

Parasitisme de *Zonocerus variegatus* (Linné 1758) (Orthoptera: Pyrgomorphidae) par *Blaesoxipha bakweria* Lehrer et Omgba 2013 (Diptera: Sarcophagidae) dans les agro-systèmes de Mbankomo et de Zamakoé (Cameroun).

Sévilor Kekeunou*, Jean désiré Omgba, Armand Richard Fiemapong-Nzoko & Aurélie Nyemb

Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, BP: 237 Yaoundé, Cameroun.

*E-mail: skekeunou@gmail.com; skekeunou@uy1.uninet.cm; skekeunou@yahoo.fr

Reçu le 25 avril 2014 et accepté le 3 mars 2015.

La recherche d'une stratégie de protection des cultures vivrières contre le criquet ravageur *Zonocerus variegatus* (Linné 1758) (Orthoptera: Pyrgomorphidae) a consisté à étudier le parasitisme par *Blaesoxipha bakweria* Lehrer & Omgba 2013 (Diptera: Sarcophagidae). Deux lots de *Z. variegatus* ont été capturés une fois par mois à Mbankomo et à Zamakoé, de septembre 2012 à août 2013. Les criquets du lot 1 ont été disséqués et ceux du lot 2 élevés au laboratoire. *B. bakweria* est un endoparasite qui vit dans la cavité générale de *Z. variegatus*. Il émerge de l'hôte par les membranes collaires, péri-anales et inter-segmentaires. *B. bakweria* parasite les stades larvaires 3, 5, 6, et les adultes de *Z. variegatus*. La prévalence a été faible mais, environ deux fois plus élevée en élevage ($1,84\% \pm 0,01$) que lors des dissections ($0,77\% \pm 0,01$). L'abondance parasitaire a varié de 0 à 11 parasites par individu de *Z. variegatus* ($0,027 \pm 0,001$ en moyenne). La sortie du parasite a toujours entraîné la mort de l'hôte. Ces résultats constituent une première contribution à la connaissance de la biologie et l'écologie de *B. bakweria*, espèce potentiellement utile dans la lutte biologique contre *Z. variegatus*.

Mots-clés: *Zonocerus variegatus*, *Blaesoxipha bakweria*, endoparasite, prévalence, abondance.

The search of strategy for protecting food crops against the grasshopper *Zonocerus variegatus* (Linnaeus 1758) (Orthoptera: Pyrgomorphidae) pest has led us to investigate its parasitism by *Blaesoxipha bakweria* Lehrer & Omgba 2013 (Diptera: Sarcophagidae). Monthly capture at Mbankomo and Zamakoé (Cameroon) were performed from September 2012 to August 2013. Captured grasshoppers were dissected and reared in the laboratory of Zoology (University of Yaoundé I). *B. bakweria* is an endoparasitic that lives in the inner cavity of *Z. variegatus*. The flesh fly larvae egressed through neck, perianal and inter-segmental membrane of the host. *B. bakweria* parasitized larval stages 3, 5, 6, and adults of *Z. variegatus*. The parasitism rate was low in the two sites but greater in rearing ($1.84\% \pm 0.01$) than dissection ($0.77\% \pm 0.01$). The parasite abundance varied from 0 to 11 parasites per individual of *Z. variegatus* (an average of 0.027 ± 0.001). The egressing of parasite has always resulted in the death of the host. These results constitute a first contribution to the knowledge of the biology and ecology of *B. bakweria*, species potentially useful in biological control against *Z. variegatus*.

Keywords: *Zonocerus variegatus*, *Blaesoxipha bakweria*, endoparasitism, prevalence, abundance.

1 INTRODUCTION

Le Criquet puant *Zonocerus variegatus* (Linné 1758) (Orthoptera: Pyrgomorphidae) est un ravageur d'importance variable des régions tropicales humides d'Afrique de l'Ouest et du Centre (Chiffaud & Mestre, 1990). C'est une espèce redoutable, non seulement par son statut polyphage, mais aussi à cause de l'importance des dégâts qu'il cause sur un grand nombre de cultures (De Grégorio, 1989a). Au Nigeria, près de 50% de perte de rendement sur le manioc sont liées à *Z. variegatus* (Modder, 1994) et l'acridien est impliqué dans la transmission du virus des mosaïques du Gombo et du Niébé (De Grégorio, 1989 a et b). *Z. variegatus* est également impliqué dans la transmission des bactérioses du manioc et du gombo au Nigéria (Chiffaud & Mestre, 1990 ; Modder, 1994). Au Cameroun, *Z. variegatus* est le troisième insecte ravageur d'intérêt économique après les cochenilles et les foreurs de tiges (Kekeunou *et al.*, 2006ab). *Z. variegatus* se développe dans la végétation naturelle en 7 stades post-embryonnaires, dont six larvaires. Le développement embryonnaire de *Z. variegatus* inclut une diapause (Chapman *et al.*, 1986) et l'incubation des œufs est longue, de 4 à 7 mois (Chiffaud & Mestre, 1990). La période de reproduction se caractérise par un rassemblement d'imagos des deux sexes sur des sites bien précis (Chiffaud & Mestre, 1990). Dans le Nord du Cameroun, dans les vallées du Logone et du Mayo-Kebi (zone soudanienne et sahélienne), *Z. variegatus* présente une population univoltine observée entre juin et septembre (Deschamps, 1953). Dans le sud-Cameroun (zone forestière), l'acridien est présent durant toute l'année, avec deux populations de durées et d'abondances inégales (Messi *et al.*, 2006; Kekeunou *et al.*, 2014). Dans la réserve forestière de Mbalmayo, la première population annuelle apparaît en mi-mars et disparaît entre octobre-novembre. La population annuelle plus abondante apparaît en juillet-août et disparaît mi-mai (Messi *et al.*, 2006). Dans les zones dégradées, la population abondante est la première, elle est présente de mi-décembre à mi-novembre à Mbalmayo et de janvier à novembre-décembre à Yaoundé. La seconde population annuelle moins abondante s'étend de mi-août à mi-avril à Mbalmayo et de mi-octobre à mi-mars à Yaoundé. Les adultes des deux populations annuelles ne se chevauchent pas, mais les adultes de

chaque population coexistent avec les jeunes larves (stades 1-3) de la population d'adultes suivante (Messi *et al.*, 2006).

Dans le milieu naturel, les populations de *Z. variegatus* sont sous la régulation de plusieurs ennemis : Acariens (*Charletona justinae* Haitlinger 1987 et *C. cameroonensis*, Haitlinger & Kekeunou 2014) (Haitlinger *et al.*, 2014), Nématodes Mermitidae (*Mermis* sp.) (Babadjide, 1979), Diptères Calliphoridae Sarcophagidae (respectivement *Megasalia scalaris* Loew 1866 et *Blaesoxipha filipjevi* Rohdendorf 1928) (Chiffaud & Mestre, 1990).

Des études menées au Nigéria par Chapman & Page (1979) ont montré que *B. filipjevi* est le parasitoïde le plus répandu de *Z. variegatus*: il attaque jusqu'à 60% des adultes. Au Bénin, des taux de 50% et 60% ont respectivement été obtenus dans les provinces de l'Ouémé et de l'Atlantique (Lomer & Prior, 1991). D'après Greathead (*In*: Chiffaud & Mestre, 1990), les larves des espèces du genre *Blaesoxipha* pondues sur le corps pénètrent dans l'hôte par la membrane inter-segmentaire ou par l'anus. La larve migre dans la cavité générale où elle vit sans se fixer, se nourrissant d'hémolymphe ou de graisse ; les adultes sont nectarivores. Les larves de 3^{ème} stade entre en diapause dans le sol. Dans la faune des Sarcophagidae du Cameroun, quatre espèces sont connues dans le genre *Blaesoxipha* Loew 1861 (Lehrer & Omgba, 2013): *Blaesoxipha rufipes* (Macquart 1839), *B. filipjevi*, *B. camerunensis* (Enderlein 1928) et *B. bakweria* Lehrer & Omgba 2013. La présence de *B. camerunensis* dans la faune du Cameroun a été confirmée par Zumpt (1972). Pape (1996) a établi une synonymie entre *B. rufipes* et *B. filipjevi* (Lehrer & Omgba, 2013) tandis que *B. bakweria* a été nouvellement décrite (Lehrer & Omgba, 2013). *B. bakweria* est l'espèce connue actuellement comme parasite de *Z. variegatus* dans la faune du Cameroun. Aucune donnée n'existe dans la littérature sur la biologie et l'écologie de *B. bakweria*. Ainsi, l'objectif de ce travail est d'étudier le parasitisme de *Z. variegatus* par *B. bakweria* dans les agro-systèmes de Mbankomo et de Zamakoé (Cameroun). Nous avons dans cette optique : (1) identifié les stades post-embryonnaires de *Z. variegatus* parasités par *B. bakweria*; (2) déterminé les organes parasités et les voies de sortie de *B. bakweria* chez *Z. variegatus*; (3) estimé la durée du développement nymphal des adultes de *B. bakweria* après la vie parasitaire et (4) estimé la prévalence et l'abondance de *B. bakweria* dans les populations de *Z. variegatus*. Ce travail est mené

dans la perspective de rechercher les possibilités d'utilisation de *B. bakweria* dans la lutte contre *Z. variegatus* dans les agroécosystèmes.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Site d'étude

L'étude a été menée de septembre 2012 à août 2013, dans les zones de forêts humides du sud-Cameroun. Les échantillonnages des différents stades post-embryonnaires de *Zonocerus variegatus* ont été effectués à Zamakoé (3° 34' 43,6''N et 11° 30' 32,9''E), localité située à environ 7 km de Mbalmayo (3° 27' - 4° 10'N et 11° 32' - 11° 49'E), et à Mbankomo (03° 52' -13N et 011° 29' -42E), situé à 22 km, de la sortie Sud-Ouest de Yaoundé. La végétation de ces sites est très dégradée et appartient au domaine forestier semi-caducifolié, sous l'influence d'un climat équatorial de type guinéen à quatre saisons (Suchel, 1987) : une grande saison sèche (mi-novembre à mi-mars) ; une petite saison des pluies (mi-mars à juin) ; une petite saison sèche (juillet à août) et une grande saison des pluies (septembre à mi-novembre). La température varie entre 22 et 29 °C (Santoir & Bopda, 1995). Nos captures ont été menées dans les champs de cultures vivrières de *Zea mays* (Band), *Manihot esculenta* (Crantz 1766), entourés de *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Robinson 1975.

2.2 Echantillonnage de *Zonocerus variegatus*

Les spécimens de différents stades de développement post-embryonnaire de *Zonocerus variegatus* étudiés au laboratoire de Zoologie (Université de Yaoundé 1) ont été prélevés mensuellement, dans les champs de cultures vivrières à Mbankomo et à Zamakoé. Dans chaque site, les captures ont été menées dans deux points distants d'environ 2 km. Le travail a consisté à prélever au filet fauchoir et à la main, pendant 15 minutes, tous les stades de développement de *Z. variegatus* présents dans le milieu. Les échantillons prélevés ont été conservés dans des cages aérées et acheminés séparément au laboratoire de Zoologie de la faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I. Les spécimens du premier point de capture ont été systématiquement disséqués pendant que ceux du second point ont été mis en élevage.

2.3 Elevage des différents stades de développement post-embryonnaires de *Zonocerus variegatus* au laboratoire

Le dispositif d'élevage était constitué d'une étagère comportant 14 paliers étiquetés. Les élevages ont été effectués dans des boîtes en polypropylène cylindriques de 13 cm de diamètre et de 9 cm de haut, munies chacune d'une ouverture fermable par un couvercle grillagé de maille 1 mm². Chaque boîte étiquetée par site et par date de capture contenait 4 Acridiens de stade et de sexe identiques. Au total, 244 boîtes ont été utilisées durant toute l'expérience. Les individus ont été nourris aux feuilles de *Manihot esculenta*. Les observations ont commencé dès l'introduction des larves et adultes dans les cages et ont été menées une fois tous les deux jours. Chaque observation a consisté à : (1) noter le nombre de larves de *B. bakweria* ayant émergés; (2) localiser les voies d'émergence de *B. bakweria*; (3) identifier le stade de développement associé à cette émergence et (4) renouveler les aliments (une feuille fraîche de *M. esculenta* par cage).

2.4 Dissection des différents stades de développement de *Zonocerus variegatus*

1295 individus de différents stades de développement post-embryonnaires de *Zonocerus variegatus* ont été disséqués selon la technique décrite par Youdeowei (1975). Au cours de chaque dissection, une recherche systématique des larves de *B. bakweria* s'est faite dans tous les organes internes de *Z. variegatus*. Les larves de *B. bakweria* trouvées ont été comptées et soumises aux observations sous une loupe binoculaire.

2.5 Elevage de *Blaesoxipha bakweria*

Les larves de *B. bakweria* ayant émergé au cours de l'élevage des criquets ont été introduites dans des cages dont le tiers a été occupé par du sable stérilisé, milieu favorable pour l'entrée en pupes. Ces cages ont été observées et arrosées quotidiennement jusqu'à l'émergence des mouches adultes. Les mouches ayant émergé ont été conservées dans de l'alcool à 70° pour les identifications.

2.6 Identifications du matériel biologique

Identification de *Zonocerus variegatus*

Les différents stades de développement de *Zonocerus variegatus* ont été identifiés à l'aide des clés de De Grégorio (*In*: Chiffaud & Mestre, 1990). Des loupes à main et binoculaire ont été utilisées lors de l'identification des jeunes larves.

Identification de *Blaesoxipha bakweria*

La clé de Delvare & Arbelenc (1989) nous a permis de classer les spécimens de mouches dans la famille des Sarcophagidae tandis que la clé spécialisée de Lehrer (2003) nous a permis d'atteindre le Genre. Le nom exact de l'espèce a été établi par le Professeur Andy. Z. Lehrer de l'Université de Tel Aviv et M. Omgba Jean Désiré de l'Université de Yaounde I.

2.7 Traitement des données

Le logiciel SAS 9.1 nous a permis de : (1) calculer la prévalence de *B. bakweria* dans les populations de *Z. variegatus* étudiées ; (2) calculer l'abondance moyenne de *B. bakweria* par criquet ; (3) de générer les intervalles de confiance associés aux moyennes et aux prévalences.

Ce logiciel nous a également permis (1) d'utiliser le test de chi-carré pour comparer les prévalences de *B. bakweria* dans les populations de *Z. variegatus* entre les sites, les sexes et les saisons; (2) d'utiliser les tests de Kruskal-Wallis et de Wilcoxon (pour deux échantillons indépendants) pour comparer les charges parasitaires de *B. bakweria* entre les différents stades de *Z. variegatus*, les sites, les sexes et les saisons.

3 RESULTATS

3.1 Comportement de *Blaesoxipha bakweria* chez *Zonocerus variegatus*

Blaesoxipha bakweria est un endoparasite qui vit dans la cavité générale de *Z. variegatus* et se déplacent dans l'hémolymphe (**Figure 1**). Les jeunes stades parasitaires de *B. bakweria* sont grégaires et se déplacent faiblement ; leur concentration maximale a été notée autour des gonades de l'hôte. Les larves âgées de *B. bakweria* (stade 3) se déplacent solitairement.

Chez les larves et adultes de *Z. variegatus* élevés au laboratoire, *B. bakweria* a émergé par les membranes collaires, péri-anales et inter-segmentaires. Au moment de l'émergence, les larves libérées ont été extrêmement mobiles. Au contact de la terre, elles se sont enfoncées dans le sol. *B. bakweria* n'a parasité que les stades larvaires 3, 5, 6 et les adultes de *Z. variegatus* ; aucune larve de stades 1, 2 et 4 n'a été parasitée.

Les individus de *Z. variegatus* parasités s'alimentent peu et se déplacent faiblement. La sortie des asticots a toujours entraîné la mort de l'hôte.

3.2 Durée du développement nymphal chez *Blaesoxipha bakweria*

La durée du développement nymphal chez *B. bakweria* après la vie parasitaire a varié de 12 à 16 jours (en moyenne $13,31 \pm 0,38$). En effet, sur 13 larves de *B. bakweria* qui sont entrées en pupes, six adultes ont émergé après 12 jours et cinq après 14 jours. Les 2 autres ont connu l'émergence après 15 et 16 jours respectivement.

3.3 Prévalences de *Blaesoxipha bakweria* dans les populations de *Zonocerus variegatus*

Prévalence de *Blaesoxipha bakweria* en fonction des sites

La prévalence de *B. bakweria* a été faible en dissection ($0,77 \pm 0,001\%$ soit 10 individus de *Z. variegatus* parasités sur 1295) et en élevage ($1,84 \pm 0,01\%$ soit 18 individus de *Z. variegatus* parasités sur 978). Cette prévalence a été environ deux fois plus forte chez les individus de *Z. variegatus* élevés au laboratoire que chez ceux qui ont été disséqués.

En dissection, les adultes de Zamakoé ont été les seuls stades parasités et leur prévalence a été de $0,72 \pm 0,01\%$. A Mbankomo, les larves de stade 1 à 4 n'ont pas été parasitées, seules celles de stade 5, 6 et les adultes l'ont été (**Tableau 1**).

En élevage, à Zamakoé, le stade adulte reste comme en dissection, le seul qui a été vulnérable. A Mbankomo, en plus du stade 3, tous les stades parasités en dissection l'ont également été en élevage (**Tableau 1**).

Tableau 1: Prévalences (%) et abondance de *Blaesoxipha bakweria* chez les larves et adultes de *Zonocerus variegatus* disséqués et élevés au laboratoire en fonction des sites.

	Source	Sites	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Adulte
Prévalence	Dissection	Mbankomo	0	0	0	0	5,88 ± 0,01 (2)	17,24 ± 0,03 (5)	4,65 ± 0,01 (2)
		Zamakoé	0	0	0	0	0	0	0,72 ± 0,007 (1)
	Elevage	Mbankomo	0	0	0,38 ± 0,01 (1)	0	2,79 ± 0,02 (10)	0,55 ± 0,01 (2)	0,27 ± 0,01 (1)
		Zamakoé	0	0	0	0	0	0	0,66±0,01 (4)
Abondance	Dissection	Mbankomo	0	0	0	0	0,06 ± 0,00 (0-1)	0,82 ± 0,01 (0- 11)	0,19 ± 0,00 (0-7)
		Zamakoé	0	0	0	0	0	0	0,01 ± 0,00 (0-1)
	Elevage	Mbankomo	0	0	0,00 ± 0,00 (0-1)	0	0,04 ± 0,00 (0-3)	0,01 ± 0,00 (0-2)	0,02 ± 0,00 (0-6)
		Zamakoé	0	0	0	0	0	0	0,01 ± 0,00 (0-2)

NB: Les valeurs du tableau représentent les prévalences ou l'abondance et leur intervalle de confiance. Entre parenthèse, le nombre d'individus parasités (prévalence) et le nombre de parasite (abondance). L=larve ; 1-6=stades larvaires.



Figure 1: localisation des larves de *Blaesoxipha bakweria* dans la cavité générale de *Zonocerus variegatus*.

Prévalence de *Blaesoxipha bakweria* en fonction des sexes

La prévalence de *Blaesoxipha bakweria* a été faible chez les mâles et les femelles de *Z. variegatus* en élevage et en dissection. Cette prévalence a en général varié avec des différences non significatives entre les mâles et les femelles ($X^2=1,856$, $P=0,23$). Elle a été environ 6 fois moins élevée chez les femelles disséquées ($0,31 \pm 0,01\%$) que chez celles élevées ($1,99 \pm 0,01\%$) ($X^2=5,23$, $P=0,02$). S'agissant des mâles, le taux d'attaque a été presque constant en élevage ($1,68 \pm 0,01\%$) et en dissections ($1,25 \pm 0,01\%$) (**Figure 2**).

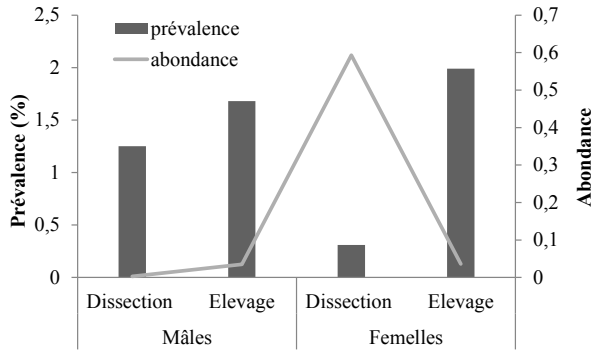


Figure 2: prévalence et abondance de *Blaesoxipha bakweria* chez les mâles et les femelles de *Zonocerus variegatus* disséqués et élevés au laboratoire.

Prévalence de *Blaesoxipha bakweria* en fonction des saisons

En général, une influence de la saisonnalité a été observée sur la prévalence : elle a été plus élevée pendant la grande saison sèche ($1,57 \pm 0,01\%$) ; trois à quatre fois moins élevée pendant la petite et la grande saison des pluies ($0,50 \pm 0,01\%$ et $0,37 \pm 0,01\%$ respectivement) et nulle pendant la petite saison sèche (**Figure 3**). En considérant individuellement les différents stades de développement post-embryonnaires, nous avons noté que les larves de stade 1 à 4 n'ont pas été parasitées par *B. bakweria* durant toutes les saisons ; les larves de stade 5 n'ont été parasitées que pendant la grande saison sèche ; celles de stade 6 ont été parasitées pendant la grande saison sèche et la petite saison pluvieuse. Les adultes ont été parasités pendant les grandes saisons pluvieuses et sèches avec une prévalence environ 5 fois plus forte en saison pluvieuse ($6,67 \pm 0,02\%$) qu'en saison sèche ($1,35 \pm 0,01\%$).

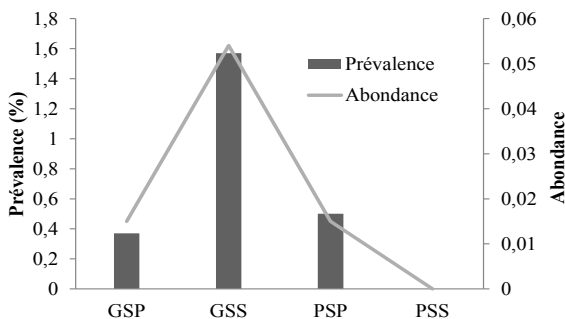


Figure 3: prévalence et abondance de *Blaesoxipha bakweria* durant les quatre saisons annuelles. GSP=Grande saison des pluies ; GSS=Grande

saison sèche ; PSP=Petite saison des pluies ; PSS=Petite saison sèche.

3.4 Abondance de *Blaesoxipha bakweria* dans les populations de *Zonocerus variegatus*

Abondance de *Blaesoxipha bakweria* en fonction des sites

L'abondance obtenue au cours des dissections a varié de 0 à 11 parasites par individu de *Z. variegatus*, soit une moyenne de $0,027 \pm 0,001$. Cette abondance a varié avec des différences significatives entre les stades de développement post-embryonnaires de *Z. variegatus* ($P < 0,001$) et a été 22 fois plus élevée à Mbankomo ($0,045 \pm 0,002$) qu'à Zamakoé ($0,002 \pm 0,000$). Elle a été nulle pour les stades larvaires 1 à 4 des deux sites, cependant il n'y a que les adultes qui ont été parasités à Zamakoé ($0,007 \pm 0,001$) alors qu'à Mbankomo, le parasitisme a concerné les larves de stade 5, 6 et les adultes avec des abondances respectives de $0,059 \pm 0,002$; $0,823 \pm 0,006$ et $0,186 \pm 0,003$ (**Tableau 1**).

Pour les cohortes de *Z. variegatus* élevées au laboratoire, nous avons noté une abondance variant de 0 à 6 larves de *B. bakweria* par individu de *Z. variegatus*, soit une moyenne de $0,036 \pm 0,001$. Cette abondance a été 5 fois plus élevée à Mbankomo ($0,075 \pm 0,003$) qu'à Zamakoé ($0,014 \pm 0,001$) et nulle pour les stades larvaires 1, 2 et 4 des deux sites (**Tableau 1**). Comme dans le cas des dissections, il n'y a que le stade adulte qui a été parasité à Zamakoé ($0,013 \pm 0,001$) alors qu'à Mbankomo, en plus des stades larvaires 5, 6 et l'adulte notés comme parasités en dissections, le stade 3 s'est ajouté en élevage avec une abondance moyenne 10 fois moins forte qu'au stade 5 ($0,042 \pm 0,002$) ; 2 fois moins forte qu'au stade 6 ($0,008 \pm 0,001$) et 4 fois moins forte qu'au stade adulte ($0,016 \pm 0,001$) (**Tableau 1**).

Abondance de *Blaesoxipha bakweria* en fonction des sexes

L'abondance est faible dans les deux sexes et varie avec des différences non significatives ($P=0,933$) (**Figure 2**). Cependant, elle est nulle chez les stades larvaires 1 à 4 des deux sexes

Abondance de *Blaesoxipha bakweria* en fonction des saisons

La charge parasitaire moyenne a été 4 fois plus forte en grande saison sèche ($0,054 \pm 0,002$) qu'en

saisons pluvieuses ($0,015 \pm 0,001$) et nulle pendant la petite saison sèche (**Figure 3**). Chez les stades larvaires 1 à 4, la charge parasitaire moyenne a été nulle durant toutes les saisons; celle du stade 5 a été de $0,080 \pm 0,003$ pendant la grande saison sèche et nulle durant les autres saisons. S'agissant du stade 6, la charge parasitaire moyenne a été 4 fois plus forte en grande saison sèche ($0,913 \pm 0,008$) qu'en petite saison de pluies ($0,231 \pm 0,007$). L'abondance parasitaire moyenne des adultes a été nulle en petites saisons sèche et pluvieuse et 19 fois plus élevée en grande saison pluvieuse ($0,267 \pm 0,004$) qu'en grande saison sèche ($0,014 \pm 0,001$).

4 DISCUSSION

Le mode de vie endoparasitaire de *Blaesoxipha bakweria* est celui de l'ensemble des espèces parasites du genre *Blaesoxipha*. La localisation du parasite dans la cavité générale de ses hôtes serait due à la disponibilité des ressources trophiques (Hostetter, 1991). En effet, l'hémolymphe est un milieu riche en substances nutritives. *B. bakweria* vit sans se fixer dans la cavité générale de *Z. variegatus* où il se nourrirait comme *B. filipjevi* d'hémolymphe, de graisses ou des muscles locomoteurs (Chiffaud & Mestre, 1990; Le Gall, 2000).

B. bakweria émerge de *Z. variegatus* par les membranes collaire, péri-anale et inter segmentaire. La sortie du parasite par la membrane collaire ou occipitale a également été signalée par Chiffaud & Mestre (1990) chez *B. filipjevi*, parasite de *Z. variegatus* au Nigéria (Taylor-Ajibola, 1964). Le choix de ces voies d'émergence par les Sarcophaginae serait dû au caractère faiblement cuticulé de ces parties corporelles (Greathead *et al.*, 1994).

La durée du développement nymphal des adultes de *B. bakweria* après la vie parasitaire varie entre 12 et 16 jours (soit une moyenne de $13,5 \pm 0,4$ jours). Miura (2003) a obtenu des résultats proches au Japon chez *B. japonensis* Hori 1954 parasite de *Parapodisma tanbaensis* Tominaga & Kano 1989 (Orthoptera : Acrididae) et de *P. subaensis* Huang 1983 (Orthoptera : Acrididae) ($12,9 \pm 2,4$ jours). Cependant, des durées plus courtes ont été notées chez *B. filipjevi* au Nigeria (9-10 jours) (Taylor-Ajibola, 1964) et au Benin (Le Gall, 2000). Cette courte durée d'émergence suggère que *B. bakweria* aurait un cycle de développement plurivoltin

comme l'avait suggéré Miura (2003) chez *B. japonensis*.

B. bakweria ne parasite que les larves de troisième, cinquième, sixième stade et les adultes de *Z. variegatus*. Ces résultats corroborent ceux de Pape (1996) et Chapman & Page (1979) au sud du Nigeria qui ont montré que seules les larves de stades âgés (4, 5, 6) et les adultes étaient vulnérables par les parasites du genre *Blaesoxipha*. Cependant, la larve de stade 3 (parasité) est une jeune larve comme celles de stades 1 et 2 (qui n'ont pas été parasitées au cours de notre étude). L'absence du parasitisme chez les très jeunes larves du criquet serait due non seulement à leur faible taille, mais aussi à la faible disponibilité d'hémolymphe dans leur cavité générale, le parasitisme étant lié à la disponibilité des ressources offertes.

Tous les individus de *Z. variegatus* parasités sont morts après la sortie de *B. bakweria*; ce comportement est celui des parasitoïdes. Ceci a également été observé par Miura (2003) au Japon chez *B. japonensis*, parasite de *P. tanbaensis* et *P. subaensis*. Cependant, au Nigéria chez *B. filipjevi* parasite de *Z. variegatus*, la sortie du parasite n'entraîne pas obligatoirement la mort de l'hôte (Taylor-Adjibola, 1964). D'après Greathead *et al.* (1994), cela dépend de la taille de l'hôte, la larve de *B. filipjevi* au troisième stade atteignant quand même 1 cm de long et 3 ou 4 mm de diamètre. Le même constat a été fait au Canada par Danyk *et al.* (2005) qui ont noté que seuls deux tiers des criquets parasités par *B. atlantis* sont morts en moins de 9 jours d'infection. Nous pensons que la mort des hôtes serait due à la perte d'hémolymphe, à la déshydratation liée aux perforations du corps et aux possibles infections microbiennes induites. Lorsque les dommages causés ne sont pas sévères, l'hôte survivrait.

Nos travaux ont montré que la prévalence de *B. bakweria* est faible à Mbankomo et à Zamakoé. Ces faibles prévalences ont également été notées par Taylor-Adjibola (1964) sur *B. filipjevi* (2,54%), parasite de *Z. variegatus* au Nigeria. Ceci montre le faible impact potentiel de *B. bakweria* sur les populations de *Z. variegatus* comme l'avait noté Chiffaud & Mestre (1990) chez *B. filipjevi* au Nigeria. La prévalence est environ deux fois plus élevée dans les cohortes de *Z. variegatus* élevées ($1,84\% \pm 0,01$) que chez celles disséquées ($0,77\% \pm 0,004$) au laboratoire. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les très jeunes larves du

Sarcophaginae, imperceptibles au cours des dissections ont eu le temps de grandir au cours des élevages.

L'étude montre que la prévalence et l'abondance ne sont pas influencées par le sexe de *Z. variegatus*. Ces résultats sont contraires à ceux de Chiffaud & Mestre (1990) et Le Gall (2000) sur *B. filipjevi* parasite de *Z. variegatus* au Bénin et au Nigeria et de Miura (2007) sur *B. japonensis* parasite de *P. tanbaensis* et *P. subastris* au Japon. En effet, au Bénin, les *Z. variegatus* mâles sont souvent plus parasités que les femelles (Le Gall, 2000). Au Japon, les larves de *B. japonensis* émergent plus des criquets de sexe femelle (5,9%) que des criquets de sexe mâle (1,4%). La forte sollicitation des mâles au Bénin, serait liée à la présence plus constante de ce sexe autour des sites de reproduction alors que les femelles n'y viennent qu'occasionnellement pour s'y accoupler et pondre (Le Gall, 2000).

Nous avons noté une influence de la saisonnalité sur la prévalence : elle a été plus élevée pendant la grande saison sèche ($1,57\% \pm 0,01$) ; trois à quatre fois moins élevée pendant la petite et la grande saison des pluies ($0,50\% \pm 0,01$ et $0,37\% \pm 0,005$ respectivement). Ces résultats sont contraires à ceux de Chiffaud & Mestre (1990) qui ont mentionné que les populations de *B. filipjevi* sont importantes en début de saison de pluies et semblent disparaître en saison sèche. Pour Chapman & Page (1979), le taux d'infestation maximum de *Z. variegatus* coïncide avec la saison sèche (60%). Nos résultats pourraient s'expliquer par le fait qu'il existe une corrélation entre le taux de parasitisme et la disponibilité des stades de développement hôtes préférentiels du parasite. En effet, les larves âgées et les adultes de *Z. variegatus* sont les stades de saison sèche alors que les très jeunes larves sont les stades de saison pluvieuse (Kekeunou *et al.*, 2006a). Au cours des dissections, la prévalence de *B. bakweria* a été 6 fois plus élevée à Mbankomo ($1,18\% \pm 0,01$) qu'à Zamakoé ($0,19\% \pm 0,00$). Des résultats similaires ont été observés en élevage ($3,73\% \pm 0,02$ à Mbankomo contre $0,66\% \pm 0,006$ à Zamakoé). La différence des taux d'infestations entre les deux sites serait due, non seulement aux différences de conditions de végétation qui y règnent, mais aussi au phénomène d'exclusion compétitive qui se dégagerait entre *B. bakweria* et *Mermis* sp. qui partagent simultanément le même hôte. En effet, à Zamakoé, la forte présence de *Mermis* sp. se traduit par la faible présence de *B. bakweria* alors qu'à Mbankomo, la forte présence de *B. bakweria* se

traduit par la faible présence de *Mermis* sp. (Kekeunou, données non publiées).

Nos résultats ont montré que la charge parasitaire de *B. bakweria* obtenue au cours des dissections a varié de 0 à 11 parasites par individu de *Z. variegatus* (en moyenne de $0,027 \pm 0,0009$). Pour les cohortes de *Z. variegatus* élevées, nous avons noté une variation de 0 à 6 larves par individu de *Z. variegatus* (soit une moyenne de $0,036 \pm 0,001$). Ces résultats corroborent ceux de Chiffaud & Mestre (1990) qui ont montré que le nombre de larves émergentes de *B. filipjevi* par individu de *Z. variegatus* variait de 0 à 6. Cependant, les valeurs de la charge parasitaire ont atteint 16 chez les mâles de *Z. variegatus* au Bénin (Le Gall, 2000) et 28 chez *Blaesoxipha ragg* Pape 1994 parasite de la cavité générale de *Sciarasaga quadrata* Rentz 1993 (Orthoptera: Tettigoniidae) en Australie (Pape, 1996). Ce résultat pourrait s'expliquer par les faibles pressions compétitives qui existent au sein des infra populations de *B. bakweria* vivant dans la cavité générale de *Z. variegatus*.

5 CONCLUSION

L'étude menée dans les agro-systèmes de Mbankomo et Zamakoé nous a permis d'obtenir des données originales sur la biologie et l'écologie de *B. bakweria*. Il s'agit d'un endoparasite prothélien qui vit dans la cavité générale de *Z. variegatus*. Ses larves parasitent les larves de troisième, cinquième, sixième stade et les adultes de *Z. variegatus*. Les parasites émergent de l'hôte par les membranes collaires, péri-anales et inter-segmentaires ; ce qui entraîne la mort systématique de ces derniers. Les post-parasites s'empupent dans le sol et les adultes émergent après 12 à 16 jours. La prévalence et l'abondance sont faibles avec des valeurs plus élevées en élevages qu'en dissections. Malgré ces faibles valeurs des caractéristiques épidémiologiques, le fait que la sortie du parasite entraîne la mort de l'hôte est un résultat encourageant pour les possibilités d'utilisation de ce dernier comme agent de lutte biologique contre *Z. variegatus*.

BIBLIOGRAPHIE

- Babadjide A.M. (1979). *Mermis* sp. [Nematoda : Mermithidae] as a parasite of *Zonocerus variegatus* (Linnaeus) [Orthoptera : Pyrgomorphidae]. *Ifè Journal of Agriculture* **1**(2), p. 150-161.

- Chapman R.F. & Page McCaffery A.R. (1986). Bionomics of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus*) in West and Central Africa. *Annual Review of Entomology* **31**, p. 479-505.
- Chapman R.F. & Page McCaffery A.R. (1979). Factors affecting the mortality of the grasshopper, *Zonocerus variegatus*, in Southern Nigeria. *Journal of animal Ecology* **48**, p. 271- 288.
- Chiffaud J. & Mestre J. (1990). Le Criquet puant, *Zonocerus variegatus* (Linné, 1758). Essai de synthèse bibliographique. Ministère de la Coopération, Paris & Cirad/Gerdat/Prifas, Montpellier, 140 p.
- Danyk T., Mackauer M., Johnson D. L. (2005). The influence of host suitability on the range of grasshopper species utilized by *Blaesoxipha atlanis* (Diptera: Sarcophagidae) in the field. *Bulletin of Entomological Research* **95**, p. 571–578.
- De Grégorio R. (1989a). 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* **94**, p. 3-14.
- De Grégorio R. (1989b). Liste commentée des travaux consacrés à la morphologie, la biologie, l'éthologie, l'alimentation et le polymorphisme saisonnier du Criquet puant, *Zonocerus variegatus*. II. Alimentation et polymorphisme saisonnier. *Bulletin de la Société entomologique de France* **94**, p. 4-14.
- Deschamps M. (1953). Observations relatives au criquet migrateur africain et à quelques autres espèces d'Acridien du Nord Cameroun. *L'agronomie tropicale* **8**, p. 567-613.
- Delvare G. & Aberlenc H.P. (1989). Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale: clés pour la reconnaissance des familles. Edition Quae, 302 p.
- Greathead D.J., Kooyman C., Launois-Luong M.H. & Popov G.B. (1994). Les ennemis naturels des criquets du Sahel collection Acridologie Opérationnelle **8**, 84 p.
- Haitlinger R., Kekeunou S., Łupicki D. (2014). *Charletonia cameroonensis* Haitlinger & Kekeunou sp. nov. and the first record of *C. justynae* Haitlinger, 1987 (Acari: Erythraeidae) from Cameroon with redescription of the species. *Zootaxa* **3760**(1), p. 039–053.
- Hostetter D.L., Breeding S.L., Broemeling D.K., Zugnoni S.L. (1991). The impact of insect parasites and predators on grasshopper population in Indalo. In: *Cooperative Grasshopper Integrated Pest Management Project. 1989 annual report. ID :U.S.Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service*, p. 223-236.
- Kekeunou S., Weise S., Messi J. & Tamo M. (2006a). Farmer's perception on the importance of variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus*) (L.) in the agricultural production systems of the humid forest zone of Southern Cameroun. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **2** (mars), www.biomedcentral.com.
- Kekeunou S., Weise S. & Messi J. (2006b). Insect pest incidence and variation due to forest landscape degradation in the humid forest zone of southern Cameroon: farmers' perception and need for adopting an integrated pest management strategy. *African Journal of Biotechnology* **5**(7), p. 555-562.
- Kekeunou S., Yetchom-Fondjo A., Yana W., Missoup A.D., Heumou C., Yengek F., Prombo C. (2014). Life cycle of *Zonocerus variegatus* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) in the areas of equatorial climate of Cameroon with uni-and bimodal distribution of rainfall. *Academic Journal of Entomology* **7**, p. 88-101.
- Le Gall P. (2000). Ecologie de *Zonocerus variegatus* (Linne 1758). Rapport Final du Programme conjoint ORSTOM / IITA, 21 p.
- Lehrer A.Z. (2003). Sarcophaginae de l'Afrique (Insecta, Diptera, Sarcophagidae). *Entomologica Bari* **37**, p. 5-528.
- Lehrer A.Z. & Omgba. J.D. (2013). Une nouvelle espèce du genre *Blaesoxipha* Loew de la faune du Cameroun (Diptera, Sarcophagidae). *Fragmenta Dipterologica* **38**, p. 1-3.
- Lomer C. & Prior. C. (1991). Lutte biologique contre les Acridiens. CABI- IITA, 400 p.
- Messi.J., Kekeunou S. & Weise S. (2006). Abundance and life cycle of *Zonocerus variegatus* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Entomological Sciences* **9**, p. 24-30.
- Miura K. (2003). Parasitism of *Parapodisma* grasshopper species by the flesh flies, *Blaesoxipha japonensis* (Hori) (Diptera: Sarcophagidae). *Applied Entomology and Zoology* **38**(4), p. 537-542.
- Miura K. (2007). Host characteristics related to host use by the flesh flies *Blaesoxipha japonensis* (Diptera: Sarcophagidae), a parasitoid of adult grasshoppers. *Applied Entomology and Zoology* **42**(4), p. 651-658.
- Modder W.W.D. (1994). Control of the variegated grasshopper *Zonocerus variegatus* (L.) on Cassava. *Africa Crop Science Journal* **2**, p. 391-406.
- Pape T. (1996). Description of female and biology of *Blaesoxipha rag* Pape (Diptera: Sarcophagidae), a

parasitoid of *Sciarasaga quadra* Rentz (Orthoptera: Tettigoniidae) in western Australia. *Australian journal of Entomology* **35**, p. 147-151.

Santoir C. & Bopda A. (1995). *Atlas régional Sud-Cameroun*. Office de la recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, 53 p.

Suchel B. (1987). *Les climats du Cameroun*. Thèse Doctorat d'Etat, Université Bordeaux III, 1186 p.

Taylor-Ajibola T. (1964). *Blaesoxipha filipjevi* Rohd. (Diptera, Sarcophagidae) parasiting *Zonocerus variegatus* (L.) (Orthoptera, Acridoidea) in Nigeria. *Bulletin of Entomological Research* **55**, p. 83-86.

Youdeowei A. (1975). The dissection of the variegated grasshopper *Zonocerus variegatus*. Oxford University press, 118 p.

Zumpt F. (1972). *Calliphoridae (Diptera, Cyclorrapha). Part IV. Sarcophaginae*. Exploration du Parc National Albert, Miss. G. F. de White, 264 p.

(29 réf.)