

***Zonocerus variegatus* (Linné 1758, Orthoptera : Pyrgomorphidae) et ses parasitoïdes (Hyménoptères) dans la ville de Kisangani, RDC**

[*Zonocerus variegatus* (Linné 1758, Orthoptera : Pyrgomorphidae) and its parasitoids (Hymenopterous) in Kisangani city, DRC]

B. BAKONDONGAMA¹, K. MUBENGA², A. MONDIVUDRI¹, C. NGABU², PIUS T. MPIANA³, K. KOSELE², and M. JUAKALY¹

¹Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Animales, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

²Centre de Surveillance de la Biodiversité (CSB), de l'Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

³Faculté des sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Agricultural production constitutes one of the important economic development factors that generates important incomes. Among many Insects, Acarina, Birds, Mammals and diseases that attack crops, the stinking locust, *Zonocerus variegatus* (Hyménoptère : Pygomorphidae) is a fearsome devastator of crops in the region. This study was conducted to study the population, the distribution of *Zonocerus variegatus*, its action modes in the field, and to identify its parasitoids in Kisangani.

The study was carried out on food cultivation fields. Data were collected from July 2015 for six months, using a sweeping net. Two field works were conducted monthly. Stinking locusts were collected on fields and parasitoids around the fields (fallowland). *Z. variegatus* develops in 7 post-embryonic stages of which six larval and one adult stages.

The data analysis showed abundance of larvae, from stage 1 to 6. *Zonocerus variegatus* larva appeared superior to the one of stage 7. We observed that larvae are more damaging than adults. 22.31% of *Zonocerus variegatus* specimens were collected on cassava fields while 5.03% were captured on maize and cassava fields. We collected more *Zonocerus variegatus* in March (32.6%). Their abundance also proves their aggressiveness to crops. In total, twenty families of parasitoids were collected and distributed into seven super-families. We captured more parasitoids in February (32.83%) than in other months. May is less rich with 4.60%. *Scelionidae* family largely dominates the others with 23.64% parasitoid specimens, followed by *Bethylidae* 20.08% and *Platygastridae* 16.70%. The poorest families are *Charipidae* (0.19%) and *Tanaostigmatidae* (0.19%).

KEYWORDS: *Zonocerus variegatus*, ecology, aggressiveness, parasitoids.

RÉSUMÉ: La production agricole constitue un des facteurs important de développement économique générant d'importants revenus. Parmi les nombreux Insectes, Acariens, Oiseaux, Mammifères et maladies qui s'attaquent aux cultures, le criquet puant, *Zonocerus variegatus* (Hyménoptère : Pygomorphidae) est un ravageur redoutable des cultures dans la région. Cette étude a été entreprise dans le but d'étudier la population, la distribution, de *Zonocerus variegatus*, ses modes d'action dans le champ de culture ainsi qu'identifier ses parasitoïdes à Kisangani

Le travail est donc réalisé dans les champs de cultures vivrières. La collecte des données a été effectuée de février à juillet 2015 pendant six mois à l'aide du filet fauchoir. Deux sorties s'effectuaient par mois. Les criquets puants étaient collectés dans les champs et les parasitoïdes autour du champ (jachère). *Z. variegatus* se développe en 7 stades post-embryonnaires dont six larvaires et un stade adulte.

Après analyse des données, l'abondance des larves, de stade 1 à 6 de *Zonocerus variegatus* s'est avérée supérieure à celle des adultes de stade 7. Les larves sont beaucoup plus nuisibles aux cultures que les adultes selon les observations faites. 22,31% des spécimens de *Zonocerus variegatus* étaient collectés dans les champs de manioc, par contre 5,03% ont été capturés dans les champs de maïs & manioc. C'est au mois de mars qu'il y a eu plus de *Zonocerus variegatus* soit (32,6%). Leur abondance justifie également leur agressivité aux cultures. Au total vingt familles des parasitoïdes étaient capturées et réparties à sept super-familles. C'est au mois de février (saison sèche) qu'il y a eu plus de parasitoïdes que tous les autres mois soit 32,83% du total. Le mois de mai était le moins riche avec 4,60%. La famille *Scelionidae* domine largement les autres, avec 23,64 % des spécimens de parasitoïdes. Elle est suivie des *Bethylidae* 20,08% et des *Platygastridae* 16,70%. Les familles les plus pauvres en spécimens sont *Charipidae* (0,19%) et *Tanaostigmatidae* (0,19%).

MOTS-CLEFS: *Zonocerus variegatus*, écologie, agressivité, parasitoïdes.

1 INTRODUCTION

Les criquets sont des Insectes Orthoptères, sauteurs aux antennes courtes. Parmi eux se trouvent les criquets migrateurs, qui comptent parmi les plus grands destructeurs pour la végétation. Généralement, ils mènent une vie solitaire. Ils ont une coloration verdâtre. Lorsque la végétation manque, ils se regroupent [1].

Un parasitoïde est un organisme qui se développe sur et/ ou à l'intérieur d'un autre organisme appelé « hôte », et qui tue inévitablement ce dernier, au cours de son développement ou à la fin de son développement [2], [3]. Les parasitoïdes peuvent être des insectes, des nématodes, des champignons, des bactéries, des protistes et des virus [2]. En d'autres termes, les parasitoïdes sont des insectes ayant un mode de reproduction particulier. Les stades immatures (les stades larvaires, la nymphe) se développent aux dépens d'autres arthropodes (le plus généralement d'autres insectes) dont ils consomment les tissus pour leur alimentation et leur développement. Ce fonctionnement biologique se situe entre le parasitisme et la prédation, ce qui justifie l'usage du mot «Parasitoïde». Contrairement aux stades immatures, les adultes sont en revanche libres dans le sens où leur développement et leur survie ne dépendent pas directement d'un autre organisme. Sur le plan écologique, la seule fonction de la femelle adulte, accouplée ou non, est de trouver de nouveaux hôtes pour y déposer une descendance [4].

L'espèce *Zonocerus variegatus* (Linné, 1758) de la famille de Pyrgomorphidae (Orthoptera) autrement appelé criquet puant, est un Insecte de couleur verte, et jaune tacheté de noire. C'est un ravageur de cultures. Il perfore et détruit les plantes, l'organe végétal le plus vulnérable est la feuille [1], [6].

L'espèce *Z. variegatus* fait référence à la coloration de l'Insecte, mosaïque très caractéristique de noir, jaune, rouge et vert. Il est hétérométabole de type hémimétabole, qui se développe dans la végétation naturelle en 7 stade-embryonnaires dont six larvaires et un stade adulte [5], [6], [7], [8].

Le développement imaginal se fait en deux grandes étapes : une période pré- reproductive (d'une durée de 1,5 – 2 mois) pendant laquelle l'insecte est sexuellement immature ou encore d'acquisition de cette maturité ; et une période reproductive pendant laquelle l'insecte va participer à la reproduction de l'espèce [9]. La période de reproduction se caractérise par un rassemblement d'imagos des deux sexes sur des sites bien précis. La durée de développement de stades épigés de *Z. variegatus* varie légèrement selon que l'insecte vit en milieu naturel ou est élevé en laboratoire.

Sur le plan écologique de *Z. variegatus* c'est un insecte polyphage qui vit dans les cultures, les forêts et les savanes d'Afrique centrale et de l'Ouest à dominance graminéenne [9]. Il est sédentaire, évite le sous-bois forestier et préfère la végétation herbeuse. 315 espèces végétales sur lesquelles l'Insecte vit et se nourrit ont été recensées dans la Réserve Forestière de Mbalmayo [10]. Il est hygrophile et fréquent dans les régions tropicales humides. Son extension vers le Nord se fait en faveur des habitats appropriés ou il peut se développer, c'est-à-dire aux bords des fleuves dans les bas-fonds et dans les cultures irriguées [9]. Les facteurs qui peuvent influencer la distribution de *Z. variegatus* sont, la pluviosité (surtout pour les œufs) et l'humidité relative (pour les stades épigés).

Pour sa distribution en Afrique, l'espèce *Z. variegatus* est largement répandue en Afrique de l'Ouest où il est rapporté entre le Nigeria et le Mali. En Afrique centrale, il est signalé entre l'Ouganda et l'Angola. Le Cameroun fait partie de son aire de distribution où il est présent au Nord [1] et au sud [11]. Il est également mentionné en Afrique de l'Est jusqu'au Soudan. Sa présence en Afrique australe est très discutée à cause de sa confusion avec l'espèce *Zonocerus elegans* [9].

Le criquet puant est un ravageur chronique, défoliateurs d'importance très variable. Il constitue une espèce redoutable, parce qu'il est polyphage et à cause d'importants dégâts qu'il cause sur un grand nombre de cultures [12]. L'aire de répartition et de prédation de cet Acridien sur les cultures s'est accrue avec le temps.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur *Zonocerus variegatus*, en Afrique sur : l'espèce *Blaesoxipha filipjevi* est le parasitoïde le plus répandu de *Zonocerus variegatus* au Nigéria et il attaque jusqu'à 60% des adultes (Individus de 7^e stade) [13]; le parasitisme de *Zonocerus variegatus* par *Blaesoxipha bakweria* dans les agro-systèmes de Mbankomo et de Zamakoé (Cameroun) [14]. Une liste commentée des travaux consacrés à la morphologie, la biologie, l'éthologie, l'alimentation et le polymorphisme saisonnier du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* [12]; lutte contre le criquet puant, *Zonocerus variegatus* en Afrique [15] et au Congo [16]; Les activités oxydasiques du tube digestif du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* [17]; la relation entre *Zonocerus* et *Chromolaena odorata* en Afrique de l'Ouest : une approche chimio-écologique de lutte biologique [18] ; contribution à l'étude de *Zonocerus variegatus* [19]; Le régime alimentaire du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* [20]; le comportement nutritionnel de *Zonocerus variegatus* vis-à-vis de trois plantes alimentaires [21]; les effets sur le manioc de la défoliation artificielle et naturelle par le criquet puant, *Zonocerus variegatus* [22].

Les criquets puants représentent une menace réelle pour l'agriculture, en Province de la Tshopo en général et dans la ville de Kisangani en particulier. Leurs invasions n'épargnent aucune culture et les espaces verts. Les dégâts sur les cultures et sur l'environnement peuvent être considérables.

La lutte biologique contre ces insectes représente un enjeu majeur, en particulier pour la sécurité alimentaire et l'augmentation du rendement agricole des nombreux pays en voie de développement en général et en particulier pour notre région. Dans cette perspective et vue la diversité des plantes cultivées, nous pensons que l'abondance de taxon des parasitoïdes sera différente et/ou liée au type de culture en présence, pour la lutte biologique contre le criquet puant (*Z. variegatus*).

C'est pourquoi le présent travail consiste à étudier les criquets ravageurs de cultures et leurs parasitoïdes dans la région de Kisangani et Contribue également à la connaissance de la lutte biologique contre les criquets ravageurs de cultures de cette même région.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La ville de Kisangani est située dans la partie Nord-Est de la cuvette centrale congolaise et occupe une superficie de 1.900 Km². Ses coordonnées géographiques du centre ville sont : 0° 31'N, 25° 11' E, l'altitude est comprise entre 376 et 460 m [23]. Elle jouit d'un climat équatorial du type Af de KOPPEN. Ce climat est caractérisé par : la moyenne des températures du mois le plus froid supérieure à 18°C. L'amplitude thermique annuelle faible (< 0,5°C) et la moyenne des précipitations du mois le plus sec oscillant autour de 60mm [24]. C'est un climat chaud et humide caractérisé par des températures élevées et constantes sans être uniformément réparties. Les précipitations sont relativement réparties en deux saisons : La saison pluvieuse qui s'étend de Septembre à Octobre avec le maximum en Octobre ou en Novembre ; et celle relativement sèche allant de Février à Mai avec des pluies en Aout [25].

La ville de Kisangani a un relief présentant des plaines et plateaux à faible pentes : plateau Boyoma, plateau Médicale et plateau Arabisé. La dégradation qu'a connue la ville de Kisangani est le résultat de l'exploitation abusive de l'homme ; cependant, elle reflète sa figure primitive qui est celle de cuvette, caractérisée par des forêts ombrophiles, sempervirentes [26]. Etant liées aux sols hydro-morphes, ses forêts ont évolué vers d'autres formations végétales actuelles de la ville caractérisées par des groupes rudéraux, des jachères, des recrus forestiers et des lambeaux de forêts secondaires [26].

Cinq stations d'échantillonnage ont été explorés dans la ville Kisangani et ses environs comme le montre la figure 1.

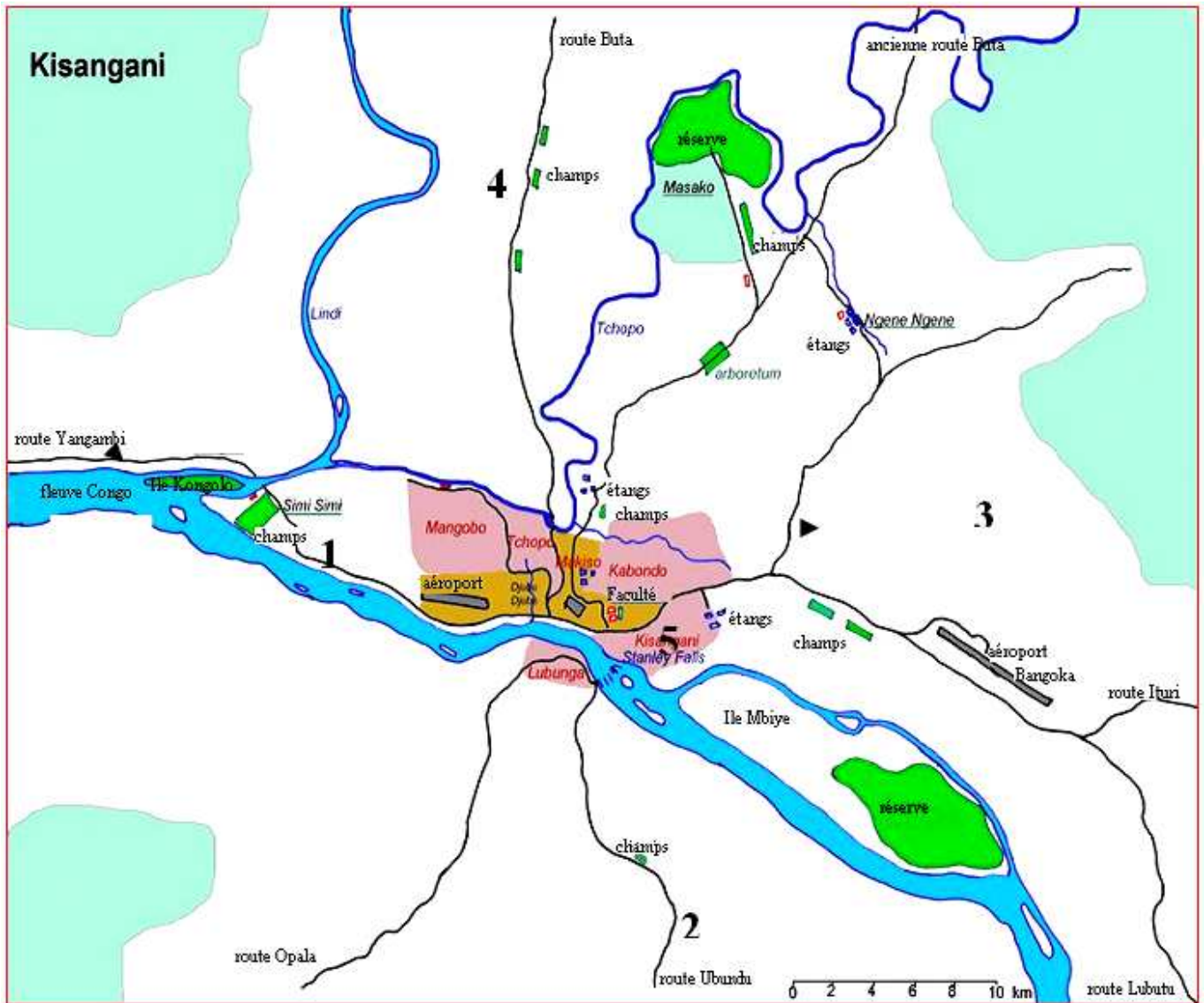


Fig. 1. Localisation des sites de capture sur la carte de la ville de Kisangani et ses environs. Adapté par [27], (1) Champs de recherche de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles et Renouvelable à Simi simi (PK15 route Yangambi) ; (2) Champs de cultures au point kilométrique 7 route Ubundu (Village Lula) ; (3) Le champ de cultures au point kilométrique 8 route Aéroport Bangboka et Ngenengene ; (4) Champs de cultures au point kilométrique 9 route Buta ; (5) Champs de cultures et graminées naturelles de la Faculté des Sciences.

2.2 MÉTHODE

Le criquet puant *Zonocerus variegatus* ont été récoltés dans les champs des cultures et les parasitoïdes dans les jachères au bord de différents champs des cultures.

1371 spécimens de *Zonocerus variegatus* ont été récoltés à l'aide de filet fauchoir et à la main. Tandis que les parasitoïdes ont été récoltées uniquement par le filet fauchoir, avec un effectif de 533 spécimens. Dans le filet fauchoir, les spécimens de *Zonocerus variegatus*, et ses différents stades de développement post embryonnaire ont été prélevées par la main. Les échantillons ont été conservés dans des bocaux contenant de l'alcool à 70% et amenés au laboratoire d'Ecologie et de Gestion des Ressources Animales (EGRA) de la Faculté des Sciences pour les analyses.

Au laboratoire il a été procédé au comptage de spécimens. En effet, les individus de différents stades de développement post-embryonnaires de *Zonocerus variegatus* ont été comptés et séparé selon les tailles.

L'identification des parasitoïdes s'est effectuée par l'observation des spécimens à la loupe binoculaire de marque (WILD M5 HEERBRUGG), puis en comparant les caractères morphologiques (forme et position d'antennes, types d'ailes) avec celles

qu'offrent les clés de détermination [28]; [29]; [30] et les planches des différentes familles des Parasitoïdes en notre possession. Une caméra numérique type oculaire digitale de marque Scope Photo incorporée à la binoculaire et connectée à l'ordinateur pour la prise des images en couleur pendant l'identification a été utilisée.

Les pourcentages, les calculs de la diversité et de l'abondance relative des insectes ont été calculés à l'aide de logiciel PAST 2.17:

a. Indice de diversité de Shannon-Wiener

Il sert à apprécier l'évolution de la diversité dans les habitats. Cet indice varie directement en fonction du nombre d'espèces

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

Pi = Abondance relative de chaque famille où n/N où n= Abondance de l'espèce ou famille, N= Nombre total de l'espèce ou famille et H= Indice de Shannon-wiener

b. Equitabilité

Elle sert à comparer des diversités des peuplements ayant des richesses spécifiques ou taxonomiques différentes. $E = H/H_{max}$ (2) et $H_{max} = \log_2 S$ (3) S= Richesse spécifique et E= Equitabilité

c. Indice de diversité de Simpson

C'est la probabilité pour que deux individus pris au hasard dans un peuplement appartiennent à deux espèces différentes.

$$D = 1 - \sum (p_i)^2 \quad (4)$$

3 RÉSULTATS

3.1 DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DE ZONOCERUS VARIEGATUS DANS LA VILLE DE KISANGANI.

Au total, 1371 spécimens de de *Zonocerus variegatus* ont été récoltés. La répartition et l'abondance sont présentées dans les tableaux (1 et 2).

Tableau 1. Abondance relative et mensuelle de spécimens de Zonocerus variegatus dans la ville de Kisangani.

Espèce	Février		Mars		Avril		Mai		Juillet		Total
	Ch. Mn	Ch.ms	Ch. C.mixte	Ch. aub	Ch. ms&sj	Ch. Ms	Ch. mn	Ch. aub	Ch. mn	Ch. ms&mn	
<i>Z. variegats</i>	30	28	278	170	231	212	209	77	67	69	1371
Total	58		448		443		286		67	69	
%	4,2		32,6		32,3		20,8		4,8	5,0	100

Légende : Ch. mn : champ de manioc ; Ch. ms : champ de maïs; Ch. aub : champ d'aubergine ; Ch. C. mixte : champ de culture mixte ; Ch. ms & sj : champ maïs et soja ; Ch. ms & mn: champ maïs et manioc.

Le tableau 1 montre que *Zonocerus variegatus* est plus abondant au mois de mars et avril respectivement 32,6% et 32,3%. Par contre, le mois de février, a présenté un faible pourcentage d'individus, soit 4,2%. Le champ mixte au mois de mars possède un nombre élevé des spécimens (278), tandis que le champ de maïs au mois de février a le plus faible effectif de spécimens (28).

Tableau 2 : Abondance relative des différents stades de développement de *Zonocerus variegatus* dans les micros-habitats.

<i>Z. variegatus</i>	Micro-Habitats						Total	%
	Ch. mn	Ch. ms	Ch. aub	Ch. Cul mixte	Ch.mn&ms	Ch.ms&sj		
Stade 1	13	9	14	49	0	4	89	6,5
Stade 2	56	107	122	183	0	97	565	41,2
Stade 3	123	69	83	34	0	86	395	28,8
Stade 4	11	21	17	12	0	43	104	7,6
Stade 5	9	11	9	0	0	1	30	2,2
Stade 6	8	6	2	0	0	0	16	1,2
Stade 7	86	17	0	0	69	0	172	12,5
Total	306	240	247	278	69	231	1371	100
%	22,31	17,50	18,01	20,27	5,03	16,84	100	

Légende : Ch. mn : champ de manioc ; Ch. ms : champ de maïs; Ch. aub : champ d'aubergine ; Ch. C. mixte : champ de culture mixte ; Ch. ms & sj : champ maïs et soja ; Ch. ms & mn: champ maïs et manioc.

Le tableau 2, montre que le champ de manioc présente un grand nombre de criquets puants, soit 22,31%, suivi du champ de culture mixte (maïs, haricot et manioc) soit 20,27%. Par contre dans le champ de maïs et manioc, a donné 5,03%. Les larves de stade II 41,2%, stade III 28,8%, stade IV 28,8 % et les adultes du stade VII, 12,5% qui ont été les plus collectés, alors que les individus de stade I 89 spécimens soit 6,5%, stade V 30 spécimens soit 2,2% et stade VI 16 spécimens soit 1,2% ont été les moins collectés. Ce sont les stades larvaires qui sont les plus agressives que le stade adulte.

3.2 BIODIVERSITÉ ET ABONDANCE RELATIVE DES PARASITOÏDES

Au total, 533 spécimens des parasitoïdes ont été récoltés. Ils sont regroupés dans un seul ordre des Hyménoptères avec 7 super familles et 20 familles. Ces résultats sont présentés dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 3. Diversité et abondance relative des parasitoïdes collectés pendant les six mois de récolte

Ordres	Super familles	Familles	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Effectif	%	
Hyménoptères	Platygastridae	Platygastridae	14	18	8	32	7	10	89	16,70	
		Scelionidae	33	33	13	24	5	18	126	23,64	
	Chrysoidea	Bethylidae	70	21	6	8	1	1	107	20,08	
	Ichneumonoidea	Braconidae	1	4	25	2	5	8	45	8,44	
	Ceraphronoidea	Ceraphronidae	13	11	12	14	0	4	54	10,13	
	Proctotrupeoidea	Diapriidae	8	2	5	2	2	0	19	3,56	
	Cynipoidea	Eucoilidae	17	4	3	3	0	0	27	5,07	
	Chalcidoidea	Charipidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0,19
		Agaonidae	3	0	0	0	0	0	0	3	0,56
		Aphelinidae	0	0	3	0	0	0	0	3	0,56
		Elasmidae	0	0	0	0	1	1	1	2	0,38
		Eulophidae	1	0	1	0	0	0	0	2	0,38
		Eurytomidae	1	0	2	0	0	0	0	3	0,56
		Mymaridae	1	2	6	1	1	1	1	12	2,25
		New	2	0	1	0	0	0	0	3	0,56
		Ormyridae	2	2	0	0	0	0	0	4	0,75
		Perilapidae	3	1	1	1	0	0	0	6	1,13
		Pteromalidae	2	0	1	0	0	0	0	3	0,56
		Tanaostigmatidae	0	0	0	1	0	0	0	1	0,19
		Tetracampidae	4	10	4	2	2	1	1	23	4,32
Total	7	20	175	108	92	90	24	44	533	100,00	
%			32,32	20,26	17,26	16,88	4,50	8,25		100	

Le tableau 3 révèle que le mois de février a le plus grand nombre des spécimens des parasitoïdes, soit 32,32%, suivi du mois de mars avec 20,26%. Par contre le mois de juin, présente un taux de capture le plus faible soit 4,50%. La famille des Scelionidae est la plus abondante avec 23,64%, suivie des Bethylidae 20,08%. Les familles d'Eucoilidae et Tanaostigmatidae sont moins abondantes avec chacune 0,19%.

Tableau 4. Distribution et abondance relative des familles de parasitoïdes Hyménoptères par habitats

Ordres	Super familles	Familles	Ch mn	Ch ms	Ch ms& sj	Ch aub	Ch ms&mn	Ch.Cmixt	effectif	%	
Hyménoptères	Platygastridae	Platygastridae	22	12	3	34	10	8	89	16,70	
		Scelionidae	50	12	6	19	18	21	126	23,64	
	Chrysoidea	Bethylidae	69	6	3	11	1	17	107	20,08	
	Ichneumonoidea	Braconidae	5	8	18	6	8	0	45	8,44	
	Ceraphronoidea	Ceraphronidae	18	7	8	12	4	5	54	10,13	
	Proctotrupeoidea	Diapriidae	8	8	1	0	0	2	19	3,56	
	Cynipoidea	Eucoilidae	16	2	3	4	0	2	27	5,07	
	Chalcidoidea	Charipidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0,19
		Agaonidae	2	1	0	0	0	0	0	3	0,56
		Aphelinidae	0	3	0	0	0	0	0	3	0,56
		Elasmidae	1	0	0	0	1	0	0	2	0,38
		Eulophidae	1	1	0	0	0	0	0	2	0,38
		Eurytomidae	1	2	0	0	0	0	0	3	0,56
		Mymaridae	2	4	2	3	1	0	0	12	2,25
		New	2	1	0	0	0	0	0	3	0,56
		Ormyridae	2	0	0	2	0	0	0	4	0,75
		Perilapidae	3	0	1	2	0	0	0	6	1,13
		Pteromalidae	1	1	1	0	0	0	0	3	0,56
		Tanaostigmatidae	0	0	0	1	0	0	0	1	0,19
	Tetracampidae	5	3	2	12	1	0	0	23	4,32	
Total	7	20	208	71	49	106	44	55	533	100,00	
%			39,02	13,32	9,19	19,88	8,25	10,31	100		

Légende : Ch. mn : champ de manioc ; Ch. ms : champ de maïs ; Ch. aub : champ d'aubergine ; Ch. C. mixte : champ de culture mixte ; Ch. ms & sj : champ maïs et soja ; Ch. ms & mn : champ maïs et manioc.

Il ressort du tableau 4, six champs de culture (maïs, manioc, aubergine, culture mixte, soja maïs & manioc) dans lesquels la collecte des parasitoïdes a été effectuée et des jachères. Le champ de manioc présente la plus grande abondance de parasitoïdes, soit 39,02%, suivi du champ d'aubergine 19,88%. La faible abondance est observée dans le champ de maïs et manioc, soit 8,25% chacun.

Tableau 5 : Diversité comparée des familles de parasitoïdes dans les micros – habitats.

Micro – habitats	Effectifs	H'	E	D
Champ manioc	208	2,889	0,707	0,804
Champ maïs	71	3,464	0,887	0,891
Champ maïs & soja	49	2,904	0,81	0,807
Champ aubergine	106	0,861	0,249	0,822
Champ maïs & manioc	44	2,271	0,757	0,738
Champ cult. mixte	55	2,121	0,82	0,726

Légende : H' : Indice de diversité de Shannon ; E : Equitabilité ; D : Indice de diversité de Simpson

Le tableau 5 présente la diversité des familles de parasitoïdes pour chaque micros- habitats. Il ressort de ce tableau que le champ de maïs est le plus diversifié en parasitoïdes (H' = 3,464) par contre le champ d'aubergine est le moins diversifié (H'=0,861). L'indice de Simpson calculé donne les valeurs qui varient entre 0,891 et 0,726. Ce qui signifie que la probabilité pour que deux individus tirés au hasard dans l'échantillon appartiennent à deux familles différentes est de 80,4% au tour de

champs de manioc ; 89,1% au tour de champ de maïs ; 80,7% au tour de champs de maïs et soja ; 82,2% au tour de champs d'aubergine ; 73,8% au tour de champs de maïs et manioc ; 72,6% au tour de champs culture mixte.

L'indice d'Équitabilité pour ces différents micros-habitats tend vers 1. Cela montre que les individus sont presque répartis de la même manière dans les micros-habitats sauf autour du champ d'aubergine où $E=0,249$, ce qui signifie que la totalité des effectifs correspond à une seule famille qui est celle des Scelionidae.

4 DISCUSSION

Au total, 1371 spécimens de *Z. variegatus* ont été collectés et 533 spécimens de parasitoïdes Hyménoptères à Kisangani. Les parasitoïdes capturés appartiennent à 20 familles. Les 533 spécimens de parasitoïdes ont été collectés au même moment aux alentours des champs de cultures vivrières dans lesquels *Z. variegatus* a été prélevé. Ce qui conduirait à dire que ce sont probablement les parasitoïdes pouvant être utilisés dans la lutte contre ces acridiens qui détruisent les cultures dans la région de Kisangani.

Kekeunou [11] a travaillé sur l'Abondance du criquet puant (*Zonocerus variegatus*) sur les légumineuses utilisées dans les stratégies d'amélioration des jachères de courte durée dans le Sud du Cameroun et a obtenu 6042 spécimens de *Z. variegatus* après seize mois de collecte. Ces résultats diffèrent des nôtres à cause de la durée de terrain, plusieurs mois et dans trois blocs. Chaque bloc était constitué de 50 espèces de légumineuses. Par contre nos recherches ont été effectuées pendant six mois et ont ciblé seulement les champs de 5 plantes vivrières à savoir : manioc, maïs, aubergine, soja et haricot.

Selon les observations faites sur terrain de février à juillet, les criquets puants ont été plus observés au mois de mars, avril et mai. D'après les tendances saisonnières de Kisangani signalé par Prombo [31], cette période correspond à la première saison de pluie, qui fait pousser des jeunes plantes et des nouvelles feuilles servant aux criquets de ressources alimentaires. Ce qui conduit à dire que les criquets puants seraient saisonniers. Ils apparaîtraient pendant la saison pluvieuse où ils seraient plus agressifs consommant tout ce qui est vert au passage. La distribution des populations des criquets puants en fonction du stade de développement montre que les adultes (stade VII) sont moins observés et moins actifs. Les larves de stade I, II, III, IV, V et VI apparaissent plus actives et ce sont eux qui consomment plus les plantes. Cependant, nous pensons qu'il faut continuer les recherches pendant un cycle complet d'une année, pour élucider avec certitude le comportement de *Z. variegatus* à Kisangani.

Chiffaud et Mestre [9] signalent que le criquet puant est un Insecte polyphage qui vit dans les cultures et des savanes d'Afrique centrale et de l'ouest à dominance graminéenne. Il évite le sous bois forestier et préfère la végétation herbeuse. Cette observation est confirmée par nos investigations sur terrain. Mais, nous pensons qu'étant donné que la ville de Kisangani constitue un troué dans la forêt ombrophile sempervirente, *Z. variegatus* se limite seulement dans la partie savannisée de la ville et son impact sur la consommation de tout ce qui est vert n'est pas visible à ce stade. Mais cela pourrait s'aggraver dans un proche avenir avec la perte régulière de la forêt dans la région de Kisangani. Les facteurs qui expliquent la distribution de *Zonocerus variegatus* et ses parasitoïdes sont la pluviométrie et l'humidité relative.

Nos résultats viennent appuyer l'idée des deux auteurs ci-haut cités, car c'est dans le champ de culture que les spécimens de *Z. variegatus* ont été collectés et en même temps on pouvait observer *Z. variegatus* dans les végétations ouvertes (jachères à graminées, etc.). Le criquet puant étant un Insecte phytophage et qui évite l'ombrage, vit dans les champs et les jachères à Kisangani, milieux dans lesquels il trouve des conditions optimales pour son alimentation, sa reproduction et son développement [9].

Prombo [31] qui a travaillé à Mbankolo, un quartier de la ville de Yaoundé, il a obtenu 38 individus de *Z. variegatus* en moyenne dans un champ de *Manihot esculenta* à l'issue de son travail. Nos résultats de champ de manioc sont dix fois très loin élevés que ceux de Prombo car l'auteur a réalisé son travail seulement dans une heure et il a obtenu ces résultats. Par contre notre travail a été réalisé pendant six mois. *Manihot esculenta*, désignée par Mans [32] est parmi les plantes hôtes préférentiels de *Z. variegatus*, qui lui procurerait des substances (alcaloïdes de pyrrolicidine) assurant sa protection contre des potentiels agresseurs externes [33],[34].

D'après Branca [35] et Tremblay [36] les parasitoïdes jouent un rôle important, celui de la régulation des populations des Insectes ravageurs des cultures. Branca poursuit en disant qu'il est important d'installer des plantes nectarifères autour des plantations pour favoriser le développement de parasitoïdes qui, dans la nature, se nourrissent de nectar. Ces plantes nectarifères attireraient les Parasitoïdes et produiraient le nectar pour l'alimentation des parasitoïdes et par surcroît les parasitoïdes combattraient les ravageurs dans les différents champs de cultures.

A l'issue de nos collectes, nous avons collecté 20 familles de parasitoïdes au tour de six champs de culture ; et le nombre de parasitoïdes a diminué progressivement au cours de notre étude. C'est au mois de février et mars, qu'il y a eu plus de

parasitoïdes respectivement 175 et 108 spécimens; les résultats les plus bas ont été observés au mois de juin avec 24 spécimens. Ce moindre résultat serait attribué à la présence de pluie qui ne permet pas la collecte des données à l'aide de filet fauchoir. Les familles les plus observées sont : *Scelionidae* avec 23,64%, puis *Bethylidae* avec (20,08% et *Platygastridae* avec 16,70%.

Altieri et Nicholls [37] signalent que des parasitoïdes associés et influence de divers facteurs biotiques et abiotiques qu'en agriculture les monocultures sont plus sensibles à l'attaque des ravageurs. Ce qui est pour le cas de nos résultats. En effet, plus de ravageurs ont été collectés dans les monocultures, que dans les cultures mixtes. Les habitats diversifiés offrent plusieurs ressources importantes pour les prédateurs et parasitoïdes, comme le nectar et le pollen, qui sont moins disponibles dans une monoculture [38]. Des populations de prédateurs peuvent donc s'y maintenir et mieux contrôler les ravageurs présents dans la culture. Nous signalons que la fluctuation de l'abondance des parasitoïdes à certaines périodes de collecte de nos données serait probablement dû au type d'habitats qu'offre l'environnement et aux intempéries surtout la pluie, l'humidité et à l'absence de nourriture.

Silvie et al.[39] signalent que parmi les Insectes ravageurs du cotonnier, *Syllepte derogata* est l'espèce qui présente le nombre de parasitoïdes le plus important au Tchad, à l'issu de leur travail ils ont obtenu les familles de *Ceraphronidae*, *Elasmidae*, *Eulophidae*, *Eurytomidae* et *Perilampidae*.

Un recensement général des parasitoïdes de cette espèce fait état d'une soixantaine d'espèces en Afrique, et d'une quarantaine en Asie.

Etant donné que les champs de *manihot esculenta* étaient nombreux au cours de notre travail, il y a eu une grande abondance de parasitoïdes au tour de cette culture, soit 208 spécimens. Le champ de *Solanum melongena* a présenté également une forte abondance en parasitoïde, 106 spécimens. Notre étude nous a permis de connaître la période d'agressivité, l'abondance de *Zonocerus variegatus* et leur mode d'action sur les plantes cultivées à Kisangani ainsi que celle des familles de parasitoïdes qui interviendraient éventuellement dans la lutte contre ce ravageur.

Après avoir comparé les peuplements de parasitoïdes de ces six micro-habitats par les indices de diversité nous constatons que le champ de maïs est le plus diversifié en parasitoïdes ($H' = 3,464$), par contre le champ d'aubergine est le moins diversifié ($H' = 0,861$). L'indice de Simpson calculé donne les valeurs qui varient entre 0,891 et 0,726 dans les micro-habitats. L'indice d'Equitabilité pour ces différents micros-habitats tend vers 1. Cela signifie que les individus sont presque répartis de la même manière dans les micros-habitats sauf autour de champ d'aubergine où $E = 0,249$, ce qui signifie que la totalité des effectifs correspond à une seule famille qui est *Scelionidae*

Parmi les criquets ravageurs de culture les plus redoutables des régions tropicales, c'est l'espèce *Z. variegatus* qui a attiré plus notre attention et qui fait l'objet de cette étude, dans la région de Kisangani. Cette espèce est la plus observée que d'autres. Elle est plus abondante dans le champ de cultures et d'autres habitats tels que (les jachères, graminées, etc.). La lutte efficace contre ces acridiens que nous proposons est la lutte biologique c'est-à-dire l'utilisation des certaines familles d'insecte parasitoïdes spécifiques à ces ravageurs. Cette étude pionnière du parasitisme de *Z. variegatus* à Kisangani, nous permet de signaler dans un premier temps qu'il existe au moins 20 familles de parasitoïdes collectées, qui peuvent entrer dans la lutte contre le criquet puant (*Z. variegatus*) ravageur de culture. Les familles de parasitoïdes les plus observées sont celles de *Scelionidae* avec 23,64%, *Bethylidae* avec 20,08%. Par ailleurs ces parasitoïdes semblent être présent dans presque tous les habitats que nous avons prospectés tout au long de nos investigations sur terrain. Ce qui est tout à fait normal car outre la recherche de l'hôte pour la reproduction, les parasitoïdes vivent dans la nature où ils consomment le nectar et le suc de plantes comme aliment.

5 CONCLUSION

Au terme cette étude, 1371 spécimens de *Z. variegatus* ont été collectés et 533 spécimens de parasitoïdes Hyménoptères à Kisangani. Les parasitoïdes capturés appartiennent à 20 familles. Les 533 spécimens de parasitoïdes ont été collectés au même moment aux alentours des champs de cultures vivrières dans lesquels *Z. variegatus* a été prélevé. Ce qui conduirait à dire que ce sont probablement les parasitoïdes pouvant être utilisés dans la lutte contre ces acridiens qui détruisent les cultures dans la région de Kisangani.

Zonocerus variegatus est abondant à certaines périodes de l'année (mars et avril) dans les champs et la végétation ouverte. Cette présence est influencée selon nos observations sur terrain par les facteurs abiotiques (température, humidité, précipitations) et biotiques (plantes hôtes). Malgré une importante diminution de la densité des parasitoïdes à la fin de la collecte, la population des parasitoïdes a demeuré stable au cours de nos collectes. La particularité des parasitoïdes de la

famille *Scelionidae*, *Bethylidae* et *Platygastridae* mérite d'en faire l'objet d'une attention vue leur abondance dans les micro-habitats plus que toutes les autres familles.

Les spécimens des criquets puants de différents stades de développement post embryonnaire ont été collectés dans six champs de cultures vivrières : *Zea mays*, *Manihot esculenta*, *Phaseolus vulgaris*, *Solanum melongena*, *Glycine max*. Ce sont les stades larvaires qui sont les plus agressives que le stade adulte.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent au projet VLR pour son soutien financier permettant la récolte de données du présent travail. Merci au département d'Ecologie et de Gestion des Ressources Animales (EGRA) pour avoir mis à notre disposition un espace approprié pour l'analyse des données de ce travail.

REFERENCES

- [1] M. Deschamps. Observations relatives au criquet migrateur africain et à quelques autres espèces d'Acridien du Nord Cameroun. *L'agronomie tropicale* 8, 1953.
- [2] P. Eggleton et K. Gaston. « parasitoid » species and assemblages : convenient definitions or mis leading compromise, *Oikos*, 1990.
- [3] G. Boivin . La recherche sur les entomophages : état de situation. *Annales de la société Entomologique de France (N.S)* 35 (suppl.), 1999.
- [4] J.P. Nenon et G. Boivin. The eggs of parasitoids. XXth International Congress of Entomology. Florence, Italie. 1996.
- [5] R.F. Chapman., et al.,. Bionomics of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus*) in West and Central Africa. - *Annual Review of Entomology*, 1986.
- [6] R. De Gregorio. Etude, au Togo, de la bio-écologie du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* (Orthoptères). I. Cycle évolutif à Lomé (Région maritime).- *Revue des Sciences médicales et biologiques du Togo*, 1981.
- [7] R. De Gregorio. Etude, au Togo, de la bio-écologie du Criquet puant : *Zonocerus variegatus* [Orth.]. II. Cycle évolutif à Atigba (Région des plateaux).- *Bulletin de la Société entomologique de Montpellier, France*, 1982.
- [8] R. De Gregorio. *Zonocerus variegatus* (Orthoptera, Pyrgomorphidae) : caractéristiques morphologiques et biométriques des larves des populations des saisons sèche et humide.- *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle, Toulouse, France*, 1987a.
- [9] J. Chiffaud et J. Mestre. Le *Criquet puant*, *Zonocerus variegatus* (Linné, 1758). Essai de synthèse bibliographique.- Ministère de la Coopération, Paris & Cirad/Gerdat/Prifas, 1990.
- [10] S. Kekeunou, S. Weise, et J. Messi. Abundance of *Zonocerus variegatus* (L.) (Orthoptera: Pyrgomorphidae) in the natural herbaceous fallow and planted forest: effect of *Chromolaena odorata* (Asteraceae). – *Journal of Entomology*, 2007a.
- [11] S. Kekeunou. Activité déprédatrice et reproduction de *Zonocerus variagatus* dans les végétations herbeuses de la réserve forestière de Mbalmayo.- *Cameroon Journal of Biological and Biochemistry Sciences*, 2007.
- [12] R. De Gregorio. Liste commentée des travaux consacrés à la morphologie, la biologie, l'éthologie, l'alimentation et le polymorphisme saisonnier du Criquet puant, *Zonocerus variegatus*. I. Morphologie, biologie et éthologie.- *Bulletin de la Société entomologique de France*, 1989.
- [13] R. Chapman et W.W. Page. Factors affecting the mortality of the grasshopper, *Zonocerus variegatus*, in Southern Nigeria, *Journal of Animal Ecology*, 1979.
- [14] S. Kekeunou, J.D. Omgba, A.R. Fiemapong Nzoko et A. Nyemb. Parasitisme de *Zonocerus variegatus* par *Blaesoxipha bakweria* dans les agro-systèmes de Mbankomo et de Zamakoé (Cameroun).- *Faunistic Entomology*, 2015.
- [15] G. Bani. Problèmes inhérents à la lutte contre le criquet puant, *Zonocerus variegatus* (L.), en Afrique. émoires de la Société entomologique de Belgique, 1992.
- [16] G. Bani, et C. Rouland. Activités oxydasiques du tube digestif du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* L. *Insect Science and its Application*, 1997.
- [17] M. Boppré et O.W.F. Fischer. *Zonocerus* et *Chromolaena* en Afrique de l'Ouest : une approche chimio-écologique de lutte biologique.- *Sahel PV Info*, 1993.
- [18] H.J. Bredo. Contribution à l'étude de *Zonocerus variegatus* L.- *Revue de Zoologie africaine*, 3 (3) 1929.
- [19] J.F. Brunel, et R. DE Gregorio. Détermination, à partir de l'étude du contenu du jabot, du régime alimentaire du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* (L.), Orthoptera, Pyrgomorphidae. I. Technique et critères de reconnaissance.- *Annales de l'Université du Bénin, Togo*, 1978a.
- [20] P. Le Gall, G. Bani, et E. Mingouolo. Comportement nutritionnel de *Zonocerus variegatus* (L) vis-à-vis de trois plantes alimentaires. *Insect Science and its application*, 18 (3), 1998.

- [21] P. Le Gall, et Y.R. Souza. Effets sur le manioc de la défoliation artificielle et naturelle par le criquet puant, *Zonocerus variegatus* L.- in Calatayud P.-A. & Vercambre B. (Ed.), Interaction insectes-plantes, Actes des 5èmes journées du groupe de travail relations insectes- plantes, 23- 27 octobre 1995, Montpellier, France. CIRAD-CA, Montpellier, 1996.
- [22] M. Nyakabwa. Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de Doct. Uniskis, Fac. Sc. Vol. 1, 2 & 3, 1982.
- [23] B. Lomba. Contribution à l'étude de la phytodiversité de la Réserve Forestière de Yoko (Ubundu, R.D.Congo). Mémoire de D.E.S. Inédit, UNIKIS, 2007.
- [24] M. Juakaly. Résilience et écologie des Araignées du sol d'une forêt équatoriale de basse altitude (Réserve Forestière de Masako, Kisangani, R.D.Congo). Thèse inédite, FS, Unikis, 2007.
- [25] A.B. Kankonda . Contribution à l'établissement d'une carte de pollution des eaux des ruisseaux de Kisangani par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs, D.E.S. inédite, Fac. SC. /Unikis, 2001.
- [26] S. Nshimba. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R.D.Congo. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, labo. Bot. Syst., 2005.
- [27] H. Goulet, et J.T. Huber. Hymenoptera of the world: An identification guide to families, center for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Ontario, 1993.
- [28] G. Broad. Identification key to subfamilies of Ichneumonidae (Hymenoptera), Department of Entomology, Natural History Museum, Cromwell Road, London, UK, 2011.
- [29] A. Goumovsky. Plashes of parasitica families and superfamilies. MRAC, Tervuren, Belgium, 2013.
- [30] M. Juakaly Macrofaune et méso faune du sol dans un système de culture sur brûlis en zone équatoriale (Masako, Kisangani, RDC). Distribution spatiale et temporelle. D .E.S. inédit. Fac.Sc/ UNIKIS, 2002.
- [31] C. Proombo. *Zonocerus variegatus* (Orthoptera: Pyrgomorphidae): abondance, cycle biologique et relation avec *Charletonia* sp. (Acari : Erytraeidae) dans les agro-systèmes de Yaoundé. 2012.
- [32] A.A. Mans. Cassava genotype evaluation for grasshopper *Z. variegates* (L.) Susceptibility in southern Sierra Leone. *International Journal of Agriculture and Forest*, 2012.
- [33] M. Boppré and O. W. Fischer. *Zonocerus* and *Chromolaena* in West Africa A chemoecological approach towards pest management, 1994.
- [34] D. Mariau. Les ravageurs du palmier à huile et leurs ennemis en Asie du Sud-Est. *Oléagineux* 46(11), 1997.
- [35] A. Branca . Diversification écologique du parasitoïde africain *Cotesia sesamiae* : rôle des partenaires symbiotiques. Thèse de doc. Paris, 2009.
- [36] Tremblay. Abondance de populations, parasitoïdes associées et influence de divers facteurs biotiques et abiotiques. Mémoire de la maîtrise en biologie, Université du Québec, 2008.
- [37] M.A. Altieri et C.L. Nicholls. Biodiversity and pest management in agro ecosystems, 2nd edition, Food Products Press, New York, 2004.
- [38] P. Silvie, G. Delvare, et J. M Maldés. Arthropodes associés à la culture cotonnière au Tchad: ravageurs, prédateurs et parasites. *Cot. Fib. trop.* 44, 1989.
- [39] P. Silvie. *Syllepte derogata* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera, Pyraloidea, Crambidae, Spilomelinae). *Cot. Fib.trop.* 45, 1990.