires et des adultes (femelles et des mâles) auxquels ont été soumis cinq adultes de *P. decolorata* pendant 48 heures révèle une différence très hautement significative ( $F = 198,73$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Les nombres de proies consommées par les troisièmes stades et quatrième stade larvaires sont équivalents. Au niveau de l'agressivité des femelles, 48 heures après leur isolement avec *P. decolorata*, une femelle se nourrissait en moyenne avec  $4,80 \pm 0,41$  proies contrairement au mâle qui n'en consommait que  $3,67 \pm 0,66$ . Les femelles ont consommé presque les cinq altises. Parmi les larves, sauf celles de cinquième stade sont plus agressives que les adultes mâles (Tableau XVII).

#### 3.3.1.9.3.2. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 10 proies

L'analyse de variance effectuée sur les adultes (mâles et femelles) et les larves de tous les stades de développement auxquels ont été soumis 10 adultes de *P. decolorata* dans la boîte d'élevage a montré une différence très hautement significative entre les individus des différents stades de développement ( $F = 160,52$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Une femelle consommait en moyenne  $6,07 \pm 0,94$  adultes de *P. decolorata* en 48 heures alors qu'un mâle consommait en

moyenne  $4,93 \pm 0,87$  adultes de la même proie. Concernant les différents stades larvaires, le test LSD de Fisher a montré que les nombres de proies consommées par les larves de troisième stade et celles de quatrième stade larvaire sont équivalents. Le nombre de proies consommées par les larves de stade 5 est l'équivalent de celui des adultes mâles de *R. rapax*. Le cinquième stade larvaire est le plus agressif des différents stades larvaires (Tableau XVII).

#### **3.3.1.9.3.3. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 15 proies**

L'analyse de variance effectuée sur les adultes et les larves de tous les stades de développement auxquels ont été soumis 15 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative entre les différents stades de développement de *R. rapax* ( $F = 152,51$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Une femelle consommait en moyenne  $6,83 \pm 1,29$  adultes de *P. decolorata* en 48 heures. Quant au mâle, il consommait en moyenne  $5,83 \pm 1,02$  adultes de la même proie. Le niveau de consommation du troisième stade larvaire est équivalent de celui du quatrième stade larvaire avec respectivement des consommations moyennes de  $3,97 \pm 0,93$  et  $4,30 \pm 0,75$  adultes de *P. decolorata*. A 15 proies, le stade larvaire 5 est le plus efficace en prédation parmi les différents stades larvaires (Tableau XVII).

#### **3.3.1.9.3.4. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 20 proies**

Une femelle consommait en moyenne  $8,47 \pm 1,87$  adultes de *P. decolorata* en 48 heures. Quant au mâle, il consommait en moyenne  $6,63 \pm 1,33$  adultes de la même proie. Le nombre de proies des larves de troisième stade a presque doublé par rapport à sa valeur initiale avec  $4,50 \pm 0,82$  proies. D'une manière générale, le nombre de proies consommées par les individus de chaque stade de développement de *R. rapax* augmente avec la taille de proies disponibles. En revanche, l'agressivité des larves de premier stade diminuait quand le nombre de proies passe à 20. L'analyse de variance effectuée sur les adultes (mâles et femelles) et les larves de tous les stades de développement auxquels ont été soumis 20 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative entre tous les individus de tous les stades de développement ( $F = 148,33$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ) (Tableau XVII).

**Tableau XVII.** Nombre de proies ingerées par *Rhynocoris rapax* en 48 heures

Stade de développement du prédateur ( <i>R. rapax</i> )	Nombre de proies ( <i>P. decolorata</i> ) consommées en 48 H			
	5 proies	10 proies	15 proies	20 proies
Larve de premier stade	0,63 ± 0,49f	0,60 ± 0,50e	0,93 ± 0,25f	0,60 ± 0,50f
Larve de deuxième stade	1,43 ± 0,50e	2,03 ± 0,49d	2,07 ± 0,69e	2,13 ± 0,78e
Larve de troisième stade	2,70 ± 0,53d	3,43 ± 0,97c	3,97 ± 0,93d	4,50 ± 0,82d
Larve de quatrième stade	2,96 ± 0,56d	3,77 ± 0,82c	4,30 ± 0,75d	4,63 ± 0,96d
Larve de cinquième stade	4,00 ± 0,74c	4,80 ± 0,89b	5,23 ± 1,14c	5,70 ± 1,51c
Adulte mâle	3,67 ± 0,66b	4,93 ± 0,87b	5,83 ± 1,02b	6,63 ± 1,33b
Adulte femelle	4,80 ± 0,41a	6,07 ± 0,94a	6,83 ± 1,29a	8,47 ± 1,87a
<b>p</b>	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>F</b>	198,73	160,52	152,51	148,33

\* Les valeurs de la même colonne suivie par des lettres différentes sont significatives les unes des autres au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher).

### 3.3.2. Bioécologie de *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.3.2.1. Dimorphisme sexuel chez *Rhynocoris albopilosus*

Le dimorphisme sexuel chez *R. albopilosus* a été étudié sur la base de quelques paramètres qui sont : la morphologie externe et le dernier segment abdominal (Figure 40).

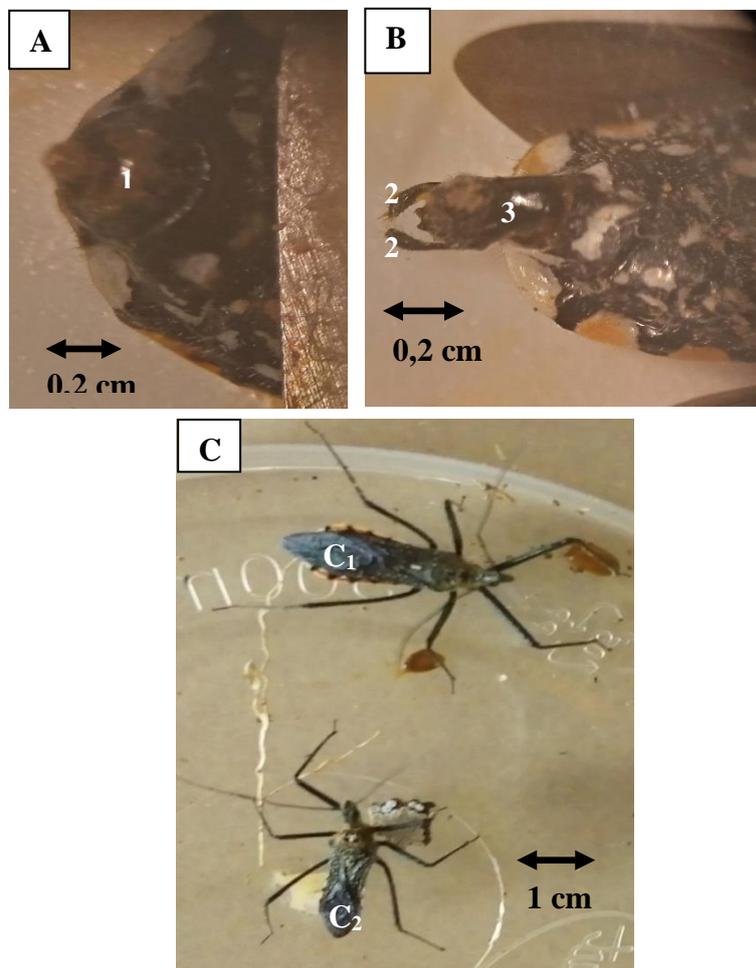
##### 3.3.2.1.1. Dernier segment abdominal

L'apex de l'abdomen de la femelle est arrondi en vue ventrale et dorsale. Chez le mâle, la pression du dernier segment abdominal met en saillie les valves génitales qui sont longues et renflées à l'apex. Le pygophore est prolongé en une apophyse plane bidentée en dessous (Figure 40).

##### 3.3.2.1.2. Morphologie externe

Les adultes de cette espèce sont noirs avec des pubescences blanches. La morphologie générale du corps est constituée de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. La tête porte une paire d'antennes, de gros yeux saillants et le rostre qui a une forme arquée constitué de trois articles dont le troisième est le plus court. Le rostre est un organe de défense et de prédation. Le thorax se subdivise en trois parties qui sont : le pronotum, le mesonotum et le metanotum. Sur le scutellum se trouve une bande longitudinale de couleur blanchâtre. Le thorax porte les

trois paires de pattes. Chaque patte se subdivise en trois parties qui sont : le fémur, le tibia et les tarsi. L'abdomen se subdivise en neuf segments abdominaux. Le Connexivum avait une coloration jaune orangée. L'abdomen est noir avec deux grandes taches par segment. De façon générale la femelle de *R. albopilosus* est plus grande que le mâle (Figure 40). L'étude des paramètres morphométriques chez le mâle et chez la femelle a montré des différences significatives entre eux. Les mesures des paramètres morphologiques considérés chez 30 individus mâles et 30 individus femelles de *R. albopilosus* ont donné des résultats qui permettent de faire une nette comparaison entre les deux sexes. Le test *t* de Student a permis d'établir différents niveaux de significativité (Tableau XVII). L'analyse statistique des mesures pour tous les paramètres morphométriques étudié entre la femelle et le mâle de *R. albopilosus* a révélé un niveau très hautement significatif ( $p = 0,001$ ).



**Figure 40.** Dimorphisme sexuel chez les adultes de *Rhynocoris albopilosus* (vue ventrale et vue dorsale)

A : Vue ventrale de la femelle (1 : dernier segment abdominal à bord arrondi) ; B : Vue ventrale du mâle (2 : valves génitales et 3 : apophyse) ; C1 : Vue dorsale de la femelle et C2 : Vue dorsale du mâle

**Tableau XVIII.** Paramètres morphologiques mesurés chez des mâles et des femelles de *Rhynocoris albopilosus*

Paramètres morphométriques	Moyenne (mm) ± Ecart-type		p	Signification
	Mâles	Femelles		
Longueur du corps	12,65 ± 0,96a	14,44 ± 1,05b	< 0,001	***
Longueur du rostre	3,3 ± 0,40a	3,68 ± 0,36b	< 0,001	***
Longueur des antennes	12,63 ± 0,98a	13,88 ± 0,93b	< 0,001	***
Longueur de la tête	2,45 ± 0,38a	2,86 ± 0,53b	< 0,001	***
Largeur de la tête	1,16 ± 0,10a	1,36 ± 0,13b	< 0,001	***
Longueur de l'abdomen	6,24 ± 0,51a	8,21 ± 0,67b	< 0,001	***
Largeur de l'abdomen	3,70 ± 0,36a	4,84 ± 0,48b	< 0,001	***
Longueur du profemur	4,69 ± 0,31a	5,61 ± 0,44b	< 0,001	***
Longueur du protibia	5,30 ± 0,32a	5,82 ± 0,40b	< 0,001	***
Longueur du protarse	1,11 ± 0,16a	1,29 ± 0,12b	< 0,001	***
Longueur du mesofemur	4,32 ± 0,27a	5,19 ± 0,39a	< 0,001	***
Longueur du mesotibia	4,90 ± 0,36a	5,23 ± 0,47b	< 0,01	**
Longueur du mesotarse	0,92 ± 0,10a	1,14 ± 0,10a	< 0,001	***
Longueur du metafemur	5,29 ± 0,24a	6,81 ± 0,63b	< 0,001	***
Longueur du metatibia	5,65 ± 0,31a	6,99 ± 0,61b	< 0,001	***
Longueur du metatarse	1,10 ± 0,09a	1,31 ± 0,14b	< 0,001	***
Longueur du pronotum	2,43 ± 0,21a	3,03 ± 0,18b	< 0,001	***
Largeur du pronotum	2,44 ± 0,20a	3,00 ± 0,23b	< 0,001	***

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif ; sur une même ligne les chiffres ne comportant pas les mêmes lettres sont significativement différents au seuil de 5 % (Test *t* de Student).

### 3.3.2.2. Accouplement chez *Rhynocoris albopilosus*

Le mâle de *R. albopilosus* est excité dès qu'il aperçoit une femelle de la même espèce. Le mâle qui sort de la mue imaginale commence sa parade nuptiale par le rapprochement. Il touche la femelle avec ses antennes et monte sur le dos de la femelle par ses pattes antérieures. Une fois que le mâle est sur le dos de sa partenaire, il la presse avec ses pattes et les deux partenaires sexuels peuvent rester dans cette position de chevauchement immobile pendant quelques minutes. Les comportements qui précèdent la copulation sont l'approche, le chevauchement, la sortie des organes génitaux et la copulation (Figure 41).



**Figure 41.** Accouplement entre un mâle et une femelle de *Rhynocoris albopilosus*

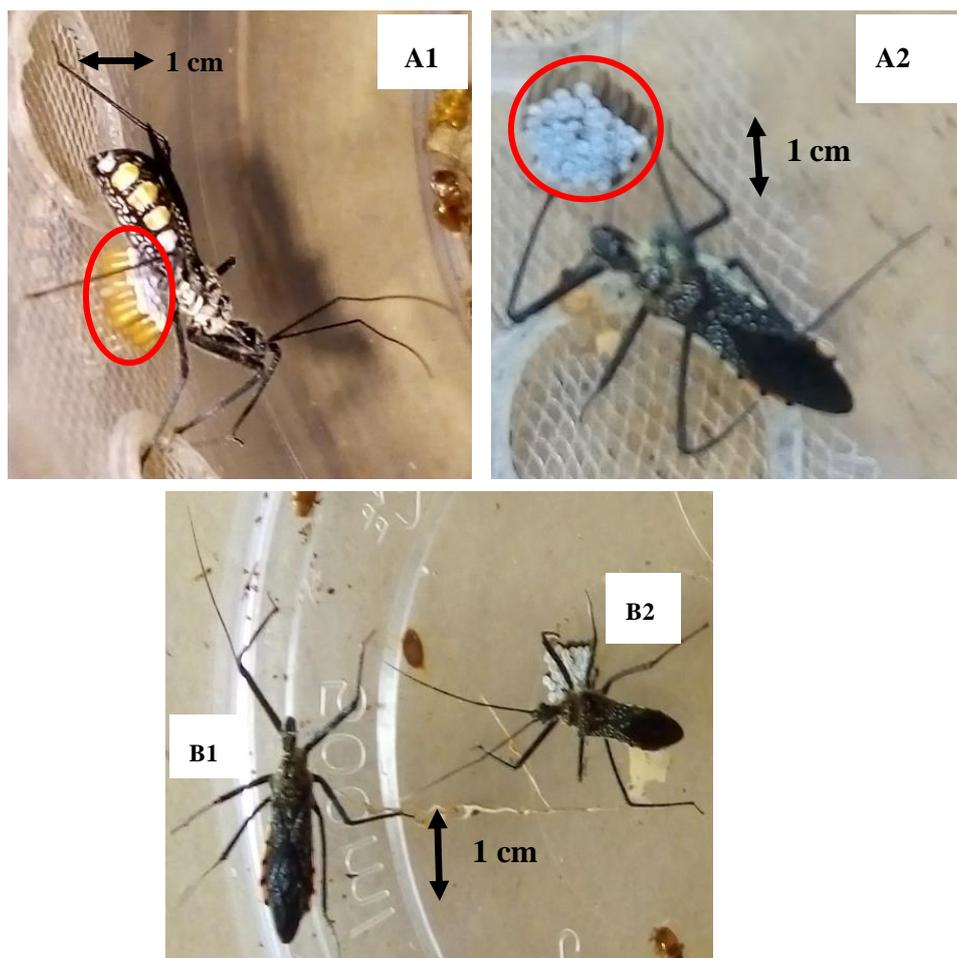
### 3.3.2.3. Œufs de *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.3.2.3.1. Description des œufs de *Rhynocoris albopilosus*

Les femelles *R. albopilosus* ont pondu des œufs par lots sur le fond, sur le toit, les côtés internes des boîtes d'élevage et sur la toile de mousseline. Chaque œuf était collé verticalement au substrat. Les œufs de *R. albopilosus* sont de couleur jaune-orangée (Figure 42 A1) lorsqu'ils sont nouvellement pondus. Ils changent de couleur quand ils sont embryonnés et passent à la couleur brun-sombre (Figure 42 A2). Ces œufs sont fixés les uns aux autres grâce à une substance collante (la glu) sécrétée par la femelle. Les œufs sont ainsi groupés en amas et forment une grappe (Figure 42 A1 et 42 A2). Ils sont recouverts d'un opercule blanc chacun qui s'ouvre pour permettre la sortie des larves à l'éclosion.

#### 3.3.2.3.2. Taille des œufs de *Rhynocoris albopilosus*

L'étude de la taille des œufs de *R. albopilosus* a porté sur deux paramètres qui sont la longueur et la largeur. Pour cette étude l'échantillon considéré avait une taille de 60 œufs. L'étude a révélé une longueur moyenne de  $2,01 \pm 0,07$  mm alors que la largeur mesurait en moyenne  $0,97 \pm 0,11$  mm. L'analyse de variance révèle une différence hautement significative entre la longueur et la largeur des œufs ( $p = 0,001$ ).



**Figure 42.** Description des œufs de *Rhynocoris albopilosus*

A<sub>1</sub> : Œufs nouvellement pondus ; A<sub>2</sub> : Œufs embryonnés ; B<sub>1</sub> : La femelle et B<sub>2</sub> : Le mâle surveillant les œufs pondus par la femelle

### 3.3.2.3.3. Nombre d'œufs pondus par femelle de *Rhynocoris albopilosus*

Une femelle de *R. albopilosus* pond en moyenne  $8,24 \pm 15,06$  œufs par couvée. L'analyse de variance a indiqué une différence très hautement significative ( $p = 0,001$ ) entre les femelles par rapport au nombre d'œufs pondus.

### 3.3.2.3.4. Taux de fertilité et durée d'incubation de *Rhynocoris albopilosus*

Le taux moyen de fertilité des œufs est de  $82,58 \pm 9,48$  % en milieu semi naturel. La durée moyenne d'incubation des œufs a été estimée à  $9,13 \pm 0,86$  jours. Ces paramètres ont été obtenus avec une température moyenne de  $25,02 \pm 0,97$  °C et une hygrométrie moyenne de  $74,48 \pm 3,31$  %.

### 3.3.2.4. Larves de *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.3.2.4.1. Description des larves de *Rhynocoris albopilosus*

Au terme du développement larvaire de *R. albopilosus*, cinq stades larvaires ont été déterminés : les larves de premier stade (L1), les larves de deuxième stade (L2), les larves de troisième stade (L3), les larves de quatrième stade (L4) et enfin, les larves de cinquième stade (L5). Le passage d'un stade larvaire à un autre se fait par le rejet d'une exuvie. Les larves de *R. albopilosus* ont généralement une forme arquée (Figure 43).

Les larves de premier stade de *R. albopilosus* sont celles qui sont issues de l'éclosion des œufs. Ces larves ont été isolées dans des boîtes de 100 ml dès l'éclosion pour un suivi régulier jusqu'à l'émergence des adultes. Tous les jours chaque larve est nourrie par 4 adultes de *P. decolorata* physiquement affaiblis pour faciliter la prédation. Les larves de stade 1 ont une coloration brune et sombre lorsqu'elles sont observées à l'œil nu. La longueur moyenne du corps des larves de ce stade est  $2,96 \pm 0,33$  mm (Figure 43 A). Les larves de *R. albopilosus* sont de petite taille à l'éclosion avec un corps allongé. La tête est munie de deux gros yeux, et d'un rostre. À ce stade, les larves semblent dépourvues d'abdomen à l'œil nu (Tableau XIX).

Les larves de deuxième stade ont été obtenues après que les larves de premier stade ont fait leurs mues. L'exuvie issue de la mue est observable à l'œil nu dans la boîte où est isolée la larve. Toutes les mues n'ont pas eu lieu au même moment. Juste après la mue, la larve L2 ressemble à la larve L1 (Figure 43 B). Quelques jours après la mue, le stade L2 présente une forme générale beaucoup plus claire que celle du stade L1. C'est aussi à ce stade qu'on remarque le développement du rostre, de l'abdomen par rapport au premier stade. Ils mesurent en moyenne  $3,98 \pm 0,28$  mm (Tableau XIX).

Le rejet de l'exuvie des larves de deuxième stade permet de passer au stade 3. A ce stade de développement larvaire, les ébauches alaires sont bien visibles sur les bords du mesonotum. L'abdomen devient volumineux avec un sillon dorso-ventral blanc plus ou moins visible (Figure 43 C). Les rostres et les pattes des individus de ce stade sont assez développés pour leur permettre de maîtriser facilement les adultes de *P. decolorata*. La longueur moyenne du corps des individus de ce stade larvaire est de  $5,24 \pm 0,42$  mm (Tableau XIX).

La troisième mue des larves de *R. albopilosus* permet aux larves de stade 3 de passer au quatrième stade larvaire. Ce stade est caractérisé par un développement général du corps de l'insecte. Le corps est de coloration noire avec une ébauche alaire bien visible à l'œil nu et un sillon de couleur blanchâtre sur la partie dorsale bien visible par rapport au stade précédent (Figure 43 D). La longueur moyenne du corps est de  $8,02 \pm 0,37$  mm (Tableau XIX).

Les larves de quatrième stade rejettent leurs exuvies pour passer au stade 5. Les individus de ce stade présentent généralement une couleur noire (Figure 43 E et F). Ce stade de développement se distingue des autres stades par l'habileté dans la prédation des adultes de *P. decolorata*. Au niveau de la morphologie générale, toutes les parties du corps augmentent de taille. Les larves de ce stade sont caractérisées par leur forme arquée avec un abdomen moins volumineux que celui du stade précédent quelques heures après la mue. L'abdomen augmente légèrement de volume quand la larve tend vers la mue imaginale. Ainsi, les individus du stade 5 mesurent en moyenne  $10,38 \pm 0,31$  mm. Le stade cinq est le dernier stade de développement larvaire. Après ce stade, la larve fait la dernière mue pour passer au stade adulte (Figure 43 G) et (Tableau XIX).

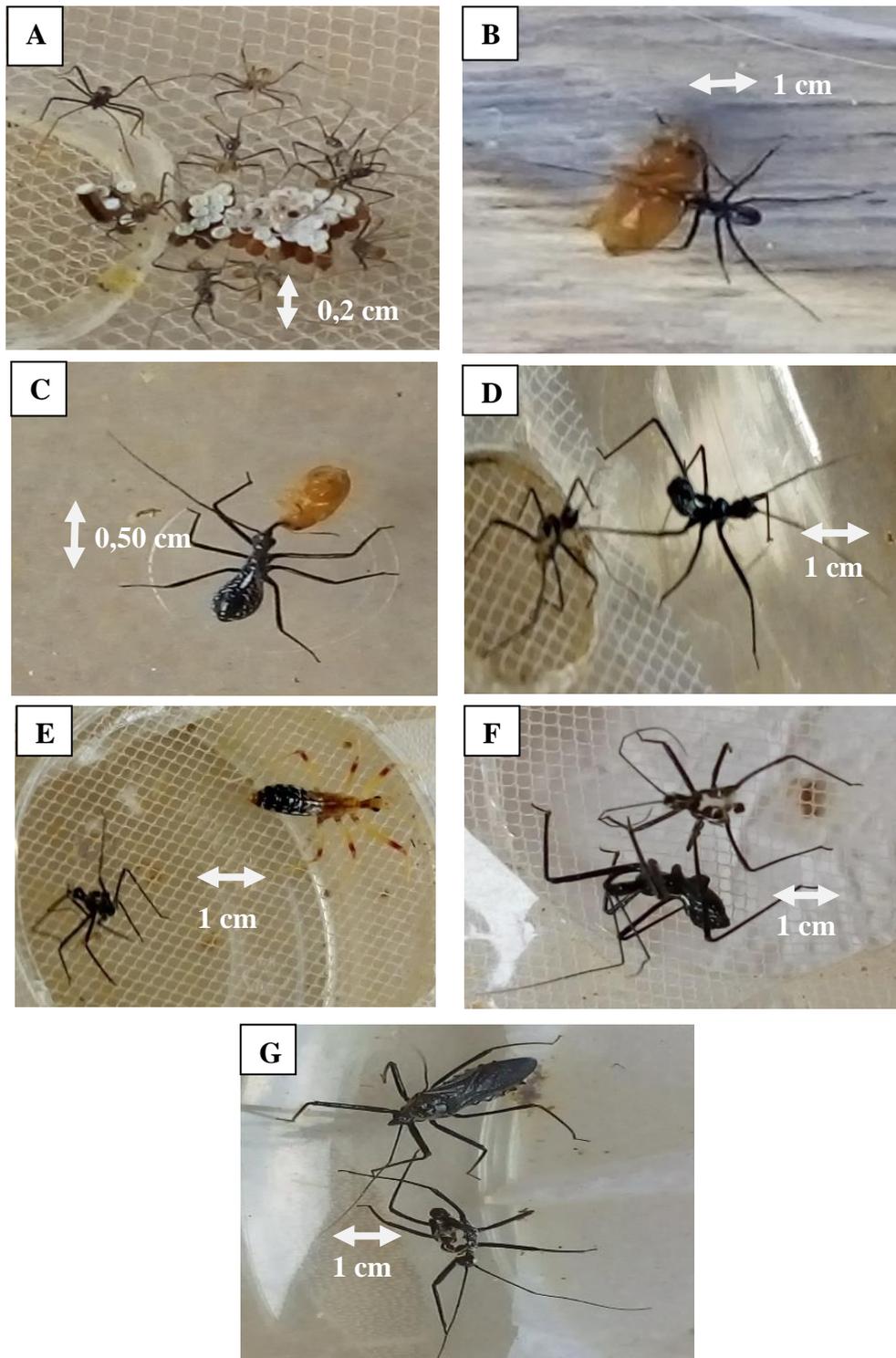
#### **3.3.2.4.2. Durée de développement et taux de survie des différents stades larvaires de *Rhynocoris albopilosus***

##### **3.3.2.4.2.1. Durée de développement des différents stades larvaires de *Rhynocoris albopilosus***

La durée de développement larvaire a été étudiée en isolant 40 larves dans des boîtes dès éclosion. Ces larves ont été suivies jusqu'à la mue imaginale. L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative entre les différents stades de développement larvaire ( $p = 0,001$ ). Le test LSD de Fischer a permis de définir trois groupes homogènes. Les durées de développement des larves L1, L3 et L4 n'ont pas été statistiquement différentes. Le stade larvaire qui a eu la plus courte durée de développement était le stade II avec  $8,5 \pm 1,71$  jours (le second groupe homogène). Le stade larvaire qui a eu la plus longue durée de développement larvaire était le stade 5 (troisième groupe homogène) avec  $17,60 \pm 2,37$  jours (Tableau XX).

##### **3.3.2.4.2.2. Taux de survie larvaire de *Rhynocoris albopilosus***

L'analyse de variance a montré des différences très hautement significatives entre les taux de survie enregistrés aux différents stades de développement larvaire ( $p = 0,001$ ). Le test LSD de Fischer a permis de définir trois groupes homogènes. Ce sont d'abord, les larves de premier stade avec un taux de survie qui s'évalue à  $82,11 \pm 11,20$  % et ensuite, les larves de deuxième et troisième stades non différentes statistiquement avec des taux de survie respectifs qui s'élevaient à  $87,24 \pm 7,13$  % et  $90,73 \pm 7,55$  %. Enfin, les larves de quatrième et cinquième stades non différentes statistiquement constituent le troisième groupe avec des taux de survie respectifs de  $94,81 \pm 2,69$  % et  $95,77 \pm 2,42$  % (Tableau XX).



**Figure 43.** Différents stades de développement larvaire de *Rhynocoris albopilosus* jusqu'à l'émergence adulte

A : Larve de premier stade (L1) ; B : Larve de deuxième stade (L2) ; C : Larve de troisième stade (L3) ; D : Larve de quatrième stade (L4) ; E : Larve de cinquième stade (L5) (quelques minutes après la mue) ; F : Larve de cinquième stade (quelques heures après la mue) et G : stade imago (quelques heures après la mue imaginale)

**Tableau XIX.** Paramètres morphométriques mesurés des différents stades larvaires de *Rhynocoris albopilosus*

Paramètres morphométriques considérés	Moyenne (mm) ± Ecart-type						
	Larve 1	Larve 2	Larve 3	Larve 4	Larve 5	F	p
Longueur du corps	2,96 ± 0,33e	3,98 ± 0,28d	5,24 ± 0,42c	8,02 ± 0,37b	10,38 ± 0,31a	2310,31	< 0,001
Longueur du rostre	0,80 ± 0,09e	1,10 ± 0,19d	1,82 ± 0,15c	2,48 ± 0,17b	3,10 ± 0,29a	781,18	< 0,001
Longueur des antennes	3,06 ± 0,35e	4,15 ± 0,22d	5,80 ± 0,67c	8,61 ± 0,40b	10,99 ± 0,32a	1813,21	< 0,001
Longueur de la tête	0,88 ± 0,04e	1,23 ± 0,15d	1,68 ± 0,16c	1,89 ± 0,17b	2,24 ± 0,19a	384,02	< 0,001
largeur de la tête	0,51 ± 0,05e	0,67 ± 0,07d	0,91 ± 0,17c	0,97 ± 0,12b	1,08 ± 0,14a	118,48	< 0,001
Longueur de l'abdomen	1,51 ± 0,09e	2,11 ± 0,16d	3 ± 0,22c	4,63 ± 0,33b	5,07 ± 0,21a	1525,69	< 0,001
largeur de l'abdomen	1,4 ± 0,07e	1,47 ± 0,08d	1,86 ± 0,13c	2,4 ± 0,26b	3,52 ± 0,36a	512,17	< 0,001
Longueur du profemur	1,33 ± 0,08e	1,63 ± 0,12d	2,53 ± 0,17c	3,53 ± 0,17b	4,81 ± 0,42a	1191,45	< 0,001
Longueur du protibia	1,46 ± 0,11e	1,77 ± 0,09d	2,21 ± 0,13c	3,12 ± 0,13b	4,05 ± 0,26a	1109,97	< 0,001
Longueur du protarse	0,37 ± 0,10d	0,40 ± 0,08d	0,66 ± 0,10c	0,82 ± 0,07b	0,98 ± 0,18a	166,39	< 0,001
Longueur du mesofemur	1,17 ± 0,11e	1,48 ± 0,14d	2,44 ± 0,10c	3,15 ± 0,26b	4,30 ± 0,25a	1388,90	< 0,001
Longueur du mesotibia	1,46 ± 0,08e	1,72 ± 0,13d	2,64 ± 0,09c	3,41 ± 0,14b	4,94 ± 0,15a	4057,54	< 0,001
Longueur du mesotarse	0,38 ± 0,09d	0,40 ± 0,08d	0,65 ± 0,11c	0,79 ± 0,08b	1,04 ± 0,13a	229,72	< 0,001
Longueur du metafemur	1,38 ± 0,10e	1,83 ± 0,16d	3,03 ± 0,16c	3,97 ± 0,18b	5,15 ± 0,23a	2424,16	< 0,001
Longueur du metatibia	1,80 ± 0,18e	2,41 ± 0,13d	3,46 ± 0,09c	4,42 ± 0,17b	5,99 ± 0,18a	3421,04	< 0,001
Longueur du metatarse	0,38 ± 0,08d	0,41 ± 0,08d	0,69 ± 0,08c	0,88 ± 0,16b	01,09 ± 0,19a	170,26	< 0,001
Longueur du pronotum	0,32 ± 0,07e	0,36 ± 0,07d	0,61 ± 0,09c	0,88 ± 0,09b	1,20a	791,06	< 0,001
largeur du pronotum	0,42 ± 0,09e	0,53 ± 0,13d	0,85 ± 0,08c	1,21 ± 0,10b	1,64 ± 0,10a	731,18	< 0,001

\*Les moyennes d'une même ligne avec la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test LSD de Fisher au seuil de 5 %)

**Tableau XX.** Durée moyenne de développement et taux de survie larvaire de *Rhynocoris albopilosus*

Stades larvaires	Durée moyenne de développement en jours	Taux de survie larvaire (%)
Larve 1	10,07 ± 1,46b	82,11 ± 11,20c
Larve 2	08,50 ± 1,71c	87,24 ± 07,13b
Larve 3	09,65 ± 1,59b	90,73 ± 07,55b
Larve 4	09,97 ± 1,00b	94,81 ± 02,69a
Larve 5	17,60 ± 2,37a	95,77 ± 02,42a
<b>p</b>	0,001	0,0001
<b>F</b>	187,85	19,30

\* Les valeurs de la même colonne suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement les unes des autres (Test LSD de Fisher au seuil de 5 %).

#### 3.3.2.4.3. Sex-ratio de *Rhynocoris albopilosus*

Le sex-ratio (SR) est le rapport du nombre de mâles sur le nombre de femelles. Il est déterminé au terme du développement larvaire. Après la mue imaginale, le sexe de chaque individu qui a évolué en adulte est déterminé. Ainsi, pour l'espèce *R. albopilosus* le nombre moyen de femelles ayant émergé est de  $18,90 \pm 4,83$ . Le nombre de mâles qui ont émergé est  $16,63 \pm 3,78$ . Ce qui donne un sex-ratio de 0,90 en faveur des femelles. L'analyse de variance a montré une différence très hautement significative entre le nombre de mâles et de femelles ( $p = 0,001$ ).

#### 3.3.2.5. Pré-copulation et pré-oviposition des femelles de *Rhynocoris albopilosus*

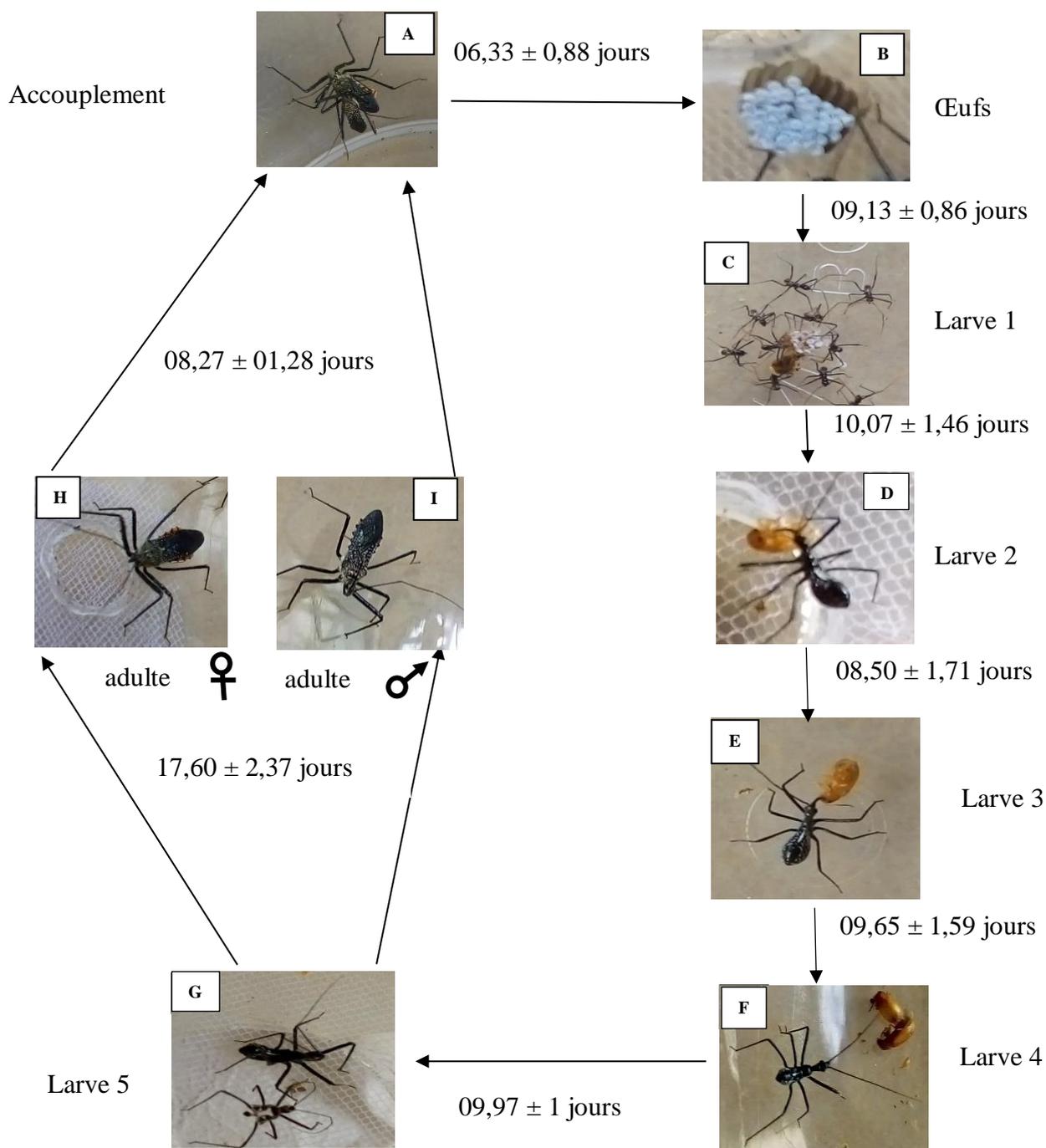
La période moyenne de pré-copulation a été de  $08,27 \pm 1,28$  jours après la mue imaginale. Après l'accouplement, la période moyenne de pré-oviposition a été évaluée à  $06,33 \pm 0,88$  jours.

#### 3.3.2.6. Longévité des adultes de *Rhynocoris albopilosus*

La longévité des adultes se définit comme étant le temps compris entre la date d'émergence de l'adulte et celle de sa mort. Les femelles de *R. albopilosus* ont vécu en moyenne  $96,47 \pm 8,04$  jours et les mâles ont vécu en moyenne  $84,57 \pm 10,10$  jours. L'analyse de variance a montré des différences très hautement significatives avec  $p = 0,001$ . Donc les femelles ont une durée de vie plus longue que les mâles.

### 3.3.2.7. Cycle biologique de *Rhynocoris albopilosus*

Le cycle biologique de *R. albopilosus* comprend les principaux stades de développement qui sont : le stade œuf, le stade larvaire et le stade adulte. Le cycle débute par l'accouplement entre un mâle et une femelle. La période entre la mue imaginale et le premier accouplement d'une femelle est appelée période de précopulation. Cette période dure en moyenne  $8,27 \pm 1,28$  jours. Au bout de quelques jours, la femelle pond des œufs après l'accouplement. La période qui sépare la date d'accouplement de la ponte de la femelle est appelée période de préoviposition et elle dure en moyenne  $6,33 \pm 0,88$  jours. Les œufs ainsi pondus sont incubés pendant  $9,13 \pm 0,86$  jours en moyenne avant d'éclore. Les larves obtenues après éclosion sont appelées larves de stade 1 qui dure en moyenne  $10,07 \pm 1,46$  jours avant de passer au stade 2 après le rejet de l'exosquelette. Le stade 2 dure à son tour  $8,50 \pm 1,71$  jours en moyenne et passe au stade 3 après rejet de l'exuvie. Le stade 3 dure en moyenne  $9,65 \pm 1,59$  jours. Le stade 4 quant à lui dure  $9,97 \pm 1$  jours. Enfin, le stade 5 qui dure en moyenne  $17,60 \pm 2,37$  jours est le dernier stade de développement larvaire qui après la mue imaginale passe au stade imago. Les adultes mâles et femelles nouvellement sortis de la mue imaginale s'accouplent à leur tour et le cycle recommence. Le cycle de *R. albopilosus* a duré en moyenne  $79,52 \pm 11,17$  jours (Figure 44).



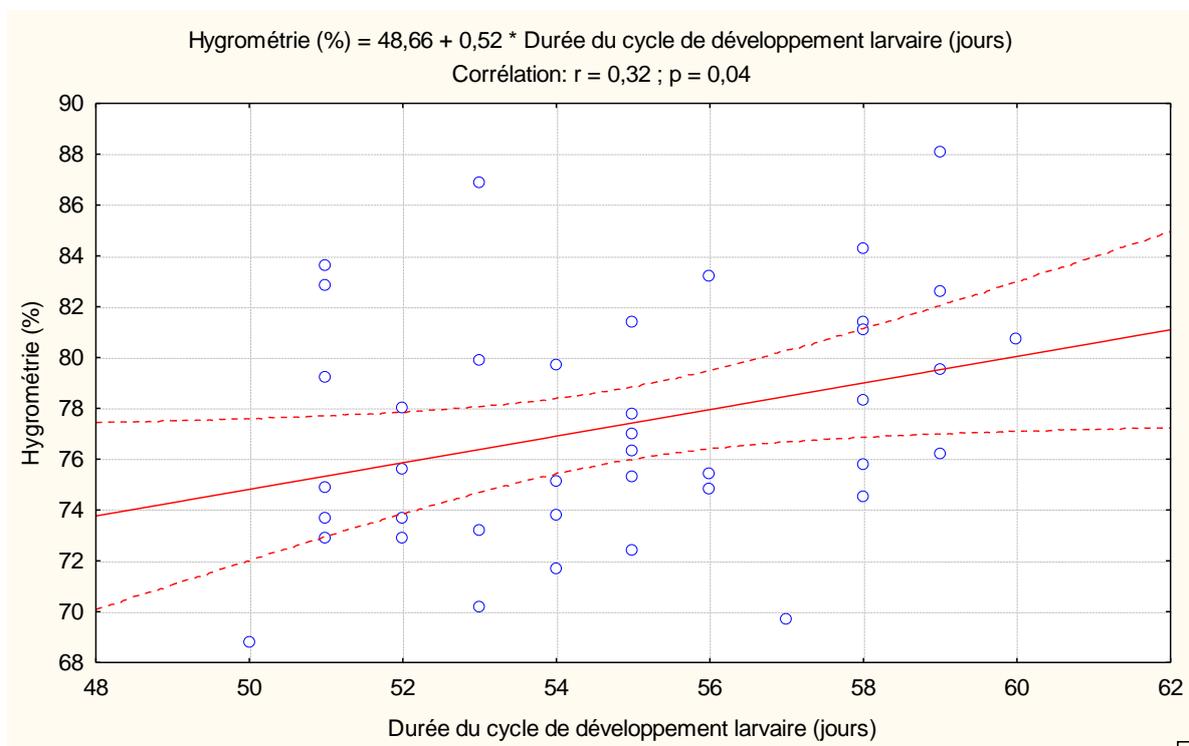
**Figure 44.** Cycle biologique de *Rhynocoris albopilosus*

A : Accouplement ; B : Œufs ; C : Larve de premier stade ; D : Larve de deuxième stade ; E : Larve de troisième stade ; F : Larve de quatrième stade ; G : Larve de cinquième stade ; H : Adulte femelle et I : Adulte mâle

### 3.3.2.8. Effet de la température et de l'hygrométrie sur le développement larvaire de *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.3.2.8.1. Influence de l'hygrométrie

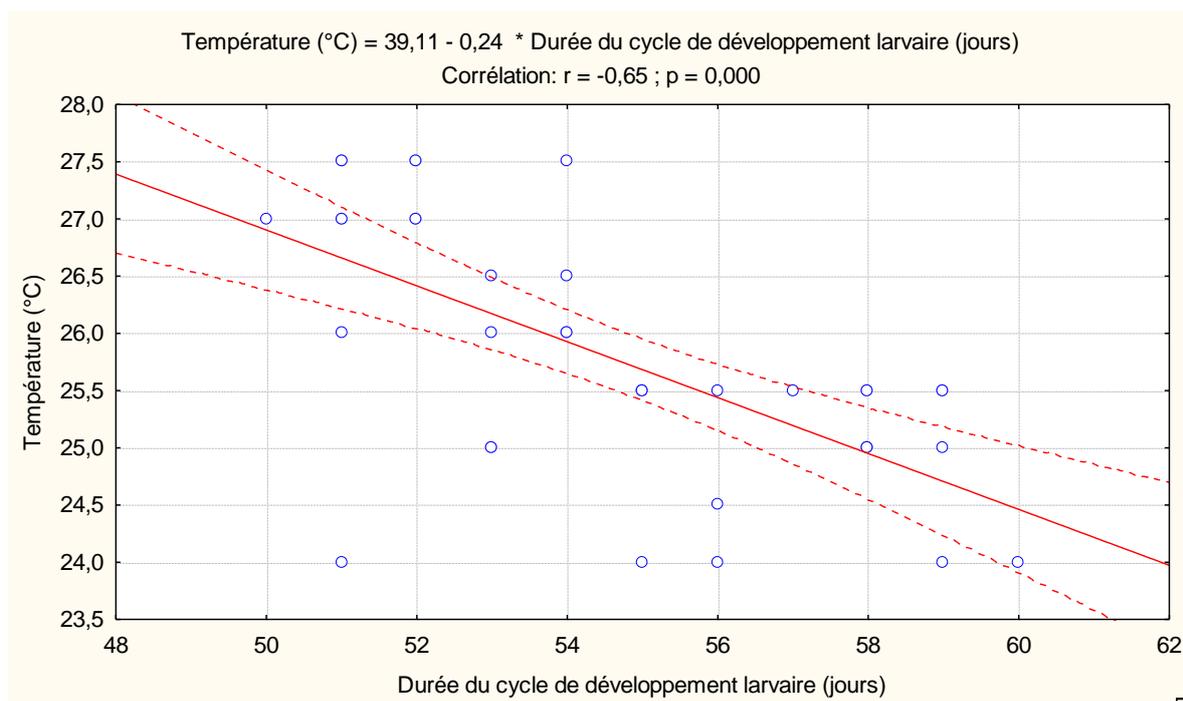
L'hygrométrie moyenne durant le cycle de développement larvaire a été de  $77,31 \pm 4,65$  %. Lorsque l'hygrométrie a été très élevée dans les boîtes, le cycle de développement larvaire a été au-dessus de la durée moyenne du cycle larvaire de  $54,77 \pm 2,89$  jours. En revanche, lorsqu'elle a été faible, le cycle a duré moins que  $54,77 \pm 2,89$  jours. L'étude de la corrélation entre la durée de développement larvaire et l'hygrométrie des boîtes d'élevage a été positive et significative ( $r = 0,32$  ;  $p = 0,04$ ) (Figure 45).



**Figure 45.** Corrélation entre l'hygrométrie et la durée du cycle de développement larvaire de *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.3.2.8.2. Effet de la température

La température moyenne du cycle larvaire a été de  $25,74$  °C. L'étude de l'influence de la température sur la durée du cycle a montré que plus la température est élevée, plus le cycle a été court et lorsqu'elle a été basse le cycle de développement larvaire a été long (Figure 46). La corrélation entre la durée de développement larvaire et la température interne des boîtes d'élevage a été négative et très hautement significative ( $r = -0,65$  ;  $p = 0,0001$ ).



**Figure 46.** Corrélation entre la température et la durée du cycle de développement larvaire de *Rhynocoris albopilosus*

### 3.3.2.9. Efficacité de la prédation chez *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.3.2.9.1. Technique de prédation de *Rhynocoris albopilosus*

Tout comme chez *R. rapax*, le comportement du prédateur *R. albopilosus* est caractérisé par la technique de l'affût pour attendre sa proie. Cette espèce de Reduviidae, approche sa proie, la capture avec ses pattes avant et la maîtrise à l'aide des pattes intermédiaires avant de la piquer par son rostre et d'injecter sa salive toxique pour la paralyser. Le prédateur passe plusieurs minutes à sucer l'hémolymphe de sa proie. De façon générale, *R. albopilosus* ne s'attaque pas aux proies immobiles. Cette espèce tue sa proie avant de la consommer.

#### 3.3.2.9.2. Efficacité de la prédation pendant 24 heures chez les larves et les adultes (mâle et femelle) de *Rhynocoris albopilosus* en fonction de la variation du nombre de *Podagrica decolorata*

##### 3.3.2.9.2.1. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 5 proies

L'analyse de variance ( $F = 192$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ) effectuée entre les différents stades de développement de *R. albopilosus* auxquels ont été soumis 5 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative entre tous les individus testés (Tableau XXI). Le nombre moyen d'altises consommés en 24 heures était fonction du stade de développement

larvaire. Ainsi, le stade larvaire le moins agressif a été le stade 1 avec un nombre moyen de  $0,27 \pm 0,45$  proie consommée le stade larvaire le plus agressif a été le stade 5 avec un nombre moyen de proies estimées à  $03,17 \pm 0,75$ . Les adultes ont été plus agressifs que les larves chez *R. albopilosus*. Les femelles ont été plus efficaces en prédation que les mâles avec une consommation moyenne respective de  $04,77 \pm 0,43$  et  $04,03 \pm 0,56$ .

#### **3.3.2.9.2.2. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 10 proies**

L'analyse de variance effectuée sur les individus des différents stades de développement de *R. albopilosus* auxquels ont été soumis 10 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative entre eux ( $F = 159,98$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). La consommation en nombre d'adultes de *P. decolorata* augmentait avec le stade de développement. Ainsi, les adultes ont consommé plus que les stades larvaires. Avec 10 proies disponibles, la femelle consommait en moyenne  $06,17 \pm 1,26$  adultes de *P. decolorata* en 24 heures alors qu'un mâle en consommait en moyenne  $05,03 \pm 1,07$  (Tableau XXI).

#### **3.3.2.9.2.3. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 15 proies**

L'analyse de variance effectuée sur les 5 stades larvaires et les adultes de *R. albopilosus* vis-à-vis des 15 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative ( $F = 117,11$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Le stade de développement le plus agressif a été l'adulte femelle qui consomme en moyenne  $06,37 \pm 1,38$  adultes de *P. decolorata*. Le stade le moins agressif fut le stade 1 avec une consommation moyenne estimée à  $0,53 \pm 0,51$  proie. Au fur et à mesure que le nombre de proies (altises) disponible augmentait, le nombre d'altises consommés en 24 heures s'élevait (Tableau XXI).

#### **3.3.2.9.2.4. Efficacité de la prédation en 24 heures avec 20 proies**

L'analyse de variance effectuée entre les cinq stades larvaires et les adultes (mâle et femelle) de *R. albopilosus* auxquels ont été soumis 20 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative ( $F = 162,48$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Le stade de développement le plus agressif était l'adulte femelle qui consommait en moyenne  $06,90 \pm 0,84$  adultes de *P. decolorata*. Avec 20 adultes d'altises disponibles, la consommation a augmenté en 24 heures (Tableau XXI).

**Tableau XXI.** Comparaison de l'efficacité de la prédation entre les différents stades de développement de *Rhynocoris albopilosus* face aux adultes de *Podagrica decolorata* en 24 heures

Stade de développement du prédateur	Nombre de proies consommée en 24 H			
	5 proies	10 proies	15 proies	20 proies
larve de premier stade	0,27 ± 0,45g	0,40 ± 0,50g	0,53 ± 0,51f	0,47 ± 0,51f
larve de deuxième stade	0,97 ± 0,76f	1,03 ± 0,41f	1,27 ± 0,45e	01,50 ± 0,68e
larve de troisième stade	1,77 ± 0,73e	2,70 ± 1,32e	2,83 ± 0,95d	3,30 ± 0,95d
larve de quatrième stade	2,63 ± 0,72d	3,80 ± 0,48d	4,30 ± 1,29c	4,77 ± 1,63c
larve de cinquième stade	3,17 ± 0,75c	4,50 ± 0,86c	4,80 ± 1,21bc	5,23 ± 0,97bc
adulte mâle	4,03 ± 0,56b	5,03 ± 1,07b	5,30 ± 1,39b	5,73 ± 1,05b
adulte femelle	4,77 ± 0,43a	6,17 ± 1,26a	6,37 ± 1,38a	6,90 ± 0,84a
<b>p</b>	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>F</b>	192	159,98	117,11	162,48

\* Les valeurs de la même colonne suivies par des lettres différentes sont significatives les unes des autres au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher)

### 3.3.2.9.3. Efficacité de la prédation pendant 48 heures chez les larves et les adultes (mâle et femelle) de *Rhynocoris albopilosus* en fonction de la variation du nombre de *Podagrica decolorata*

#### 3.3.2.9.3.1. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 5 proies

L'analyse de variance effectuée entre les différents stades de développement auxquels 5 adultes de *P. decolorata* ont été soumis a montré une différence très hautement significative ( $F = 383,21$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). Le nombre de proies consommées par *R. albopilosus* a augmenté graduellement avec l'évolution des stades larvaires. Parmi les cinq stades larvaires, c'est le stade 1 qui a consommé moins d'altises avec une valeur de  $0,60 \pm 0,50$ . Ce nombre a évolué progressivement jusqu'au stade 5 avec une valeur de  $04,63 \pm 0,49$  proies. Les adultes avaient un appétit féroce. L'étude a montré que 48 heures après les adultes mâles comme femelles ont consommé pratiquement tous les altises mis à leur disposition (Tableau XXII).

#### 3.3.2.9.3.2. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 10 proies

L'analyse de variance effectuée sur les individus des différents stades de développement a montré une différence très hautement significative entre eux ( $F = 188,68$  ;  $ddl = 6$  ;  $p = 0,001$ ). La consommation en nombre d'adultes de *P. decolorata* augmentait avec le stade de

développement du prédateur. Les adultes de *R. albopilosus* ont été les plus voraces car leurs activités prédatrices étaient plus élevées que celles des larves. Avec 10 proies disponibles, la femelle en consommait en moyenne  $07,20 \pm 0,66$  en 48 heures, alors qu'un mâle consommait en moyenne  $06,73 \pm 1,01$  adultes d'altises (Tableau XXII).

#### **3.3.2.9.3.3. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 15 proies**

L'analyse de variance effectuée sur les 5 stades larvaires et les adultes de *R. albopilosus* vis-à-vis des 15 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative ( $F = 246,96$  ; ddl = 6 ;  $p = 0,001$ ). Tout comme dans les autres cas, avec 15 adultes de *P. decolorata*, le nombre de proies consommées a augmenté en fonction du stade d'évolution de la larve. Le stade de développement le plus agressif a été l'adulte femelle qui a consommé en moyenne  $07,83 \pm 0,95$  adultes de *P. decolorata* (Tableau XXII).

#### **3.3.2.9.3.4. Efficacité de la prédation en 48 heures avec 20 proies**

L'analyse de variance effectuée sur les individus des différents stades de développement de *R. albopilosus* vis-à-vis de 20 adultes de *P. decolorata* a montré une différence très hautement significative entre eux ( $F = 356,86$  ; ddl = 6 ;  $p = 0,001$ ). La consommation en nombre d'adultes de *P. decolorata* a augmenté avec le stade de développement de l'insecte. Les adultes de *R. albopilosus* ont été les plus agressifs car leur consommation en nombre d'adultes de *P. decolorata* était plus élevée que celle des larves de tous les stades de développement. Avec 20 proies disponibles, la femelle de cette punaise prédatrice consommait en moyenne  $12,33 \pm 1,56$  adultes de *P. decolorata* en 48 heures tandis qu'un mâle consommait en moyenne  $10,07 \pm 1,55$  adultes d'altises (Tableau XXII).

### **3.3.3. Comparaison de quelques paramètres bioécologiques et agressivité de *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax***

#### **3.3.3.1. Comparaison de quelques paramètres bioécologiques de *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax***

##### **3.3.3.1.1. Comparaison de la durée d'incubation**

L'étude de la durée d'incubation a montré que celle de *R. albopilosus* a une valeur de  $09,13 \pm 0,86$  contre  $08,17 \pm 0,95$  pour *R. rapax*. L'analyse comparative de la durée d'incubation des deux espèces a montré des différences très hautement significatives avec  $p = 0,0001$  (Tableau XXIII).

**Tableau XXII.** Comparaison de l'efficacité de la prédation des différents stades de développement de *Rhynocoris albopilosus* face aux adultes de *Podagrica decolorata* en 48 heures

Stade de développement du prédateur	Nombre de proies consommée en 48 H			
	5 proies	10 proies	15 proies	20 proies
larve de premier stade	0,80 ± 0,50f	01,37 ± 0,72g	01,80 ± 0,48g	2,43 ± 0,73g
larve de deuxième stade	1,70 ± 0,47e	02,73 ± 0,78f	02,30 ± 0,53f	02,90 ± 0,61f
larve de troisième stade	02,87 ± 0,57d	04,70 ± 0,84e	04,77 ± 0,97e	04,67 ± 0,80e
larve de quatrième stade	03,13 ± 0,73c	05,27 ± 0,94d	06,10 ± 1,40d	06,47 ± 0,94d
larve de cinquième stade	04,63 ± 0,49b	05,93 ± 0,91c	07,10 ± 0,88c	07,83 ± 0,83c
adulte mâle	04,97 ± 0,18a	06,73 ± 1,01b	07,83 ± 0,95b	10,07 ± 1,55b
adulte femelle	05,00a	07,20 ± 0,66a	08,73 ± 1,01a	12,33 ± 1,56a
<b>p</b>	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>F</b>	383,21	188,68	246,96	356,86

\* Les valeurs de la même colonne suivies par des lettres différentes sont significatives les unes des autres au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher)

### 3.3.3.1.2. Comparaison du taux d'éclosion

La comparaison du taux d'éclosion a permis d'obtenir respectivement pour *R. albopilosus*  $82,58 \pm 09,49$  % et  $78,21,13 \pm 12,63$  % pour *R. rapax*. L'analyse comparative du taux d'éclosion entre les deux espèces de Reduviidae a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux espèces avec  $p = 0,13$  (Tableau XXIII).

### 3.3.3.1.3. Comparaison du taux de survie larvaire

L'étude comparative du taux de survie larvaire des deux espèces de Reduviidae a montré d'une part, que le taux de survie des larves a augmenté graduellement du premier stade au cinquième stade pour chacune des espèces. L'analyse statistique a révélé différents niveaux de significativité entre les deux espèces d'autre part. Une différence hautement significative a été observée entre les deux espèces au niveau des larves de premier et deuxième stade. L'autre niveau de significativité concerne les stades 3 ; 4 et 5. La différence entre ces stades des deux espèces est non significative (Tableau XXIII).

### 3.3.3.1.4. Comparaison de la durée du cycle

L'étude comparative de la durée du cycle de développement entre *R. albopilosus* et *R. rapax* a donné des valeurs respectives de  $54,77 \pm 02,89$  et  $56,30 \pm 04,94$ . L'analyse statistique

a donné une différence non significative entre les deux espèces de Reduviidae au niveau de la durée du cycle ( $p = 0,1$ ) (Tableau XXIII).

#### **3.3.3.1.5. Sex-ratio**

Le sex-ratio de *R. albopilosus* s'élevait à  $0,90 \pm 0,16$  alors que celui de *R. rapax* a été de  $0,58 \pm 0,20$ . Le test *t* de Student a révélé des différences très hautement significatives entre les deux insectes au niveau du sex-ratio avec  $p = 0,0001$  (Tableau XXIII).

#### **3.3.3.1.6. Période de copulation**

La comparaison de la période de copulation entre *R. albopilosus* et *R. rapax* a permis d'obtenir respectivement des valeurs suivantes  $08,27 \pm 01,28$  et  $10,07 \pm 01,70$  jours. L'analyse comparative de la période de copulation entre les deux espèces de punaises prédatrices de *P. decolorata* a révélé des différences très hautement significatives pour ce paramètre avec  $p = 0,0001$  (Tableau XXIII).

#### **3.3.3.1.7. Période d'oviposition**

La comparaison de la période d'oviposition des deux espèces a révélé que celle de *R. albopilosus* avec une valeur de  $06,33 \pm 0,88$  jours a moins duré que la période d'oviposition de *R. rapax* avec une valeur de  $07,17 \pm 0,70$  jours. Le test *t* de Student a montré des différences très hautement significatives à l'avantage de *R. albopilosus* ( $p = 0,0001$ ) (Tableau XXIII).

#### **3.3.3.1.8. Durée de vie des femelles**

La durée de vie des femelles de *R. albopilosus* est plus longue que celle de *R. rapax* avec des valeurs respectives de  $96,47 \pm 08,04$  contre  $82,10 \pm 09,41$  jours. L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre la durée de vie des femelles des deux espèces de Reduviidae ( $p = 0,0001$ ) (Tableau XXIII).

**Tableau XXIII.** Comparaison de quelques paramètres bioécologiques de *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax*

Paramètres biologiques Considérés	Moyenne ± Ecart-type		p	Signification
	<i>R. rapax</i>	<i>R. albopilosus</i>		
Durée d'incubation (DI) (jours)	8,17 ± 0,95a	9,13 ± 0,86b	< 0,001	***
Taux d'éclosion (Te (%))	78,21 ± 12,63a	82,58 ± 09,49a	0,13	
Taux de survie larvaire de L1 (%)	74,28 ± 09,02a	82,11 ± 11,20b	< 0,01	**
Taux de survie larvaire de L2 (%)	82,74 ± 06,70a	87,24 ± 07,13b	0,01	**
Taux de survie larvaire de L3 (%)	88,45 ± 06,04a	90,73 ± 07,55a	0,2	
Taux de survie larvaire de L4 (%)	93,60 ± 05,78a	94,81 ± 02,69a	0,3	
Taux de survie larvaire de L5 (%)	96,09 ± 03,14a	95,77 ± 02,42a	0,67	
Durée du cycle larvaire (jours)	56,30 ± 04,94a	54,77 ± 02,89a	0,1	
Sex-ratio (SR)	0,58 ± 0,20a	0,90 ± 0,16b	< 0,001	***
Période de copulation (jours)	10,07 ± 01,70a	8,27 ± 01,28b	< 0,001	***
Période d'oviposition (jours)	7,17 ± 0,70a	6,33 ± 0,88b	< 0,001	***
Durée de vie des femelles (jours)	82,10 ± 09,41a	96,47 ± 08,04b	< 0,001	***

\*\*\* : Très hautement significatif; \*\* : Très significatif; les valeurs de la même ligne suivies par des lettres différentes sont significatives les unes des autres au seuil de 5 % (Test t de Student)

### 3.3.3.2. Agressivité de *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax* vis-à-vis de *Podagrica decolorata* durant 24 heures

#### 3.3.3.2.1. Agressivité en présence de 5 proies

Le test *t* de Student a montré différents niveaux de significativité de l'agressivité entre les deux espèces de Reduviidae à tous les stades de développement. Ainsi, la comparaison de l'agressivité des stades 1 et 4 des deux espèces a montré des différences non significatives avec  $p = 0,1$  pour le stade 1 et  $p = 0,11$  pour le stade 4. Ensuite, la comparaison de l'agressivité des adultes femelles a montré des différences très significatives à l'avantage de l'espèce *R. albopilosus* avec  $p = 0,01$ . La comparaison de l'agressivité des stades 2, 3, 5 et des mâles adultes des deux espèces de punaises prédatrices a montré des différences très hautement significatives à l'avantage de *R. albopilosus* avec  $p = 0,0001$  (Tableau XXIV).

**Tableau XXIV.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis-à-vis de 5 adultes de *Podagrica decolorata* en 24 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées $\pm$ Ecart-type			
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	Signification
Stade 1	0,27 $\pm$ 0,45a	0,1 $\pm$ 0,30a	0,1	
Stade 2	0,97 $\pm$ 0,76a	0,33 $\pm$ 0,48b	< 0,001	***
Stade 3	1,77 $\pm$ 0,73a	1,2 $\pm$ 0,41b	< 0,001	***
Stade 4	2,63 $\pm$ 0,72a	2,3 $\pm$ 0,88a	0,11	
Stade 5	3,17 $\pm$ 0,75a	2,43 $\pm$ 0,57b	< 0,001	***
Mâle	4,03 $\pm$ 0,56a	3,2 $\pm$ 0,41b	< 0,001	***
Femelle	4,77 $\pm$ 0,43a	4,4 $\pm$ 0,62b	0,01	**

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif. Les chiffres portant les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (test *t* de Student au seuil de 5 %).

### 3.3.3.2.2. Agressivité en présence de 10 proies

L'agressivité des deux espèces de Reduviidae à tous les stades de développement vis-à-vis de 10 adultes de *P. decolorata* pour chacun des stades des deux espèces a révélé différents niveaux de significativité. Ainsi, l'agressivité des stades 1 et 5 de *R. albopilosus* bien que supérieure à celle de *R. rapax* n'est pas significative avec  $p = 0,09$  pour le stade 1 et  $p = 0,14$  pour le stade 5. Un autre niveau de significativité se situe au niveau du stade 3, avec une différence très significative entre les différents stades de chacune des espèces.

Cette différence au niveau de l'agressivité pour ce stade de développement a été à l'avantage de *R. albopilosus* selon le test *t* de Student avec une valeur de  $p = 0,02$ . Enfin, une différence hautement très significative a été révélée entre les deux espèces concernant les stades 2 et 4, les mâles et les femelles adultes (Tableau XXV).

**Tableau XXV.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis-à-vis de 10 adultes de *Podagrica decolorata* en 24 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées ± Ecart-type			Signification
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	
Stade 1	0,4 ± 0,50a	0,2 ± 0,41a	0,09	
Stade 2	1,03 ± 0,41a	0,53 ± 0,51b	< 0,001	***
Stade 3	2,7 ± 1,32a	2,07 ± 0,69b	0,02	*
Stade 4	3,8 ± 0,48a	2,77 ± 1,07b	< 0,001	***
Stade 5	4,5 ± 0,86a	4,07 ± 0,34a	0,14	
Mâle	5,03 ± 1,07a	4,27 ± 0,94b	< 0,01	**
Femelle	6,16 ± 1,26a	5,23 ± 1,01b	< 0,01	**

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif. Les chiffres avec les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (test *t* de Student au seuil de 5 %).

### 3.3.3.2.3. Agressivité en présence de 15 proies

Le test *t* de Student au seuil de 5 % a montré quatre niveaux de significativité. Le premier niveau regroupe les stades 3 et 5 et les adultes femelles de chaque espèce. Bien que ce niveau soit à l'avantage de *R. albopilosus*, l'analyse statistique a révélé des différences non significatives avec des valeurs de  $p > 0,05$ . Un autre niveau de significativité a été révélé avec le stade 1 entre les deux espèces de Reduviidae ( $p = 0,02$ ). Les mâles de *R. albopilosus* ont été plus agressifs que ceux de l'espèce *R. rapax* avec des valeurs respectives de  $5,3 \pm 1,39$  et  $4,47 \pm 0,97$  adultes. L'analyse statistique a montré une différence très significative au niveau de l'agressivité des mâles à l'avantage de *R. albopilosus* ( $p = 0,009$ ). Enfin, le dernier niveau de significativité a été révélé avec les stades 2 et 4. L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les stades 2 et 4 des deux espèces de punaises prédatrices à l'avantage de *R. albopilosus* avec  $p < 0,001$  (Tableau XXVI).

**Tableau XXVI.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis-à-vis de 15 adultes de *Podagrica decolorata* en 24 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées ± Ecart-type			Signification
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	
Stade 1	0,53 ± 0,51a	0,23 ± 0,43b	0,02	*
Stade 2	1,27 ± 0,45a	0,63 ± 0,49b	< 0,001	***
Stade 3	2,83 ± 0,95	2,43 ± 0,77	0,08	
Stade 4	4,3 ± 1,29a	3,17 ± 0,91b	< 0,001	***
Stade 5	4,8 ± 1,21a	4,27 ± 1,01a	0,07	
Mâle	5,3 ± 1,39a	4,47 ± 0,97b	< 0,01	**
Femelle	6,37 ± 1,38a	5,73 ± 1,36a	0,08	

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif ; \* : significatif. Les chiffres avec les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (Test *t* de Student au seuil de 5 %).

#### 3.3.3.2.4. Agressivité en présence de 20 proies

Le test *t* de Student a révélé trois niveaux de significativité lorsque les deux espèces sont soumises à 20 proies. L'analyse statistique a montré des différences non significatives au niveau des stades 1 ; 3 et les femelles adultes entre les deux espèces de Reduviidae avec des valeurs de  $p > 0,05$ . La comparaison de l'agressivité des stades 5 des deux espèces a révélé des différences très significatives ( $p < 0,01$ ) à l'avantage de *R. albopilosus* avec  $5,23 \pm 0,97$  proies consommées tandis que *R. rapax* en a consommé  $4,5 \pm 1,01$ . La comparaison de l'efficacité de l'agressivité des stades 2, 4 et des mâles adultes a révélé des différences très hautement significatives entre les deux espèces ( $p < 0,001$ ). L'analyse statistique a montré que l'espèce *R. albopilosus* a été plus agressive que *R. rapax* (Tableau XXVII).

**Tableau XXVII.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis-à-vis de 20 adultes de *Podagrira decolorata* en 24 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées ± Ecart-type			Signification
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	
Stade 1	0,47 ± 0,51a	0,33 ± 0,48a	0,3	
Stade 2	1,50 ± 0,68a	0,70 ± 0,53b	< 0,001	***
Stade 3	3,30 ± 0,95a	2,97 ± 0,76a	0,14	
Stade 4	4,77 ± 1,63a	3,50 ± 0,94b	< 0,001	***
Stade 5	5,23 ± 0,97a	4,50 ± 1,01b	< 0,01	**
Mâle	5,73 ± 1,05a	4,87 ± 0,73b	< 0,001	***
Femelle	6,9 0± 0,84a	6,67 ± 1,09a	0,36	

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif. Les chiffres avec les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (test *t* de Student au seuil de 5 %).

### 3.3.3.3. Agressivité de *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax* vis à vis des adultes de *Podagrira decolorata* en 48 heures

#### 3.3.3.3.1. Agressivité en présence de 5 proies

Lorsque les deux espèces de Reduviidae sont soumises à 5 adultes de *P. decolorata* par une unité de temps de 48 heures, différents niveaux de significativité sont révélés selon le test *t* de Student. La différence entre les deux espèces pour les stades 3 et 4 n'est pas significative avec des valeurs de  $p > 0,05$  alors qu'elle est significative pour le stade 2 avec  $p = 0,04$ . La différence entre les deux espèces est hautement significative pour les stades 1 et 5 et chez les mâles adultes et femelles ( $p < 0,001$ ). L'analyse statistique montre que *R. albopilosus* est plus agressive que *R. rapax* pour une unité de temps de 48 heures. Les femelles de *R. albopilosus* consomment pratiquement tous les adultes de *P. decolorata* en 48 heures (Tableau XXVIII).

**Tableau XXVIII.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis-à-vis de 5 adultes de *Podagrica decolorata* pendant 48 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées ± Ecart-type			Signification
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	
Stade 1	01,7 ± 0,47a	0,63 ± 0,49a	< 0,001	***
Stade 2	1,7 ± 0,47a	1,43 ± 0,50b	0,04	*
Stade 3	2,87 ± 0,57a	2,70 ± 0,53a	0,25	
Stade 4	3,13 ± 0,73a	2,97 ± 0,56a	0,32	
Stade 5	4,63 ± 0,49a	4,00 ± 0,74b	< 0,001	***
Mâle	4,97 ± 0,18a	3,67 ± 0,66b	< 0,001	***
Femelle	5,00a	4,80 ± 0,41b	< 0,01	**

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif ; \* : significatif. Les chiffres avec les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (test t de Student au seuil de 5 %).

### 3.3.3.3.2. Agressivité en présence de 10 proies

Le test *t* de Student au seuil de 5 % a montré des différences très hautement significatives entre les stades de développement de *R. albopilosus* et de *R. rapax* avec  $p < 0,001$  pour chaque stade de développement des deux espèces de Reduviidae. Pour chacun des stades de développement, *R. albopilosus* a été trouvé beaucoup plus agressif que *R. rapax* en 48 heures (Tableau XXIX).

**Tableau XXIX.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis-à-vis de 10 adultes de *Podagrica decolorata* pendant 48 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées ± Ecart-type			Signification
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	
Stade 1	01,37 ± 0,72a	0,63 ± 0,50b	< 0,001	***
Stade 2	02,73 ± 0,78a	2,03 ± 0,49b	< 0,001	***
Stade 3	04,70 ± 0,84a	3,43 ± 0,97b	< 0,001	***
Stade 4	05,27 ± 0,94a	3,77 ± 0,82b	< 0,001	***
Stade 5	05,93 ± 0,91a	4,80 ± 0,89b	< 0,001	***
Mâle	06,73 ± 01,01a	4,93 ± 0,87b	< 0,001	***
Femelle	07,20 ± 0,66a	6,07 ± 0,94b	< 0,001	***

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif. Les chiffres avec les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (test t de Student au seuil de 5 %).

### 3.3.3.3. Agressivité en présence de 15 proies

L'analyse statistique a révélé deux niveaux de significativité. Les stades 2 et 3 constituaient le premier niveau et les stades 1, 4 et 5 puis les adultes mâles et femelles constituaient le second niveau de significativité. La comparaison des stades 2 et 3 entre les deux espèces de Reduviidae a montré des différences très significatives à l'avantage de *R. albopilosus* et *R. rapax* avec des valeurs de  $p < 0,01$ . Concernant les stades 1 ; 4 et 5 et les adultes (mâles et femelles), le test *t* de Student a montré des différences très hautement significatives entre les deux espèces avec des valeurs de  $p < 0,001$ . Ce test a montré que *R. albopilosus* a été plus efficace dans la prédation que *R. rapax* pour les stades 1 ; 4 et 5 et les adultes (mâles et femelles) (Tableau XXX).

**Tableau XXX.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis-à-vis de 15 adultes de *Podagrira decolorata* pendant 48 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées ± Ecart-type			Signification
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	
Stade 1	1,80 ± 0,48a	0,93 ± 0,25b	< 0,001	***
Stade 2	2,30 ± 0,53a	02,07 ± 0,69b	< 0,01	**
Stade 3	4,77 ± 0,97a	3,97 ± 0,93b	< 0,01	**
Stade 4	6,10 ± 1,40a	4,30 ± 0,75b	< 0,001	***
Stade 5	7,10 ± 0,88a	5,23 ± 1,13b	< 0,001	***
Mâle	7,83 ± 0,95a	5,83 ± 01,02b	< 0,001	***
Femelle	8,73 ± 1,01a	6,83 ± 1,29b	< 0,001	***

\*\*\* : Très hautement significatif ; \*\* : Très significatif. Les chiffres avec les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (test *t* de Student au seuil de 5 %).

### 3.3.3.4. Agressivité en présence de 20 proies

Le test *t* de Student a permis de comparer l'agressivité des deux espèces de Reduviidae vis-à-vis de 20 adultes de *P. decolorata* pendant 48 heures. Deux niveaux de significativité ont été révélés. Une différence non significative entre les deux espèces pour le stade 3 ( $p > 0,05$ ) a été révélée d'une part et des différences très hautement significatives entre ces deux espèces de Reduviidae pour les stades 1, 2, 4, 5 et les adultes (mâles et femelles) avec des valeurs de  $p < 0,001$  d'autre part. Cette analyse statistique a permis d'identifier *R. albopilosus* comme étant plus agressif que *R. rapax* lorsque les deux espèces ont été soumises à 20 adultes de *P. decolorata* pendant 48 heures pour chacun des stades 1, 2, 4, 5 et les adultes (mâles et femelles) (Tableau XXXI).

**Tableau XXXI.** Agressivité de *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus* vis à vis de 20 adultes de *Podagrira decolorata* pendant 48 heures

Stades de développement des Reduviidae	Nombre de proies consommées ± Ecart type			Signification
	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. rapax</i>	p	
Stade 1	2,43 ± 0,73a	0,60 ± 0,50b	< 0,001	***
Stade 2	2,90 ± 0,61a	2,13 ± 0,78b	< 0,001	***
Stade 3	4,67 ± 0,80a	4,50 ± 0,82a	0,43	
Stade 4	6,47 ± 0,94a	4,63 ± 0,96b	< 0,001	***
Stade 5	7,83 ± 0,83a	5,70 ± 1,51b	< 0,001	***
Mâle	10,06 ± 1,55a	6,63 ± 0,33b	< 0,001	***
Femelle	12,33 ± 0,56a	8,47 ± 1,87b	< 0,001	***

\*\*\* : Très hautement significatif ; Les chiffres avec les mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significatifs (Test t de Student au seuil de 5 %).

### 3.3.4. Discussion

L'analyse statistique des mesures de quelques paramètres morphométriques des deux espèces de Reduviidae (*Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris albopilosus*) a révélé des différences hautement significatives entre le mâle et la femelle. Les résultats sont conformes à ceux de Ouattara (2015) et de Hema (2017) qui ont révélé que les femelles de *Phonoctonus lutescens* (Hemiptera : Reduviidae) sont plus robustes que les mâles. Une légère pression du dernier segment abdominal a permis de montrer que l'apex abdominal de la femelle est arrondi et le pygophore a une longue apophyse bidentée chez le mâle. Les résultats obtenus corroborent ceux de Kwadjo *et al.* (2010) stipulant qu'un moyen sûr pour la distinction des mâles et des femelles de *R. albopilosus* pourrait être la mise en évidence du sexe du mâle par une légère pression de l'abdomen.

La parade nuptiale chez les deux espèces de Reduviidae se manifeste par certaines techniques. Les observations faites au cours de cette étude ont montré que les comportements qui précèdent la copulation sont l'approche, le chevauchement la sortie des organes génitaux et la copulation. Les résultats de la présente étude sont proches de ceux de Srikumar *et al.* (2014) qui ont montré que les actes séquentiels du comportement d'accouplement observés chez six espèces de réduviidés (*Endochus albomaculatus*, *Epidaus bicolor*, *Euagoras plagiatus*, *Irantha armipes*, *Panthous bimaculatus* et *Sphedanolestes signatus*) ont été appelés excitation, approche, chevauchement et copulation.

Le nombre d'œufs pondus en moyenne par *R. rapax* a été moins que celui pondus par *R. albopilosus*. Cela s'expliquerait par les conditions d'élevage. En effet, le régime alimentaire auquel les femelles des deux espèces étaient soumises n'aurait pas été favorable à *R. rapax*. Ça pourrait aussi s'expliquer par le nombre de cellules souches disponibles de la lignée germinale pour chacune des espèces. Le taux de fertilité des œufs de *R. rapax* est moins important que celui de *R. albopilosus*. Cette différence pourrait s'expliquer par certains facteurs abiotiques très peu favorables à l'éclosion des œufs de *R. rapax*. La durée de l'incubation chez *R. rapax* diffère de celle de *R. albopilosus*. Le même constat a été fait par Ambrose *et al.* (2009) qui ont mentionné que la durée d'incubation chez les Reduviidae varie d'une espèce à l'autre.

Le passage d'un stade larvaire à un autre est défini par le rejet d'une exuvie. Ce rejet de l'exosquelette pourrait être dû à la croissance de la larve. L'ancien exosquelette étant devenu trop petit pour la larve, il est donc important qu'elle l'abandonne en le rejetant sous forme d'exuvie. L'absence d'ébauches alaires aux stades 1 et 2 et leur apparition à partir du stade 3 est un caractère qui permet de distinguer les deux premiers stades, des stades 3 ; 4 et 5. Le même constat a été fait par Kwadjo *et al.* (2012) sur la description des larves de *R. albopilosus*. Ces auteurs ont rapporté que la croissance larvaire se caractérise par une mue d'un stade larvaire à un autre et que les ébauches alaires ont été observées au stade 3 de *R. albopilosus*.

L'étude de quelques paramètres morphométriques des larves chez les deux espèces a montré une croissance progressive des organes. Les résultats de mesure des différents stades larvaires de *R. rapax* et de *R. albopilosus* ont montré que la taille des organes évolue progressivement du stade 1 au stade 5 pour chaque espèce. Les résultats de la présente étude corroborent les résultats des mesures réalisées par Osafune *et al.* (2005) et Hema (2017) chez d'autres espèces de Reduviidae (*Ploytoxus selangorensis* et *Phonoctonus lutescens*), stipulant qu'au cours du développement larvaire, la taille des larves augmente d'un stade à un autre.

Pour chacune des deux espèces de Reduviidae étudiées, la durée du stade 5 a été la plus longue. Cette longue durée pourrait s'expliquer par l'importance des transformations morphologiques, anatomiques et physiologiques aboutissant à l'imago. Les résultats obtenus sont conformes à ceux de Sahayaraj (2012) et de Hema (2017). Le taux de survie larvaire a varié très légèrement entre les deux espèces de punaises prédatrices. Toutefois, ce taux a été élevé du premier jusqu'au dernier stade larvaire pour *R. albopilosus* et *R. rapax*. Cette augmentation progressive du taux de survie des larves serait due à une accumulation de réserve nutritive et énergétique acquise au stade précédent et la résistance de l'insecte à certains facteurs abiotiques. Les résultats de notre étude sont en conformité avec ceux de Tano *et al.* (2011) qui ont montré que le taux de survie larvaire chez *Pseudotheraptus devastans* augmenterait du

premier au dernier stade larvaire. Selon Panizzi & Parra (1991) et Hema (2017), le taux de survie larvaire serait dû à l'énergie accumulée aux stades précédents.

Concernant le sex-ratio, il a été à l'avantage des femelles (c'est-à-dire l'effectif des femelles est supérieur à celui des mâles) pour chacune des espèces étudiées. C'est un paramètre biologique important car la proportion de mâles et de femelles pourrait avoir un impact considérable sur le succès de la reproduction. Ainsi, le sex-ratio étant en faveur des femelles, cela pourrait favoriser la pullulation de ces espèces dans le milieu d'étude. Les résultats de la présente étude sont en conformité avec ceux de Srikumar *et al.* (2014). En effet, selon ces auteurs un sex-ratio à tendance féminine a été observé chez certaines espèces de la famille des Reduviidae. Ce sont *Irantha armipes*, *Panthous bimaculatus* et *Sphedanolestes signatus*. En revanche, ces mêmes auteurs ont révélé que d'autres espèces de Reduviidae ont montré qu'un sex-ratio à tendance masculine a été observé chez *E. plagiatus*, *E. bicolor* et *E. albomaculatus*.

S'agissant de la pré-copulation, elle a eu lieu 8 à 10 jours après la mue imaginale pour chaque espèce de Reduviidae car cette période aurait permis à la vitellogenèse de se dérouler normalement jusqu'à la première ponte. Ces résultats diffèrent de ceux de Tano *et al.* (2011) qui ont mentionné sur *Pseudotheraptus devastans* (Heteroptera : Coreidae) que c'est entre 4 à 6 jours après la mue imaginale que la pré-copulation a lieu. Cette différence au niveau de la période de pré-copulation entre *R. albopilosus* et *R. rapax* puis *P. devastans* serait due au fait que ces Reduviidae ne sont pas de la même famille que *P. devastans*. Cette différence s'expliquerait aussi par une courte durée de la vitellogenèse chez *P. devastans* par rapport à *R. albopilosus* et *R. rapax*.

Après la mue imaginale, la pré-oviposition de *R. albopilosus* et de *R. rapax* ont moins duré. Cela pourrait s'expliquer par une maturation rapide des ovocytes des deux espèces de Reduviidae. Les résultats de la présente étude sont proches de ceux de Ouattara (2015) qui avait noté une période de pré-oviposition rapide oscillant entre 7 à 9 jours. En revanche, nos résultats sont différents de ceux de Sahayaraj & Paulraj (2001) qui ont trouvé une période de pré-oviposition retardée de 18,64 jours sous des conditions de température fixée à 30 °C chez *Rhinocoris marginatus*. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que les deux espèces mises en évidence dans la présente étude sont différentes de *Rhinocoris marginatus*. Les conditions d'élevage en milieu semi-naturel et le régime alimentaire (exclusivement soumis à *P. decolorata*) auraient également influencé la durée de la pré-oviposition.

Concernant la longévité des adultes, les analyses statistiques ont montré des différences hautement significatives entre les femelles et les mâles des deux espèces. En effet, les femelles de *R. albopilosus* et de *R. rapax* durent plus longtemps que les mâles. La longévité des femelles

pourrait s'expliquer par la particularité génétique de leur organisme. Les résultats obtenus sont conformes à ceux de Hema (2017) qui a estimé que les femelles de *P. lutescens* vivent longtemps que les mâles. D'autres auteurs comme Sahayaraj & Paulraj (2001) ont également trouvé que les femelles de *Rhynocoris marginatus* vivaient plus longtemps. Selon Alberganti (2012), un groupe de chercheurs australiens et anglais ont estimé que la longévité des femelles pourrait être sur l'ADN mitochondrial, ayant subi des mutations chez des groupes de drosophiles affectant la durée de vie des insectes mâles, alors qu'elles n'ont pas cet effet sur les insectes femelles.

S'agissant de la durée du cycle de développement, elle a été longue pour *R. rapax* par rapport à celle de *R. albopilosus*. L'étude de la corrélation entre la durée du cycle de développement et la température a montré des corrélations négatives entre la durée du cycle de développement et la température. En revanche, la corrélation a été positive entre le cycle de développement et l'humidité pour chaque espèce. La corrélation négative entre la température et la durée du cycle de développement signifierait que plus la température est élevée moins le cycle dure. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les fortes températures accélèrent les activités métaboliques et les basses températures les ralentissent. Les résultats de cette étude sont conformes à ceux de Ouattara (2015) et de Hema (2017) qui ont montré qu'en période hivernale, les températures et les taux d'humidité ont été relativement moins élevés et pourraient avoir favorisé le développement des *Phonoctonus* en élevage comme l'ont supposé certains auteurs notamment Braman *et al.* (1984) puis Whitcomb (1994). Ces auteurs ont révélé que les basses températures augmenteraient la durée du développement alors que les températures élevées la diminueraient.

En ce qui concerne la prédation, elle a évolué efficacement du premier au dernier stade larvaire pour chacune des espèces. Les stades L1 et L2 avaient les plus faibles niveaux de prédation. Ce faible niveau serait dû au fait que les larves à ce stade sont moins robustes. Les organes de prédation sont moins développés. Certaines larves trouvaient souvent la mort dans l'attaque des adultes de *P. decolorata*. En effet, la taille du prédateur par rapport à celle de la proie serait très importante dans la capture des proies. Les résultats de la présente étude sont conformes à ceux de Hema (2017) qui a rapporté que le faible niveau de prédation des trois premiers stades larvaires de *Phonoctonus lutescens* pourrait s'expliquer par la taille réduite de leur rostre et de leur corps par rapport aux adultes de *Dysdercus voelkeri* (Heteroptera : Pyrrhocoridae) qui constituent leurs proies, rendant ainsi difficile la capture de ces proies.

Pour ce qui est des autres stades de développement larvaires (L3, L4, L5), ils ont été trouvés agressifs lorsqu'ils ont été soumis à *P. decolorata* pour chaque unité de temps avec une

bioefficacité assez importante pour le stade 5. En effet, le stade 5 a une agressivité qui pourrait être proche de celle des mâles pour chacune des espèces. Cette agressivité s'expliquerait par le fait que le stade 5 étant le dernier stade de développement larvaire pourrait avoir nécessairement besoin d'accumuler une grande énergie pour des transformations anatomiques et physiologiques pour devenir l'imago (adulte). Les résultats de la présente étude sont en conformité avec ceux de Kwadjo *et al.* (2013) qui ont rapporté la voracité et l'agressivité du stade 5 de *R. albopilosus* sur *Tribolium castaneum*. En effet, ces auteurs ont révélé que la prédation augmente progressivement du premier au cinquième stade larvaire.

S'agissant des adultes, la présente étude a montré que les femelles des deux espèces de Reduviidae sont plus agressives que les mâles. Cette forte agressivité des femelles serait due à un grand besoin énergétique et une accumulation de réserves nutritives indispensables aux activités reproductrices. Ces résultats sont conformes à ceux de Sahayaraj (2014) et Ouattara (2015) qui ont aussi montré que l'agressivité des adultes femelles est plus importante que celle des mâles.

L'étude comparative des paramètres bioécologiques des deux espèces de Reduviidae a révélé plusieurs niveaux de significativité à l'avantage de *R. albopilosus*. En effet, l'étude de la bioécologie pourrait être considérée comme un critère important dans le choix d'un prédateur dans la lutte biologique. Le principe de la lutte biologique est d'exploiter les mécanismes de régulation naturels pour maintenir la population de bioagresseurs sous un seuil de nuisibilité et ainsi permettre de limiter les pertes lors de la récolte (Bonetti, 2019). Les résultats obtenus sont en conformité avec ceux de Rice & Wilde (1988) qui ont mentionné qu'afin d'utiliser des méthodes de lutte biologique, il est particulièrement bien important d'étudier l'écologie et la biologie du ravageur et l'auxiliaire. Selon Bonetti (2019) l'organisme doit, pour une bonne efficacité, répondre au mieux aux critères suivants : une capacité de reproduction élevée, une durée de vie la plus longue possible, un taux de prédation ou de parasitisme élevé, un élevage de masse facile.

Concernant la bioefficacité des deux espèces, l'étude comparative a révélé une grande efficacité de l'espèce *R. albopilosus* par rapport à *R. rapax* quelque soit la variation du nombre de proies pour chaque unité de temps. En effet, *R. albopilosus* a consommé plus de *P. decolorata* que *R. rapax* pour chaque unité de temps (24 heures et 48 heures).

### 3.3.5. Conclusion partielle

L'élevage de *R. rapax* et de *R. albopilosus* a permis d'avoir des connaissances importantes sur quelques paramètres bioécologiques des deux espèces de Reduviidae. L'étude de la corrélation entre ces deux punaises prédatrices et les facteurs abiotiques a montré que la température et l'humidité ont une influence sur le cycle de développement de ces deux espèces. L'analyse comparative de l'agressivité à tous les stades de développement des deux espèces a montré que l'espèce *R. albopilosus* a été plus agressive que *R. rapax*. En effet, l'utilisation d'un agent de la lutte biologique étant dépendante de sa bioagressivité, sa durée de vie, et de sa capacité de reproduction, *R. albopilosus* a été le prédateur ayant présenté de meilleures caractéristiques par rapport à *R. rapax*.

Ainsi, dans une perspective de lutte intégrée, il serait judicieux de tester l'effet insecticide des extraits aqueux de neem et de ricin sur le ravageur *P. decolorata* et sur le prédateur *R. albopilosus*.

### 3.4. CONTRÔLE DE *PODAGRICA DECOLORATA* AUX MOYENS D'EXTRAITS DE PLANTES LOCALES ET DU PRÉDATEUR *RHYNOCORIS ALBOPILOSUS*

Ce chapitre vise l'évaluation de l'efficacité des extraits aqueux de feuilles de neem et de ricin ainsi que celle des lâchers de *Rhynocoris albopilosus* contre *Podagrica decolorata* dans une perspective de lutte intégrée. Pour ce faire, la densité des populations de *Podagrica decolorata* a été comparée sur les parcelles traitées aux extraits naturels (feuilles de neem et de ricin) à l'insecticide chimique *Lambda cyhalothrine* et les parcelles sous contrôle de *R. albopilosus*.

#### 3.4.1. Effet insecticide des extraits aqueux sur les adultes de *Podagrica decolorata*

Les taux de mortalité ont oscillé entre  $10,56 \pm 09,33$  % et  $66,67 \pm 6,28$  % respectivement 24 et 72 heures après pulvérisation des différentes concentrations allant de 10 à 90 g/l d'extraits aqueux de plantes. L'application de l'insecticide chimique *Lambda cyhalothrine* à la dose recommandée a provoqué un taux de mortalité de  $99,33 \pm 1,03$  % et 100 % respectivement 24 et 72 heures après les traitements. Les extraits aqueux de feuilles de *Azadirachta indica* et de *Ricinus communis* aux concentrations de 70 et 90 g/l ont induit des taux de mortalité supérieurs à 50 % 24 heures après application. Les extraits aqueux de feuilles de *A. indica* et *R. communis* à la concentration de 70 g/l ont provoqué en 24 heures une mortalité de  $63,33 \pm 6,28$  % pour *A. indica* et de  $60,33 \pm 8,14$  % pour *R. communis*. Le taux de mortalité en 24 heures pour la concentration de 90 g/l a été de  $58,67 \pm 9,35$  % pour *R. communis* et  $61 \pm 4,80$  % pour *A. indica*. 72 heures après les traitements, les taux de mortalité induits par ces deux extraits n'ont pas évolué de façon significative. Les valeurs du taux de mortalité étaient comprises entre  $59,33 \pm 12,24$  % et  $66,67 \pm 6,28$  % pour les deux concentrations 70 g/l et 90 g/l. L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives au niveau des taux de mortalité entre les différentes concentrations 24 heures ( $F = 74,28$  ; ddl = 10 ;  $p = 0,001$ ) et 72 heures ( $F = 75,05$  ; ddl = 10 ;  $p = 0,001$ ) après traitement avec le neem et le ricin (Tableau XXXII).

**Tableau XXXII.** Taux de mortalité des adultes de *Podagrica decolorata* (%) après traitement par les extraits aqueux

Temps	Extrait aqueux de plantes (feuilles)	Concentration en g/l					Lambda cyhalothrine (0,05 g/l)
		10	30	50	70	90	
24 heures	<i>Ricinus communis</i>	10,56 ± 9,33e	19,67 ± 11,69e	35,67 ± 6,38cd	60,33 ± 8,14b	58,67 ± 9,35b	99,33 ± 01,03a
	<i>Azadirachta indica</i>	17,33 ± 7,34e	33,67 ± 3,46cd	39,33 ± 8,14c	63,33 ± 6,28b	61,00 ± 4,80b	
72 heures	<i>Ricinus communis</i>	12,67 ± 6,41e	25,33 ± 5,01d	33,00 ± 9,70cd	61,67 ± 6,98b	59,33 ± 12,24b	100a
	<i>Azadirachta indica</i>	14,00 ± 11,10e	29,33 ± 3,93d	40,33 ± 8,14c	66,67 ± 6,28b	63,67 ± 4,80b	

\*Les moyennes suivies des mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significativement différentes (Test LSD de Fisher au seuil de 5 %).

### 3.4.2. Effet insecticide des extraits aqueux sur les stades de développement de *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.4.2.1. Effet des extraits de feuilles de *Ricinus communis* sur les larves et adultes de *Rhynocoris albopilosus*

Le test LSD de Fisher au seuil de 5 % a permis de montrer des différences très hautement significatives entre les différentes concentrations de *R. communis* appliquées aux différents stades de *R. albopilosus*.

##### 3.4.2.1.1. Contrôle après 24 heures

Le taux de mortalité a atteint 50 % en fonction du stade larvaire et de la concentration de l'extrait de feuilles de *R. communis*. Ainsi, la mortalité des larves L1 oscille entre  $54,32 \pm 11,32$  et  $87,65 \pm 2,14$  % pour des concentrations comprises entre 30 g/l et 90 g/l. Le taux de mortalité des larves L2 et L3 a atteint 50 % pour des concentrations se situant entre 50 g/l et 90 g/l. Quant aux larves L4 et L5 puis les adultes mâles et femelles, les concentrations d'extrait de feuilles de ricin capable d'induire au moins 50 % de morts sont 70 g/l et 90 g/l. Le test LSD de Fisher au seuil de 5 % a montré des différences très hautement significatives (Tableau XXXIII) entre les différentes concentrations de *R. communis* appliquées à *R. albopilosus* ( $F = 46,24$  ;  $ddl = 34$  ;  $p = 0,001$ ).

##### 3.4.2.1.2. Contrôle après 72 heures

La concentration d'extraits de feuilles de *R. communis* induisant une mortalité d'au moins 50 % n'a pas varié pour chaque stade de développement de l'insecte. En revanche, le taux de mortalité est élevé 72 heures après traitement par rapport à celui de 24 heures après traitement. Le test LSD de Fisher au seuil de 5 % a montré des différences très hautement significatives (Tableau XXXIII) entre les différentes concentrations de *R. communis* appliquées à *R. albopilosus* ( $F = 97,84$  ;  $ddl = 34$  ;  $p = 0,001$ ).

**Tableau XXXIII.** Taux de mortalité des larves et des adultes de *Rhynocoris albopilosus* (%) après traitement par les extraits de *Ricinus communis*

Temps	Stades de développement de <i>R. albopilosus</i>	Concentration en g/l d'extraits de feuilles de <i>Ricinus communis</i>					Lambda cyhalothrine (0,05 g/l)
		10	30	50	70	90	
24 heures	L1	13,58 ± 7,71mn	54,32 ± 11,32fghijk	61,73 ± 18,27defghi	71,60 ± 9,32bcdef	87,65 ± 5,66b	100a
	L2	10,35 ± 3,45mn	36,78 ± 5,27kl	55,17 ± 3,45fghij	74,71 ± 12,11bcde	85,06 ± 1,99b	
	L3	8,05 ± 3,98n	26,44 ± 1,99lm	50,58 ± 1,99ghijk	68,97 ± 12,43bcdefg	81,61 ± 7,18bc	
	L4	11,11 ± 1,92mn	21,11 ± 5,09mn	44,44 ± 1,92ijk	71,11 ± 8,39bcdef	80,00 ± 8,82bcd	
	L5	11,11 ± 3,85mn	13,33 ± 3,33mn	46,67 ± 3,33hijk	63,33 ± 8,82cdefgh	70,00 ± 5,77bcdef	
	Mâle	5,56 ± 1,92n	6,16 ± 1,90n	40,00 ± 6,67jkl	60,00 ± 12,02efghi	74,44 ± 6,94bcde	
	Femelle	3,33n	3,33 ± 3,33n	36,67 ± 8,82jkl	53,33 ± 3,33fghijk	63,33 ± 3,33cdefghi	
72 heures	L1	14,66 ± 4,62pq	62,67 ± 8,33ijk	64,00 ± 4,00hijk	81,33 ± 4,62cde	94,67 ± 2,31b	100a
	L2	17,28 ± 2,14p	48,15 ± 3,70lm	59,26 ± 3,70jk	79,01 ± 5,66cdef	87,65 ± 2,14bc	
	L3	13,09 ± 4,12pq	45,24 ± 2,06lmn	53,57 ± 7,14kl	73,81 ± 8,25defgh	86,90 ± 2,06bc	
	L4	14,95 ± 1,99pq	48,28 ± 3,45lm	47,21 ± 3,12lm	77,01 ± 8,68cdefg	85,06 ± 1,99bcd	
	L5	11,93 ± 1,91pq	44,44 ± 5,09lmn	50,00 ± 3,33lm	67,78 ± 5,09ghij	82,22 ± 5,09cde	
	Mâle	6,42 ± 1,73q	35,56 ± 3,85n	45,56 ± 5,09lmn	68,89 ± 9,62ghij	81,11 ± 1,91cde	
	Femelle	4,44 ± 1,92q	27,78 ± 6,94o	40,00 ± 3,33mn	60,00jk	71,11 ± 1,57efghi	

\*Les moyennes suivies des mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significativement différentes (Test LSD de Fisher au seuil de 5 %).

### 3.4.2.2. Effet des extraits de feuilles de *Azadirachta indica* sur les larves et adultes de *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.4.2.2.1. Contrôle après 24 heures

La concentration de *A. indica* pouvant induire 50 % de morts chez les larves de premier stade est supérieure ou égale à 30 g/l. Le taux de mortalité pour des concentrations se situant entre 30 g/l et 90 g/l, a été compris entre  $59,26 \pm 12,83$  et  $82,72 \pm 2,14$  %. La concentration létale induisant au moins 50 % de morts au niveau des L2, L3 et L5 puis des adultes mâles se situe entre 50 g/l et 90 g/l. Concernant le stade 4 et les femelles, les concentrations létales de *A. indica* ayant causé au moins 50 % de morts sont comprises entre 70 g/l et 90 g/l. Le test LSD de Fisher au seuil de 5 % a montré des différences très hautement significatives (Tableau XXXIV) entre les différentes concentrations de *R. communis* appliquées à *R. albopilosus* ( $F = 56,31$  ; ddl = 34 ;  $p = 0,001$ ).

#### 3.4.2.2.2. Contrôle après 72 heures

La concentration létale d'extraits de feuilles de *A. indica* n'a pas varié pour chaque stade de développement de l'insecte. En revanche, le taux de mortalité est élevé 72 heures après traitement pour chaque concentration par rapport à celui observé 24 heures après traitement. Le test LSD de Fisher au seuil de 5 % a montré des différences très hautement significatives (Tableau XXXIV) entre les différentes concentrations de *R. communis* appliquées à *R. albopilosus* ( $F = 99,87$  ; ddl = 34 ;  $p = 0,001$ ).

**Tableau XXXIV.** Taux de mortalité des larves et des adultes de *Rhynocoris albopilosus* (%) après traitement par les extraits de *Azadirachta indica*

Temps	Stades de développement de <i>R. albopilosus</i>	Concentration en g/l d'extraits de feuilles de <i>Azadirachta indica</i>					Lambda cyhalothrine (0,05g/l)
		10	30	50	70	90	
24 heures	L1	16,05 ± 5,66lm	59,26 ± 12,83efgh	71,60 ± 14,02bcdef	75,31 ± 5,66bc	82,72 ± 2,14b	
	L2	14,95 ± 1,99lm	48,28 ± 3,45hijk	59,77 ± 1,99cefgh	77,01 ± 10,53bc	80,46 ± 1,99b	
	L3	10,35 ± 5,97lm	35,63 ± 5,27jk	54,02 ± 1,99ghi	72,41 ± 12,43bcdef	77,01 ± 5,27bc	
	L4	17,78 ± 5,09lm	36,67 ± 3,33jk	48,89 ± 3,85hijk	74,44 ± 8,39bc	83,33 ± 5,77b	100a
	L5	13,33lm	23,33 ± 3,33l	51,11 ± 1,92hij	67,78 ± 5,09bcdefg	75,56 ± 1,92bcd	
	Mâle	7,78 ± 1,92m	13,33 ± 6,67lm	50,00 ± 3,33hij	63,33 ± 8,82bcdefgh	78,89 ± 1,92bc	
	Femelle	6,67 ± 5,77m	8,89 ± 3,85m	43,33 ± 5,77ijk	57,77 ± 5,09fghi	67,28 ± 5,06bcdefg	
72 heures	L1	13,33 ± 6,11n	62,67 ± 11,55ghi	77,33 ± 11,55cde	85,33 ± 4,62cd	97,33 ± 2,31a	
	L2	9,88 ± 2,14n	55,56 ± 3,70hijk	65,43 ± 2,14fgh	81,48cde	90,12 ± 2,14bc	
	L3	15,47 ± 8,99n	46,43 ± 6,19jk	64,28 ± 3,57fgh	76,19 ± 4,12de	90,48 ± 2,06bc	
	L4	14,95 ± 5,27n	44,83 ± 5,97k	59,77 ± 1,99ghi	78,16 ± 3,98cde	87,36 ± 3,98bcd	100a
	L5	20,00 ± 3,33mn	31,11 ± 1,92l	56,67 ± 5,77hij	78,89 ± 3,85cde	90,00 ± 3,33bc	
	Mâle	13,33 ± 3,33n	25,56 ± 5,09lm	53,33 ± 3,33hijk	74,44 ± 8,39def	84,44 ± 1,92cd	
	Femelle	11,11 ± 1,92n	17,78 ± 3,85mn	51,11 ± 1,92ijk	70,00 ± 3,33efg	77,78 ± 1,92cde	

\*Les moyennes suivies des mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significativement différentes (Test LSD de Fisher au seuil de 5 %)

### 3.4.3. Variation de la densité de *Podagrira decolorata* après traitement du gombo aux moyens d'extraits aqueux et du prédateur *Rhynocoris albopilosus*

#### 3.4.3.1. Premier traitement (1<sup>er</sup> essai)

Le traitement avec les extraits aqueux de *R. communis* et d'*A. indica* a provoqué une baisse importante de l'effectif total des adultes de *P. decolorata* 24 heures après traitement. Entre 24 heures et 72 heures, il n'y a pas eu de variation significative de l'effectif de l'altise. Ainsi, les effectifs de l'altise sont-ils- passés de  $124 \pm 37,72$  individus avant traitement, à  $109,33 \pm 10,41$  individus 24 heures après traitement et à  $34,33 \pm 9,87$  individus 72 heures après le lâcher de *R. albopilosus*. Ce lâcher de *R. albopilosus* a été fait une semaine après celui des altises. Le traitement avec *Lambda cyhalothrine* a entraîné une baisse considérable de l'effectif qui est passé de  $149,33 \pm 53,87$  individus avant traitement à  $2,67 \pm 1,06$  individus 24 heures après traitement, puis à  $2 \pm 1$  individus 72 heures après traitement. L'analyse statistique a donné différents niveaux de significativité entre les traitements (Tableau XXXV).

**Tableau XXXV.** Variation des effectifs moyens des adultes de *Podagrira decolorata* après le premier traitement

	Temps				p
	Avant traitement	24 H après traitement	48 H après traitement	72H après traitement	
Temoin	113,33±18,04bcd	143±16,64a	144,33±11,50a	137,67±8,50ab	0,089
<i>R. communis</i> (feuilles 70g/l)	136,33±11,59ab	86±9,85defg	78,33±13,20fg	71±13,75gh	0,0007
<i>A. indica</i> (feuilles 70g/l)	104,33±7,37cdef	61,33±9,07ghi	57,33±7,51ghi	48,33±2,89hi	0,00005
<i>R. albopilosus</i>	124±37,72abc	109,33±10,41bcde	83±3,61efg	34,33±9,87i	0,003
<i>Lambda cyhalothrine</i> (0,05g/l)	149,33±53,87a	2,67±3,06j	1±1,73j	2±1j	0,0003

\* Les moyennes suivies des mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher)

### 3.4.3.2. Deuxième traitement (2<sup>ème</sup> essai)

Les extraits aqueux de *R. communis* et d'*A. indica* pulvérisés dans les parcelles élémentaires ont induit une baisse importante de l'effectif total des adultes de *P. decolorata* en 24 heures. La densité de l'altise n'a pas varié significativement 24 heures et 72 heures après traitement. Un lâcher de *R. albopilosus* sur les parcelles élémentaires a permis de réduire les effectifs de *P. decolorata* de  $145,33 \pm 28,54$  avant traitement à  $101 \pm 03,61$  individus 24 heures après traitement jusqu'à  $27 \pm 1,73$  individus 72 heures après traitement. Le traitement avec l'insecticide chimique *Lambda cyhalothrine* a causé une forte baisse de l'effectif des altises qui est passé de  $143,67 \pm 18,56$  individus avant traitement à  $1 \pm 0,73$  individus 24 heures après traitement, puis à  $0,33 \pm 0,18$  individu 72 heures après traitement. L'analyse de variance a montré différents niveaux de significativité (Tableau XXXVI).

**Tableau XXXVI.** Variation des effectifs moyens des adultes de *Podagrica decolorata* après le deuxième traitement

	Temps				P
	Avant traitement	24 H après traitement	48 H après traitement	72H après traitement	
Temoin	129,33±36,86ab	142,33±27,65a	151,33±12,22a	151,67±8,62a	0,65
<i>R. communis</i> (feuilles 70g/l)	122,67±37,54ab	81±7,81cd	72,67±9,45cd	65,33±8,96d	0,034
<i>A. indica</i> (feuilles 70g/l)	128,33±58,23ab	85,67±7,37cd	65,67±7,37d	55,33±7,57de	0,069
<i>R. albopilosus</i>	145,33±28,54a	101±3,61bc	67,67±4,04cd	27±3ef	0,00006
<i>Lambda cyhalothrine</i> (0,05g/l)	143,67±18,56a	1±1,73f	0f	0,33±0,58f	0,00001

\* Les moyennes suivies des mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher)

**3.4.3.3. Troisième traitement (3<sup>ème</sup> essai)**

Les extraits de feuilles de *R. communis* et d'*A. indica* ont causé une forte baisse de l'effectif total des adultes de *P. decolorata* 24 heures après traitement. De 24 heures à 72 heures, l'effectif de l'altise n'a pas varié. Après le lâcher de *R. albopilosus*, les effectifs de l'altise ont progressivement baissé et sont passés de  $175,33 \pm 25,58$  adultes *P. decolorata* avant traitement à  $127,33 \pm 22,81$  individus 24 heures après traitement et  $21,33 \pm 1,53$  individus 72 heures après traitement. Le traitement avec *Lambda cyhalothrine* a entraîné une importante baisse de la population de *P. decolorata* qui est passée de  $151,67 \pm 17,62$  altises avant traitement à  $1,67 \pm 0,58$  individus 24 heures après traitement, puis à  $0,33 \pm 0,18$  individu 72 heures après traitement. L'analyse statistique a montré différents niveaux de significativité entre les traitements (Tableau XXXVII).

**Tableau XXXVII.** Variation des effectifs moyens des adultes de *Podagrira decolorata* après le troisième traitement

	Temps				P
	Avant traitement	24 H après traitement	48 H après traitement	72H après traitement	
Temoin	156±35abc	158,67±31,09abc	155,67±8,62abc	153,67±13,87abc	0,996
<i>R. communis</i> (feuilles 80g/l)	163±53,73ab	74,33±13,32d	86,33±12,50d	77,33±18,72d	0,019
<i>A. indica</i> (feuilles 80g/l)	133,67±11,72bc	76±4d	72,67±12,50d	84±6,24d	0,0001
<i>R. albopilosus</i> (30 individus)	175,33±25,58a	127,33±22,81c	63±10,44d	21,33±1,53e	0,00003
<i>Lambda Cyhalothrine</i> (0,05 g/l)	151,67±17,62abc	1,67±0,58f	0,67±0,58f	0,33±0,58f	0,00001

\* Les moyennes suivies des mêmes lettres sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test LSD de Fisher)

### 3.4.4. Évaluation de la bio-efficacité des extraits aqueux de *Ricinus communis*, d'*Azadirachta indica* et du prédateur *Rhynocoris albopilosus* pour le contrôle de *Podagrica decolorata*

#### 3.4.4.1. Premier traitement (1<sup>er</sup> essai)

24 heures après les traitements, le fort taux d'efficacité a été induit par *Lambda cyhalothrine* avec  $98,58 \pm 0,01$  %. Le taux des insecticides chimiques est suivi de celui de *A. indica* avec une valeur de  $53,41 \pm 0,01$  %. La plus faible valeur de l'efficacité qui est de  $30,12 \pm 0,02$  % a été obtenue avec *R. albopilosus*.

48 heures après traitement, les forts taux d'efficacité enregistrés ont été observés avec l'application de *Lambda cyhalothrine* avec une valeur de  $99,47 \pm 0,01$  % et *R. communis* avec une efficacité de  $55 \pm 1$  %. La plus faible valeur observée a été  $43,14 \pm 0,04$  % pour *A. indica*.

72 heures après traitement, l'efficacité du traitement a été de 98,90 % pour *Lambda cyhalothrine* qui a été suivi de *R. albopilosus* avec une efficacité de  $77,21 \pm 0,01$  %. La plus faible valeur a été  $57,13 \pm 0,01$  % pour *R. communis*. L'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives ( $F = 200,18$  ;  $ddl = 11$  ;  $p = 0,0001$ ) entre les traitements des différentes unités de temps (Figure 47).

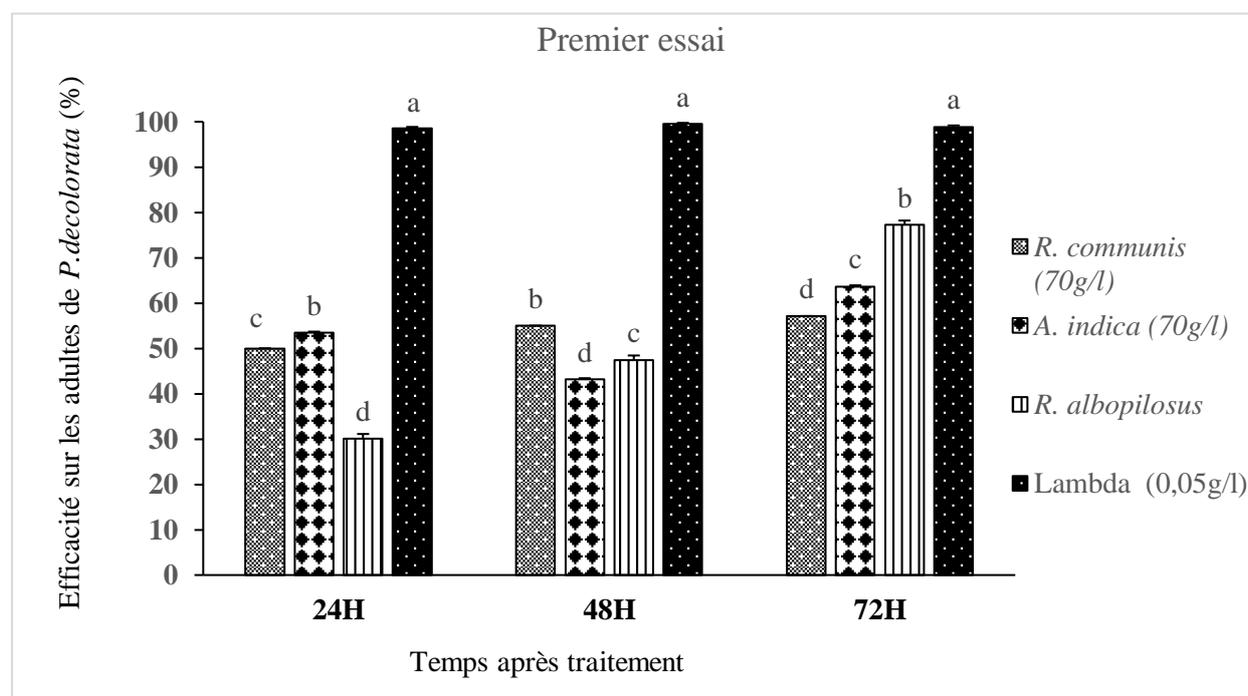


Figure 47. Efficacité du premier traitement

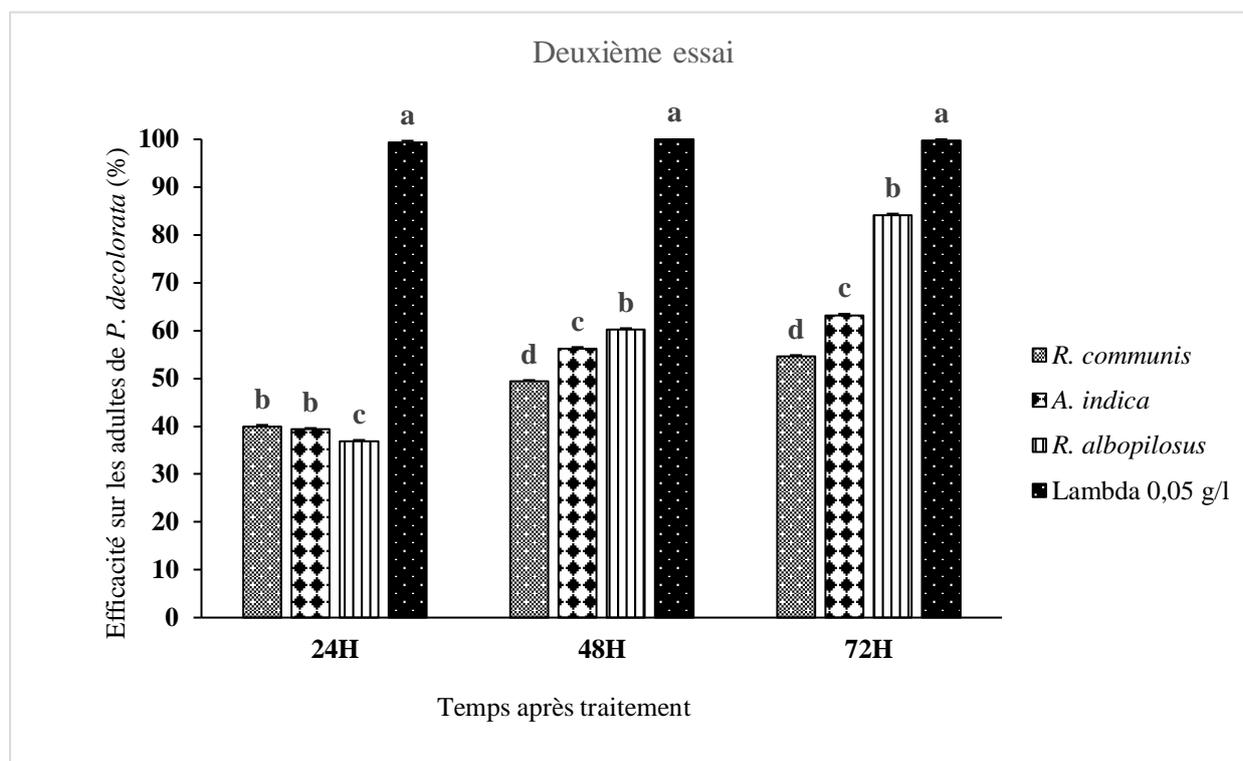
\*Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test LSD de Fisher

### 3.4.4.2. Deuxième traitement (2<sup>ème</sup> essai)

24 heures après les traitements, *Lambda cyhalothrine* a eu le plus fort taux d'efficacité ( $99,41 \pm 0,02$  %). Le taux le plus faible a été observé chez *R. albopilosus*  $36,85 \pm 0,02$  %.

Après 48 heures, l'efficacité de *Lambda cyhalothrine* a été de 100 %. L'insecticide chimique a été suivi de *R. albopilosus* avec une efficacité de  $60,21 \pm 0,01$  %. La plus faible efficacité a été obtenue par *R. communis* avec un taux de  $49,37 \pm 0,01$  %.

72 heures après le traitement, la plus forte efficacité a été obtenue par *Lambda cyhalothrine* avec un taux de  $99,80 \pm 0,10$  %. L'insecticide chimique a été secondé par *R. albopilosus* avec une efficacité de  $84,16 \pm 0,02$  %. La faible valeur de l'efficacité a été obtenue par *R. communis* avec une valeur de  $54,59 \pm 0,01$  %. L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives ( $F = 105,88$  ;  $ddl = 11$  ;  $p = 0,0001$ ) entre les traitements pour chaque unité de temps (Figure 48).



**Figure 48.** Efficacité du deuxième traitement

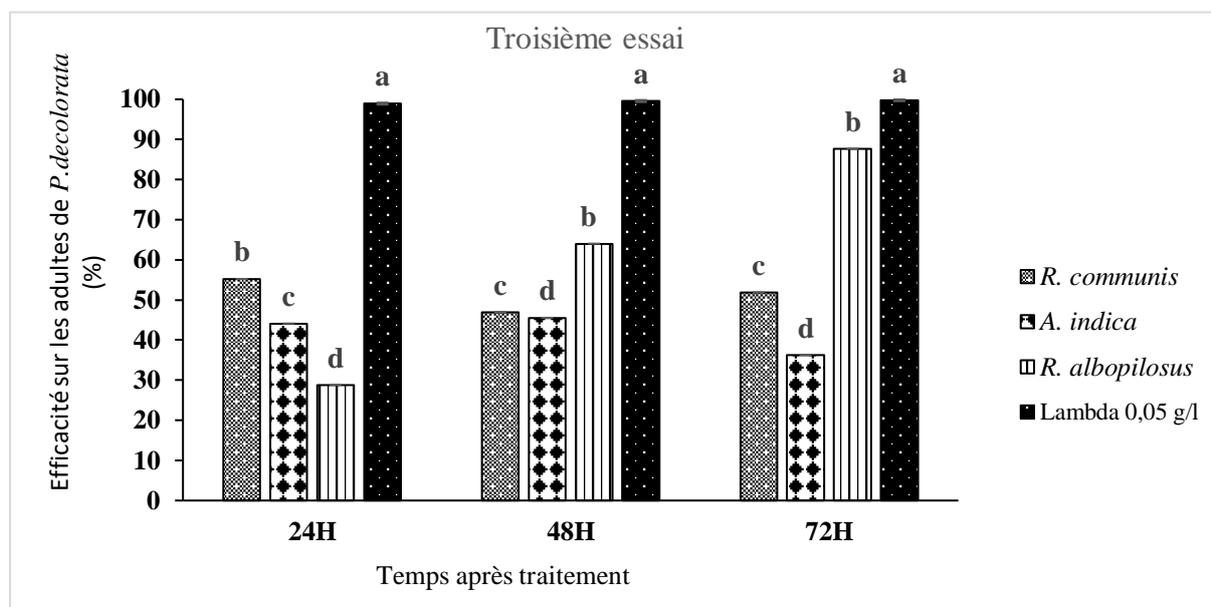
\*Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test LSD de Fisher.

### 3.4.4.3. Troisième traitement (3<sup>ème</sup> essai)

24 heures après traitement, *Lambda cyhalothrine* a enregistré le plus fort taux d'efficacité avec une valeur de  $98,92 \pm 0,02$  %. Le plus faible taux d'efficacité a été observé chez *R. albopilosus* avec une valeur de  $28,78 \pm 0,01$  %.

48 heures après traitement, les plus forts taux d'efficacité ont été observés chez *Lambda cyhalothrine* et *R. albopilosus* avec des valeurs respectives de  $99,56 \pm 0,01$  % et  $63,99$  %. La plus faible efficacité a été observée chez *A. indica*  $45,52 \pm 0,02$  %.

Après 72 heures, l'efficacité du traitement a été de  $99,78$  % pour *Lambda cyhalothrine*. Il est suivi de *R. albopilosus* avec une efficacité de  $87,65 \pm 0,01$  %. La plus faible efficacité a été observée chez *A. indica* est une valeur de  $36,20 \pm 0,20$  %. L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives ( $F = 473,68$  ;  $ddl = 11$  ;  $p = 0,0001$ ) entre les traitements à chaque contrôle (Figure 49).



**Figure 49.** Efficacité du troisième traitement

\*Les barres surmontées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test LSD de Fisher

### 3.4.5. Discussion

Les extraits aqueux d'*Azadirachta indica* (neem) et de *Ricinus communis* (ricin) utilisés ont causé une mortalité des adultes de *Podagrica decolorata* 24 et 72 heures après traitement. La mortalité observée serait liée aux propriétés insecticides de ces extraits. Cette argumentation rejoint celle de Diabaté *et al.* (2014) qui ont rapporté que la toxicité des extraits de *A. indica* sur les larves de *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae) était due aux substances actives (l'azadirachtine) présentes dans les extraits. En revanche cette mortalité est moins importante que celle observée avec l'utilisation de l'insecticide chimique *Lambda cyhalothrine*. Les résultats de la présente étude sont en conformité avec ceux de Ahmed & Musa (2010) qui ont montré que les extraits de feuilles n'étaient pas aussi efficaces que *Lambda cyhalothrine* dans la lutte contre *Podagrica* sp. Ces bioinsecticides ont causé un taux de mortalité qui est inférieur à 70 % avec les concentrations comprises entre 10 g/l et 90 g/l. Ces extraits aqueux pourraient être considérés comme inefficaces pour lutter contre ces altises. En effet, Begon *et al.* (1990) ont rapporté qu'une substance à effet insecticide n'est efficace que lorsqu'elle induit un taux de mortalité d'au moins 70 % sur un ravageur. Les résultats obtenus sont conformes à ceux de Ossey (2019) en ce qui concerne l'effet insecticide des feuilles de ricin et différents de celui-ci s'agissant des feuilles de neem. En effet, cet auteur a rapporté au cours de ses travaux à Adzopé portant sur *Ootheca mutabilis* (altise du niébé) que les extraits de feuilles de *R. communis* provoquent une mortalité inférieure à 50 % alors que les extraits de feuilles de *A. indica* ont causé un taux de mortalité supérieure à 70 %.

Concernant l'effet insecticide des plantes *A. indica* et *R. communis* sur les stades de développement de *R. albopilosus*, cette étude a montré que l'utilisation de leurs extraits à des concentrations supérieures ou égales à 70 g/l contre le ravageur de cultures *P. decolorata* réduit la population des auxiliaires de cultures comme *R. albopilosus*. Cela pourrait être un frein quant à l'utilisation combinée de ces bioinsecticides à forte concentration et de cette punaise spécialisée dans la prédation dans le cadre d'une lutte intégrée. La punaise doit donc être utilisée seule. Cette étude a également montré que l'effet larvicide des extraits aqueux est fonction des stades larvaires et de la concentration du produit appliqué. En effet, le taux de mortalité des larves de stade 1 serait dû à la fragilité de leur cuticule et à leur manque de vigueur. La résistance de *R. albopilosus* aux extraits de plante serait fonction du stade de développement. Elle évoluerait du stade larvaire 1 aux adultes femelles plus résistants que les individus des autres stades. Cette résistance aux extraits aqueux pourrait être fonction de l'âge de la cuticule et la force énergétique des individus de chaque stade de développement de *R. albopilosus*. La mortalité des larves pourrait être due à la pénétration des composants bioactifs des extraits de

plantes dans l'organisme des larves par la paroi corporelle comme l'ont mentionné Seljasen & Meadow (2006) qui ont travaillé sur les effets des extraits de neem sur les œufs et les larves de *Mamestra brassicae* (Lepidoptera : Noctuidae), ravageur du chou. Des travaux similaires ont été effectués par Lemos *et al.* (2017) montrant que les larves d'*Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera : Aleyrodidae), sont sensibles aux extraits de feuilles de *A. indica* entraînant plus de 80 % de taux de mortalité. En revanche les travaux de Odaï (2001), ont montré que les biopesticides à base de neem induisaient un taux de mortalité non significatif sur *Rhynocoris rapax* et *Rhynocoris* sp. Cette différence de l'efficacité du biopesticide sur les Reduviidae de la Côte d'Ivoire et du Ghana pourrait s'expliquer par l'intensité avec laquelle ces biopesticides sont appliqués dans les deux pays. L'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire est moins exposé aux biopesticides. En effet, les biopesticides n'étant pas très appliqués comme les insecticides chimiques à Man, ces insectes n'auraient donc pas encore développé de résistance contre ces substances. C'est ce qui pourrait expliquer ce fort taux de mortalité enregistré dans cette étude contrairement au faible taux de mortalité relevé par Odaï (2001) au Ghana.

Pour ce qui est de la densité des altises après traitement par des extraits de feuilles, cette étude a montré une baisse des effectifs moyens du ravageur *P. decolorata* dans les parcelles traitées comparativement à ceux des parcelles témoins qui ont soit augmenté, soit n'ont pas varié de façon significative. Les résultats de la présente étude sont conformes à ceux de Mehinto *et al.* (2015) qui ont rapporté que les insecticides utilisés en milieu paysan réduisent considérablement la population de certains ravageurs en cultures du niébé tels que *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera : Thripidae) et *Clavigralla tomentosicollis* (Hemiptera : Coreidae). Bien que ces bioinsectides aient causé une mortalité inférieure à 70 % de l'altise, leur action dans les parcelles traitées a tout de même réduit la densité des adultes de *P. decolorata* 24 heures jusqu'à 72 heures après traitement. Cela pourrait s'expliquer par certaines propriétés de ces extraits de plantes telles que l'effet répulsif qui permet de tenir le ravageur à distance des cultures et l'effet antiappétant qui inhibe l'appétit du ravageur tels que révélé par Diabaté *et al.* (2014) et Ossey (2019). D'autres travaux effectués sur *Podagrica* sp. soumis au traitement de suneem par Tounou *et al.* (2018) au Bénin ont également révélé des effets répulsifs et antiappétants.

Le lâcher de *R. albopilosus* a provoqué une baisse graduelle des effectifs de *P. decolorata* à chaque traitement et pour chaque temps de contrôle comparativement aux témoins où les effectifs de l'altise ne varient pas de façon significative. Cette baisse progressive jusqu'à atteindre des valeurs plus faibles que celles des bioinsectides 72 heures après traitement pourrait s'expliquer par les activités prédatrices des reduves sur les adultes de *P. decolorata*. En effet,

la capture des proies se fait avec ses pattes en avant, en fixant son rostre sur sa proie et en lui injectant sa salive toxique pour la paralyser. Les résultats de la présente étude sont en accord avec ceux de Sahayaraj & Martin (2003) qui ont montré que des lâchers du prédateur *Rhynocoris marginatus* (Reduviidae), dans un champ d'arachide en Inde, ont réduit significativement des populations de plusieurs ravageurs *Spodoptera litura* (Noctuidae), *Helicoverpa armigera* (Noctuidae), *Atractomorpha crenulata* (Pyrgomorphidae) et *Chrotogonus trachypterus* (Pyrgomorphidae).

L'insecticide chimique, *Lambda cyhalothrine* a été très efficace pour tous les traitements. En effet, la matière active de *Lambda cyhalothrine* agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes à faible dose. En revanche, l'efficacité des lâchers de *R. albopilosus* qui était faible. 24 heures après le traitement, a été supérieure à 70 %, 72 heures après traitement. En effet, ces punaises prédatrices capturent leurs proies, les tuent puis digèrent l'hémolymphe. Leur agressivité pourrait être à l'origine de cette baisse considérable de la densité des adultes de *P. decolorata* 72 heures après traitement. Les résultats de cette étude sont proches de ceux de Obrycki *et al.* (2009). Ces auteurs ont rapporté lors de leurs travaux que deux espèces de coccinelles prédatrices à savoir *Coleomegilla maculata* et *Coccinella septempunctata* ont réussi à réduire les populations de pucerons de l'espèce *Myzus persicae* de 85 %.

#### 3.4.6. Conclusion partielle

L'étude menée en milieu semi-contrôlé a confirmé l'efficacité de l'insecticide chimique *Lambda cyhalothrine*, déjà vulgarisé pour le contrôle de l'altise de *P. decolorata*, principal ravageur du gombo. Le produit chimique a réduit de façon significative les effectifs de *P. decolorata* après chaque traitement suivi des lâchers de *R. albopilosus*. Chaque traitement appliqué a son mode d'action et sa remanence. Cette étude a permis d'évaluer l'effet insecticide des extraits de feuilles de *A. indica* et de *R. communis* sur *P. decolorata* puis sur *R. albopilosus*. La présente étude a également révélé que la lutte intégrée avec l'utilisation simultanée des extraits de ricin et de neem en combinaison avec le prédateur *R. albopilosus* ne soit pas envisageable. En revanche, des lâchers inondatifs de *R. albopilosus* dans les cultures de gombo peuvent réduire de façon significative l'effectif de ces ravageurs et améliorer la culture du gombo en Côte d'Ivoire.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Au terme de cette étude sur la problématique du contrôle du principal ravageur du gombo *P. decolorata* au moyen de la lutte biologique comme alternative à l'utilisation des insecticides chimiques, il ressort que l'entomofaune inféodée à la culture du gombo a été actualisée. Les techniques de collecte utilisées ont permis de capturer 11602 insectes appartenant à 10 ordres repartis en 36 familles et 61 espèces. Un foreur de fruits et de tige *Earias vitella*, six espèces de Reduviidae prédatrices de *P. decolorata* utiles pour la lutte biologique ont été collectées. Ce sont *R. albopilosus*, *R. bicolor*, *R. rapax*, *C. pictus*, *H. fasciatus* et *Coranus* sp. Les forts taux de dégâts à tous les stades phénologiques sont imputables aux défoliateurs. Ainsi, l'espèce *P. decolorata*, a-t-elle été reconnue comme ravageur vorace par rapport à sa présence et aux dégâts qu'elle cause à la culture du gombo. Cette espèce s'attaque à tous les organes du gombo mais beaucoup plus aux feuilles réduisant alors leur surface foliaire photosynthétique. Cette situation rend ces feuilles non consommables et réduit la quantité et la qualité des fruits commercialisables.

L'étude de la variation saisonnière de *P. decolorata* a révélé une influence des facteurs abiotiques sur la fluctuation des populations de ce ravageur. Ensuite, l'étude de la dynamique des Reduviidae, prédateurs de *P. decolorata* a montré que ces insectes sont abondants sur les parcelles pendant la saison pluvieuse et que leur forte présence sur la parcelle est due à la présence du ravageur. Cela indique un bon synchronisme entre la population des prédateurs et du ravageur à contrôler. L'étude de la fréquence d'occurrence des Reduviidae prédateurs de *P. decolorata* a révélé *Rhynocoris albopilosus* comme l'espèce la plus présente (75 %) sur la parcelle expérimentale.

La détermination de quelques paramètres bioécologiques de *R. albopilosus* et de *R. rapax* nous a permis d'avoir une base de données importantes sur les deux espèces de Reduviidae prédatrices de *P. decolorata*. Il ressort au terme de cette étude que le cycle de développement de *Rhynocoris albopilosus* dure  $79,52 \pm 11,17$  jours contre jours  $81,71 \pm 13,95$  jours pour *Rhynocoris rapax*. Les femelles de *Rhynocoris albopilosus* ( $96,47 \pm 8,04$  jours) et de *Rhynocoris rapax* ( $82,10 \pm 9,41$  jours) durent plus longtemps que les mâles avec respectivement des durées de vie de  $84,57 \pm 10,10$  jours et de  $68,67 \pm 8,44$  jours. Concernant le sex-ratio, il a été en faveur des femelles pour les deux espèces de Reduviidae avec des valeurs respectives de 0,58 pour *Rhynocoris albopilosus* et 0,90 pour *Rhynocoris rapax*. S'agissant de la bioefficacité des deux espèces, l'étude comparative a révélé une grande efficacité de l'espèce *R. albopilosus* par rapport à *R. rapax*.

Enfin, cette étude a révélé que la lutte intégrée avec l'utilisation simultanée des extraits de ricin et de neem en combinaison avec le prédateur *R. albopilosus* ne soit pas envisageable.

En revanche, des lâchers inondatifs de *R. albopilosus* dans les cultures de gombo peuvent réduire de façon significative l'effectif de ces ravageurs et améliorer la culture du gombo en Côte d'Ivoire.

Cette étude a permis d'avoir plusieurs informations sur la culture du gombo à Man dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Les résultats obtenus permettent d'envisager d'autres axes de recherches. Il s'agira de :

- Mettre en œuvre une technique d'élevage en masse de *R. albopilosus* en vue de faire des lâchers inondatifs pour contrôler avec efficacité les populations de *P. decolorata* ;
- Tester l'efficacité des autres punaises prédatrices répertoriées contre *P. decolorata* en milieu semi-contrôlé ;
- Etudier la bioécologie des autres espèces de Reduviidae identifiées comme étant prédatrices des altises ;
- Faire un inventaire des différentes espèces de punaises prédatrices présentes à Man ;
- Etudier la composition biochimique de la salive toxique de *R. albopilosus* lui permettant d'immobiliser ses proies après les avoir piquées avec son rostre.

## **RÉFÉRENCES**

- Abbott W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 : 265- 267.
- Adenuga A.O. (1970). Studies on the biology of *Podagrica sjostedtii* Jac. and *P. uniformis* juc. (Coleoptera - Chrysomelidae). *Nigerian Entomologists' Magazine*, 2 (2) : 39-42.
- Adesina J.M. & Afolabi L.A. (2014). Comparative bio-efficacy of aqueous extracts of *Jatropha curcas* and *Trema orientalis* against Flea beetles (*Podagrica* spp.) infestation and yield of okra. *International Journal of Horticulture*, 4 (2) : 1927-5803.
- Adja N.A., Nandjui J., Sadia G.H., Adingra T., Akamou F. & Danho M. (2019). Are bioinsecticides able to effectively substitute chemicals in the control of insect pests of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in Côte d'Ivoire? *Journal of applied Biosciences*, 142: 14435-14447.
- Ahmed O. & Musa A.K. (2010). Comparative studies on the efficacy of neem, basil leaf extracts and synthetic insecticide, lambda-cyhalothrin, against *Podagrica* spp. on okra. *African Journal of Microbiology Research*, 4 (1) : 033-037.
- Alberganti M. (2012). Pourquoi-les-femelles-vivent-elles-plus-longtemps-que-les males ? / Journaliste scientifique. Producteur de l'émission « Science Publique » sur France Culture, 2 p. (<http://blog.slate.fr/globule-et-télescope/2012/08/03/>), consulté le 24/06/2021.
- Alford D.V. (2002). Ravageurs des végétaux d'ornement, arbres, arbustes, fleurs. Paris, INRA édition, 471 p.
- Alzouma I. (2001). Systèmes traditionnels de stockage et conservation des denrées alimentaires en Afrique. *In* : Lutte contre les déprédateurs des denrées stockées par les agriculteurs en Afrique. Acte du 1er Colloque International REARB CPI, Glitho I. A. (Ed) du 10 au 14 février 1997, Lomé, Togo pp. 58-72.
- Ambrose D.P. & Kumar A.G. (2016). Reduviid predators. *In* : Ecofriendly Pest Management for Food Security. Omarkar (Ed.), *Academic Press* : 217-257.
- Ambrose D.P., Rajan S.J., Nagarajan K.S. & Krishnan S. (2009). Biology, behaviour and functional response of *Sphedanolestes variabilis* Distant (Insecta : Hemiptera : Reduviidae : Harpactorinae), a potential predator of lepidopteran pests. *Entomology Croat*, 13 : 33-44.
- Angbanyere & Matthew (2012). The effect of pollinators and pollination on fruit set and fruit yields of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in the forest region of Ghana. Theses of Doctorat, Kwamé Nkrumah University of Science and Technology College of Science, (Acra, Ghana), 103 p.

- APG (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141 (4) : 399 - 436.
- Appert J. & Deuse J. (1988). Insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères, Ed. Maisonneuve et Larose, Paris (France), 267 p.
- Asare-Bediako E., Van Der Puije G.C., Taah K. J., Abole E.A. & Baidoo A. (2014). Prevalence of Okra Mosaic and Leaf Curl Diseases and *Podagrica* spp. Damage of Okra (*Albelmoschus esculentus*) Plants. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 2 (6) : 260-271.
- Atachi P. & Montcho E. (2007). Étude de quelques caractéristiques morphologiques larvaires de *Podagrica decolorata* (Duvivier, 1892) (Coleoptera Chrysomelidae). *L'Entomologiste*, 63, 6 : 319-323.
- Badii K.B. (2005). Field Evaluation Of Neem Seed Extracts For The Control Of Major Cowpea Pests In Northern Ghana. University for development studies, Tamale, Ghana, 118 p.
- Barbier J., Cissao M., Cisse C., Loctr F. & Grand C. (2012). Intérêts de mettre en place une filière courte basée sur la culture de *Jatropha (Jatropha curcas L.)*, Dialacoto, Sénégal, 138 p.
- Begon M., Harper J.L. & Townsed C.R. (1990). Ecology: individuals, populations and communities, (2nd édition). *Blackwell Scientific Publications*, Oxford (England), 945 p.
- Bekon K.A. (2001). Le développement et le renforcement des capacités d'utilisation de la biotechnologie dans la protection des végétaux en Afrique. Rapport de mission de consultation du 28 octobre au 10 novembre au mali, Guinée, Ghana et Côte d'Ivoire. Conseil phytosanitaire inter africain (CPI) / Organisation de l'Unité Africaine (OUA), 12 p.
- Bélangier A. & Musabyimana T. (2005). Le Neem contre les insectes et les maladies. Association pour la Promotion des produits naturels (ASPRO), Journées Horticoles au Canada, 13 p.
- Bequaert J. (1935). Comportement présocial chez les Hémiptères. *Bul. Brooklyn. Société d'entomologie*, 30 : 177-191.
- Bernd M. (2013). How much nicotine kills a human? Tracing back the generally accepted lethal dose to dubious self-experiments in the nineteenth century. *Archives of Toxicology*, 5 p.

- Bhatt B., Joshi S. & Karnatak A.K. (2018). Biodiversity of insect pests and their predators on okra agroecosystem. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4): 84-86.
- Bhutto Z.A., Magsi F.H., Soomro A.A., Chandio M.A., Channa N.A., Lashari S.H., Mangi S. & Junejo A.A. (2017). Integrated pest management of okra insect pests. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 4 (3): 39-42.
- Boer L.D. (1976). Transmission du virus de la mosaïque du gombo par insectes. Faune entomologique du gombo et essai d'élevage de *Podagrica decolorata*. Adiopodoumé : ORSTOM, Rapport de stage en Côte d'Ivoire, 39 p.
- Bonetti N. (2019). Recherche et évaluation des parasitoïdes oophages indigènes de la punaise invasive *Halyomorpha halys*, Sciences du Vivant [q-bio o], 68 p.
- Boyossoro H.K., Koffi F.K., Bachir M.S., Biémi J. & Traoré I. (2007). Insécurité climatique et géorisques en Côte d'Ivoire : étude du risque d'érosion hydrique des sols dans la région semi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire), *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 18 (1) : 29-37.
- Braman S.K., Sloderbeck P.E. & Yeargan K.V. (1984). Effect of temperature development and survival of *Nabis americanoferus* and *N. roseipennis* (Hemiptera : Nabidae). *Annals of Entomological Society of America*, 77 : 592-596.
- Bryant G.E. (1942). New species of *Podagrica* (Halticinae, Coleoptera) from Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 33 : 229-234.
- Charrier A. (1983). Etude des ressources génétiques du genre *Abelmoschus* MED. (Gombo). Conseil international des ressources phytogénétiques. Ed. CIRPG FAO, Rome (Italie), 61 p.
- Chevalier A. (1940). L'origine, la culture et les usages de cinq hibiscus de la section *Abelmoschus*. *Revue de Botanique Appliquée*, 20 : 319-328.
- Dajoz R. (2000). Précis d'écologie. 7<sup>e</sup> édition, Paris : Dumond (France), 615 p.
- De Lannoy G. (2001). Gombo *Abelmoschus esculentus* Moench. In : Agriculture en Afrique Tropicale légumes. Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI), 478-484.
- Degri M.M., Mailafiya D.M. & Wabekwa J.W. (2013). Efficacy of aqueous leaf extracts and synthetic insecticide on pod-sucking bugs infestation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) in the Guinea Savanna Region of Nigeria. *Advances in Entomology*, 1(2) : 10 - 14.

- Delvare G. & Aberlenc H.P. (1989). Les insectes d’Afrique et d’Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles. CIRAD. Laboratoire de Faunistique. Acridologie Opérationnelle. Montpellier Cedex, France, 299 p.
- Déthiollaz S. (2003). La Ricine : une arme biologique. *Proline* 8 : 1-4.
- Diabaté D., Jean Ayekpa Gnago J.A. & Tano Y. (2014). Toxicity, antifeedant and repellent effect of *Azadirachta indica* (A. Juss) and *Jatropha carcus* L. aqueous extracts against *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae). *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 4 (11): 51-60.
- Djidji A.H. & Fondio L. (2013). Bien cultivé l’aubergine en Côte d’Ivoire, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Rapport d’étude, CNRA, Bouaké, Côte d’Ivoire, 4 p.
- Dupin T. (2017). Observation des ravageurs et de leurs ennemis naturels dans des vergers d’agrumes menés avec des pratiques agroécologiques en Martinique. Mémoire de Master en Sciences Technologie Santé, UFR Sciences, Université Angers, France, 90 p.
- Dupriez H., Silas N. & Colin J. (2001). Champs et jardins sains, lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs des cultures. Carnets écologiques d’Afrique. Terre et Vie, Bruxelles, Belgique, 238 p.
- Ek-Amnuay P. (2010). Plant diseases and insect pests of economic crops. Amarin printing and publishing public Co., Ltd, Bangkok, Thailand, *Ethiopian Journal of Sciences*, 26 (2): 145-150.
- El-Sayed A.M., Suckling D.M., Byers J.A., Jang E.B. & Wearing C.H. (2009). Potential of “Lure and Kill” in Long-Term Pest Management and Eradication of Invasive Species. *Journal of Economic Entomology*, 102 : 815-835.
- FAO (2009). Rapport National sur l’état des ressources phytogénétiques pour l’alimentation et l’agriculture, (Rome, Italie), 65 p.
- Finney D.J. (1971). Probit analysis. Cambridge Universty Press, 3ed. Edition, Cambridge, 33 p.
- Fomekong A., Messi J., Kekeunou S., Tchuenguem-Fohouo F-N. & Tamesse J.L. (2008). Entomofauna of *Cucumeropsis manii* Naudin, its impact on plant yield and some aspectsof the biology of *Dacus bivittatus* (Diptera: Tephritidae). *African of Journal Agriculture Research*, 3 (5): 363-370.
- Fondio L. & Djidji A.H. (2007). Bien cultiver le gombo en Côte d’Ivoire. Rapport d’étude, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Bouaké, Côte d’Ivoire, 4 p.

- Fondio L., Kouamé C., Djidji A. H. & Dossahoua T. (2011). Caractérisation des systèmes de culture intégrant le gombo dans le maraîchage urbain et périurbain de Bouaké dans le centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (3):1178-1189.
- Fondio L.S., Djidji A.H. & Zohouri G.P. (2001). Diagnostic prophylactique du secteur maraîcher de la région d'Abidjan (Délégation Régionale Sud de l'ANADER) : containtes et ébauches de solutions. Rapport d'étude, CNRA, Bouaké, Côte d'Ivoire, 28 p.
- Franck A. (2008). Capture conditionnement expéditifs mise en collection des insectes et acariens en vue de leur identification. CIRAD Réunion, Montpellier (France), 53 p.
- Gauvin M-J., Belanger A., Nébié R. & Boivin G. (2003). *Azadirachta indica* : l'azadirachtine est-elle le seul ingrédient actif ? *Phytoprotection*, 84 (2) : 115-119.
- Givord L. & den Boer L. (1980). Insect transmission of okra mosaic virus in the Ivory Coast. *Annals of Applied Biology*, 94 : 235-241.
- Gnago J.A., Danho M., Agneroh A.T., Fofana I.K. & Kohou A.G. (2010). Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *International Journal Biological Chemical Sciences*, 4 (4) : 953-966.
- Guèye M.T., Seck D., Wathelet J.P. & Lognay G. (2011). Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnologie Agronomie, Société et Environnement*, 15(1) : 183-194.
- Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. (1971). La végétation de Côte d'Ivoire, In : Avenard J.M., Eldin E., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J. L., Adjanohoun E. and Perraud A. (eds). Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Paris (France) : 159-263.
- Guo Z., Vangapandu S., Sindelar R.W., Walker L.A. & Sindelar R.D. (2005). Biologically active quassinoids and their chemistry : potential leads for drug design. *Current Medicinal Chemistry*, 12 : 173-190.
- Habou Z.A., Haubruge E., Adam T. & Verheggen F.J. (2013). Insectes ravageurs et propriétés biocides de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) : synthèse bibliographique. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17(4) : 604-612.
- 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.
- Hawltzky N. (1993). La lutte biologique à l'aide de Trichogrammes. Lutte biologique. *Dossier de la cellule Environnement*, 5 : 219-226.
- Hema T. (2017). Etude de la bioécologie de *Phonoctonus lutescens* (Guérin et Percheron, 1887) et évaluation de son agressivité vis-à-vis de *Dysdercus voëlkeri* (Schmidt, 1932), ravageur du cotonnier (*Gossypium hirsutum*) au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle en Agronomie, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 69 p.
- Hénault-Ethier L. (2015). Health and environmental impacts of pyrethroid insecticides : What we know, what we don't know and what we should do about it. Executive summary and littérature review. Équiterre. Montréal, Canada, 68 p.
- Henderson C.F. & Tilton E.W. (1955). Tests with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 48 : 157-161.
- Honda K., Omura H., Hori M. & Kainoh Y. (2010). "Allelochemicals in plant-insect interactions," In : *Comprehensive Natural Products Chemistry*, 4: 563-594.
- Humayun J. (2012). Physico-morphic variations among brinjal cultivars against *Leucinodes orbonalis* guenee (Pylalidae : Lepidoptera) and its management with different techniques. Thesis of Entomology, University of Rawalpindi, Pakistan, 346 p.
- Hwang W.S. & Weirauch C. (2012). Evolutionary history of assassin bugs (Insecta : Hemiptera : Reduviidae) : Insights from divergence dating and ancestral state reconstruction. *Plos One* 7 (9), e45523. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0045523> consulté le 11 / 12 / 2020 à 01 heure 26 minutes.
- Isman M.B. (1997). Neem insecticides. *Pesticide Outlook*, 8 (5) : 32-38.
- Kabeh J.D. (2013). Evaluation of aqueous neem seed extracts and Cypermethrin, in the management of cowpea pod-sucking bug *Clavigralla tomentosicollis* Stal (Hemiptera : Coreidae) in the Nigerian Guinea Savanna. *Global Advances Research Journal of Agriculture Science*, 2 (1) : 001-006.
- Kadri A., Zakari Moussa O., Yacouba S. A., Abdou H.K.K. & Karimoune L. (2013). Gestion intégrée de *Maruca vitrata* (Fabricius, 1787) et *Megalurothrips sjostedti* (Trybom, 1908), deux ravageurs majeurs du niébé au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (6) : 2549-2557.
- Kareru P.G., Keriko J.M., Kenji G.M. & Gachanja A.N. (2010). "Anti-termite and antimicrobial properties of paint made from *Thevetia peruviana* (Pers.) Schum.oil extract". *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4 (2) : 87-89.

- Keli Z.J. (2009). La direction régionale du CNRA de MAN en quelques mots et chiffres. Rapport d'étude, CNRA, Man, Côte d'Ivoire : 5-7.
- Khomsug P., Thongjaroenbuangam W., Pakdeenarong N., Suttajit M. & Chantiratikul P. (2010). Antioxidative activities and phenolic content of extracts from Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Research Journal of Biological Sciences*, 5: 310-313.
- Koffi A. (2009). Les contradictions des politiques de ciblage dans les projets de lutte contre la pauvreté dans l'ouest montagneux ivoirien. Mémoire de DEA, Université de Bouaké, Côte d'Ivoire, 100 p.
- Kouman K.A., Kouassi P.J. & Gogbe T. (2016). Action municipale et développement de la ville de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, 23 p.
- Koushik N.R., Manjunatha M., Naik M.I., Shivanna B.K., Narayanaswamy H., Kalleswara C.M., Gayathridevi S. & Pradeep S. (2013). Evaluation of eco-friendly approaches against brinjal shoot and fruit borer *Leucinodes orbonalis* Guenee, (Lepidoptera : Pyralidae). *Karnataka Journal Agricultural Science*, 26 (2) : 209-213.
- Kumar A.G., Rajan K., Rajan S.J. & Ambrose D.P. (2011). Predatory behaviour of an assassin bug, *Coranus spiniscutis* (Reuter) on rice meal moth, *Corcyra cephalonica* (Stainton) and leaf armyworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). In : Ambrose, D.P. (Ed.), Insect Pest Management, a Current Scenario. Entomology Research Unit, St. Xavier's College, Palayamkottai, India : 404-408.
- Kumar D.S., Eswar D.T., Kumar A.P., Kumar A.A., Bramha D. & Srinivasa R.R.N. (2013). A review on: *Abelmoschus esculentus* (okra). *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences*, 3 (4): 129-132.
- Kwadjo E.K., Doumbia M., Ishikawa T., Tano Y. & Haubruge E. (2008). Morphometrical changes and description of eggs of *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Heteroptera : Reduviidae) during their development. *Faunistic Entomology*, 61 (4) : 151-155.
- Kwadjo K.E., Doumbia M., Haubruge E., Kra K. D. & Tano Y. (2010). Dimorphisme sexuel chez les adultes de *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Hétéroptères : Reduviidae). *Journal of Applied Biosciences*, 30: 1873-1877.
- Kwadjo K.E., Doumbia M., Tano Y., Kra K.D., Douan B.G. & Haubruge E. (2013). Voracity of *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Heteroptera: Reduviidae) nymphs against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) young ones. *Journal of Biopesticides*, 6 (2): 204-206.

- Kwadjo. K.E., Doumbia M. & Haubruge E. (2012). Description et distinction des larves et des exuvies de *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Heteroptera : Reduviidae). *Entomologie faunistique*, 65 : 15-23.
- Lavabre E.M. (1970). Insectes nuisibles des cultures tropicales (cacaoyer, caféier, colatier, poivrier, théier). (Ed) Maisonneuve et Larose, Paris V (France), 276 p.
- Lemos K.L., Lemos R.N.S., Medeiros F.R., da Silva E.A., Mesquita M.L.R. & Araujo J.R.G. (2017). Insecticidal activity of *Azadirachta indica* A. Juss. extracts on *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera : Aleyrodidae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 11 (13) : 260-263.
- Lowery D.T., Isman M.B. & Brard N.L. (1993). Laboratory and field evaluation of neem for the control of aphids (Homoptera : Aphididae). *Journal Economic of Entomology*, 86 (3) : 864-870.
- Maldonado C.J. (1990). Catalogue of the Reduviidae of the world. *Caribbean Journal of Science*, 1468 (1), 694 p.
- Markose B.L. & Peter K.V. (1990). Review of research on vegetables and tuber crops okra. *Kerala Agricultural University Mannuthy, India, Tehnical Bullerin*, 16: 109 p.
- Maroyi A. (2007). *Ricinus communis* L. In: van des Vossen, H.A.M. et Mkamilo, G.S. (Editeurs). PROTA 14 : Vegetable oil / Oleagineux, Montpellier (France), 14 p.
- Mehinto J.T., Atachi P., Elégbédé M., Kpindou O.K.D. & Tamo M. (2015). Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 84 : 7695-7706.
- Menouar M. (2015). Effet de l'action combinée bentonite et la salinité sur les bilans hydriques et minéral du gombo (*Abelmoschus esculentus*. L), Thèse de Doctorat Unique, UFR des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Oran 1 (Oran, Algérie), 141 p.
- Monedji A.D., Nyamador W.S., Amevoin K., Ketoh G.K. & Glitho I.A. (2014). Efficacité d'extraits de feuilles de neem *Azadirachta indica* (Sapindale) sur *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae), *Hellula undalis* (Lepidoptera : Pyralidae) et *Lipaphis erysimi* (Hemiptera : Aphididae) du chou *Brassica oleracea* (Brassicaceae) dans une approche « Champ Ecole Paysan » au sud du Togo. *International Journal of Biological and Chemical. Sciences, basic and Applied Aspects of Biopsticides*, 8 (5): 195-214.
- Moulet P. (2002). Systématique, biologie, écologie et éthologie des Reduviidae (Heteroptera) ; Systématique et bioécologie des Coreoidea (Heteroptera) du Ventoux (Sud-Est France). Thèse de Doctorat Unique, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon, France, 202 p.

- Mrosso F., MWatawala M. & Rwegasira G. (2013). Functional responses of *Cheilomenes propinga*, *C. lunata* and *C. sulphurea* (Coleoptera: Coccinellidae) to predation on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Eastern Tanzania. *Journal of Entomology*, 10 (2): 76-85.
- Murúa G., Molina-Ochoa J. & Coviella C. (2006). Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern Argentina. *Florida Entomologist*, 89 (2) : 175-182.
- Nagarajan K., Rajan K., Ambrose D.P. (2010). Functional response of assassin bug, *Rhynocoris fuscipes* (Fabricius) (Hemiptera : Reduviidae) to cucumber leaf folder, *Diaphania indicus* Saunders (Lepidoptera : Pyraustidae). *Journal of Entomology*, 35 (1) : 1-7.
- Norman J.C. (1992). Tropical Vegetable Crops. Arthur H. Stockwell Ltd., Ilfracombe, Devon, Angleterre, 252 p.
- Nzikou J.M., Mvoula T., Matouba E., Ouamba J.M., Kapseu C., Parmentier M., Oyen L.P.N. & Jemmens R.H.M.J. (2006). A study on gumbo seed grown in Congo Brazzaville for its food and industrial applications. *African Journal of Biotechnology*, 5 (24): 2469-2475.
- Obeng-Ofori D. & Sackey J. (2003). Field evaluation of non-synthetic insecticides for the management of insect pests of okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench in Ghana. *Ethiopian Journal of Sciences*, 26 (2): 145-150.
- Obodji A. (2010). Inventaire des cochenilles (Homoptera, Coccoidea) au cacaoyer dans quatre zones de production infectées par la maladie du swollen shoot en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, UFR Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 60 p.
- Obodji A. (2016). Entomofaune des cultures d'aubergine, *Solanum aethiopicum* L. (Solanaceae) à Azaguié (Côte d'Ivoire), abondance, dégâts et contrôle de *Leucinodes orbonalis* Guenee, 1854 (Lepidoptera : Pyralidae), principal ravageur, au moyen d'extraits aqueux de plantes locales. Thèse de Doctorat Unique, UFR Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 240 p.
- Obodji A., Aboua L.R.N., Tano D.K.C. & Seri-Kouassi B. Ph. (2016). Inventory of entomofauna associated with African eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) according to the phenological stages and assessment of damages caused by insect pests. *Journal of Advanced Studies in Agricultural, Biological and Environmental Sciences*, 3 (2) :12-21.

- Obodji A., Aboua L.R.N., Tano D.K.C. & Séri-Kouassi B.Ph. (2015). Evaluation of the larvae abundance of *Leucinodes orbonalis* Guenee (Lepidoptera : Pyralidae) in the phenological stages of eggplants (*Solanum aethiopicum*) in Azaguié, Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 27 (1) : 4182-4192.
- Obodji A., Aboua L.R.N., Tano D.K.C. & Seri-Kouassi. B.P. (2016). Inventory of entomofauna associated with African eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) according to the phonological stages assessment of damages caused by insect pests. *Journal of Advanced Studies in Agricultural and Environmental Sciences*, 3: 2394-2606.
- Obrycki J.J., Hardwood J.D., Kring T. J. & O'Neil R.J. (2009). Aphidophagy by Coccinellidae : Application of biological control in agroecosystems. *Biological control*, 51 : 244-254.
- OCPV (2021). Niveau d'approvisionnement et prix des produits vivriers sur les marchés en Côte d'Ivoire, Communiqué du ministère du commerce et de l'industrie, 21 p.
- Odaï E.A. (2001). Studies on soil, amendment strategies and neem products for the managements of insect pests of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), Thesis, Entomology of the University of Ghana (Legon, Ghana); 109 p.
- Odebiyi J.A. (1980). Relative abundance and seasonal occurrence of *Podagrira* spp. (Coleoptera: *Chrysomelidae*) on okra in southwestern Nigeria. *African Journal Agriculture of Sciences*, 6: 83-84.
- Ogol C.K.P.O., Spence J.R., Keddie A. (1998). Natural enemy abundance and activity in a maize-leucaena agroforestry system in Kenya. *Environmental Entomology*, 27 (6), 1444-1451.
- Olsnes S. (2004). The history of ricin, abrin and related toxins. *Toxicon*, 44 : 361-370.
- Osafune T., Ishikawa T. & Okajima S. (2005). Development, multiplication and morphology of an assassin bug, *Ploytoxus selangorensis* (Insecta : Heteroptera : Reduviidae). *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 11 : pp 7-18.
- Ossey C.L. (2019). Entomofaune de la culture du niébé, *Vigna unguiculata* L. (Fabaceae) à Adzopé (Côte d'Ivoire) : bioécologie et contrôle du principal ravageur *Ootheca mutabilis* Sahlberg, 1829 (Coleoptera : Chrysomelidae), au moyen d'extraits aqueux de plantes locales. Thèse de Doctorat Unique, UFR Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 176 p.
- Ossey C.L., Aboua L.R.N., Obodji A. & Tano D.K.C. (2017). Entomofauna associated with cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp., assessment damages caused by insect pests and

- predators of *Oothecha mutabilis* Sahlberg (Coleoptera: Chrysomelidae) in south of Côte d'Ivoire. *IJRDO-Journal of Applied Science*, 4(3) : 2455-6653.
- Ossey C.L., Aboua L.R.N., Tano D.K.C., Assi A. N. M. & Obodji A. (2018). Effet insecticide, antiappétant et répulsif des extraits aqueux de quatre plantes locales sur les adultes de *O. mutabilis* Sahlberg (Coleoptera : Chrysomelidae) au sud de la Côte d'Ivoire. *Afrique sciences*, 14 (5) : 50-64.
- Ouattara Y. (2015). Contribution à la lutte contre *Dysdercus vôelkeri* à travers la lutte biologique par l'utilisation de *Phonoctonus lutescens* : bioécologie et test d'agressivité. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Agriculture, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Burkina Faso, 76 p.
- Ouobo K.H., Desmorieux H., Zougmore F. & Naon (2010). Caractérisation du séchage convectif du gombo, influence de la découpe et de ses constituants. *Afrique sciences*, 6 (2) :37-48.
- Panizzi A.R. & Parra J.R.P. (1991). Ecologia nutricional de insetos e suas implicações nomanejo de pragas. Manole, São Paulo, 359 p.
- Petlamul W.A. & Petcharat J. (2009). Oviposition preference of papaya fruit fly, *Bactrocera papaya*. Drew & Hancock (Diptera: *Tephritidae*) on some Chili varieties. *Thaksin University Journal*, 12: 43-49.
- Pizongo I.N.W. (2014). Réponse de variétés de gombo (*Abelmoschus esculentus* L) aux engrais chimiques et à la fumure organique, Master, Université Polytechnique de Bobo-dioulasso, Burkina Faso, 64 p.
- Poutouli W., Silvie P. & Aberlenc H.P. (2011). Hétéroptères phytophages et prédateurs d'Afrique de l'Ouest. Edition Quae, Paris (France), CTA, 79 p.
- PRICI (2016). Financement additionnel au projet d'urgence de renaissance des infrastructures. Aide-mémoire, Abidjan (Côte d'Ivoire), Quassin, 5 p.
- PRO2M (2019). Etude des modalités de réduction des pertes après récolte dans les cultures maraichères en Côte d'Ivoire. Rapport d'expertise CIRAD, Montpellier (France), 91 p.
- Rall B.C., Vucic-Pestic O., Ehnes R.B., Emmerson M. & Brose U. (2010). Temperature, predator-prey interaction strength and population stability. *Global change biology*, 16 : 2145-2157.
- Ravichandran B. (2004). Biocontrol Potential Evaluation of a Reduviid Predator *Acanthaspis Pedestris* Stål (Insecta : Heteroptera : Reduviidae) on Three Chosen Lepidopteran Insect Pests (Ph.D. thesis). Manonmaniam Sundaranar University, Tirunelveli, Tamil Nadu, India. 102 p.

- Rawat R.R. & Singh R.K. (1971). Some aspects of bio-ecology of *Podagrira orbiculata*. *Bombay Natural History Society Journal*, 68 (1) : 196-203.
- Riba G. & Silvy C. (1993). La lutte biologique et les biopesticides. *Phytoma-La défense des végétaux*, 49-64.
- Rice M.E. & Wilde G.E. (1988). Experimental evaluation of predators and parasitoids in suppressing green bugs (Homoptera : Aphididae) in sorghum and wheat. *Environmental Entomology*, 17(5) : 836-841.
- Rogers A.J., Denk L.D. & Wax P.M. (2004). Catastrophic brain injury after nicotine insecticide ingestion. *Journal Emergency Medicine*, 26 (2) : 169-172.
- Romo C.M. & Tylianakis J.M. (2013). Elevated temperature and drought interact to reduce parasitoid effectiveness in suppressing hosts. *Plos one* 8, e58136 : 1-9.
- Roth M. (1974). Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer (ORSTOM), Paris, France, 213 p.
- Sahayaraj K. (2012). Artificial rearing on the nymphal developmental time and survival of three reduviid predators of Western Ghats, Tamil Nadu. *Basics and Applied Aspects of Biopesticides*, 5(2) : 218-221.
- Sahayaraj K. (2014). Reduviids and Their Merits in Biological Control. In : Sahayaraj K. (ed.), *Basics and Applied Aspects of Biopesticides*, 20 p.
- Sahayaraj K. & Martin P. (2003). Assessment of *Rhynocoris marginatus* (Fab.) (Hemiptera : Reduviidae) as Augmented Control in Groundnut Pests. *Journal of Central European*, 110 p.
- Sahayaraj K. & Paulraj G.M. (2001). Rearing and life table of reduviid predator *Rhynocoris marginatus* Fab. (Het., Reduviidae) on *Spodoptera litura* Fab. (Lep., Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 125 : 321-325.
- Saifullah M. & Rabbani M.G. (2009). Evaluation and characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, 7: 92-99.
- Sathish K.D., Eswar T.D., Praveen K.A., Ashok K.K., Bramha S.R.D. & Ramarao N. (2013). A review on: *Abelmoschus esculentus* (okra). *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences*, 3 (4): 129-132.
- Sawadogo M., Balma D., Nana R. & Sumda R.M-K.L. (2009). Diversité agromorphologique et commercialisation du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) à Ouagadougou et ses environs. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 3 (2) : 326-336.

- Sawadogo M., Zombré G. & Balma D. (2006). Expression de différents écotypes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 10 (1) : 43-54.
- SCF (2002). Scientific Committee on Food, Opinion of the scientific committee on food on quassin, evaluation report, 5 p.
- Schmutterer H. (1990). Properties and potential of natural pesticide, from the neem tree *Azadirachta indica* A. Juss. *Annual Review of Entomology*, 89: 179-188.
- Scholtz C.H. & Holm E. (1996). Insects of Southern Africa. *Sciences*, 2 (1) : 001-006.
- Seljåsen R. & Meadow R. (2006). Effects of neem on oviposition and egg and larval development of *Mamestra brassicae* L. : dose response, residual activity, repellent effect and systemic activity in cabbage plants. *Crop Protection*, 25 (4) : 338 - 345.
- Shah N.K., Nisar A.K., Abdul H.S., Shahida M., khuhro R.D. & Narejo M.U. (2011). Extent of infestation by brinjal fruit borer *Leucinodes orbonalis* Guenee. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27 (3) : 467 - 469.
- Sharma R.P., Swaminathan & Bhati K.K. (2010). Seasonal incidence of fruit and shoot borer of okra along with climatic factors in Udaipur region of India. *Asian Journal of Agricultural Research*, 4 (4) : 232-236.
- Shimoda T. & Tabayashi J. (2001). Response of *Oligota kashmirica benefica*, a specialist insect predator of spider mites, to volatiles from prey-infested leaves under both laboratory and field conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101 (1) : 41-47.
- Shimoda T., Ozawa R., Sano K., Yano E. & Takabayashi J. (2005). The Involvement of Volatile Infochemicals from Spider Mites and from Food-Plants in Prey Location of the Generalist Predatory Mite *Neoseiulus californicus*. *Journal of Chemical Ecology*, 31 (9) : 2019-2032.
- Siemonsma J.S. (1982). La culture du gombo (*Abelmoschus* spp), légume-fruit tropical (avec référence spéciale à la Côte d'Ivoire). PhD thesis Wageningen Agriculture University, Wageningen, Netherlands, 297 p.
- Siemonsma J.S. & Kouamé C. (2004). Vegetable. *Plant Resource of Tropical Africa*, 2: 735 p.
- Singh R.P. (1970). Structure and development of seeds in Euphorbiaceae, *Jatropha* species. *Beitrag zur Biologie der Pflanzen*, 47 :79-90.

- Soratur M., Devika R.D. & Shiva M.N. (2017). Population dynamics of major insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and their natural enemies. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (5) : 1196-1200.
- Soro D.S. (2016). Etude de quelques caractères biologiques de *Rhynocoris* sp. (Heteroptera : Reduviidae), un auxiliaire de cultures maraichères en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master en Protection des Végétaux et de l'Environnement, UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 61 p.
- Soro S., Yéboué N.L., Tra Bi C.S., Zadou D.A. & Koné I. (2016). Dynamics of the flea beetle *Podagrica decolorata* Duvivier, 1892 (Insecta: Chrysomelidae) on okra crops implications for conservation of the Tanoé-Ehy Swamp Forests (Southeastern Ivory Coast). *Journal of Animal & Plant sciences*, 30: 4758-4766.
- Spivey C.D., Woodard E.O. & Woodard W. D. (1957). The production of okra in southern Georgia. *Georgia Agricultural Experimental Station Bulletin*, 5 (1) : 44-45.
- Srikumar K.K., Bhat P.S., Raviprasad T.N., Vanitha K., Saroj P.L. & Ambrose D.P. (2014). Biology and Behavior of Six Species of Reduviids (Hemiptera : Reduviidae : Harpactorinae) in a Cashew Ecosystem. *Journal Agriculture Urban Entomological*, 30 : 65-81.
- Srinivas R. & Rajendran R. (2003). Pest Management and Economic. *Zoology*, 10 : 131-36.
- StatSoft (2005). Statistica, logiciel d'analyse de données. 7.1.
- Tano D.K.C., Aboua L.R.N., Séri-Kouassi B.P. & Koua K.H. (2012). Evaluation of the insecticidal activity of aqueous extracts of five plants on *Coelaenomenodera lameensis* Berti and Mariau (Coleoptera : Chrysomelidae) pest of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacquin). *International Journal of AgriScience*, 2 (2) :120-135.
- Tano D.K.C., Tra Bi C.S., Kouassi K.A., Ossey C.L. & Soro S. (2019). Incidences des attaques de *Podagrica decolorata* 1892 (Coleoptera : Chrysomelidea) sur la culture du gombo et contrôle de ces adultes au moyen du biopesticide NECO 50 EC (Daloa, Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 143: 14692-14700.
- Tanzubil P.B. (2000). Field evaluation of Neem extracts for control of insect pests of cowpea in Northern Ghana. *Journal of Tropical Forest Products*, 6: 165 - 172.
- Taylor W.E. (1970). Pests of cultivated *Urena lobata* and Methods for Estimating Numbers of *Podagrica* Beetles. *Tropical Agriculture*, 47 (4) : 343-348.
- Tendeng E., Labou B., Djiba S. & Diarra K. (2017). Actualisation de l'entomofaune des cultures maraichères en Basse Casamance (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(3) : 1021-1028.

- Tiessé Bi A.C. (2020). Apport de la télédétection et des SIG pour le suivi spatio-temporel de l'occupation du sol et la cartographie de la sensibilité à l'érosion hydrique dans la région montagneuse du Tonkpi (Ouest de la Côte d'Ivoire), Unité Mixte de Recherche en Innovation (UMRI), Ecole Doctorale Polytechnique INPHB Yamoussoukro, Côte d'Ivoire 171 p.
- Tounou A.K., Agboka K., Bakouma B.E., Aadam M., Adjevi A.K.M. & Sanda K. (2018). Etude comparée de l'efficacité de la cyperméthrine et deux bioinsecticides, *Beauveria bassiana* et suneem contre l'altise du gombo, *Podagrica* spp (Coleoptera : Chrysomelidae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (1) : 491-500.
- Traoré O. (2008). Le succès de la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. 67<sup>ème</sup> réunion plénière du Comité Consultatif International du Coton, du 16-21 Novembre 2008, Ouagadougou, Burkina Faso, pp 17.
- Ugwoke K.I. & Onyishi L.E. (2009). Effects of Mycorrhizae (*Glomus musae*) Poultry Manure and Okra Mosaic Potyvirus (Okmv) on yield of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Production Agriculture and technology*, 5 : 359-369.
- Vanlommel S., Duchateau L. & Coosemans J. (1996). The effect of okra mosaic virus and beetle damage on yield of four okra cultivars. *African Crop Sciences Journal*, 4: 71-77.
- Villiers A. (1948). Faune de l'empire français, IX hémiptères Réduviidées de l'Afrique noire. Editions du Museum, Paris 45 bis, rue de Buffon, France, 493 p.
- Whitcomb W.H. (1994). Environnement and Habitat management to Increase Predator Population. Pest Management in the Subtropic, Rosen, D., F. D. Bennett and J H Chipinera (Eds). Intercept, Andover, UK, 149-180.
- Yao N. (2016). Inventaire et évaluation des dégâts des insectes inféodés à la culture du gombo, *Abelmoschus esculentus* Moench (Malvaceae) dans l'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire. Mémoire de Master en Sciences de la Vie et de la Terre, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, Côte d'Ivoire, 63 p.
- Yeboué N.L. (1998). Inventaire des insectes des cultures maraichères dans la région d'Abidjan. Mémoire de DEA, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 97 p.
- Zaïme A. & Gautier J.Y. (1989). Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien au Maroc. *Revue d'Ecologie (Terre et vie)*, 44 (3) : 263-278.

- Zein M.A., McElmurry S.P., Kashian D.R., Savolainen P.T. & Pitts D.K. (2014). Optical bioassay for measuring sublethal toxicity of insecticides in *Daphnia pulex*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33 (1): 144-151.
- Zirihi G.N. & Kra A.K.M. (2003). Evaluation de l'activité anti fongique de *Microglossa pyrifolia* L. (Asteraceae) PYMI sur la croissance in vitro de *Candida albicans*. *Revue médicale et pharmacologie Africaine*, 17 : 1-19.

**PUBLICATIONS TIREES DE LA THESE**

## **PUBLICATION 1 :**

**Yao N.,** Soro S., Obodji A. & Ossey C. L. (2020). Inventory of entomofauna associated with crop of okra (*Abelmoschus esculentus*) and assessment of damage caused by insect pests in Man, west of Côte d'Ivoire. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 13(02) : 105-115.  
<https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.13.2.0365>

Available online at [GSC Online Press Directory](https://www.gsonlinepress.com/journals/gscbps)

GSC Biological and Pharmaceutical Sciences

e-ISSN: 2581-3250, CODEN (USA): GBPSC2

Journal homepage: <https://www.gsonlinepress.com/journals/gscbps>

(RESEARCH ARTICLE)



## Inventory of entomofauna associated with crop of okra (*Abelmoschus esculentus*) and assessment of damage caused by insect pests in Man, west of Côte d'Ivoire

Yao N'guessan <sup>1</sup>, Soro Senan <sup>1</sup>, Obodji Adagba <sup>2,\*</sup> and Ossey Christian Landry <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratory for Improvement of Agricultural Production, UFR-Agroforestry, University of Jean Lorougnon Guédé, Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup> Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, UFR-Biosciences, University of Félix Houphouët Boigny, Abidjan-Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

<sup>3</sup> National Center for Agronomic Research, Research Station of Food Crops, Laboratory of Entomology, 01 BP 633 Bouaké 01, Côte d'Ivoire.

Publication history: Received on 09 November 2020; revised on 15 November 2020; accepted on 16 November 2020

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.13.2.0365>

### Abstract

Okra (*Abelmoschus esculentus*) is one vegetable crops most cultivated in Côte d'Ivoire. However, the plant is attacked by insects which caused important damage. This study was carried out to inventory entomofauna associated with okra crop and assess the damage caused by the pests. The insects were captured using pliers, sweep net by mowing technique and colored traps. Overall, a total of 61 species belonging to 36 families grouped into 10 orders were identified. During the plant cycle, 11602 insects were collected, including 3663 individuals at before stage flowering (31.57%); 3757 individuals at the flower bud stage (32.38%) and 4182 individuals at the flowering-fruiting stage (36.05%). Analysis of the occurrence frequency showed that *Podagrica decolorata* was ubiquitous in the crop, causing considerable damage to all organs of the plant. The damage assessment revealed that the defoliators, induced the highest average attack rates at all phenological stages. During the collections, six species (*Rhinocoris albopilosus*, *R. rapax*, *R. bicolor*, *Hediorcoris fasciatus*, *Cosmolestes pictus* and *Coranus* sp) belonging to the family of Reduviidae were identified as predators of *P. decolorata*. This study therefore made it possible to identify *P. decolorata* as a major pest of okra and its predators, thus opening up a perspective of biological control as an alternative to chemical control.

**Keywords:** *Abelmoschus Esculentus*; Entomofauna; Damage; Pests Insect; Côte d'Ivoire.

### 1. Introduction

Okra (*Abelmoschus esculentus*) belonging to the Malvaceae family is a widely vegetable crop grown in the tropical, subtropical and temperate regions of the world [1], [2]. Annual world production of okra is estimated at six million tonnes [3]. Accordind to Nzikou et al [4], it contains high content of protein, carbohydrates, vitamins A and C, phosphorus, potassium and magnesium. An alcoholic extract of okra leaves is able to eliminate free radical oxygen, improve kidney function and reduce proteinuria [5]. The leaves are sometimes used as a base for poultices, a sudorific emollient or used locally for making fishing lines and game traps. Okra cultivation is highly valued for its edible immature leaves and fruits used in soup and sauce [6]. In Côte d'Ivoire, okra is grown and consumed in all regions. [7], and its local consumption amounts to 90,000 tons/year [8]. However, okra undergo to many damage due to insects and diseases, which seriously limits its cultivation [9]. Of all the vegetables grown in Côte d'Ivoire, okra is the second most ravaged fruit by pests and diseases after tomatoes. [10]. Among the diseases of okra, we are noted virus diseases, fungal

\* Corresponding author: Obodji Adagba

Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, UFR-Biosciences, University of Félix Houphouët Boigny, Abidjan-Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

diseases, bacteriosis, diseases transmitted by nematodes and insects [11]. This study was undertaken within the framework of food security to inventory the entomofauna associated at the crop of okra and to assess the damage caused by insect pests in order to carry out an effective control against insect pests.

## 2. Material and methods

### 2.1. Study area

This study was carried out in Gbintta (7 ° 40 W and 7 ° 20° N), a peri-urban area of the city of Man, from June to September 2018 during the rainy season. Man is located in the forest mountainous zone in the west of Côte d'Ivoire. The soil is highly conducive to agriculture, which is favorable to many cultures [12]. During study period, average temperatures ranging from 17.5 to 32.9 °C and total rainfall of 869.3 mm.

### 2.2. Experimental design

Experimental plot with 323 m<sup>2</sup> (19 m x 17 m) consisted of 3 blocks separated from each other of 2 m. Each elementary plot measured 25m<sup>2</sup> (5m x 5m). The elementary plots 1 m apart were each consisted of 6 lines spaced from each other of 1 m. Each line is made up of 10 pockets, which makes 60 pockets per elementary plot. The whole experimental plot was made up of total 540 pockets. In study, hiré was the okra cultivar used as plant material.

### 2.3. Insect capture and identification

The insects were captured every three days from the 14<sup>th</sup> day after sowing using pliers, sweep net by mowing technique and colored traps [13], [14]. The traps consisted of four yellow plastic plates, 17 cm in diameter and 9 cm deep, placed on four rakes of a trap located at different levels of the ground: 25 cm; 50cm; 75 cm and 100 cm. Insects that fly nearby are attracted to and drown in color [15]. A total, 9 yellow traps were placed in the elementary plots in the middle of the 2 central lines. All the insects collected per block and per elementary plot with the sweep net, the pliers and the colored traps were kept in labeled pill boxes containing alcohol at 70 ° C and brought to the laboratory for identification and counting. The identification was carried out using a Leica EZ4 using binocular magnifier, identification keys [16] and books [17], [18], [19], [20]. Ecological parameters such as relative abundance and frequency of occurrence were used to analyze the data.

Relative abundance, expresses the relationship between the number of individuals of a species (Na) considered and the total number of individuals of all species combined (N) [21].

$$Ar (\%) = (Na / N) \times 100.$$

The frequency of occurrence represents the expressed ratio of the number of collections where the species (Pa) and the total number of collections (P) are found [22].

$$C (\%) = Pa / (P) \times 100$$

The value of frequency of occurrence allowed to classify the species of insects collected :

- ubiquitous species (C = 100%) observed in all collections;
- constant species (50% ≤ C < 100%) present in more than 50% of collections
- frequent species (25% ≤ C < 50%) present in 25% of collections and;
- accessory species present in less than 25% of collections.

### 2.4. Assessment of damage caused by insect pests

Every three days, damage caused by okra pest insects were observed. To assess the damage, 32 apparently healthy plants were randomly selected from each of the elementary plots in different blocks. At the stage before flowering, all plants with attacked leaves out of the 32 plants were counted. At the flower bud stage, all plants with attacked leaves and flower buds on the 32 plants were counted. At the flowering-fruiting stage, plants with leaves, flower buds, flowers and fruit attacked on the 32 plants were also counted. The rate of attacked plants was calculated using the formula following [23], [24].

$$\text{Rate of attack} = \frac{\text{Number of plants attacked}}{\text{Number of total plants visited}} \times 100$$

Average attack rates caused by defoliators, biting sucking and borers were assessed according to okra phenology.

## 2.5. Data analysis

The data processing was carried out using statistica version 7.1 software. Analysis of variance and the Newman-Keuls test at the 5% threshold to analyze and compare the average attack rates induced by pests (defoliators, biting-sucking and borers) according to phenological stages.

## 3. Results

### 3.1. Insects inventoried, relative abundance and frequency of occurrence according to phenological stages

A total 11,602 insects were caught, it belonging to 61 species grouped into 10 orders and 36 families. The insects collected, by phenological stage, were 3663 individuals at stage before flowering (31.57%), 3757 individuals at the flower bud stage (32.38%) and 4182 insects at the flowering-fruiting stage (36.05%). During stage before flowering, most abundant species was *Aphis gossypii* with relative abundance of 27.71%. At the bud flower stage, *A. gossypii* and *Podagrica decolorata* with respectively abundances of 24.14% and 24.11%. At the flowering-fruiting stage, *P. decolorata* was the most abundant species with a rate of 29.27%. The study of the frequency of occurrence has shown an omnipresent species which is *P. decolorata* and 13 constant species, 26 frequent species then 21 accessory species (Table 1).

According action on the okra plants, insects collected were classified into two groups: pests and auxiliaries. The pests consisted of defoliators, biting-sucking and borers.

#### 3.1.1. Pests

- *Defoliators*

This group of pests included Coleoptera, Lepidoptera and Orthoptera. Only, *P. decolorata* (Coleoptera) was present at all phenological stages of the plant and attacked several organs (leaves, flower buds, flowers and fruits). *Mylabris variabilis* attacked flowers and the remaining species attacked the leaves (Table 2).

- *Biting-sucking*

This group of pests consisted of Homoptera, Thysanoptera and Heteroptera. They attacked the leaves and fruits according the phenology of the plant. *D. voelkeri* was the most dreadful species in this group, and attacked to the fruits (Table 2).

- *Borers*

They are mainly composed of the *Earias vittella* (Lepidoptera) whose larva is a borer of the shoots and fruits of okra. (Table 2).

#### 3.1.2. Auxiliaries

Auxiliaries were Heteroptera, Coleoptera and Hymenoptera. The Heteroptera were represented by the family Reduviidae with the species *Rhinocoris albopilosus*, *R. rapax*, *R. bicolor*, *Hedioris fasciatus*, *Cosmolestes pictus* and *Coranus* sp. All these species are predators of several insects including *P. decolorata*. Coleoptera represented by *Cheilomones sulphuræ* which is a predatory species of aphids *A. gossypii*. Certain auxiliaries such as pollinators of the species *Apis mellifera* (Hymenoptera) was appeared in large numbers at flowering.

**Table 1** Relative abundance and frequency of occurrence of insect species collected at different phenological stages

			Relative Abundance			Frequency occurrence (%)	Class
			Phenological stages				
Orders	Families	Species	Before flowering	Bud flower	Flowering-fruited		
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Cheilomones sulphurea</i> Olivier, 1791	0.38	0.21	0.14	27.27	frequent
		<i>Pachnoda cordata</i> Drury, 1773	0	0	0.12	13.64	accessory
	Meloidae	<i>Mylabris variabilis</i> Pallas, 1781	0	0	0.53	22.73	accessory
	Chrysomelidae	<i>Ootheca mutabilis</i> Sahlberg, 1829	0.27	0.21	0.26	31.82	frequent
		<i>Podagrica decolorata</i> Duvivier, 1892	18.07	24.11	29.27	100	ubiquitous
		<i>Nisotra dilecta</i> Dalman, 1823	1.12	1.6	1.7	54.55	constant
	Tenebrionidae	<i>Lagria villosa</i> Fabricius, 1781	0.11	0.19	0.05	18.18	accessory
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i> Boisduval, 1833	0.11	0.24	0.41	36.36	frequent
		<i>Anomis flava</i> Fabricius, 1775	0.49	0.83	0.48	45.45	frequent
		<i>Earias vittella</i> Fabricius, 1794	0.11	0.05	0.22	36.36	frequent
		<i>Xanthodes graellsii</i> Feisthamel, 1837	0.57	0.19	0.1	31.82	frequent
		<i>Xanthodes transversa</i> Guenée, 1852	0.49	0.13	0.07	18.18	accessory
		<i>Agrotis ipsilon</i> Hufnagel, 1766	0.16	0.08	0	18.18	accessory
		<i>Helicoverpa armigera</i> Hubner, 1808	0.22	0.43	0.5	31.82	frequent
		<i>Cosmophila flava</i> Fabricius, 1775	0.52	0.29	0.17	22.73	accessory
	Pyralidae	<i>Sylepta derogata</i> Fabricius, 1775	0.35	0.24	0.1	27.27	frequent
Orthoptera	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i> Linné, 1758	4.07	1.62	0.69	59.09	constant
		<i>Pyrgomorpha conica</i> Olivier, 1791	0.35	0.13	0	13.64	accessory
	Acrididae	<i>Acrida acuminata</i> Stal, 1873	0.44	0.27	0.14	22.73	accessory

		<i>Chorthippus brunneus</i> Thunberg, 1815	0.22	0.03	0	27.27	frequent
	Tettgonidae	<i>Tettigonia viridissima</i> Linnaeus, 1758	0.22	0.05	0	18.18	accessory
	Gryllotapidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> Linnaeus, 1758	0.11	0.03	0	18.18	accessory
	Gryllidae	<i>Brachytrupes membranaceus</i> Drury, 1770	0.41	0.21	0.05	36.36	frequent
Homoptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877	27.71	24.14	20.9	86.36	constant
	Aleyrdidae	<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius, 1889	22.19	16.42	11.17	68.18	constant
	Cicadellidae	<i>Empoasca dolichi</i> Paoli, 1930	0.79	0.43	0.22	45.45	frequent
		<i>Empoasca vitis</i> Gothe, 1875	0.49	0.21	0.1	27.27	frequent
		<i>Jacobiasca</i> sp.	5.57	4.37	4.73	50	constant
		<i>Jacobiasca hybrida</i> Bergenin et Zano, 1922	1.06	0.56	0.31	40.91	frequent
		<i>Amrasca</i> sp.	0.27	0.21	0.07	27.27	frequent
	Diaspididae	<i>Pinnaspis strachani</i> Cooley, 1899	0.22	0.16	0.31	22.73	accessory
	Coccidae	<i>Parasaissetia nigra</i> Nietner, 1861	0.3	0.21	0.07	13.64	accessory
Membracidae	<i>Membracis</i> sp.	0.35	0.45	0.36	40.91	frequent	
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	0.16	1.68	3.44	63.64	constant
	Vespidae	<i>Vespula</i> sp.	0.46	0.24	0.33	40.91	frequent
	Formicidae	<i>Lasius niger</i> Linnaeus, 1758	0.74	0.56	0.33	50	constant
		<i>Paltothyreus tarsatus</i> Mayr, 1862	3.52	4.21	2.68	72.73	constant
		<i>Camponatus</i> sp.	0.19	0.13	0.02	31.82	frequent
Ichneumonidae	<i>Lathrestes</i> sp.	0.44	0.35	0.45	27.27	frequent	
Odonates	Libellulidae	<i>Trithemis annulata</i> Palisot de Beauvois 1807	0.05	0.08	0	9.09	accessory
	Coenagrionidae	<i>Pseudagrion punctum</i> Rambur, 1842	0.03	0.11	0.05	13.64	accessory

Thysanoptera	Thripidae	<i>Thrips tabaci</i> Lindemann, 1889	0.49	0.21	0.14	36.36	frequent
Dermaptera	Forficudidae	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus, 1758	0.03	0.08	0	9.09	accessory
Diptera	Dolichopodidae	<i>Condylostylus</i> sp.	0.44	0.11	0.24	45.45	frequent
	Asilidae	<i>Tolmerus cingulatus</i> Fabricius, 1781	0.33	0.29	0.38	36.36	frequent
	Scarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i> Fallen, 1816	0.25	0.37	0.26	36.36	frequent
	Calliphoridae	<i>Calliphora</i> sp.	0.27	0.16	0.07	27.27	frequent
Heteroptera	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> Linnaeus, 1758	0.22	0.51	0.29	59.09	constant
		<i>Acrosternum acutum</i> Dallas, 1851	0.27	0.64	0.38	54.55	constant
		<i>Aspavia armigera</i> Fabricius, 1775	0.16	0.11	0.22	36.36	frequent
	Lygaeidae	<i>Oxycarenus hyalinipennis</i> A. Costa, 1843	0	0.19	0.31	27.27	frequent
	Reduviidae	<i>Coranus griseus</i> Rossi, 1790	0.05	0.13	0	13.64	accessory
		<i>Rhinocoris albopilosus</i> Signoret, 1858	0.85	2.08	2.73	63.64	constant
		<i>Rhinocoris rapax</i> Stal, 1855	0.35	0.59	0.84	40.91	frequent
		<i>Rhinocoris bicolor</i> Fabricius, 1781	0.25	0.45	1.41	54.55	constant
		<i>Hediocoris fasciatus</i> Reuter, 1882	0	0.05	0.02	9.09	accessory
		<i>Cosmolestes pictus</i> Klug, 1830	0.03	0.11	0.22	22.73	accessory
	Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus voelkeri</i> Schmidt, 1932	2.59	7.93	11.45	77.27	constant
	Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i> Fabricius, 1781	0	0.08	0.05	9.09	accessory
		<i>Cletus</i> sp	0.05	0.16	0.24	18.18	accessory
Alydidae	<i>Riptortus pedestris</i> Fabricius, 1775	0	0.11	0.22	22.73	accessory	
10 Orders	36 Families	61 Species	100	100	100	100	

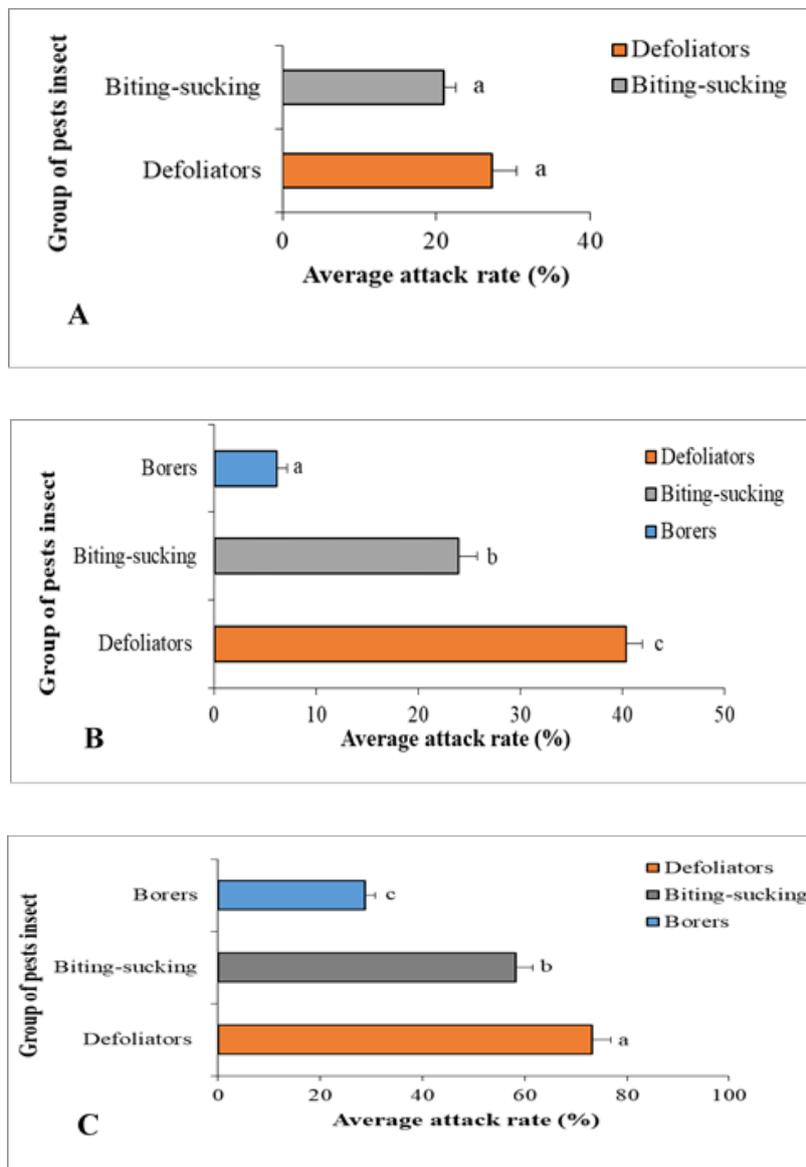
**Table 2** Different groups of okra pests insect

Group of insects	Orders	Families	Species
Defoliators	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Ootheca mutabilis</i>
			<i>Podagrica decolorata</i>
			<i>Nisotra dilecta</i>
		Cetoniidae	<i>Pachnoda cordata</i>
		Meloidae	<i>Mylabris variabilis</i>
		Tenebrionidae	<i>Lagria villosa</i>
	Lepidoptera	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i>
			<i>Anomis flava</i>
			<i>Xanthodes graellsii</i>
			<i>Xanthodes transversa</i>
			<i>Agrotis ipsilon</i>
			<i>Helicoverpa armigera</i>
			<i>Cosmophila flava</i>
	Pyralidae	<i>Sylepta derogata</i>	
	Orthoptera	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i>
			<i>Pyrgomorpha conica</i>
		Acrididae	<i>Acrida acuminata</i>
			<i>Chorthippus brunneus</i>
		Tettigonidae	<i>Tettigonia viridissima</i>
Gryllotalpidae		<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	
Gryllidae	<i>Brachytrupes membranaceus</i>		
Biting-sucking	Homoptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i>
		Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>
		Cicadellidae	<i>Empoasca dolichi</i>
			<i>Empoasca vitis</i>
			<i>Jacobiasca</i> sp.
			<i>Jacobiasca hybrida</i>
	<i>Amrasca</i> sp.		
	Thysanoptera	Thripidae	<i>Thrips tabaci</i>
	Heteroptera	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i>
			<i>acrosternum acutum</i>
			<i>Aspavia armigera</i>
		Lygaeidae	<i>Oxycarenus hyalinipennis</i>
		Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus voelkeri</i>
		Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i>
	<i>Cletus</i> spp		
Borers	Lepidoptera	Noctuidae	<i>Earias vittella</i>

### 3.2. Assessment of damage caused by insect pests according to the phenological stages of okra

#### 3.2.1. Stage before flowering

Defoliators induced an average attack rate of  $27.26 \pm 3.26\%$  and biting-sucking induced an average attack rate of  $21.01 \pm 1.59\%$ . Statistical analysis showed insignificant differences between the average attack rates of the two groups of insects (DF = 1; F = 2.96 and P > 0.094) (Figure 1A).



**Figure 1** Average attack rate induced by insect pests at different phenological stages of okra. A: Stage before flowering; B: Flower bud stage; C: Flowering-fruiting stage

#### 3.2.2. Flower bud stage

At the flower bud stage, the average attack rate caused by defoliators was  $40.33 \pm 1.63\%$  and biting-sucking were induced average attack rate of  $23.96 \pm 1.83\%$ . The borers induced an average attack rate of  $6.10 \pm 1.07\%$ . Statistical analysis showed significant differences between the average attack rates of the three groups of insects (DF = 2; F = 122.99; P < 0.01) (Figure 1B).

### 3.2.3. Flowering fruiting stage

The average attack rate induced by defoliators was high at  $73.24 \pm 3.54\%$ . Biting-sucking, caused an average attack rate of  $58.25 \pm 3.22\%$  and borers caused an average attack rate of  $28.77 \pm 1.94\%$ . Statistical analysis showed significant differences between the average attack rates of the three groups of insects (DF = 2; F = 57.62; P < 0.01) (Figure 1C).

## 4. Discussion

A total, 61 species belonging to 36 families and grouped into 10 orders were identified during study. Among species inventoried *P. decolorata*, *A. gossypii*, *B. tabaci*, *D. voelkeri*, *S. derogata*, *M. variabilis* and *Jacobiasca* sp were identified previously in Côte d'Ivoire by authors during their work as main insects okra pest [25], [26]. Same species have also been identified in Pakistan and India as okra pests [27], [28].

Concerning auxiliaries insect, *A. mellifera* was identified as a pollinator of okra flowers our results are similar with those Angbanyere and Matthew [29] in Burkina Faso who showed that *A. mellifera* is the major pollinator of *A. esculentus*. Other auxiliaries were identified as predators. It is *C. sulphurea* which is aphid predator. Our results are similar to those of Adja et al., [26] and Mrosso et al., [30] who during their work showed that *C. sulphurea* is an excellent predator of aphids. The predator group was also represented by the family Reduviidae, five species of this family were identified as predators of *P. decolorata*. These are *R. albopilosus*, *R. bicolor*, *R. rapax*, *H. fasciatus*, *C. pictus*, and *Coranus* sp. Our results are close to those of Kwadjo et al., [31] who identified *R. albopilosus* during their work as predators of *D. voelkeri* and *P. decolorata*. In their work on cowpea entomofauna, Ossey et al., [32] showed that *R. albopilosus*, *R. bicolor*, *R. rapax* are predatory species of *Oothenca mutabilis*. Other work by Tendeng et al., [33] on updating the entomofauna of vegetable crops in Casamance (Senegal) identified *C. pictus* as a predatory species of *P. decolorata*. As for *Coranus* sp. it has been listed by Ambrose and Kumar [34] as predator of *E. vitella*, *S. derogata* and *H. armigera*. The relative abundance of *P. decolorata*, *B. tabaci*, *D. voelkeri*, *M. variabilis*, *A. mellifera* and *A. gossypii* showed that the presence of these insects on the plot was according phenology of okra. Thus, the species *A. mellifera* and *M. variabilis* which were not abundant on the experimental plot at stage before flowering were abundant at flowering. This high abundance at flowering is due to the fact that these insects were attracted large numbers to flowers. The frequency of occurrence has shown that *P. decolorata* was ubiquitous at all phenological stages of okra. This ubiquity could be explained by the fact that this pest attacked several organs plant (leaves, flower buds, flowers and fruits). These results are similar to those of Ossey et al., [32] who reported during their work that *O. mutabilis* was present at all phenological stages and attacked several organs of the plant. The pest insects were classified into three groups according to their mode of action on the host plant. Thus, defoliators, biting-sucking and borers were distinguished. The attack rate induced by defoliators at stage before flowering was higher than that caused by biting-sucking. Our results corroborate those of Fomekong et al., [35] and Ossey et al., [32] who showed during their work that at this stage the leaves are tender and contain water, this is would justify their attraction to defoliators. At the bud flower stage, borers were collected, their presence at this stage of development is due to the appearance of flower buds. At the flowering-fruiting stage, average attack rate of defoliators was higher than that observed in previous stages, this would be due to the fact that the nutritive resources were important at this stage, several insects were therefore attracted. Our study also showed that the larvae of *E. vitella* were drilled shoot, flower buds and fruits of okra. These results are similar to those of Sharma et al., [36], who revealed during their study that *E. vitella* is an okra organ borer. All okra organs were attacked by insect pests, but the highest average attack rate induced by defoliators would be explain by important defoliation of the okra leaves by Coleoptera. According to Soro et al., [14] *P. decolorata*, was recognized as the voracious pest of okra, which mainly attacks the leaves. Works of Tano et al., [37] also showed that *P. decolorata* was caused considerable defoliation of okra leaves at all phenological stages of plant.

## 5. Conclusion

This study revealed diversity of insects associated with okra crop. These insects were composed of pests and auxiliaries. The pests were defoliators, biting-sucking and borers. The auxiliaries consisted of predators and pollinators. Among the insect pests, *P. decolorata* was major pest of okra pest because, it attacked all organs and induced high average attack rate at all phenological stages. Among the auxiliaries, six species belonging to Reduviidae family were identified as formidable predators of *P. decolorata*. The leaves were the most attacked organs, several perforations on the leaves were occasioned by pests reducing photosynthetic surface. This study therefore revealed *P. decolorata* as major pest of okra and its predators, thus opening up a prospective of biological control as an alternative to chemical control in order to improve the production of okra in Côte d'Ivoire.

---

## Compliance with ethical standards

### *Acknowledgments*

The authors thank all who were contributed to the success of this study.

### *Disclosure of conflict of interest*

The authors declare that there is no conflict of interest.

---

## References

- [1] Lamont JRW J. Okra-A versatile vegetable crop. *Horticultural Technology*, 1999; 9 (2):179-184.
- [2] Saifullah M and Rabbani MG. Evaluation and characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, 2009; 7:92-99.
- [3] Sathish KD, Eswar TD, Praveen KA, Ashok KK, Bramha SRD and Ramarao N. A review on: *Abelmoschus esculentus* (Okra). *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences*, 2013; 3 (4):129-132.
- [4] Nzikou JM, Mvoula T, Matouba E, Ouamba JM, Kapseu C, Parmentier M, Oyen LPN and Jemmens RHM. A study on gumbo seed grown in Congo Brazzaville for its food and industrial applications. *African Journal of Biotechnology*, 2006; 5 (24):2469-2475.
- [5] Siemonsma JS and Kouamé C. Vegetable. *Plant Resource of Tropical Africa*. ; 28p.
- [6] Khomsug P, Thongjaroenbuangam W, Pakdeenarong N, Suttajit M. and Chantiratikul P. Antioxidative activities and phenolic content of extracts from Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Research Journal of Biological Sciences*, 2010; 5: 310-313.
- [7] Fondio L. et Djidji A. H., 2007. Bien cultiver le gombo en Côte d'Ivoire, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA): 4p. 2010
- [8] FAO. 2009. Rapport National sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture : 65p.
- [9] N'guessan KP. Contribution à l'étude de l'enroulement du gombo (okra leaf curl virus). Diplôme d'Etude Approfondie d'écologie tropicale ès-sciences et techniques. Université de Cocody (Côte d'Ivoire), 1987; 42p.
- [10] Déclert C. Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale. *In cultures de Côte d'Ivoire*. Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. Collections Didactiques. Editions de l'ORSTOM, 1990; Paris: 98-102: et 123-133.
- [11] Fondio LS, Djidji AH and Zohouri GP. . Diagnostic prophylactique du secteur maraîcher de la région d'Abidjan (Délégation Régionale Sud de l'ANADER) : contraintes et ébauches de solutions. Rapport d'étude, CNRA, Bouaké, Côte d'Ivoire. 2001 ; 28p.
- [12] Boyossoro HK, Koffi FK, Bachir MS, Biémi J and Traoré I. Insécurité climatique et géorisques en Côte d'Ivoire : étude du risque d'érosion hydrique des sols dans la région semi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire), *Science et changements planétaires / Sécheresse*. 2007; 18 (1):29-37
- [13] Obodji A, Aboua LRN, Tano DKC and Seri-Kouassi BPh. Inventory of entomofauna associated with African eggplant (*Solanum aethiopicum* ) according to the phenological stages and assessment of damages caused by insect pests. *Journal of Advanced Studies in Agricultural, Biological and Environmental Sciences*. 2016; 3(2):12-21.
- [14] Soro S, Yéboué NL, Tra Bi CS, Zadou DA and Koné I. Dynamics of the flea beetle *Podagrica decolorata* Duvivier, 1892 (Insecta : Chrysomelidae) on okra cobs implications for conservation of the Tanoe-Ehy Swamp Forests (Southeastern Ivoir Coast). *Journal of Animal & Plant sciences*, 2016; 30:4758-4766.
- [15] Franck A. Capture conditionnement expéditions mise en collection des insectes et acariens en vue de leur identification. CIRAD Réunion, 2008; 53p.
- [16] Delvare G and Aberlenc HP. Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles. CIRAD. Laboratoire de Faunistique. Acridologie Opérationnelle. Montpellier Cedex, France, 1989; 299 p.
- [17] Roth M. Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer (ORSTOM), 1974; 213 p.

- [18] Appert J and Deuse J. Insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères, Ed. maisonneuve et Larose, Paris, 1988; 267 p.
- [19] Scholtz CH and Holm E. Insects of Southern Africa, 1996; 502 p.
- [20] Poutouli W, Silvie P and Aberlenc HP. Hétéroptères phytophages et prédateurs d'Afrique de l'Ouest. Edition Quae, Paris (France), CTA, 2011; 79p.
- [21] Zaïme A and Gautier JY. Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien au Maroc. *Revue d'Ecologie, Terre et vie*. 1989 ; 44 (3):263-278.
- [22] Dajoz R. Précis d'écologie. 7<sup>ème</sup> édition, Paris : Dumond, 2000; 615p.
- [23] Dupriez H, Silas N and Colin J. Champs et jardins sains, lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs des cultures. Carnets écologiques d'Afrique. Terre et Vie, Bruxelles, Belgique, 2001; 238 p.
- [24] Murúa G, Molina-Ochoa J and Coviella C. Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern Argentina. *Florida Entomologist*. 2006 ; 89 (2):175-182.
- [25] Gnago JA, Danho M, Agneroh AT, Fofana IK and Kohou AG Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *International Journal Biological Chemical Sciences*. 2010; 4 (4):953-966.
- [26] Adja NA, Nandjui J, Sadia GH, Adingra T, Akamou F and Danho M. Are bioinsecticides able to effectively substitute chemicals in the control of insect pests of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in Côte d'Ivoire? *Journal of applied Biosciences*. 2019; 142:14435-14447
- [27] Bhutto ZA, Magsi FH, Soomro AA, Chandio MA, Channa NA, Lashari SH, Mangi S and Junejo AA. Integrated pest management of okra insect pests. *International Journal of Fauna and Biological Studies*. 2017; 4 (3):39-42.
- [28] Bhatt B, Joshi S and Karnatak AK. Biodiversity of insect pests and their predators on okra agroecosystem. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018; 7(4):84-86.
- [29] Angbanyere and Matthew A. The effect of pollinators and pollination on fruit set and fruit yields of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in the forest region of Ghana. Thesis of doctoral, Kwamé Nkrumah University of Science and Technology College of Science. 2012; 103 p.
- [30] Mrosso F, MWatawala M and Rwegasira G. Functional responses of *Cheilomenes propinga*, *C. lunata* and *C. sulphurea* (Coleoptera : Coccinellidae) to predation on *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae) in Eastern Tanzania. *Journal of Entomology*. 2013; 10 (2):76-85.
- [31] Kwadjo KE, Doumbia M, Ishikawa T, Tano Y, and Haubruge E. Morphometrical changes and description of eggs of *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Heteroptera: Reduviidae) during their development. *Faunistic Entomology*, 2008; 61 (4):151-155.
- [32] Ossey CL, Aboua LRN, Obodji A and Tano DKC. Entomofauna associated with cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp., assessment damages caused by insect pests and predators of *Ootheca mutabilis* Sahlberg (Coleoptera: Chrysomelidae) in south of Côte d'Ivoire. *IJRDO-Journal of Applied Science*. 2017; 4(3):2455-6653.
- [33] Tendeng E, Labou B, Djiba S and Diarra K. Actualisation de l'entomofaune des cultures maraîchères en Basse Casamance (Sénégal) *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2017; 11(3):1021-1028.
- [34] Ambrose DP and Kumar AG. Reduviid predators. In: Omkar (Ed.), *Ecofriendly Pest Management for Food Security*. Academic Press, 2016; pp. 217-257.
- [35] Fomekong A, Messi J, Kekeunou S, Tchuenguem-Fohouo FN and Tamesse JL. Entomofauna of *Cucumeropsis manii*, its impact on plant yield and some aspects of the biology of *Dacus bivittatus* (Diptera: Tephritidae). *African of Journal Agriculture Research*. 2008; 3 (5): 363-370.
- [36] Sharma RP, Swaminathan and Bhati KK. Seasonal incidence of fruit and shoot borer of okra along with climatic factors in Udaipur region of India. *Asian Journal of Agricultural Research*, 2010; 4(4):232-236.
- [37] Tano DKC, Tra Bi CS, Kouassi KA, Ossey CL and Soro S. Incidences des attaques de *Podagrica decolorata* 1892 (Coleoptera : Chrysomelidea) sur la culture du gombo et contrôle de ces adultes au moyen du biopesticide NECO 50 EC (Daloa, Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*. 2019; 143:14692-14700.

## **PUBLICATION 2 :**

**N'guessan, Y., S. Senan and O. Adagba, 2022.** Dynamics of reduviidae species, predators of *Podagrica decolorata*, in West of Côte d'Ivoire. *Journal of Entomology*, 19 (1) : 30-36.  
<https://scialert.net/current.php?issn=1812-5670>



Journal of  
**Entomology**

ISSN 1812-5670



Academic  
Journals Inc.

[www.academicjournals.com](http://www.academicjournals.com)



## Research Article

# Dynamics of Reduviidae Species, Predators of *Podagrica decolorata*, in West of Côte d'Ivoire

<sup>1</sup>Yao N'guessan, <sup>1</sup>Soro Senan and <sup>2</sup>Obodji Adagba

<sup>1</sup>Laboratory for Improvement of Agricultural Production, UFR-Agroforestry, University of Jean Lorougnon Guédé, Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratory of Zoology and Animal Biology, UFR-Biosciences, University of Félix Houphouët Boigny, Abidjan-Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

## Abstract

**Background and Objective:** Okra is an important vegetable crop in Côte d'Ivoire. In the okra crop, there are species of Reduviidae that are predators of insect pests. These Reduviidae occupy a very important place in biological control because of their biocontrol potential. The objective of the study was to investigate the dynamics of the Reduviidae species, predators of *Podagrica decolorata*.

**Materials and Methods:** This study was conducted during the dry and rainy seasons of 2019 in the city of man located in the west of Côte d'Ivoire. Colour traps and mowing nets were used to capture the different species of Reduviidae to determine the influence of abiotic factors and the populations of the species *Podagrica decolorata* on the dynamics of Reduviidae species. **Results:** A study on the frequency of occurrence revealed two constant species which are *Rhynocoris rapax* and *Rhynocoris albopilosus* with frequencies of occurrence of 63.46 and 75%, respectively. In dry and rainy seasons, *Rhynocoris albopilosus* was higher numbers at each phenological stage. The study revealed the influence of abiotic factors (temperature, rainfall and humidity) on the population of Reduviidae species. The study also showed highly significant positive correlations between the population of Reduviidae and that of the pest, *P. decolorata* in the dry season ( $r = +0.76$  and  $p < 0.001$ ) and in the rainy season ( $r = +0.47$  and  $p < 0.001$ ). **Conclusion:** The study revealed a total of six Reduviidae species whose numbers varied during the two seasons as potential predators of *Podagrica decolorata*.

**Key words:** Okra, predators, dynamics, *Podagrica decolorata*, Reduviidae, seasons, correlations

**Citation:** N'guessan, Y., S. Senan and O. Adagba, 2022. Dynamics of reduviidae species, predators of *Podagrica decolorata*, in West of Côte d'Ivoire. J. Entomol., 19: 30-36.

**Corresponding Author:** Obodji Adagba, Laboratory of Zoology and Animal Biology, UFR-Biosciences, University of Félix Houphouët Boigny, Abidjan-Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

**Copyright:** © 2022 Yao N'guessan *et al.* This is an open access article distributed under the terms of the creative commons attribution License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Competing Interest:** The authors have declared that no competing interest exists.

**Data Availability:** All relevant data are within the paper and its supporting information files.

## INTRODUCTION

Okra is an important vegetable crop, which is attacked by *P. decolorata* and other insect pests. In the crop, there are Reduviidae which are insects that are present in all environments where nutritive resources are available<sup>1,2</sup>. They constitute the second major family of Heteroptera<sup>3,4</sup>. They are abundant and highly effective predators in the biological control of crop pests<sup>5</sup>. Several previous studies have revealed the predatory ability of a large number of Reduviidae species<sup>6-9</sup>. These are *Rhynocoris fuscipes*, *Rhynocoris kumari*, *Rhynocoris longifrons*, *Rhynocoris marginatus* and *Acanthaspis pedestris*, which eliminated various pest species such as *Dysdercus cingulatus*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Mylabris indica* in agro-ecosystems, suggesting that they could be employed in pest management. Previous studies in Senegal revealed that *Cosmolestes pictus* was identified as a predatory species of the okra pest *P. decolorata*<sup>10</sup>. In Côte d'Ivoire the predatory species of *Podagrica decolorata* were *Rhynocoris albopilosus*, *R. rapax*, *R. bicolor*, *Cosmolestes pictus*, *Hediocoris fasciatus* and *Coranus* sp.<sup>11,12</sup>. The control of insect pests of okra in Côte d'Ivoire is essentially based on the use of chemical insecticides which, although effective, have adverse effects on humans and their environment. Climate change and its consequences require that the predator's Reduviidae species of *P. decolorata* be taken into account from a biological control perspective. For the implementation of this method, it is therefore essential to know the bioecology of these insect predators.

This study is envisaged to determine the relationship between certain abiotic factors (temperature, humidity and rainfall) and the dynamics of these Reduviidae species and then to determine the relationship between the population dynamics of predators and the numbers of *P. decolorata*, according to the phenological stages of okra.

## MATERIALS AND METHODS

**Study area:** The study was carried out in the city of Man (latitude 07°20 and 07°35 North, longitude 07°25 and 07°45 West), located in the west of Côte d'Ivoire. The study was carried out in the dry season from January-March 2019 and in the rainy season from June-September, 2019.

The study area was limited to the North by the Grand-Gbapleu District, to the West by the Kogouin District and to the East by the Fraternité District. The city of Man is

characterized by a mountainous climate where the temperature increases with altitude. The dry season is very short from December to March and the rainy seasons is from April to November. Rainfall varies from 1,300-2,400 mm per year and humidity ranges from 80-85%<sup>13</sup>.

### Materials

**Study material consisted of technical and biological materials:** The technical material was the colour trap and the swath net. The trapping device consisted of nine traps. Each trap had four racks spaced 25 cm apart and fixed on a vertical axis in different directions. On each rack was placed a yellow plastic plate of 17 cm diameter and 9 cm deep. A total of 36 yellow plates were placed on the nine traps, 4 plates per trap.

The biological materials consisted of plant material, okra of the "Hiré" variety and animal material, composed of Reduviidae species and *P. decolorata*.

### Methods

**Experimental design:** The experimental plot consisted of 3 blocks separated from each other by 2 m with a total area of 323 m<sup>2</sup>. Each sub-plot measured 25 m<sup>2</sup> (5 × 5 m). The sub-plot, 1 m apart each consisted of 6 lines spaced from each other of 1 m. Each line is made up of 10 pockets, which makes 60 pockets per sub-plot. The whole experimental plot was made up of a total of 540 pockets.

Two crop cycles of okra were carried out. The first crop cycle of okra was carried out in the dry season from January-March, 2019 and the second crop cycle of okra was carried out in the rainy season from June-September, 2019.

**Collection of insects:** Insects were captured with yellow traps and a mowing net during each collection. A total of nine traps were placed in the sub-plots in the middle of the central line. Adults of *P. decolorata* and its predators, flying were attracted by the yellow colour and fell into the plates containing soapy water and died. Surveys were carried out twice a week between 07:00 and 10:00 am. After each collection of Reduviidae species and *P. decolorata* were counted. Abiotic factors (temperature, rainfall and humidity) were determined using meteorological data from to meteorological centre (SODEXAM) in Man.

The frequency of occurrence (C) was calculated following the formula<sup>14</sup>:

$$C (\%) = \frac{Pa}{P} \times 100$$

According to Landry *et al.*<sup>14</sup>, the frequency of occurrence represents the ratio of the number of collections where each species of Reduviidae (Pa) is found and the total number of collections (P).

The value of C obtained was used to distinguish the insect species captured:

- Ubiquitous species (C = 100%) observed in all collections
- Constant species (50% ≤ C < 100%) are present in more than 50% of the collections
- Frequent species (25% ≤ C < 50%) present in 25% of collections
- Accessory species are present in less than 25% of collections

**Statistical analysis:** All data obtained were subjected to Analysis of Variance (1-factor ANOVA) using Statistica version 7.1 software. The multiple comparisons of means were performed by Fisher's LSD tests. The Pearson correlation test was used to show the relationship between abiotic factors (temperature, rainfall and humidity) and the dynamics of some species of Reduviidae predators of *P. decolorata* and to show the correlation between the dynamics of Reduviidae and the pest *P. decolorata*.

## RESULTS

### Dynamics of some species of Reduviidae, predators of *Podagrisc decolorata* in okra crops:

- **Frequency of occurrence of Reduviidae species:** A total of six Reduviidae species were collected. Among these species collected, only *Rhynocoris albopilosus* and *Rhynocoris rapax* were revealed as constant species (C ≥ 50%) with frequencies of occurrence of 75 and 63.46%, respectively. With frequencies of occurrence between 25 and 50%, *Rhynocoris bicolor* and *Cosmolestes pictus* were considered frequent species. *Hediocoris fasciatus* and *Coranus* sp., had frequencies of occurrence of less than 25%. These were accessory species (Table 1)

- **Variation in the numbers of Reduviidae species according to the phenological stages of the plant:**

During the first crop cycle of okra, the average numbers of the different species of Reduviidae predators of *P. decolorata* varied slightly according to the phenology of okra

At the stage before flowering, only *R. albopilosus* and *R. rapax* were collected with average numbers of 0.06 ± 0.01 individuals/sub-plot for *R. albopilosus* and 0.11 ± 0.01 individuals/sub-plot for *R. rapax*.

At the flower bud stage, in addition to *R. albopilosus* and *R. rapax* collected at the stage before flowering, *R. bicolor* and *C. pictus* were collected with the same average number of 0.13 ± 0.08 individuals/sub-plot. The mean number of *R. albopilosus* was 0.53 ± 0.13 individuals/sub-plot and that of *R. rapax* was 0.33 ± 0.11 sub-plot.

At the flowering-fruiting stage, all six species of Reduviidae were collected in low numbers. The only means the number of *R. albopilosus* was highest with 0.5 ± 0.1 individuals/sub-plot. The lowest mean number of individuals was obtained by *H. fasciatus* with 0.04 ± 0.03 individuals/sub-plot.

The other species of Reduviidae were average numbers between 0.08 ± 0.03 and 0.33 ± 0.05 individuals/sub-plot.

The analysis of variance revealed highly significant differences between the average numbers of individuals collected according to the phenological stages of okra for *R. albopilosus* (F = 5.51, ddl = 2, p < 0.01). The analysis of variance also revealed non-significant differences between the average numbers of five species of Reduviidae and the phenological stages of okra (Fig. 1a).

During the second crop cycle of okra, also six species were collected with higher average numbers according to the phenological stages. The average numbers of *R. albopilosus* and *R. rapax* were high at the flowering-fruiting stage with, respectively an average of 2.67 ± 0.28 and 1.71 ± 0.17 individuals/sub-plot. The species *Coranus* sp., absent at the two previous phenological stages, was only caught in the colour trap at the flowering-fruiting stage with an average number of 0.29 ± 0.07 individuals/sub-plot. The average numbers of the other species ranged from 0.02 ± 0.01 and 0.75 ± 0.17 individuals/sub-plot.

Table 1: Frequencies of occurrence of six species of reduviidae predators of *Podagrisc decolorata*

Species of reduviidae	<i>R. albopilosus</i>	<i>R. bicolor</i>	<i>R. rapax</i>	<i>C. pictus</i>	<i>H. fasciatus</i>	<i>Coranus</i> sp.
Frequency occurrence C (%)	75	36.54	63.46	38.46	17.31	17.31
Characteristics	Constant	Frequent	Constant	Frequent	Accessory	Accessory

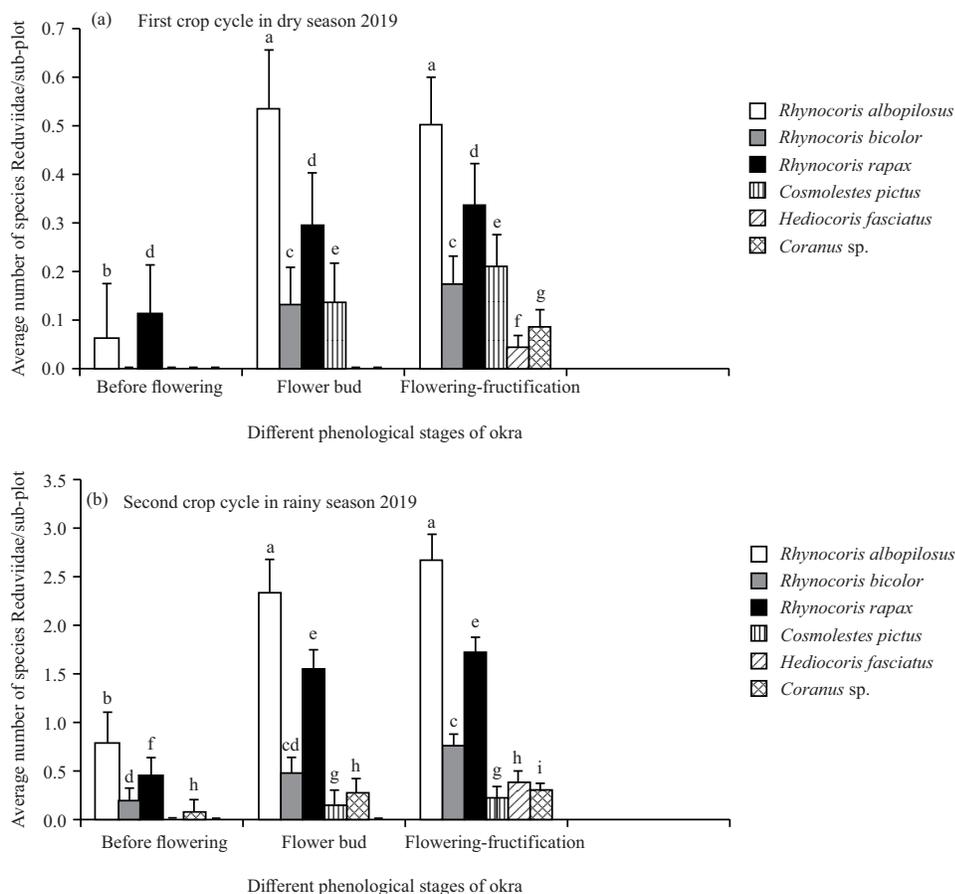


Fig. 1(a-b): Average numbers of Reduviidae species in dry and rainy seasons

\*Bars with different letters are significantly different at the 5% level according to the fisher LSD

Statistical analysis revealed significant differences between the mean numbers of predatory insects according to the phenological stages of okra for the following species: *R. albopilosus*, *R. bicolor*, *R. rapax* and *Coranus* sp. Non-significant differences were revealed between the mean numbers of *C. pictus* and *H. fasciatus* and the different phenological stages (Fig. 1b).

**Correlation between Reduviidae species average numbers and abiotic factors**

**Case of first crop cycle of okra in the dry season:**

- **Average temperature:** Non-significant positive correlations between the average numbers of five Reduviidae species and average temperature were obtained. A positive, significant correlation between the average number of *Coranus* sp. and temperature was revealed (Table 2)
- **Average rainfall:** Non-significant positive correlations were also found between the average numbers of five

species of Reduviidae and average rainfall. A non-significant negative correlation was found between the average number of *R. bicolor* and the average rainfall (Table 2)

- **Relative humidity:** Positive correlations were observed between the average numbers of six species of Reduviidae and humidity. The correlations were highly significant between humidity and the average numbers of *R. rapax* and those of *C. pictus*. It was significant for *R. albopilosus*. The other species of Reduviidae were not significantly correlated (Table 2)

**Case of second crop cycle of okra in the rainy season:**

- **Average temperature:** The average numbers of all predatory species were non-significant negative correlations with average temperature except for *R. albopilosus* (Table 3)
- **Average rainfall:** The average numbers of five species of Reduviidae were correlated positively. Highly significant

positive correlations were revealed between average rainfall and *R. bicolor* and *R. rapax*. Significant positive correlations were obtained between rainfall and *C. pictus* and *Coranus* sp. The average number of *R. albopilosus* was correlated positively and non-significantly with average rainfall. A negative and non-significant correlation was revealed between average numbers of *H. fasciatus* and rainfall (Table 3)

- **Relative humidity:** The average numbers of *R. rapax*, *C. pictus* and *Coranus* sp., showed non-significant positive correlations with relative humidity. The correlation between an average number of *R. bicolor*

and relative humidity was negative and not significant. The correlations between relative humidity and average numbers of *R. albopilosus* and *H. fasciatus* were positive and highly significant (Table 3)

**Correlation between average numbers of Reduviidae species and *P. decolorata*:**

The study of the relationship between average numbers of *P. decolorata* adults and the population of all Reduviidae species predators showed highly significant positive correlations during the first crop cycle of okra in the dry season ( $r = +0.76$  and  $p < 0.001$ ) and the second crop cycle of okra in the rainy season ( $r = +0.47$  and  $p < 0.001$ ) (Fig. 2a-b).

Table 2: Correlation between average numbers of species of Reduviidae predators and some climatic factors during the first crop cycle of okra in the dry season

Dry season 2019			
Correlation coefficient of climatic factors			
Species of Reduviidae	Humidity relative (%)	Average temperature (°C)	Average rainfall (mm)
<i>Rhynocoris albopilosus</i>	$r = +0.46$ $p = 0.02$ (S)	$r = +0.36$ $p = 0.07$ (NS)	$r = +0.10$ $p = 0.62$ (NS)
<i>Rhynocoris bicolor</i>	$r = +0.00$ $p = 0.42$ (NS)	$r = +0.29$ $p = 0.15$ (NS)	$r = -0.03$ $p = 0.89$ (NS)
<i>Rhynocoris rapax</i>	$r = +0.58$ $p < 0.01$ (HS)	$r = +0.25$ $p = 0.21$ (NS)	$r = +0.19$ $p = 0.35$ (NS)
<i>Cosmolestes pictus</i>	$r = +0.50$ $p < 0.01$ (HS)	$r = +0.28$ $p = 0.17$ (NS)	$r = +0.01$ $p = 0.98$ (NS)
<i>Hediocoris fasciatus</i>	$r = +0.14$ $p = 0.50$ (NS)	$r = +0.22$ $p = 0.29$ (NS)	$r = +0.11$ $p = 0.61$ (NS)
<i>Coranus</i> sp.	$r = +0.27$ $p = 0.19$ (NS)	$r = +0.40$ $p = 0.04$ (S)	$r = +0.06$ $p = 0.76$ (NS)

HS: Highly significant at the threshold of 5%, NS: Non-significant and S: Significant

Table 3: Correlation between average numbers of species of Reduviidae predators and some climatic factors during the second crop cycle of okra in the rainy season

Rainy season 2019			
Correlation coefficient of climatic factors			
Species of Reduviidae	Humidity relative (%)	Average temperature (°C)	Average rainfall (mm)
<i>Rhynocoris albopilosus</i>	$r = +0.51$ $p < 0.01$ (HS)	$r = -0.51$ $p < 0.01$ (HS)	$r = +0.28$ $p = 0.16$ (NS)
<i>Rhynocoris bicolor</i>	$r = -0.06$ $p = 0.76$ (NS)	$r = -0.15$ $p = 0.45$ (NS)	$r = +0.70$ $p < 0.001$ (HS)
<i>Rhynocoris rapax</i>	$r = +0.23$ $p = 0.26$ (NS)	$r = -0.30$ $p = 0.13$ (NS)	$r = +0.61$ $p < 0.001$ (HS)
<i>Cosmolestes pictus</i>	$r = +0.27$ $p = 0.18$ (NS)	$r = -0.23$ $p = 0.26$ (NS)	$r = +0.39$ $p = 0.04$ (S)
<i>Hediocoris fasciatus</i>	$r = +0.54$ $p < 0.01$ (HS)	$r = -0.32$ $p = 0.11$ (NS)	$r = -0.08$ $p = 0.69$ (NS)
<i>Coranus</i> sp.	$r = +0.01$ $p = 0.95$ (NS)	$r = -0.14$ $p = 0.48$ (NS)	$r = +0.52$ $p < 0.01$ (HS)

HS: Highly significant at the threshold of 5%, NS: Non-significant and S: Significant

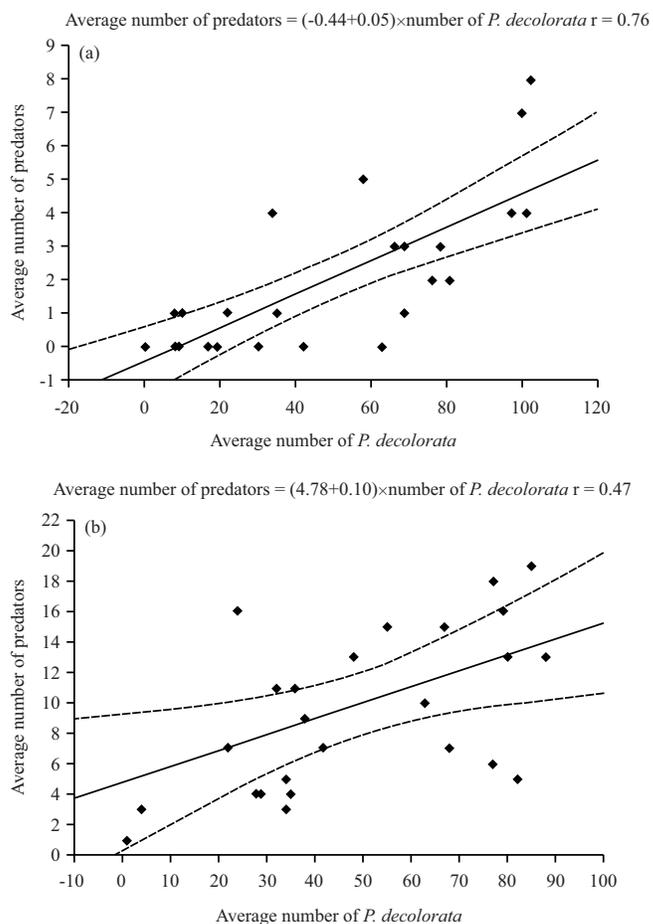


Fig.2(a-b): Correlation between average numbers of predators and *P. decolorata* during the two crop cycles of okra, (a) First cycle in the dry season and (b) Second cycle in rainy season

## DISCUSSION

During two crop cycles carried out in dry and rainy seasons, the study identified two species of Reduviidae, *R. albopilosus* and *R. rapax*, that were constant. The species *R. bicolor* and *C. pictus*, were considered frequent species. *H. fasciatus* and *Coranus* sp., were considered accessory species. The results obtained were close to those of N'guessan *et al.*<sup>12</sup>, who reported that *R. albopilosus* was a constant species while *R. rapax* was frequent species. They also showed that *H. fasciatus* and *Coranus* sp., are accessory species. However, these authors indicated that *R. rapax* was an accessory species and *R. bicolora* constant species.

The average numbers of the six species of Reduviidae varied in each season according to the phenological stage of the plant. In dry and rainy seasons, the flowering-fruiting stage attracts a large number of predators. This could be explained by a large number of flea beetles present in the plot at this stage of plant development. The results are similar to those of

Shimoda and Takabayashi<sup>15</sup> and Shimoda *et al.*<sup>16</sup>. Indeed, these authors revealed that the emission of volatile substances by the host plant would attract insect predators of the host plant's pests. The study revealed that abiotic factors influence the population of predatory. Indeed, average rainfall, temperature and relative humidity would influence the abundance of Reduviidae. The results obtained were similar to those of Vennison and Ambrose<sup>17</sup> who reported that the population dynamics of seven species of Reduviidae were regulated by abiotic factors. The average number of predators and pests, *P. decolorata* increased synchronously during two cultivation cycles carried out in dry and rainy seasons. These results would be due to the high number of *P. decolorata* that would attract a high number of predatory Reduviidae species.

## CONCLUSION

The study showed that abiotic factors and variations in the numbers of the pests *P. decolorata* influence fluctuations

in the populations of Reduviidae predators. The frequency of occurrence of the predatory species revealed *R. albopilosus* and *R. rapax* as constant species.

### SIGNIFICANCE STATEMENT

The study revealed six species of Reduviidae, predators of *P. decolorata*. These predatory species can be used in an integrated pest management programme to control the major okra pest *P. decolorata*.

### REFERENCES

1. Ambrose, D.P., 2006. A checklist of Indian assassin bugs (Insecta: Hemiptera: Reduviidae) with taxonomic status, distribution and diagnostic morphological characteristics. *Zoos Print J.*, 21: 2388-2406.
2. Luo, X., D. Zhou, H. Li, W. Cheng and W. Cai, 2010. Taxonomic and bionomic notes on *Agriosphodrus dohrni* (Signoret) (Hemiptera: Reduviidae: Harpactorinae). *Zootaxa*, 2358: 57-67.
3. Sahayaraj, K. and C. Ravi, 2007. Evaluation of reduviid predators and plant products against chosen groundnut pests. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.*, 40: 281-290.
4. Sahayaraj, K., 2012. Artificial rearing on the nymphal developmental time and survival of three reduviid predators of Western Ghats, Tamil Nadu. *J. Biopesticides*, 5: 218-221.
5. Bhat, P.S., K.K. Srikumar, T.N. Raviprasad, K. Vanitha, K.B. Rebijith and R. Asokan, 2013. Biology, behavior, functional response and molecular characterization of *Rihirbus trochantericus* Stal var. luteous (Hemiptera: Reduviidae: Harpactorinae) a potential predator of *Helopeltis* spp. (Hemiptera: Miridae). *Entomol. News*, 123: 264-277.
6. Sahayaraj, K. and A. Asha, 2010. Biological control potential evaluation of *Rhynocoris kumarii* Ambrose and livingstone on *Aphis craccivora* (Koch.) (Hemiptera: Aphididae). *Indian J. Agric. Sci.*, 44: 281-287.
7. Srikumar, K.K., P.S. Bhat, T.N. Raviprasad and K. Vanitha, 2014. Biology, behaviour and functional response of *Cydnocoris gilvus* Brum. (Heteroptera: Reduviidae: Harpactorinae) a predator of Tea Mosquito Bug (*Helopeltis antonii* Sign.) on cashew in India. *J. Threat. Taxa*, 6: 5864-5870
8. Sahid, A., W.D. Natawigena, Hersanti and Sudarjat, 2018. Laboratory rearing of *Sycanus annulicornis* (Hemiptera: Reduviidae) on two species of prey: Differences in its biology and efficiency as a predator of the nettle caterpillar pest *Setothosea asigna* (Lepidoptera: Limacodidae). *Eur. J. Entomol.*, 115: 208-216.
9. Youssef, N.A. and A.A. Abd-Elgayed, 2015. Biological parameters of the predator, *Amphibolus venator* Klug (Hemiptera: Reduviidae) preying on larvae of *Tribolium confusum* Duv. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ann. Agric. Sci.*, 60: 41-46.
10. Tendeng, E., B. Labou, S. Djiba and K. Diarra, 2017. Actualization of the entomofauna of vegetable crops in lower Casamance (Senegal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11: 1023-1028.
11. Kwadjo, K.E., M. Doumbia, T. Ishikawa, Y. Tano and E. Haubruge, 2008. Morphometrical changes and description of eggs of *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Heteroptera: Reduviidae) during their development. *Faun. Entomol. Entomol. Faun.*, 61: 151-155.
12. N'guessan, Y., S. Senan, O. Adagba and O.C. Landry, 2020. Inventory of entomofauna associated with crop of okra (*Abelmoschus esculentus*) and assessment of damage caused by insect pests in man, West of Côte d'Ivoire. *GSC Biol. Pharm. Sci.*, 13: 105-115.
13. Kouadio, B.H., K.F. Kouamé, B.M. Saley, J. Biémi and T. Ibrahima, 2007. Climate insecurity and geohazards in Côte d'Ivoire: Study of the risk of water erosion of soils in the semi-mountainous region of man (Western Côte d'Ivoire). *Sci. planet. changes*, 18: 29-37.
14. Landry, O.C., A.L.R. Nondenot, O. Adagba and T.D.K. Christian, 2017. Entomofauna associated with cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp., assessment damages caused by insect pests and predators of *Ootheca mutabilis* Sahlberg (Coleoptera: Chrysomelidae) in South of Côte d'Ivoire. *IJRDO-J. Appl. Sci.*, 3: 56-72.
15. Shimoda, T. and J. Takabayashi, 2001. Response of *Oligota kashmirica benefica*, a specialist insect predator of spider mites, to volatiles from prey-infested leaves under both laboratory and field conditions. *Entomol. Exp. Appl.*, 101: 41-47.
16. Shimoda, T., R. Ozawa, K. Sano, E. Yano and J. Takabayashi, 2005. The involvement of volatile infochemicals from spider mites and from food-plants in prey location of the generalist predatory mite *Neoseiulus californicus*. *J. Chem. Ecol.*, 31: 2019-2032.
17. Vennison, S.J. and D.P. Ambrose, 1991. Population dynamics of seven species of reduviids (Insecta: Heteroptera: Reduviidae) in muthurmalai scrub jungle from South India. *J. Entomol. Res.*, 15: 152-162.

## RESUME

Le gombo (*Abelmoschus esculentus*) est l'une des plantes maraîchères les plus cultivées en Côte d'Ivoire. Cependant, la plante est attaquée par des insectes qui causent des dégâts préjudiciables aux producteurs. L'objectif de ce travail est de proposer la lutte biologique comme alternative à l'utilisation des insecticides chimiques de synthèse. Un dispositif randomisé a permis de collecter des insectes à l'aide de filet fauchoir et des pièges colorés. Des paramètres bioécologiques de deux espèces de Reduviidae dont *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax* ont été étudiés grâce à un suivi régulier dans des cages. Une étuve a été utilisée pour le séchage et la préparation des extraits aqueux d'*Azadirachta indica* et de *Ricinus communis*. L'inventaire de l'entomofaune a révélé *Podagrira decolorata* comme ravageur majeur et six espèces de Reduviidae prédatrices de ce ravageur. La dynamique de ces espèces prédatrices a permis de montrer *Rhynocoris albopilosus* et *Rhynocoris rapax* comme des espèces constantes avec des fréquences d'occurrence respectives de 75 % et 63,46 % et un synchronisme a été observé entre les populations du prédateur et du ravageur à contrôler. La comparaison de quelques paramètres biologiques entre ces deux espèces de Reduviidae a révélé que les femelles de *Rhynocoris albopilosus* ont eu une durée de vie de  $96,47 \pm 8,04$  jours contre  $82,10 \pm 9,41$  jours pour *Rhynocoris rapax*. Concernant l'agressivité, l'espèce *Rhynocoris albopilosus* a été plus efficace avec  $12,33 \pm 1,56$  proies consommées contre  $8,47 \pm 1,87$  proies consommées pour *Rhynocoris rapax* en 48 heures. Il ressort au terme de la présente étude que la lutte intégrée avec l'utilisation simultanée des extraits aqueux de feuilles de neem et de ricin associé à l'espèce *Rhynocoris albopilosus* n'est pas envisageable. En revanche, des lâchers inondatifs de *Rhynocoris albopilosus* dans les cultures de gombo peuvent réduire de façon significative l'effectif de ce ravageur et ainsi améliorer la production du gombo en Côte d'Ivoire.

**Mots clés :** Gombo, *Podagrira decolorata*, Reduviidae, Bioécologie, Lutte biologique.

## ABSTRACT

Okra (*Abelmoschus esculentus*) is one of the most widely grown vegetable crops in Côte d'Ivoire. However, the plant is attacked by insects that cause damage to producers. The objective of this work is to propose biological control as an alternative to the use of synthetic chemical insecticides. A randomized system was used to collect insects with the help of swath nets and colored traps. Bioecological parameters of two species of Reduviidae including *Rhynocoris albopilosus* and *Rhynocoris rapax* were studied through regular monitoring in cages. An oven was used for the drying and preparation of aqueous extracts of *Azadirachta indica* and *Ricinus communis*. The entomofauna inventory revealed *Podagrira decolorata* as a major pest and six species of Reduviidae predators of this pest. The dynamics of these predatory species showed *Rhynocoris albopilosus* and *Rhynocoris rapax* as constant species with respective frequencies of occurrence of 75 % and 63.46 % and a synchronism was observed between the populations of the predator and the pest to be controlled. Comparison of some biological parameters between these two species of Reduviidae revealed that females of *Rhynocoris albopilosus* had a life span of  $96.47 \pm 8.04$  days compared to  $82.10 \pm 9.41$  days for *Rhynocoris rapax*. Regarding aggressiveness, the species *Rhynocoris albopilosus* was more efficient with  $12.33 \pm 1.56$  prey consumed against  $8.47 \pm 1.87$  prey consumed for *Rhynocoris rapax* in 48 hours. It is clear from the present study that integrated pest management with the simultaneous use of aqueous extracts of neem leaves and castor bean associated with *Rhynocoris albopilosus* is not feasible. However, inundative releases of *Rhynocoris albopilosus* in okra crops can significantly reduce the numbers of this pest and thus improve okra production in Côte d'Ivoire.

**Keywords :** Okra, *Podagrira decolorata*, Reduviidae, Bioecology, Biological control.