



Available online at <http://www.ifg-dg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(1): 106-119, February 2016

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal
of Biological and
Chemical Sciences

Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Diversité de l'entomofaune floricole de *Sesamum indicum* (L.) 1753 (Pedaliaceae) et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers à Bambui (Nord-Ouest, Cameroun)

Esther Nadine Otiobo ATIBITA^{1,2*}, Fernand-Nestor Tchuengem FOHOUE³ et
Champlain DJIETO-LORDON¹

¹Laboratoire de Zoologie, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, BP 812 Yaoundé, Cameroun.

²Laboratoire de Sciences Biologiques, Université de Bamenda,
Faculté des Sciences, BP 39 Bamili, Cameroun.

³Laboratoire de Zoologie Appliquée, Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences,
BP 454 Ngaoundéré, Cameroun.

*Auteur correspondant ; E-mail: otiobo@yahoo.fr, Tel: 00 (237) 677 491 887

RESUME

De mai à juin 2013 et 2014 respectivement, les fleurs de *Sesamum indicum* ont été observées en vue de l'étude de l'activité des insectes et de la détermination de l'impact de celle-ci sur les rendements fruitiers et grainiers de cette plante. Deux traitements ont été formés à partir du marquage de 1347 et 5480 boutons floraux pour chacune des périodes d'investigation selon la présence ou l'absence de protection de ces bouquets floraux. Le comportement de butinage des insectes, le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage de graines normales ont été évalués. Les résultats montrent que 15 espèces d'insectes ont visité les fleurs de sésame en 2013 et 2014. *Amegilla* sp. était l'espèce la plus fréquente, suivie de *Camponotus flavomarginatus* et *Apis mellifera adansonii*. En comparant les rendements des deux traitements, il est apparu que les insectes ont augmenté le taux de fructification de 27,35%, le nombre de graines par fruit de 15,99% et le pourcentage de graines normales de 12,26%. Cette étude a fourni une certaine connaissance sur la diversité des insectes floricoles du sésame, qui peut être exploitée pour améliorer la production fruitière.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Insectes floricoles, *Sesamum indicum*, fleurs, pollinisation, rendements.

Diversity of flowering insect fauna on *Sesamum indicum* (L.) 1753 (Pedaliaceae) and its impact on fruit and seed yields in Bambui (North-West, Cameroon)

ABSTRACT

From May to June 2013 and 2014 respectively, *Sesamum indicum* flowers have been observed for the study of insect activity and determination of the impact of it on pod and seed yields of this plant. 1347 and 5480 flower clusters for each studied year were labeled and divided in to two treatments, differentiated according to the presence or absence of protection against insect's activities. Insects foraging activities, the fruiting rate, the percentage of normal seeds and the mean number of seeds per pod were recorded. Results have shown that 15 species of flower-visiting insects were recorded on *S. indicum* flower within the two years.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.
DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.8>

2527- IJBSC

Amegilla sp. was the most frequent, followed by *camponotus flavomarginatus* and *Apis mellifera adansonii*. The comparison of yields of the two treatments showed that insects significantly increased the fruiting rate by 27.35%, as well as the number of seeds per pod by 15.99% and the percentage of normal seeds by 12.26%. This study provided some knowledge about the anthophilous insect's diversity of this Pedaliaceae, which can be exploited to improve fruit production.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Anthophilous insects, *Sesamum indicum*, flowers, pollination, yields.

INTRODUCTION

Les pollinisateurs fournissent un service essentiel aux écosystèmes qui aboutit à la pollinisation croisée et la reproduction sexuée de beaucoup de plantes (FAO, 2008). La valeur estimée des cultures vivrières directement consommées par les humains attribuées à la pollinisation entomophile en 2005 était de 153 milliards de dollars, soit environ 9,5% de la production mondiale de l'alimentation humaine (FAO, 2008). Au Cameroun, la recherche sur les relations plantes - insectes anthophiles connaît une évolution remarquable depuis plus de vingt-quatre ans, grâce à des travaux effectués notamment dans les régions du Centre (Tchuenguem Fohouo, 1993; Pando et al., 2011a, 2011b; Tchuenguem Fohouo et al., 2014), de l'Ouest (Dongock et al., 2004), de l'Adamoua (Tchuenguem Fohouo, 2005; Tchuenguem Fohouo et al., 2009a, 2009b; Kingha et al., 2012; Fameni et al., 2012; Adamou et Tchuenguem Fohouo, 2014) et de l'Extrême-Nord (Douka et Tchuenguem Fohouo, 2013; Dounia et Tchuenguem Fohouo, 2013). Malgré ces travaux, les informations manquent sur les relations entre plusieurs plantes poussant au Cameroun et leurs insectes floricoles. Pourtant, il est bien connu que les insectes floricoles augmentent habituellement les rendements en fruits et/ou en grains de plusieurs espèces végétales, via la pollinisation des fleurs au cours de leur activité de butinage (Klein et al., 2007).

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante cultivée dans les régions subtropicales et tropicales (Kamel et al., 2013). Les fleurs sont hermaphrodites et zygomorphes (Ashri, 2007). Chaque fleur renferme un calice à cinq fentes, un tube

corollaire formé d'une lèvre supérieure à deux lobes et d'une lèvre inférieure à trois lobes, quatre étamines, un ovaire, un style à stigmat bifide et un disque nectarifère entourant l'ovaire (Andrade et al., 2014). Les graines, petites, ovales et légèrement aplaties (Tunde-Akintunde et al., 2012) contiennent des antioxydants comme le sesamin et le sesamolin (Liang et al., 2012). Selon FAOSTAT (2012), l'huile de sésame occupe le sixième rang mondial parmi les huiles végétales et sur les 3,83 millions de tonnes de sésame produits dans le monde, l'Asie et l'Afrique ont 2,29 et 1,38 millions de tonnes respectivement. La Birmanie est le premier producteur de graines de sésame dans le monde, suivie de l'Inde, la Chine, l'Ethiopie, le Soudan, le Nigeria, l'Ouganda, la Tanzanie, le Niger et le Burkina Faso (FAOSTAT, 2012).

Au Cameroun, la quantité de *S. indicum* disponible pour les consommateurs est très faible (43 498 tonnes/an pour 30320,5 hectares) pour satisfaire la demande nationale (MINADER, 2012). Il est donc nécessaire de mener des recherches pouvant conduire à l'amélioration de la production de cette Pedaliaceae. Les informations obtenues sur l'interaction entre les fleurs de sésame et les insectes pourront permettre aux agriculteurs d'élaborer des plans de gestion qui pourront favoriser l'accroissement de la quantité et de la qualité du rendement de sésame. Dans cette optique, les investigations sur les insectes floricoles de cette plante au Cameroun peuvent livrer des données indispensables pour une meilleure compréhension des relations entre le sésame et ses insectes anthophiles. En effet, *Sesamum indicum* est l'une des nombreuses plantes pour lesquelles

les informations sur la pollinisation par les insectes au Cameroun restent inconnues.

MATERIEL ET METHODES

Site, champ expérimental et matériel biologique

Les travaux ont été réalisés de mai à juin 2013, et de mai à juin 2014 à Bambui (latitude: 3°31'35,3'' N, longitude: 11°30'0,66'' E, altitude: 1322 m), village du Département de la Mezam, Région du Nord-Ouest au Cameroun. Cette Région appartient à la zone agro-écologique dite des hauts plateaux de l'Ouest à régime pluviométrique unimodal (Abdoul Aziz et al., 2008). Le climat est du type camerounien, caractérisé par deux saisons : une saison des pluies (mi-mars à mi-novembre) et une saison sèche (mi-novembre à mi-mars); la pluviométrie annuelle varie de 2000 à 2800 mm; la température annuelle moyenne est de 20 °C tandis que l'humidité relative moyenne annuelle est supérieure à 85% (Abdoul Aziz et al., 2008).

Le champ expérimental était une parcelle de 18 m de long sur 9 m de large (162 m²). Le matériel végétal était constitué des graines de *S. indicum* achetées au marché central de Bamenda. Le matériel animal était représenté par les insectes naturellement présents dans l'environnement. La végétation proche du champ de sésame était représentée par différentes espèces spontanées et cultivées.

Semis et entretien de la culture

Le 17 mars 2013 et le 12 mars 2014, la parcelle expérimentale a été divisée en 21 sous - parcelles de 3 m de long sur 1 m de large chacune. Chaque sous - parcelle a reçu les semis sur trois lignes. Les graines ont été semées en poquets, à raison de deux graines par poquet et de cinq poquets par ligne. L'espacement était de 50 cm sur les lignes et entre les lignes. De la germination à l'ouverture de la première fleur, le sarclage a été réalisé à la houe toutes les deux semaines.

Le sarclage manuel a été régulièrement effectué du début de la floraison jusqu'à la récolte.

Détermination du système de reproduction

Le 21 mai 2013, 1347 boutons floraux de *S. indicum* ont été étiquetés sur 45 plantes (reparties sur 5 sous - parcelles, à raison de 15 plantes par sous - parcelle) et deux traitements constitués : traitement 1 : 930 boutons floraux étiquetés et laissés en libre pollinisation; traitement 2 : 417 boutons floraux étiquetés et protégés des insectes à l'aide des sachets en toile gaze. Le 10 mai 2014, 5480 boutons floraux de *S. indicum* ont été étiquetés sur 85 plantes (reparties sur 7 sous - parcelles, à raison de 15 plantes par sous - parcelle) et deux traitements constitués : traitement 3 : 3690 boutons floraux étiquetés et laissés en libre pollinisation; traitement 4 : 1790 boutons floraux étiquetés et protégés des insectes à l'aide des sachets en toile gaze (Figures 1 et 2). Cinq jours après la fin de floraison, le nombre de fruits formés dans chaque traitement a été évalué et l'indice de fructification a été calculé à l'aide de la formule ci - après (Tchuengem Fohouo et al., 2001) :

$Ifr = F2/F1$ où $F2$ est le nombre de fruits formés et $F1$ le nombre de fleurs viables initialement portées.

Pour chaque saison d'observation, la différence entre les indices de fructification des deux traitements a permis de calculer les taux d'allogamie (TC) et d'autogamie (TA) au sens large, selon les formules ci-après (Demarly, 1977) :

$$TC = \{[(IfrX - IfrY) / IfrX] \times 100\}$$

où $IfrX$ et $IfrY$ sont respectivement les indices de fructification dans le traitement aux fleurs libres (traitement X) et dans le traitement aux fleurs protégées (traitement Y).

$$TA = 100 - TC.$$

Etude de l'activité des insectes sur les fleurs

Les observations ont été faites chaque jour, selon cinq tranches horaires (8 - 9 h, 10 -

11 h, 12 - 13 h, 14 - 15 h et 16 - 17 h) du 23 mai au 06 juin 2013 et du 12 mai au 10 juin 2014. Au cours de chaque journée d'investigation, l'observateur passait une fois sur chaque fleur du traitement aux fleurs libres (1 ou 3) pour chacune des tranches horaires ci-dessus. A chaque passage, les différents insectes étaient comptés sur les fleurs épanouies (c'est-à-dire celles pouvant offrir du nectar et/ou du pollen aux insectes). Les insectes n'étant pas marqués, les résultats cumulés ont été exprimés par le nombre de visites (Tchuenguem Fohouo et al., 2001). Les données obtenues ont permis de déterminer la fréquence de chaque espèce d'insecte (F_i) sur les fleurs de *S. indicum* selon la formule ci-après :

$$F_i = \{[(V_i)/VI] \times 100\}$$

avec V_i le nombre de visite de l'insecte i sur les fleurs du traitement libre et VI le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs (Tchuenguem Fohouo et al., 2001).

Les produits floraux (nectar et/ou pollen) prélevés par chaque espèce d'insectes ont été notés pendant les mêmes dates et tranches horaires que le comptage des insectes. Il s'est agi de noter si sur une fleur, un insecte récolte le pollen, le nectar ou ces deux aliments à la fois. Un insecte qui plonge ses pièces buccales dans une fleur est un butineur de nectar ; lorsque l'insecte, à l'aide de ses mandibules et de ses pattes, gratte les anthères de la fleur, il s'agit d'un butineur de pollen (Jean-Prost, 1987).

Les abondances par fleur ont été enregistrées à la suite des comptages directs. Pour l'abondance par 1000 fleurs, les individus de chaque espèce ont été comptés sur un nombre connu de fleurs épanouies; l'abondance par 1000 fleurs (A_{1000}) a ensuite été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$A_{1000} = [(A_x / F_x) \times 1000]$$

où F_x et A_x sont respectivement le nombre de fleurs et le nombre d'insectes butineurs effectivement comptés sur les fleurs laissées en libre pollinisation à l'instant x (Tchuenguem Fohouo, 2005). Les données ont été enregistrées aux mêmes dates que pour la fréquence des visites au cours des tranches

horaires journalières suivantes : 9 - 10 h, 11 - 12 h, 13 - 14 h, 15 - 16 h et 17 - 18 h.

La durée des visites par fleur est le temps que met un insecte pour prélever un produit (pollen et/ou nectar) sur une fleur (Tchuenguem Fohouo, 2005). Elle a été enregistrée aux mêmes dates et tranches horaires journalières que pour l'abondance des butineurs à l'aide d'un chronomètre.

La vitesse de butinage correspond au nombre de fleurs visitées par minute (Jacob-Remacle, 1989). Elle a été enregistrée aux mêmes dates et tranches horaires journalières que pour l'abondance des butineurs à l'aide d'un chronomètre.

L'influence de la faune (interruption des visites de fleurs par un concurrent ou un prédateur) et de la flore (passage de l'abeille domestique de la fleur de sésame à une autre espèce végétale avoisinante) a été systématiquement enregistrée lors du chronométrage de la durée des visites par fleur.

La température et l'hygrométrie de la station d'étude ont été enregistrées toutes les 30 minutes à l'aide d'un thermo hygromètre portable installé à l'ombre tout au long de la période d'observation.

Evaluation de l'impact des insectes floricoles sur les rendements du sésame

L'évaluation de l'impact des insectes floricoles sur les rendements du sésame est basée sur la comparaison des rendements fruitiers et grainiers du traitement aux fleurs libres (traitement a) et ceux du traitement aux fleurs protégées (traitement b) (Tchuenguem Fohouo et al., 2001).

A la maturité des fruits, la récolte a été faite dans les traitements 1 à 4. Pour chaque année d'étude, la contribution numérique (P_f) des insectes à la fructification est évaluée à l'aide de la formule ci-après (Tchuenguem Fohouo et al., 2001) :

$$P_f = \{[(f_x - f_y) / f_x] \times 100\}$$

où f_x et f_y sont les taux de fructification dans les traitements x (fleurs libres) et y (fleurs protégées). Pour un traitement, le taux de fructification (T_{fr}) est $T_{fr} = [(nombre\ de\ fruits/nombre\ de\ fleurs) \times 100]$. La

contribution numérique (P_f) des insectes (P_g) au nombre de graines est calculée à l'aide de la formule ci-après (Tchuenguem Fohouo et al., 2001) :

$$P_g = \{[(gx-gy)/gx] \times 100\}$$

où gx et gy sont les nombres moyens de graines par fruit dans les traitements x et y . La contribution numérique (P_{gn}) des insectes dans les graines normales est calculée à l'aide de la formule ci-après (Tchuenguem Fohouo et al., 2001) :

$$P_{gn} = \{[(gnx - gny) / gnx] \times 100\}$$

où gnx et gny sont les pourcentages des graines normales dans les traitements x et y respectivement.

Analyse des données

Le traitement des données a été fait à l'aide de la statistique descriptive (calcul des moyennes, écart-types et pourcentages), du Test t de Student pour la comparaison des moyennes de deux échantillons, du Chi-carré (χ^2) pour la comparaison des pourcentages, du Coefficient de corrélation (r) pour l'étude des relations linéaires entre deux variables et des logiciels SPSS (version 19.0; SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA) et Microsoft Excel 2010.

RESULTATS

Système de reproduction

L'indice de fructification a été de 0,73 ($n = 45$, $s = 0,21$), 0,48 ($n = 45$, $s = 0,20$), 0,83 ($n = 100$, $s = 0,12$) et 0,67 ($n = 100$, $s = 0,17$) respectivement pour les traitements 1, 2, 3 et 4. Ainsi pour 2013, $TC = 34,90\%$ et $TA = 65,10\%$; pour 2014, les valeurs correspondantes sont de 19,79% et 80,21% respectivement. Par conséquent, *S. indicum* a un régime de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'autogamie.

Diversité et abondance des insectes floricoles

En 2013 et 2014 respectivement, 510 et 2682 visites de 9 et 12 espèces d'insectes appartenant à 6 familles ont été dénombrées sur 930 et 3690 fleurs de *S. indicum*. Le Tableau 1 présente la liste de ces insectes avec leurs fréquences de visites. Il ressort de ce

tableau que les Hyménoptères constituent l'ordre le plus important avec 100% des visites en 2013 et 97,13% en 2014. Ils sont principalement représentés par les Apidae (2013 : 92,75% ; 2014 : 87,36%) et les Formicidae (2013 : 6,67% ; 2014 : 9,40%). Les Halictidae (2013 : 0,59% ; 2014 : 0,30%) et les Megachilidae (2014 : 0,07%) sont très faiblement observés. L'ordre des Diptères est rarement rencontré (moins de 3% des visites).

Amegilla sp. a été l'insecte le plus fréquent avec 443 visites soit 86,86% et 1940 visites soit 72,33% de visites en 2013 et 2014 respectivement (Tableau 1). La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ($\chi^2 = 47,80$; [ddl = 1; $p < 0,001$]). En 2013, le plus grand nombre d'individus de *Amegilla* sp. simultanément en activité était de 1 par fleur ($n = 80$; $s = 0$) et 210 par 1000 fleurs ($n = 56$; $s = 118$; $max = 420$). En 2014, les chiffres correspondants étaient de 1 par fleur ($n = 75$; $s = 0$) et 179 par 1000 fleurs ($n = 150$; $s = 133$; $max = 476$). La différence entre le nombre moyen de butineuses par 1000 fleurs en 2013 et 2014 est très hautement significative ($t = 9,74$ [ddl = 204; $p < 0,001$]).

Produits floraux récoltés

Sur une fleur de sésame, les insectes récoltent soit le nectar et le pollen (Apidae), soit le nectar seulement (Formicidae, Syrphidae et Muscidae). Les individus de *Amegilla* sp. par exemple, ont régulièrement récolté le nectar et le pollen. Chez ces derniers, la récolte du nectar était intensive et régulière (72,51% des visites) tandis que la récolte du pollen l'était moins (27,58% des visites).

Rythme des visites selon les étapes de la floraison

En général, les visites d'insectes sont plus fréquentes sur les plantes lorsque le nombre de fleurs épanouies qu'elles portent est plus élevé. Nous avons trouvé une corrélation positive et significative entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre de visites d'insectes en 2013 ($r_{2013} = 0,93$ [ddl =

12 ; $p < 0,05$) et en 2014 ($r_{2014} = 0,89$; [ddl = 28 ; $p < 0,05$]).

Rythme journalier des visites

L'activité des insectes commence le matin avec l'épanouissement des fleurs et diminue fortement aux environs de 14 h. La période journalière d'activité optimale des insectes se situe entre 10 h et 11 h aussi bien en 2013 qu'en 2014 (Tableau 2). Les conditions climatiques ne semblent pas influencer l'activité de butinage des insectes sur les fleurs de *S. indicum* (Figures 4 - 5). En 2013, la corrélation s'est révélée non significative entre le nombre de visites d'insectes et la température ($r = 0,35$ [ddl = 4 ; $p > 0,05$]), puis entre l'humidité relative et le nombre des visites ($r = - 0,13$; [ddl = 4 ; $p > 0,05$]). En 2014, la corrélation s'est révélée non significative entre le nombre de visites d'insectes et la température ($r = 0,11$; [ddl = 4 ; $p > 0,05$]), puis entre le nombre de visites d'insectes et l'humidité relative de l'air ($r = - 0,15$; [ddl = 4 ; $p > 0,05$]).

Durée des visites par fleur

Le Tableau 3 présente la durée moyenne d'une visite de *Amegilla* sp. et de *Apis mellifera adansonii* par fleur de *S. indicum*. Il ressort de ce tableau que les durées de visites varient avec le produit floral. Chez *Amegilla* sp., la durée moyenne d'une visite était de 2,30 sec ($n = 199$; $s = 0,85$) pour la récolte de nectar, contre 2,57 sec ($n = 120$; $s = 1,38$), pour la collecte de pollen ; la différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ($t_{2013} = 16,85$ [ddl = 317 ; $p < 0,001$]). En 2014, les valeurs correspondantes étaient de 3,25 sec ($n = 313$; $s = 1,66$) pour la récolte de nectar contre 2,30 sec ($n = 194$; $s = 0,92$) pour la collecte de pollen ; la différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ($t_{2014} = 79,80$ [ddl = 505 ; $p < 0,001$]). En 2014, la durée moyenne d'une visite de *A. m. adansonii* était de 4,60 sec ($n = 244$; $s = 2,64$) pour la récolte de nectar contre 2,03 sec ($n = 69$; $s = 0,56$) pour la collecte de pollen ; la différence entre ces deux moyennes est très hautement

significative ($t_{2014} = 58,74$ [ddl = 311 ; $P < 0.001$]).

Vitesse de butinage

La vitesse de butinage des fleurs de *S. indicum* par les insectes variait entre 4 et 24 fleurs/min. Chez *Amegilla* sp., cette vitesse était de 10,99 fleurs/min ($n = 151$; $s = 3,55$) en 2013 et de 11 fleurs/min ($n = 194$; $s = 2,73$) en 2014 ; la différence entre ces deux moyennes n'est pas significative ($t = - 0,27$; $df = 343$, $p > 0.001$). Chez *A. m. adansonii*, elle était de 10,06 fleurs/min ($n = 79$; $s = 2,77$) en 2014.

Influence de la flore avoisinante

Durant la période d'observation, plusieurs autres espèces végétales en fleurs situées à proximité de la parcelle expérimentale de *S. indicum* étaient visitées par *Amegilla* sp. et *A. m. adansonii* pour leur nectar et/ou pour leur pollen. Parmi ces plantes, nous citerons: *Bidens pilosa* (Asteraceae), *Callistemon rigidus* (Myrtaceae), *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) pour le nectar et le pollen ; *Vernonia amygdalina* (Asteraceae) et *Psidium guajava* (Myrtaceae) pour le pollen. En plus des plantes sus-citées, les ouvrières de *A. m. adansonii* avait également visitées *Musa paradisiaca* (Musaceae) pour le nectar et *Zea mays* (Poaceae) pour le pollen. Nous n'avons noté aucun passage de ces deux insectes des fleurs de *S. indicum* aux fleurs d'autres espèces végétales et vice versa. Les butineurs de *Amegilla* sp. et de *A. m. adansonii* étaient ainsi fidèles aux fleurs de sésame lors des voyages de butinage.

Impact des insectes floricoles sur la pollinisation et les rendements en fruits et en graines

Pendant la récolte du pollen, la fréquence des visites avec contact entre les insectes et le stigmate était de 100%, aussi bien en 2013 qu'en 2014. Les insectes augmentent donc fortement les possibilités de pollinisation de *S. indicum*. Il ressort du tableau 4 que :

(1) Le taux de fructification des fleurs en libre pollinisation (traitements 1 ou 3) a été plus élevé que celui des fleurs protégées (traitements 2 ou 4). Les différences observées sont très hautement significatives entre les traitements 1 et 2 ($\chi^2 = 72,14$; [ddl = 1 ; $p < 0,001$]) puis les traitements 3 et 4 ($\chi^2 = 161,48$; [ddl = 1 ; $p < 0,001$]). Le pourcentage (P_i) du taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles a été de 27,35%.

(2) Le nombre moyen de graines par fruit a été plus élevé dans les traitements aux fleurs en libre pollinisation (traitements 1 ou 3) que dans ceux aux fleurs protégées (traitements 2 ou 4).

La comparaison des nombres moyens de graines par gousse montre que les différences observées sont très hautement

significatives entre les traitements 1 et 2 ($t = 26,90$ [ddl = 198 ; $p < 0,001$]) puis les traitements 3 et 4 ($t = 76,26$ [ddl = 198 ; $p < 0,001$]). Le pourcentage du nombre de graines par fruit dû à l'action des insectes est de 15,99%.

(3) Le rendement en graines normales issues des fleurs en libre pollinisation (traitements 1 ou 3) a été plus élevé que celui des fleurs protégées (traitements 2 ou 4). La comparaison des pourcentages de graines normales montre que les différences observées sont très hautement significatives entre les traitements 1 et 2 ($\chi^2 = 17,58$ [ddl = 1 ; $p < 0,0001$]) puis les traitements 3 et 4 ($\chi^2 = 400,14$ [ddl = 1 ; $p < 0,0001$]). Le pourcentage de graines normales par gousse dû à l'action des insectes est de 12,26%.

Tableau 1: Insectes recensés sur les fleurs de *Sesamum indicum* en 2013 et 2014, nombre et pourcentage de visites des différents insectes.

Ordre	Famille	Insectes Genre, Espèce, Sous-espèce	2013		2014		
			n ₁	p ₁ (%)	n ₂	p ₂ (%)	
Hymenoptera	Apidae	<i>Amegilla</i> sp. **	443	86,86	1940	72,33	
		<i>Ceratina</i> sp. **	8	1,57	23	0,86	
		<i>Thyreus</i> sp.*	2	0,39	.	.	
		<i>Braunsapis</i> sp. **	4	0,78	14	0,52	
		<i>Lasioglossum atricum</i> **	16	3,14	98	3,65	
		<i>Apis mellifera adansonii</i> **	.	.	215	8,02	
		<i>Melipoluna erythra</i> **	.	.	14	0,52	
		<i>Dactylurina staudingeri</i> **	.	.	39	1,45	
		Total Apidae	473	92,75	2343	87,36	
	Halictidae	<i>Thrinchostoma</i> sp. **	3	0,59	8	0,30	
		Total Halictidae	3	0,59	8	0,30	
	Megachilidae	<i>Megachile</i> sp. **	.	.	2	0,07	
		Total Megachilidae	.	.	2	0,07	
	Formicidae	<i>Camponotus flavomarginatus</i> *		25	4,90	252	9,40
			(sp. 1)*	5	0,98	.	.
(sp. 2)*			4	0,78	.	.	
Total Formicidae			34	6,67	252	9,40	
Total Hymenoptera			510	100	2605	97,13	
Diptera	Syrphidae	<i>Paragus borbonicus</i> *	.	.	2	0,07	
		Total Syrphidae	.	.	2	0,07	
	Muscidae	<i>Musca domestica</i> *	.	.	75	2,80	
		Total Muscidae	.	.	75	2,80	
Total Diptera			.	.	77	2,87	
Total			510	100	2682	100	
			9 espèces		12 espèces		

* récolte du nectar, ** récolte du nectar et pollen, sp : espèce indéterminée, n₁: nombre de visites sur 930 fleurs en 14 jours, n₂: nombre de visites sur 3690 fleurs en 30 jours, p₁ et p₂: pourcentages de visites, p₁ = (n₁ / 510) × 100, p₂ = (n₂ / 2682) × 100.

Tableau 2: Fréquence des visites d'insectes sur les fleurs de *Sesamum indicum* en fonction des tranches horaires d'observation en 2013 et 2014 à Bambui.

Année	Visites	Tranches horaires (heures)					
		6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17
2013	Nombre	0	48	226	173	63	0
	%	0	9,41	44,31	33,92	12,35	0
2014	Nombre	0	244	1194	731	334	179
	%	0	9,10	44,52	27,26	12,45	6,67

Tableau 3: Durée des visites de quelques insectes par fleur de *Sesamum indicum* à Bambui en 2013 et 2014.

Insectes	Années		Durée des visites par fleur (sec)				
			<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>
<i>Amegilla</i> sp.	2013	Nectar	199	2,30	1,07	0,85	6,72
		Pollen	120	2,57	1,38	0,96	7,63
	2014	Nectar	313	3,25	1,66	1,15	14,88
		Pollen	194				
<i>Apis mellifera adansonii</i>	2014	Nectar	244	4,60	2,64	1,25	19,59
		pollen	69	2,03	0,56	1,07	3,65

n : nombre de visites étudiées, *m* : moyenne, *s* : écart-type, *mini* : minimum, *maxi* : maximum.

Tableau 4: Taux de fructification, nombre moyen de graines par fruit et pourcentage des graines normales selon les traitements de *Sesamum indicum* en 2013 et 2014 à Bambui.

Traitements	Années	NFE	NGF	TF	g/F		Ng	Gn	Pgn
					<i>m</i>	<i>s</i>			
1(FL)	2013	548	411	75,00	59	18	6927	6045	87,27
2(FP)	2013	417	202	48,44	51	12	4203	3549	84,44
3(FL)	2014	2480	2034	82,02	67	09	6747	6456	95,69
4(FP)	2014	1790	1162	64,92	49	14	4907	4174	85,06

FL : fleurs libres, FP : fleurs protégées, NFE : nombre de fleurs étudiées, NGF : nombre de fruits formés, TF : taux de fructification, g/F : graines formées par fruit, *m* : moyenne; *s* : écart-type, Ng : nombre de graines formées, Gn : graines normales, Pgn : pourcentage de graines normales.



Figure 1 : Pied de sésame montrant des fleurs laissées en libre pollinisation.



Figure 2 : Pied de sésame montrant des fleurs protégés des insectes.



Figure 3: *Amegilla* sp. butinant du pollen dans une fleur de sésame.

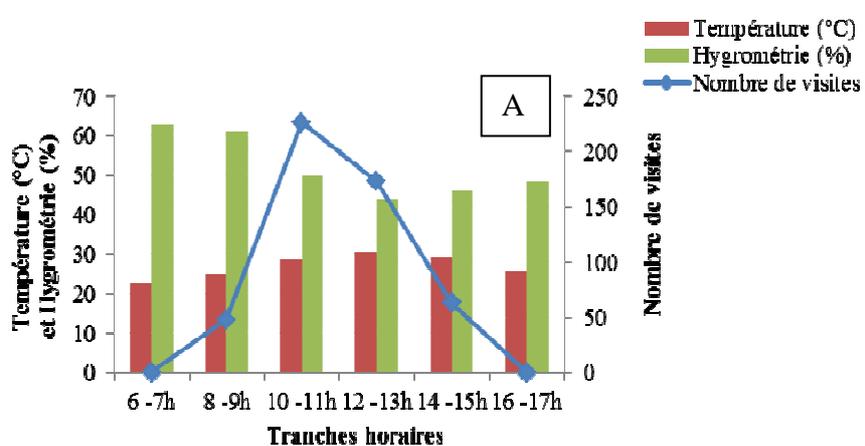


Figure 4: Distribution journalière du nombre de visites d'insectes sur les fleurs de *Sesamum indicum* en 2013, en fonction de la température et de l'hygrométrie.

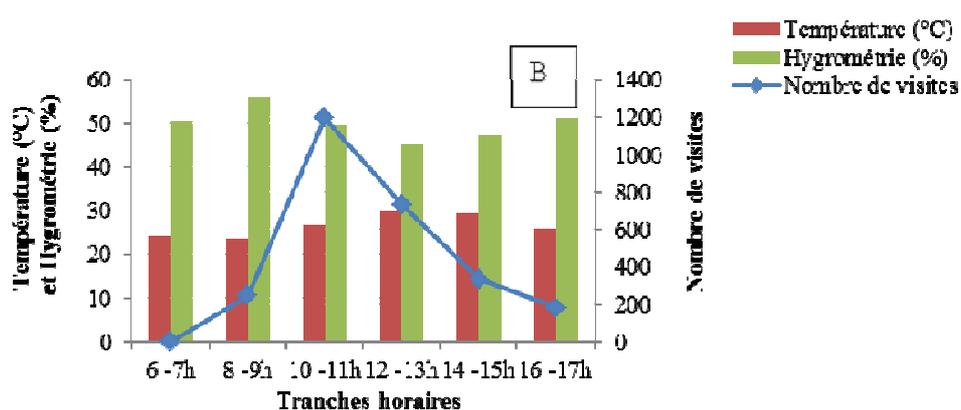


Figure 5: Distribution journalière du nombre de visites d'insectes sur les fleurs de *Sesamum indicum* en 2014, en fonction de la température et de l'hygrométrie.

DISCUSSION

Activité des insectes sur les fleurs de *Sesamum indicum*

Les Hyménoptères représentés par la famille des Apidae sont les insectes prépondérants sur les fleurs de *S. indicum*. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Mahmoud (2012) et Kamel et al. (2013) en Egypte qui ont trouvé que les Apoidea (avec plus de 96% de visites) étaient les insectes floricoles les plus abondants sur le sésame.

Amegilla sp. a été le principal insecte floricole de *S. indicum* pendant les périodes d'observation. Ce résultat est en désaccord avec les observations de Mahfouz et al. (2012) et Kamel et al. (2013) en Egypte où c'est l'apidé *A. m. adansonii* qui a été signalé comme étant l'insecte le plus fréquent sur les fleurs de la même plante. Ainsi, le principal insecte floricole du sésame varie d'une région à l'autre. Ceci peut être dû à la faible représentation de cette abeille mellifère à Bambui. Neuf et 12 espèces d'insectes ont été inventoriées en 2013 et 2014 respectivement. Ces résultats confirment les travaux de Roubik (2000) qui signalent que la diversité et l'abondance de l'entomofaune d'une plante varie avec le temps et l'espace.

Le pic d'activité des insectes sur les fleurs de sésame en matinée serait lié à la plus grande disponibilité du nectar et/ou du pollen au niveau des fleurs comme le signalent Andrade et al. (2014) au Brésil. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Mahfouz et al. (2012) en Egypte et contraire à ceux de Kamel et al. (2013) en Egypte qui ont trouvé deux pics d'activité des insectes pollinisateurs sur les fleurs de sésame, situés entre 11 h et 13 h puis 13 h et 15 h. La forte abondance de *Amegilla* sp. par 1000 fleurs met en évidence l'attractivité élevée du nectar et/ou du pollen de cette Pedaliaceae vis-à-vis de cette abeille.

La corrélation positive et significative entre le nombre de fleurs épanouies de sésame et nombre de visites d'insectes mettent en évidence l'attractivité élevée du nectar et/ou du pollen de cette Pedaliaceae vis-à-vis des insectes.

Sur une fleur de sésame, les insectes récoltent soit le nectar et le pollen (Apidae), soit le nectar (Formicidae, Syrphidae et Muscidae). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Kamel et al. (2013) en Egypte. La variation de durée des visites semble être liée à l'accessibilité des produits floraux de *S. indicum*. Le pollen, produit par les anthères situées au-dessus des étamines, est facilement accessible à l'abeille. En revanche, le nectar se trouve dans le tube corollaire entre la base du style et les étamines et serait de ce fait difficilement accessible.

Pour l'ensemble des insectes butineurs, le passage de *S. indicum* à une autre plante avoisinante n'a pas été observé. Ceci prouve que les butineurs des fleurs de *S. indicum* étaient fidèles à cette Pedaliaceae. Ce phénomène est connu sous l'expression «constance florale» (Basualdo et al., 2000).

Impact de l'activité des insectes sur la pollinisation et les rendements de *Sesamum indicum*

Au cours de la récolte de pollen, les insectes rentrent fréquemment en contact avec le stigmate. Ils peuvent de ce fait intervenir directement dans l'autopollinisation, en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate de celle-ci. Ceci est d'autant plus probable que l'autogamie est prépondérante chez *S. indicum* (Ashri, 2007).

Les insectes (principalement les Apoïdes) transportent le pollen de fleur en fleur et peuvent ainsi jouer un rôle positif dans la géitonogamie (Rosa et al., 2010), en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate d'une autre fleur de la même plante. Les insectes qui passent de fleur en fleur sur différentes plantes transportent le pollen d'une plante à une autre. Ils peuvent ainsi favoriser la xénogamie (Rosa et al., 2010), en mettant le pollen d'une plante sur le stigmate d'une fleur d'une autre plante. Cette dernière forme de pollinisation est d'autant plus probable que l'allogamie existe chez *S. indicum* comme l'ont également signalé Ashri (2007) et Andrade et al. (2014).

Les insectes secouent les fleurs pendant leurs visites. Ces mouvements faciliteraient la libération optimale de pollen pour l'occupation du stigmate. La charge optimale de pollen sur le stigmate serait favorable à la formation des fruits et des graines. En effet, Mahfouz et al. (2012) en Egypte ont montré qu'une pollinisation efficace permet l'augmentation des rendements du sésame et la qualité du fruit.

Le taux d'intervention des insectes floricoles sur la productivité du sésame est connu dans d'autres régions : en Egypte, Mahmoud (2012) a trouvé que les insectes augmentent la productivité grainière d'environ 35,55% et 33,39%, en 2010 et en 2011.

Conclusion

A bambui, *S. indicum* est une plante nectarifère et pollinifère qui bénéficie de la pollinisation par les insectes. En comparant le rendement des fleurs non protégées à celui des fleurs protégées des insectes, il est apparu que les insectes ont augmenté significativement le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit ainsi que le pourcentage de graines normales en 2013 et 2014. La grande majorité des insectes inventoriés sur les fleurs de sésame appartiennent à l'ordre des Hyménoptères. Les plus intéressants d'entre eux sont des abeilles, plus particulièrement *Amegilla* sp. et *A. m. adansonii*. L'installation des nids de *Amegilla* sp. et le maintien des colonies de *A. m. adansonii* à proximité des champs de sésame doivent être recommandés aux agriculteurs camerounais pour accroître la production et pour maintenir les populations de ces Apoïdés dans l'environnement.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

ENOA était la principale investigatrice ; elle a effectué les travaux de terrain. FNTF a conçu le projet et l'a supervisé avec CDL ; il a contribué à

l'identification des insectes. Tous ces auteurs ont participé à la rédaction du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous ceux qui ont facilité ce travail, surtout la famille Ngeh pour la parcelle de terre mise à leur disposition.

REFERENCES

- Abdoul AS, Moise H, Akoulong C. 2008. Diagnostic du système national de recherche et de vulgarisation agricoles du Cameroun et stratégie de renforcement des capacités pour la dissémination des connaissances et des technologies agricoles. Rapport du projet CEMAC/TCP/RAF/2913, p. 143.
- Adamou M, Tchuenguem Fohouo F-N. 2014. Foraging and pollination behavior of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera, Apidae) on *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A.Rich.) Stapf. 1919 flowers at Dang (Ngaoundere-Cameroon). *Int J. Agro. Agric Res.*, **6**(4): 62-74.
- Andrade PB, Breno MF, Epifânia EMR, José AL, Leonardo LR. 2014. Floral biology and pollination requirements of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Acta Sci., Anim. Sci.*, **36**(1): 93-99. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i1.21838>.
- Ashri A. 2007. *Sesame (Sesamum indicum L.). Genetic Resources, Chromosome Engineering and crop Improvement*. Oilseed Crops. CRC Press: Boca Raton.
- Basualdo M, Bedascarrasbure E, De Jong D. 2000. Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae) have a greater fidelity to sunflowers than European bees. *J. Econ. Entomol.*, **93**(2): 304-307. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.304>.
- Demarly. 1977. *Génétiq ue et Amélioration des Plantes*. Masson: Paris.
- Dongock ND, Foko J, Pinta LV, Tchoumboue J, Zango P. 2004. Inventaire et identification des plantes mellifères de la

- zone soudano-guinéenne d'altitude de l'Ouest Cameroun. *Tropicultura*, **22**(3): 139-145.
- Douka C, Tchuenguem Fohouo F-N. 2013 Foraging and pollination behavior of *Apis mellifera adansonii* L. (Hymenoptera, Apidae) on *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) flowers at Maroua (Cameroon). *Int. Res. J. Plant Sci.*, **4**(2): 45-54. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-013-0312.8>.
- Dounia, Tchuenguem Fohouo F-N. 2013. Foraging and pollination activity of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on flowers of *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) at Maroua, Cameroon. *Int. Res. J. Plant Sci.*, **4**(2): 33-44.
- Fameni TS, Tchuenguem Fohouo F-N, Brückner D. 2012. Pollination efficiency of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on *Callistemon rigidus* R. Br. 1819 flowers at Dang (Ngaoundere-Cameroon). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **32**(1): 2-11.
- FAO. 2008. *Rapid Assessment of Pollinators' Status. A Contribution to the International Initiative for the Conservation and Sustainable Use of Pollinators*. Food and Agricultural Organisation of the United Nations: Rome.
- FAOSTAT. 2012. Food and Agriculture Organization Statistics of the United Nations. Roma, Italy. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567It> [consulté le 21 octobre 2014].
- Jacob-Remacle A. 1989. Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, **20**(4): 271-285.
- Jean-Prost P. 1987. *Apiculture : Connaître l'Abeille - Conduire le Rucher* (6^e édn). Lavoisier: Paris.
- Kamel SM, Blal AH, Mahfouz HM, Said M. 2013. The most common insect pollinator species on sesame crop (*Sesamum indicum* L.) in Ismailia Governorate, Egypt. *Arthropods*, **2**(2): 66-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10298-012-0083-9>.
- Kingha TBM, Tchuenguem Fohouo F-N, Ngakou A, Brückner D. 2012. Foraging and pollination activities of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera, Apidae) on *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) flowers at Dang (Ngaoundere-Cameroon). *J. Agric. Ext. Rural Dev.*, **4**(6): 330-339. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/JAERD11.151>.
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, **274**(1608): 303-313. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.
- Liang MT, Liang RC, Huang LR, Hsu PH, Wu YS, Yen HE. 2012. Separation of sesamin and sesamol by a supercritical fluid-stimulated moving bed. *Am. J. Anal. Chem.*, **3**: 931-938. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajac.2012.312A123>.
- Mahfouz HM, Kamel SM, Belal AH, Said M. 2012. Pollinators visiting sesame (*Sesamum indicum* L.). Seed crop with reference to foraging activity of some bee species. *Cercetări Agronomice în Moldova*, **45**(2): 49-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10298-012-0014-9>.
- Mahmoud FM. 2012. Insects associated with sesame (*Sesamun indicum* L.) and the impact of insect pollinators on crop production. *Pesticides Phytomedicine*, **27**: 117-129. DOI: <http://dx.doi.org/10.2298/PIF1202117M>.
- MINADER. 2012. Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2009 et 2010. Direction des Enquêtes et Statistiques, AGRI-STAT.
- Pando JB, Tchuenguem Fohouo F-N, Tamesse JL. 2011a. Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa calens* Lepelletier (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae) flowers at

- Yaoundé (Cameroon). *Entomol. Res.*, **41**(5): 185-193. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-5967.2011.00334.x>.
- Pando JB, Tchuenguem Fohouo F-N, Tamesse JL. 2011b. Pollination and yield responses of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Mill sp.) to the foraging activity of *Chalicodoma cincta cincta* (Hymenoptera: Megachilidae) in Yaoundé (Cameroon). *J. Anim. Plant Sci.*, **11**(1): 1346-1357.
- Rosa AS, Blochtein B, Lima DK. 2011. Honey bee contribution to canola pollination in Southern Brazil. *Sci. agric.*, **68**(2): 255-259. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000200018>.
- Roubik DW. 2000. Pollination system stability in tropical America. *Conserv. Biol.*, **14**(5): 1235-1236. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.00016.x>.
- Tchuenguem Fohouo F-N. 1993. Activités des insectes anthophiles et son impact sur les rendements de deux plantes cultivées au Cameroun: *Zea mays* L. (Gramineae) et *Arachis hypogaea* L. (Papilionaceae). Thèse de Doctorat de 3^è Cycle, Université de Yaoundé I.
- Tchuenguem Fohouo F-N. 2005. Activité de butinage et de pollinisation d'*Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun): *Callistemon rigidus* (Myrtaceae), *Syzygium guineense* var. *macrocarpum* (Myrtaceae) et *Voacanga africana* (Apocynaceae). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, p. 103.
- Tchuenguem Fohouo F-N, Messi J, Pauly A. 2001. Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, **56**(3): 179-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/fruits:2001121>.
- Tchuenguem Fohouo F-N, Djonwangwé D, Messi J, Brückner D. 2009a. Activité de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera adansonii* sur les fleurs de *Helianthus annuus* (Asteraceae) à Ngaoundéré (Cameroun). *Cam. J. Exp. Biol.*, **5**(1): 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/cajeb.v5i1.44442>.
- Tchuenguem Fohouo F-N, Ngakou A, Kengni BS. 2009b. Pollination and yield responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) to the foraging activity of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) at Ngaoundéré (Cameroon). *Afr. J. Biotechnol.*, **8**(9): 1988-1996.
- Tchuenguem, Fohouo F-N, Pando JB, Tamesse JL. 2014. Pollination efficiency of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera: Apidae) on *Cajanus cajan* (Fabaceae) flowers at Yaoundé (Cameroon). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **34**(2): 138-148. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1742758414000307>.
- Tunde-Akintunde TY, Oke MO, Akintunde BO. 2012. Sesame seed, oilseeds, Uduak Akpan G. (Ed.). Disponible sur: <http://www.intechopen.com/books/oilseeds/sesame-seed>. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/32941>.