

Importance de visites florales des insectes sur les rendements fruitier et grainier de *Capsicum annuum* (Solanaceae) à l'Ouest-Cameroun.

Joseph Blaise Pando^{1*}, Denis Djonwangwé¹, Nadine Esther Otiobo Atibita², Olivier Balti Moudelsia¹, Fernand-Nestor Tchuenguem Fohouo³, Joseph Lebel Tamesse⁴.

¹ : Université de Maroua, École Normale Supérieure, Laboratoire des Sciences de la Vie et de la Terre, BP 55 Maroua, Cameroun.

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

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

⁴ : Université de Yaoundé I, École Normale Supérieure, Laboratoire de Zoologie, BP 47 Yaoundé, Cameroun.

* : Corresponding author : E-mail : pandojo@yahoo.fr ; Téléphone : (+237) 699 048 199 / (+237) 677 693 391

Mots clés : *Capsicum annuum*, fleurs, insectes, pollinisation, rendements, Ouest-Cameroun

Keywords : *Capsicum annuum*, flowers, insects, pollination, yields, West-Cameroon

Submission 05/07/2022, Publication date 31/10/2022, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

1 RÉSUMÉ

D'août à septembre 2020 à Foubot et à Bangou (Ouest-Cameroun), les observations ont été effectuées sur les fleurs de *Capsicum annuum* (Solanaceae) afin de déterminer la richesse spécifique des insectes floricoles de cette plante, étudier leurs activités sur les fleurs et évaluer l'impact de ces insectes sur les rendements en fruits et en graines. Deux traitements ont été constitués à partir du marquage de 400 boutons floraux chacun à Foubot et à Bangou selon la présence ou l'absence de protection de toile gaze contre les insectes. La diversité spécifique des insectes floricoles de ce poivron était de 24 et 36 espèces à Foubot et à Bangou respectivement. L'indice de Jacard ($J = 0,39$) révèle une non similarité entre les deux sites, preuve de la non-conformité des pratiques culturelles dans les deux zones d'étude. Les insectes visitaient les fleurs du poivron de 8h à 13h, avec un pic d'activité situé entre 9h et 10h. Parmi les insectes floricoles de *C. annuum*, *Apis mellifera adansonii* était le plus prépondérant avec 32,35 % du nombre total de visites enregistrées sur les fleurs en libre pollinisation. La comparaison des rendements des différents traitements a montré que les insectes floricoles ont augmenté le taux de fructification, le nombre de graines/fruit et le pourcentage de graines normales de 74,76%, 5,30% et 10,88% respectivement. Pour améliorer le rendement de *C. annuum*, il est judicieux de préserver les insectes floricoles non nuisibles dans les champs de poivron en évitant les traitements aux pesticides pendant la période d'activités.

ABSTRACT

From August to September 2020 at Foubot and Bangou (West-Cameroon), observations were made on *Capsicum annuum* (Solanaceae) flowers to determine the specific richness of anthophilous insects of this plant, to study their activities on flowers and to evaluate their impact on the yields of fruits and seeds. Two treatments were carried out from 400 flowers buds marked both in Foubot and Bangou, following to the presence or absence of protection against insect's activities. The specific diversity of the flowering insects of *C. annuum* was 24 and 36 species in Foubot and Bangou respectively. The Jacard index ($J =$

0.39) reveals a non-similarity between the two sites, indicating the non-compliance of cultural practices in the two study areas. The insects foraged the flowers of the sweet pepper from 8am to 13pm and the peak of activities of the visits being located between 9 am and 10 am. *Apis mellifera adansonii* was the most frequent species with 32.35 % visits counted on the flowers in open-pollination. Comparison of the yields of the different treatments showed that the flower insects increased the fruiting rate, the number of seeds / fruit and the percentage of normal seeds by 74.76%, 5.30% and 10.88% respectively. To improve the yield of *C. annuum*, it is advisable to preserve the flower-dwelling insects in sweet pepper fields by avoiding pesticide treatments during their activities period

2 INTRODUCTION

Capsicum annuum L. encore appelé « piment doux » est une Solanaceae originaire de l'Amérique latine qui s'est répandue dans des régions tropicales et subtropicales (Gry, 1991). C'est une plante annuelle se présentant comme un petit arbuste, érigée, atteignant 70 à 90 cm de haut, au feuillage très développé (Bosland & Votava, 2000). D'après Hamon (1987), les fleurs sont éphémères, hermaphrodites, axillaires et solitaires. Elles attirent les abeilles (Gry, 1991 ; Kristjansson & Rasmussen, 1991 ; Raw, 2000 ; Cruz *et al.*, 2005). Dans les pays en voie de développement dont le Cameroun où l'économie est basée essentiellement sur l'agriculture (DSCE, 2009), le rôle des insectes pollinisateurs dans l'augmentation des rendements agricoles est peu connu (Eardley *et al.*, 2006 ; Pando *et al.*, 2020). La majorité des agriculteurs de ces pays croient que les rendements élevés sont essentiellement dus aux techniques culturales diverses, aux usages d'engrais et au contrôle des ravageurs (Kumar, 1991 ; Pando *et al.*, 2018). En Europe, 84 % de la production des espèces végétales cultivées dépend directement de la pollinisation par les insectes, plus particulièrement par les Abeilles (Williams, 1994 ; Klein *et al.*, 2007). Malgré le rôle important que jouent les insectes pollinisateurs dans l'amélioration des rendements en fruits et en graines des cultures, dans la sécurité alimentaire et dans la conservation de la biodiversité, il est parfois absent ou figure rarement dans les programmes agricoles de beaucoup de pays africains (Eardley *et al.*, 2006 ; Pando *et al.*, 2011). La conservation des pollinisateurs et le maintien de la diversité

des plantes sont un atout pour l'humanité car leur absence serait une menace pour la sécurité alimentaire, à l'agriculture et à la survie à long terme des espèces de plantes et d'animaux dans les écosystèmes naturels (FAO, 2007 ; Klein *et al.*, 2007). Le poivron résulte d'un long processus de domestication d'une variété sauvage qui a été connue aux environs de 5000 ans avant Jésus Christ (Andrews, 1984). Il s'impose progressivement comme l'une des épices les plus consommées aujourd'hui sur le continent africain (Akesse *et al.*, 2015). Les ménagères, les restaurateurs et autres vendeurs de grillades ne tarissent pas d'éloges sur ce légume fruit dans les cuisines vue ses grandes qualités gustatives et ses valeurs nutritionnelles (Leung, *et al.*, 1968). Il est très apprécié dans l'alimentation humaine car il est très riche en vitamines A, C, PP, B₁ et B₂ ainsi qu'en éléments minéraux tels que le calcium et le fer (Depezay *et al.*, 2007). Outre son importance sur le plan alimentaire, des investigations ont prouvé que le poivron est doté des nombreuses vertus thérapeutiques qui peuvent contribuer efficacement au bien-être de la santé humaine (Fondio, 2009). Selon les travaux de Dora (2007), la production mondiale du poivron et du piment est estimée à 25 millions de tonnes. Nouvellement importé, l'Afrique est le 3^{ème} producteur de poivron avec un taux de 8,8⁰ derrière l'Asie et l'Amérique (Akesse *et al.*, 2015). Le Ghana et le Nigéria sont les deux pays qui ont une production régulière sur le marché international (Akesse *et al.*, 2015). La production camerounaise est inconnue, pourtant il est connu que le poivron intervient dans plusieurs domaines (alimentaire, sanitaire, industriel et

économique) dans ce pays (DSCE, 2009). De part le monde, les données concernant les relations entre *C. annuum* et les insectes floricoles existent mais sont insuffisantes. Amoako & Yeboah-Gyan (1991) au Ghana, De Ruijter *et al.* (1991) au Pays-Bas, Kristjansson & Rasmussen (1991) aux États Unis d'Amérique, Jarlan *et al.* (1997) en Colombie et Cruz *et al.* (2005) en Amérique latine ont montré que les insectes *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, *Osmia cornifrons*, *Eristalis tenax* et *Melipona subnitida* sont les pollinisateurs prépondérants de *C. annuum* respectivement. Au Brésil, Raw (2000) a signalé que les abeilles *Hylaeus tricolor* (Colletidae), *Dialictus picadensis*, *Halictus lanei*, *Augochlora thalia*, *Augochloropsis laeta* et *Ceratalictus theius* (Halictidae), *Exomalopsis auropilosa* et *Bombus atratus* (Apidae) ont un impact positif sur la productivité de cette Solanaceae. Au Cameroun, la production du poivron qui est insuffisante pour satisfaire la demande (DSCE, 2009), aucune étude permettant d'augmenter les rendements en fruits et en graines de cette Solanaceae par usage des

insectes pollinisateurs n'a été faite à notre connaissance. Il s'avère nécessaire de mener des recherches dans ce sens dans ce pays afin de constituer une nouvelle base de données pour compléter celles déjà existantes de part le monde. De plus, selon Roubik (2000), la diversité et la fréquence de la faune pollinisatrice d'une plante peuvent varier dans l'espace. Ainsi, l'identification des insectes pollinisateurs du poivron pourrait permettre l'élevage des potentiels insectes pollinisateurs efficaces de cette Solanaceae. L'objectif général de ce travail est une contribution à la connaissance et maîtrise de l'entomofaune floricole de *C. annuum* en vue de la gestion optimale de son rendement à l'Ouest-Cameroun. Ce travail a quatre objectifs spécifiques : (a) inventorier les insectes floricoles de *C. annuum* ; (b) déterminer la fréquence de visites de ces insectes sur les fleurs et les produits floraux prélevés ; (c) identifier les potentiels insectes pollinisateurs de cette Solanaceae ; (d) évaluer l'impact des insectes floricoles sur les rendements en fruits et en graines.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Sites, stations d'étude et matériels biologiques : Les investigations ont été réalisées en 2020, sur deux sites maraîchers (Foumbot : 5°28'47"N ; 10°33'33"E et Bangou : 5°10' 39,102"N ; 10°21'27,09"E) dans les Départements du Noun et des Hauts-Plateaux, dans la Région de l'Ouest-Cameroun (Figure 1). Ces coordonnées ont été obtenues à l'aide d'un GPS de marque GARMIN etrex 10. Cette Région bénéficie d'un climat équatorial de type « mousson montagnard » tempéré par l'altitude avec une saison pluvieuse (mars à novembre) et une saison sèche (décembre à mars). La pluviométrie moyenne annuelle est de 2500 mm, l'humidité relative annuelle de 65%, et la température annuelle moyenne de 25°C (CRH/IRGM, 2010). Le choix de ces sites d'observation se justifie par la culture tout autour d'autres plantes cultivées maraîchères et la garantie de sécurité des champs expérimentaux

et de l'échantillonneur. Le matériel végétal était représenté par : (a) les pépins de poivron fournis par Njoya Georges Bertrand ; (b) le espèces végétales avoisinantes des champs diverses espèces végétales avoisinantes des champs expérimentaux [*Abelmoschus esculentus* L. (Malvaceae) ; *Daucus carota* L. (Apiaceae) ; *Lycopersicon esculentum* Mill (Solanaceae) ; *Solanum macrocarpum* L. (Solanaceae) ; *Vigna unguiculata* Walp. (Fabaceae) ; *Arachis hypogaea* L. (Fabaceae) ; *Zea mays* L. (Poaceae)] et qui étaient en fleurs en même temps que *C. annuum*. Le matériel animal était constitué par divers insectes présents dans les sites d'échantillonnage et qui étaient attirés par les fleurs de *C. annuum*. Dans le site de Bangou, une ruche kenyane abritant une colonie de *Apis mellifera adansonii* était situé à 400 mètres du champ expérimental (Figure 2)

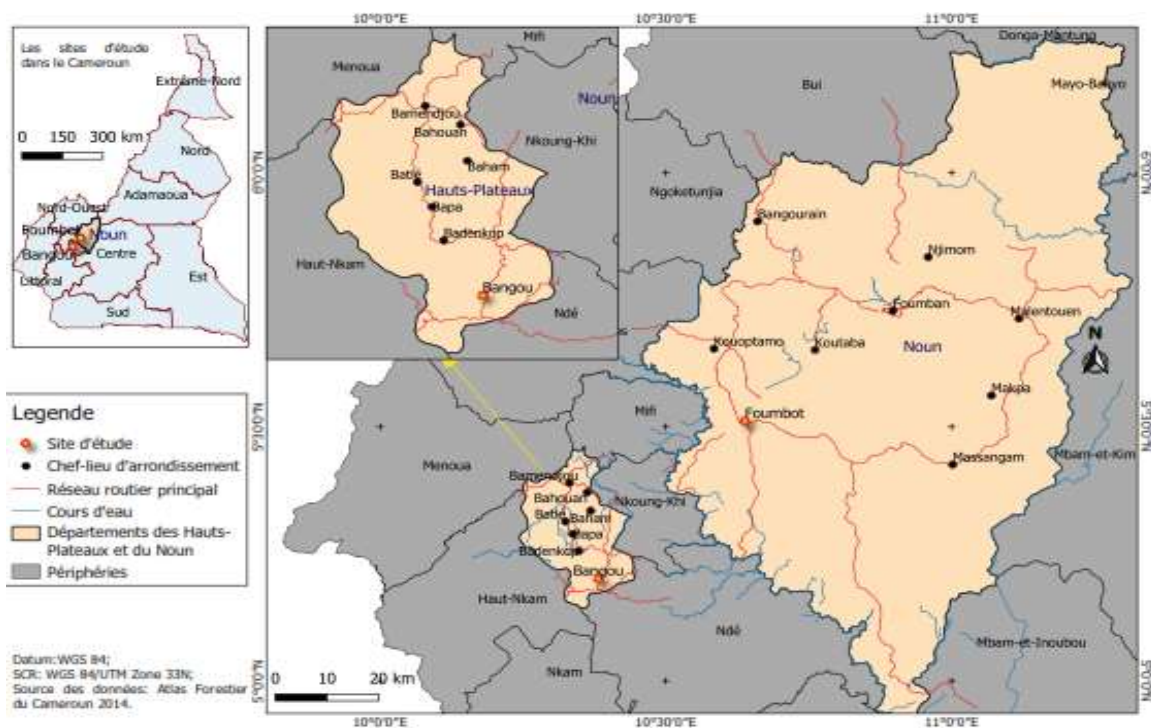


Figure 1 : Carte de localisation des sites d'investigation situés dans la Région de l'Ouest-Cameroun.



Figure 2 : Ruche kenyane installée à proximité du champ expérimental de Bangou.

3.2 Méthodes

3.2.1 Préparation de la pépinière : Du 1^{er} au 02 mai 2020 à Foubot et du 10 au 11 mai 2020 à Bangou, les opérations suivantes ont été effectuées : défrichage, entassement ou empilement des herbes, brûlis, labour et formation d'un billon de 2 m². Sur ce billon au préalable préparé, 2g de semences de *C. annum* imbibées dans de l'eau pendant deux jours ont été éparpillés (Figure 3a). En suite ces grains ont

été légèrement couvertes par la terre à la main. Pour une bonne réussite, l'engrais minéraux (20-10-10 NPK) et l'engrais organiques (fientes) ont été utilisés pour améliorer la qualité du sol afin de booster le développement rapide des gemmules. Par la suite, le billon a été recouvert des pailles (Figure 3b). Trois semaines après épandage, les plantules ont été arrachées et repiquées sur le champ expérimental (Figure 4) selon la recommandation de Rekson *et al.* (1983).



Figure 3 : Opération de préparation de germoir (A : ensemencement ; B : Billon recouvert de pailles).



Figure 4 : Plantules de *Capsicum annum* trois semaines après éparpillage dans le germoir.

3.2.2 Préparation, repiquage et entretien de la parcelle expérimentale : La parcelle expérimentale pour chaque site était un champ rectangulaire de 20 m de longueur sur 15 m de largeur pour une superficie de 300 m². Le 18 mai 2020 (Foubot) et le 19 mai 2020 (Bangou), les parcelles expérimentales ont subi successivement les opérations suivantes : défrichage, labour à la houe et formation de 13 billons de 20 m de long, 1 m de large et 20 cm

de hauteur. Le 24 mai 2020 à Foubot et le 30 mai 2020 à Bangou, les repiquages ont été faits, en ligne sur les billons, à raison de 3 lignes par billon, d'une plantule par poquet et à 10 cm de profondeur. L'écart entre les lignes et sur les lignes était de 30 cm. Du repiquage à l'apparition des premières fleurs (28 juillet 2020, Foubot et 6 août 2020, Bangou), les opérations de sarclage ont été régulièrement réalisées toutes les deux semaines à la houe. De la période de

floraison à la maturation des fruits, selon les recommandations de Pando *et al.* (2018), le désherbage était effectué régulièrement si nécessité y est à la main.

3.2.3 Détermination du mode de reproduction de *Capsicum annuum* : Le 1^{er} août 2020 et le 10 août 2020, 400 et 400 fleurs au stade bouton floral ont été étiquetées à Foumbot et à Bangou respectivement et deux traitements mis en place :

- traitements A (Foumbot) et A' (Bangou), constitués chacun de 200 boutons floraux non isolés, c'est-à-dire les fleurs sont laissées en libre pollinisation (Figure 5) pour l'évaluation simultanée de l'autopollinisation et de la pollinisation croisée ;
- traitements B (Foumbot) et B' (Bangou), constitués de 200 boutons floraux également, isolés délicatement à l'aide des sachets en toile gaze (Figure 6) pour l'évaluation exclusive de l'autopollinisation. Cinq jours après la fanaison

de la dernière fleur étiquetée, le nombre de fruits formés dans chaque traitement a été compté et l'indice de fructification a été calculé à l'aide de la formule ci-après de Tchuenguem *et al.* (2014) : $Ifr = F_2/F_1$ (1) où F_2 est le nombre de fruits formés et F_1 le nombre de fleurs viables initialement portées. Pour chaque site 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 de Demarly (1977) :

$$TC = \{[(If_X - If_Y) / If_X] * 100\} \quad (2)$$

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

$$TA = 100 - TC. \quad (3)$$



Figure 5 : Pied de *Capsicum annuum* montrant une fleur étiquetée et laissée en libre pollinisation.



Figure 6 : Pied de *Capsicum annuum* montrant une fleur étiquetée et protégée des insectes à l'aide d'un sachet en toile gaze

3.2.4 Détermination de la diversité et de la fréquence relative des insectes floricoles de *Capsicum annuum* dans chaque site : Pour évaluer la diversité des insectes floricoles, pendant la période d'étude, les insectes ont été capturés à l'aide du filet entomologique et/ou à la main sur les fleurs en libre pollinisation et non étiquetées. Sur le place, les insectes capturés ont été conservés dans des boîtes contenant de l'éthanol à 70 %, excepté les Lépidoptères qui

ont été conservés dans les papillotes, selon les recommandations de Borror & White (1991). Sur l'étiquette correspondant à chaque spécimen, il est noté l'heure, la date et le lieu de capture, et les produits floraux prélevés ou recherchés. Pour les espèces dont l'identification n'a pas été faite avec précision sur le terrain, il leur a été attribué un code et une description pour permettre les observations aisées pour la suite. La détermination et l'identification des

spécimens ont été faites au Laboratoire de Sciences de la Vie et Terre de de l'École Normale Supérieure de l'Université de Maroua à l'aide notamment des collections préexistantes, de l'ouvrage de Delvare & Arbelenc (1989) et des clés d'identification de Eardley *et al.* (2010) et Pauly (2014, 2018). Pour déterminer la fréquence de visites des insectes floricoles inventoriés, les observations ont été effectuées cinq fois par semaine durant la période de floraison sur des fleurs des traitements non protégés (A et A'), suivant les tranches horaires 8-9h, 9-10h, 10-11h, 11-12h et 12-13h. À chaque passage, les différents insectes étaient comptés sur les fleurs épanouies. D'après Tchuenguem *et al.* (2014), les résultats calculés ont été exprimés par le nombre de visites, et les données obtenues ont permis d'évaluer la fréquence de chaque espèce d'insecte (F_i) sur les fleurs de *C. annuum*, selon la formule suivante : $F_i = \{[V_i/V_T] * 100\}$ (4), où V_i le nombre de visites de l'insecte i sur les fleurs du traitement A et V_T le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs. La richesse spécifique et la diversité des insectes floricoles de cette Solanaceae ont été appréciées par les calculs des indices de diversité de Shannon (H) et l'équitabilité de Pielou (E_Q) à formules : $H = -\sum_{i=1}^S p_i(\log_2 p_i)$ (Dajoz, 2008) (5) et $E_Q = \frac{H}{\log_2(S)}$ (Dajoz, 2000) (6), où $p_i = n_i/N$; n_i est égal au nombre d'individu de i correspondant au nombre de visites de i ; N est égal au nombre total d'individus correspondant au nombre total des visites et S est le nombre total d'espèces observées. La détermination de similarité entre les deux sites est évaluée d'après la formule de l'indice de Jaccard (J) : $J = \frac{c}{a+b-c}$ (Jaccard, 1908) (7), où a : nombre d'espèces de la liste A (relevé A); b : nombre d'espèces de la liste B (relevé A'); c : nombre d'espèces communes aux relevés A et A'.

3.2.5 Évaluation de l'impact des insectes floricoles sur la pollinisation de *Capsicum annuum*: La détermination de l'impact des insectes sur la pollinisation de *C. annuum* a été notée durant de l'étude de la fréquence des visites. Il s'agissait de noter à chaque fois qu'un

insecte entrain en contact avec le stigmate de la fleur visitée. D'après Delaplane *et al.* (2013), Ceci a conduit à la mise en évidence des possibilités d'intervention de ces arthropodes dans l'autopollinisation et la pollinisation croisée des fleurs visitées. Afin d'évaluer les différents catégories de pollinisateurs, selon Tchuenguem (1993), l'indice de régularité (R) a été calculé à l'aide de la formule : $R = [(P/100) * (f/100)]$ (8), où P : pourcentage des visites de l'insecte f : fréquence relative des visites de l'insecte.

3.2.6 Détermination de l'impact des insectes floricoles sur les rendements de *Capsicum annuum*: D'après les travaux de Tchuenguem *et al.* (2014), la détermination de l'impact des insectes floricoles sur les rendements de *C. annuum* est basée sur la comparaison des rendements en fruits et en graines des traitements X (fleurs en libre pollinisation) et Y (fleurs isolées des visites d'insectes). A la maturité, le nombre de fruits, le nombre de graines par fruit et le nombre de graines normales ont été calculés.

Le pourcentage (P_f) du taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles est évalué à l'aide de la formule : $P_f = \{[(f_x - f_y) / f_x] * 100\}$ (9) où f_x et f_y sont les taux de fructifications dans les traitements X et Y respectivement.

Le pourcentage (P_g) du nombre moyen de graines par fruit dû à l'influence des insectes floricoles est déterminé à l'aide de la formule : $P_g = \{[(g_x - g_y) / g_x] * 100\}$ (10) où g_x et g_y sont les nombres moyens de graines par fruit dans les traitements X et Y respectivement.

Le pourcentage (P_n) de graines normales attribuable aux insectes floricoles est évalué à l'aide de la formule : $P_n = \{[(gn_x - gn_y) / gn_x] * 100\}$ (11) où gn_x et gn_y sont les pourcentages de graines normales dans les traitements X et Y respectivement.

3.2.7 Traitement des données : Pour traiter les données : (a) la statistique descriptive a permis de calculer les moyennes, l'écart- types et les pourcentages ;(b) le test Z a permis de comparer deux moyennes et l'ANOVA de comparer plus de deux moyennes ; (c) le test t de Student modifié a permis de comparer des indices de

diversité spécifique de deux sites a été calculé à l'aide de la formule :

$$t = \frac{|H_1 - H_2|}{\sqrt{\text{Var}(H_1) + \text{Var}(H_2)}}$$

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Mode de reproduction de *Capsicum annum* : L'indice de fructification a été de 0,95 ($n = 200$, $s = 0,32$), 0,19 ($n = 200$, $s = 0,09$), 0,94 ($n = 200$, $s = 0,22$) et 0,21 ($n = 200$, $s = 0,03$) respectivement pour les traitements A, B, A' et B'. Ainsi à Foubot, $TC = 80,00\%$ et $TA = 20,00\%$; à Bangou, les valeurs correspondantes ont été de $77,66\%$ et $22,34\%$ respectivement. À l'Ouest-Cameroun, $TC = 78,83\%$ et $TA = 21,17\%$. Ces résultats indiquent que cette plante a un mode de reproduction mixte allogame-autogame avec une large prédominance de l'allogamie. La prédominance de l'allogamie sur l'autogamie de *C. annum* a déjà été signalée par Free (1993) en Grande Bretagne et Shipp *et al.* (1994) aux États Unis d'Amérique.

4.2 Diversité et fréquence des insectes floricoles de *Capsicum annum* : Le tableau 1 présente la diversité et la fréquence de visites des insectes recensés sur les fleurs de *C. annum* à Foubot et à Bangou (Ouest-Cameroun) en 2020. Il ressort de ce tableau que sur les 200 fleurs étiquetées de *C. annum* laissées en libre pollinisation dans chacun des sites d'observation, 2554 visites de 19 espèces d'insectes ont été recensées en 16 jours d'observation à Foubot et 6918 visites de 33 espèces d'insectes ont été recensées en 18 jours d'observation à Bangou soit une fréquence de $26,96\%$ et $73,04\%$ respectivement. Il existe une différence très hautement significative ($\chi^2 = 4021$ [ddl = 1 ; $P < 0,001$]) entre les pourcentages des fréquences d'insectes des deux sites échantillonnages. Ceci pourrait s'expliquer soit par l'existence d'une colonie (ruche kenyane) de *Apis mellifera adansonii* à proximité du site de Bangou ou la présence d'autres espèces végétales ou les fleurs sont plus attractives à Foubot. Également, l'utilisation des insecticides à

(Mathew *et al.*, 1998) (12),

avec H_1 et H_2 les indices de Shannon-Wiener des sites 1 et 2 respectivement, du Khi- carré (χ^2) pour la comparaison des pourcentages (Schwartz, 1984) grâce notamment au logiciel SPSS 19.0

proximité du site de Bangou était proscrite, contrairement à Foubot où le champ de *Lycopersicon esculentum* environnant a subi un traitement pendant la période floraison de la plante sous investigation. Pour les deux sites d'observation, la richesse spécifique des insectes floricoles de *C. annum* était de 43. Au Brésil, Raw (2000) a obtenu une richesse spécifique de loin inférieure à celle-ci qui était de 16. La comparaison entre les deux riches spécifiques montre une différence très hautement significative ($t = 63,48$ [ddl = 8541 ; $P < 0,001$]). Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'au Brésil, cet auteur a trouvé que c'est uniquement l'ordre des Hymenoptera qui a été recensé sur les fleurs de cette Solanaceae. En effet, à l'Ouest-Cameroun, sur les 43 espèces d'insectes inventoriées, 19 appartenaient à d'autres ordres qu'Hymenoptera. Ceci est similaire aux travaux de Roubik (2000) qui avaient déjà indiqué que la diversité et l'abondance des insectes floricoles d'une plante donnée peuvent varier dans le temps et dans l'espace. Aussi, les observations de cette plante au Brésil se sont déroulées dans des milieux semi-urbains (Patos Minas et Brasilia). Selon Chagnon (2008), l'urbanisation entraîne des changements importants du paysage par une augmentation de surfaces inhabitables ou inaccessibles et une diminution d'espaces verts favorables à certains insectes floricoles. Cette situation peut créer une fragmentation et une perte d'habitats de nombreux pollinisateurs. D'après Hall *et al.* (2017), les zones semi-urbaines et/ou urbaines peuvent s'avérer être des refuges pour une communauté de pollinisateurs si ces zones ont une couverture suffisante en milieux naturels. Ceci justifierait l'absence d'autres ordres que celui des Hymenoptera enregistrés par Raw (2000) à

Brazilia-Brésil. Les travaux effectués par Fortel *et al.* (2014) également ont trouvé que l'abondance et la diversité d'abeilles sauvages en générale diminuent en fonction de l'accroissement de l'urbanisation. Du tableau 1, on tient également que six ordres d'insectes ont visités les fleurs du poivron. Il s'est agit des Ordres des : Hymenoptera (87,84 % de visites), Lepidoptera (05,62 %), Coleoptera (03,60 %), Orthoptera (01,30 %), Diptera (00,88%) et Hemiptera (00,75 %).. La fréquence relative de ces ordres pour chaque site est mentionnée à la figure 7. Dans les deux sites d'étude, les différences ne sont pas

significatives entre les valeurs de). la fréquence relative pour un ordre donné ($P > 0,05$). Ceci est une illustration de la stabilité de l'entomofaune floricole associée à *C. annuum* au niveau ordinal à l'Ouest-Cameroun ; ce d'autant plus que les expérimentations se sont réalisées la même année. En termes d'ordre identifié, cette observation est contraire à celle de Raw (2000) effectuée sur la même plante au Brésil qui n'a que l'ordre des Hymenoptera recensé que l'ordre des Hymenoptera.



Tableau 1 : Diversité, fréquence de visites et produits alimentaires recherchés par les insectes au niveau des fleurs de *Capsicum annuum* à Foumbot et à Bangou (Ouest-Cameroun) en 2020.

Insectes			Foumbot		Bangou		Ouest-Cameroun	
Ordres	Familles	Genres et espèces	<i>n_F</i>	<i>P_F</i> (%)	<i>n_B</i>	<i>P_B</i> (%)	<i>n_{OC}</i>	<i>P_{OC}</i> (%)
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera adansonii</i> ^{NP}	917	35,90	1321	30,27	2238	32,35
		<i>Amegilla</i> sp. ^{NP}	17	00,67	/	/	17	00,25
		<i>Dactylurina standingeri</i> ^N	/	/	213	04,88	213	03,08
		<i>Meliponula erythra</i> ^{NP}	/	/	171	03,92	171	02,47
		<i>Hypotrigona squamuligera</i> ^{NP}	/	/	93	02,13	93	01,34
		<i>Xylocopa olivacea</i> ^{NP}	/	/	72	01,65	72	01,04
		<i>Xylocopa albiceps</i> ^{NP}	/	/	57	01,31	57	00,82
	Halictidae	<i>Seladonia</i> sp. ^{NP}	530	20,75	501	11,48	1031	14,90
		<i>Lasioglossum albipes</i> ^{NP}	361	14,13	411	09,42	772	11,16
		<i>Crociaspidia chandleri</i> ^{NP}	/	/	108	02,47	108	01,56
		<i>Lipotriches collaris</i> ^{NP}	/	/	91	02,09	91	01,32
	Megachilidae	<i>Coelioxys</i> sp. ^{NP}	101	03,95	/	/	101	01,46
		<i>Chalicodoma cincta</i> ^{NP}	/	/	201	04,61	201	02,91
		<i>Chalicodoma rufes</i> ^{NP}	/	/	115	02,64	115	01,66
		<i>Chalicodoma torrida</i> ^{NP}	/	/	98	02,25	98	01,42
		<i>Megachile bituberculata</i> ^{NP}	/	/	47	01,08	47	00,68
	Vespidae	<i>Synagris cornuta</i> ^N	106	04,15	193	04,42	299	04,32
		<i>Polistes metricus</i> ^P	87	03,41	/	/	87	01,26
		<i>Polistes dominula</i> ^{NPr}	32	01,25	27	00,62	59	00,85
		<i>Belonogaster juncea</i> ^N	23	00,90	21	00,48	44	00,64
	Sphecidae	<i>Philanthus triangulum</i> ^{NPr}	/	/	34	00,78	34	00,49
		(1 sp.)	/	/	8	00,18	08	00,12
	Formicidae	<i>Camponotus flavomarginatus</i> ^P	21	00,82	48	01,10	69	01,00
		<i>Myrmicaria opaciventris</i> ^P	/	/	52	01,19	52	00,75
Total	06	24	2195	85,94	3882	88,95	6077	87,84
Lepidoptera	Satyridae	<i>Lasiommata maera</i> ^N	37	01,45	/	/	37	00,53
		<i>Lasiommata megera</i> ^N	33	01,29	/	/	33	00,48
	Nymphalidae	<i>Danaus chrysippus</i> ^N	35	01,37	73	01,67	108	01,56
		<i>Vanessa cardui</i> ^N	28	01,10	65	01,49	93	01,34
	Pieridae	<i>Eurema senegalensis</i> ^N	17	00,67	43	00,99	60	00,87
		<i>Delias cunninghami</i> ^N	9	00,35	31	00,71	40	00,58
		<i>Catopsilia florella</i> ^N	/	/	18	00,41	18	00,26
Total	03	7	159	06,23	230	05,27	389	05,62
Coleoptera	Chysomelidae	<i>Podagriscina decolorata</i> ^{PCP}	61	02,39	/	/	61	00,88



	Cetoniidae	<i>Anilacophora foveicollis</i> ^P	43	01,68	73	01,67	116	01,68
	Coccinellidae	<i>Pachnoda interrupta</i> ^P	/	/	51	01,17	51	00,74
		<i>Epilachna borealis</i> ^{CP}	/	/	21	00,48	21	00,30
Total	03	4	104	04,07	145	03,32	249	03,60
Diptera	Syrphidae	<i>Paragus barbonicus</i> ^P	21	00,82	/	/	21	00,30
		<i>Chrysotoxum intermedium</i> ^N	13	00,51	18	00,41	31	00,45
	Drosophilidae	<i>Drosophila</i> sp. ^N	/	/	9	00,21	9	00,13
Total	02	3	34	01,33	27	00,62	61	00,88
Orthoptera	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i> ^{CP}	/	/	27	00,62	27	00,39
	Tettigoniidae	<i>Neoconocephalus robustus</i> ^{CP}	25	00,98	11	00,25	36	00,52
	Acrididae	<i>Acrida ungarica</i> ^{CP}	18	00,70	9	00,21	27	00,39
Total	03	3	43	01,68	47	01,08	90	01,30
Hemiptera	Pentatomidae	<i>Halyomorpha halys</i> ^{SS}	11	00,43	5	00,11	16	00,23
		<i>Anoplocnemis curvipes</i> ^{SS}	8	00,31	28	00,64	36	00,52
Total	01	2	19	00,74	33	00,76	52	00,75
Totaux	18	43	2554	100	4364	100	6918	100

n_F : nombre de visites sur 200 fleurs en 16 jours d'observation à Foubot ; n_B : nombre de visites sur 200 fleurs en 18 jours d'observation à Bangou ; n_{OC} : nombre de visites sur 400 fleurs en 34 jours d'observation dans la Région de l'Ouest-Cameroun ; P_F : pourcentage de visites à Foubot, P_B : pourcentage de visites à Bangou ; P_{OC} : pourcentage de visites à l'Ouest-Cameroun ; $P_F = (n_F/2554) * 100$; $P_B = (n_B/4364) * 100$; $P_{OC} = (n_{OC}/6918) * 100$; sp. : Espèce non déterminée ; / : aucune visite ; NP : récolte du nectar et du pollen ; N : récolte du nectar ; P : récolte du pollen ; CP : consommation de pétales ; Pr : prédateur ; SS : sucer de sève.

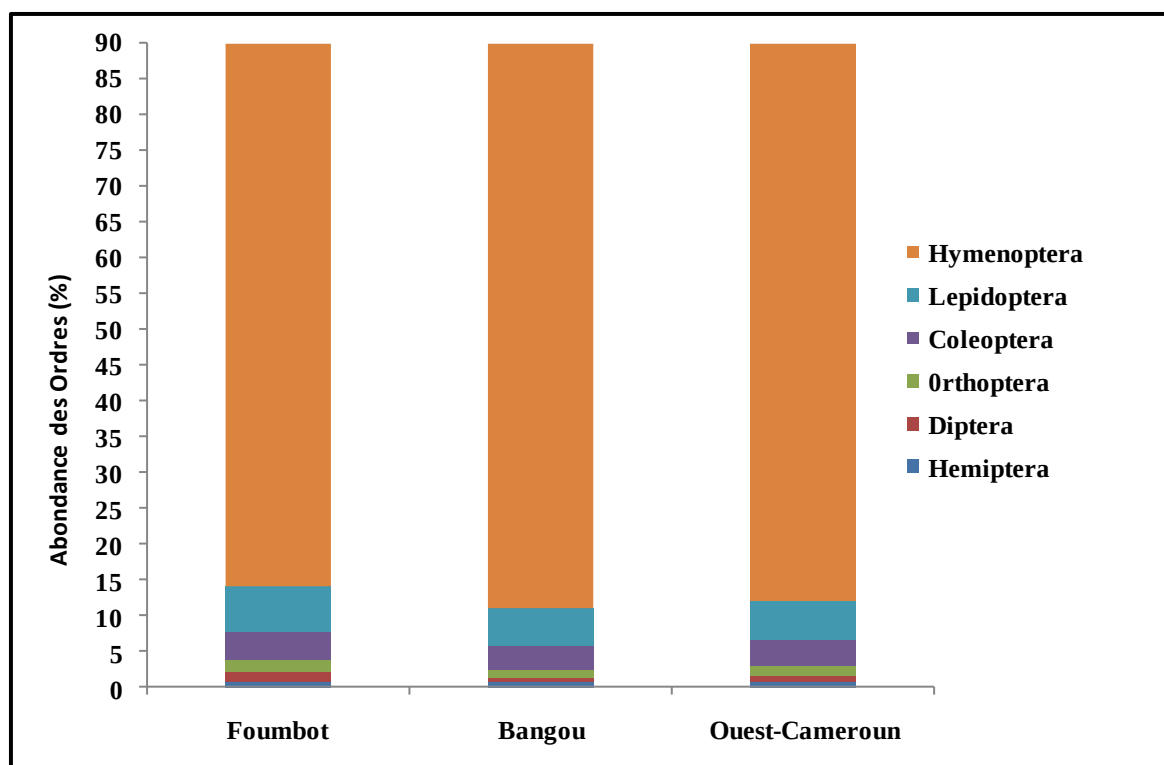


Figure 7 : Fréquence relative des différents Ordres d'insectes en fonction des sites individuels et cumulés.

Dans ce tableau 1 également, 17 familles taxonomiques ont été identifiées et réparties dans les six ordres. Le plus grand nombre de familles (6) a été observé chez les Hymenoptera avec une prédominance des Apidae, des Megachilidae, des Halictidae puis des Vespidae. Les Lepidoptera, les Coleoptera et les Orthoptera viennent en seconde position avec 3 familles dont principalement des Pieridae. Les Diptera comptent deux familles, enfin une seule famille a été observée chez les Hemiptera. Les Hymenoptera ont été l'ordre le plus riche en espèces (24 espèces), venaient ensuite les Lepidoptera (7), des Coleoptera (4), des Diptera (3) et des Orthoptera (3) et enfin des Hemiptera (2). Dans l'ensemble, les familles regroupant les abeilles étaient plus représentatives que celles des papillons et bien d'autres encore. Ce dernier résultat est indicatif de ce que *C. annuum* est une espèce végétale essentiellement attractive pour les abeilles qui, de par leur fréquence relative joueraient un rôle prépondérant sur la pollinisation des fleurs du poivron. Dans une

autre zone agro-écologique du Cameroun particulièrement à l'Extrême-Nord, les Hymenoptera ont été trouvés par Djonwangwé *et al.* (2019) sur *Allium cepa* ; Pando *et al.* (2020a, 2020b) sur *Abelmoschus esculentus* et *Sesamum indicum* comme étant l'ordre le plus fréquent sur les fleurs de ces plantes. Ces familles sont réparties en trois groupes fonctionnels à savoir les pollinisateurs (11 familles), les ravageurs (7) et les prédateurs (2). Le nombre important d'insectes pollinisateurs à Foubot et Bangou indiquent clairement que ce groupe fonctionnel était attiré par la présence des fleurs comme l'indique Raw (2000) au Brésil sur *C. annuum* et Yarou *et al.* (2018) au Bénin sur *Ocimum gratissimum*. À Foubot et à Bangou, les indices de diversité de Shannon (H) sont de 3,09 et 3,85 respectivement. Ces résultats montrent que le site de Foubot est moins important que le site de Bangou et ne sont pas colonisés par les mêmes espèces d'insectes. Également, les indices d'équitabilité de Pielou ($EQ_{\text{Foubot}} = 0,67$ et $EQ_{\text{Bangou}} = 0,74$) et de Jaccard ($J = 0,39$) moins

proche de l'unité indiquent respectivement une abondance moins équilibrée entre les espèces d'insectes recensés et des diversités assez importantes et dissemblables entre les sites. Cet état de chose pourrait s'expliquer par une probable non-conformité des pratiques culturales sur les deux sites. La différence s'est révélée très significative entre les deux indices ($t = 19,08$; $ddl = 2782$; $p < 0,01$). Celle-ci s'expliquerait par une perturbation dans le site de Foubot qui serait due à l'usage abusif des insecticides dans les champs de *Lycopersicon esculentum* et de *Solanum macrocarpum* voisins du site d'expérimentation de la plante étudiée. En effet, la période de floraison de *C. annuum* à Foubot coïncide avec l'usage de ces pesticides sur les champs de *L. esculentum* et *S. macrocarpum*. D'après Mathew et al. (1998), une différence significative entre les indices de diversité de deux sites d'observation ayant les mêmes conditions climatiques impliquerait une perturbation environnementale spontanée donnée.

4.3 Produits floraux prélevés : Du tableau 1, il ressort que sur 43 espèces d'insectes inventoriés sur les fleurs de *C. annuum* à l'Ouest-Cameroun : seize (*Apis mellifera adansonii*, *Amegillia* sp., *Meliponula erythra*, *Hypotrigona squamuligera*, *Xylocopa olivacea*, *Xylocopa albiceps*, *Seladonia* sp., *Lasioglossum albipes*, *Crociaspidia chandlerie*, *Lipotriches collaris*, *Coelioxys* sp., *Chalicodoma cincta*, *Chalicodoma rufes*, *Chalicodoma torrida*, *Megachile bituberculata* et *Synagris cornuta*) récoltaient à la fois le nectar et le pollen ; onze (*Belonogaster juncea*, *Dactylurina standingeri*, *Lasiommata maera*, *Lasiommata megera*, *Danaus chrysippus*, *Vanessa cardui*, *Eurema senegalensis*, *Delias cunningputi*, *Catopsilia florella*, *Chrysotoxum intermedium*, *Drosophila* sp.) prélevaient exclusivement le nectar ; sept (*Polistes metricus*, Sphecidae (1 sp.), *Camponotus flavomarginatus*, *Myrmecaria opaciventris*, *Aulacophora foveicollis*, *Pachnoda interrupta* et *Paragus barbonicus*) collectaient exclusivement du pollen ; quatre (*Epilachna borealis*, *Zonocerus variegatus*, *Neoconocephalus robustus* et *Acrida ungarica*) étaient des consommateurs exclusifs de pétales ; deux (*Halyomorpha halys* et *Anoplocnemis curvipes*)

suçaient de sève ; deux (*Polistes dominula* et *Philanthus triangulum*) récoltaient le nectar et étaient également des excellents prédateurs de *A. m. adansonii*, *D. standingeri* et *H. squamuligera* ; un seul à savoir *Podagriscina decolorata* consommait le pollen et les pétales. A l'exception de *P. metricus*, *C. flavomarginatus* et *M. opaciventris* qui récoltaient exclusivement du pollen et consommait sur place, on note qu'à l'Ouest-Cameroun, les Hymenoptera de *C. annuum* butinaient du pollen et de nectar. Il se dégage de ces travaux que les Hymenoptera qui ont visité cette plante ont récolté majoritairement le pollen et le nectar. Ce résultat est en désaccord à ceux obtenus par Mishra et al. (1987) en Inde et Pando et al. (2020) à Maroua-Cameroun qui ont signalé que les abeilles récoltaient exclusivement le pollen ou nectar sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* respectivement. Par contre, pour ce qui est des Lepidoptera, celui-ci est en accord avec les travaux de Pando et al. (2020). Ceci confirme les travaux de Benachour (2008) qui avait signalé que les Lepidoptera sont les récolteurs exclusifs du nectar.

4.4 Fréquence quotidienne des insectes sur les fleurs de *Capsicum annuum* : Dans l'ensemble, pendant les 34 jours d'observation à l'Ouest-Cameroun, les insectes étaient rencontrés quotidiennement sur les fleurs de *C. annuum* comme l'indique le tableau 2. De ce tableau, il ressort que *C. annuum* a des visiteurs plus ou moins fréquents. Ainsi, il y a : (a) les visiteurs très fréquents avec une fréquence de visites supérieure ou égale à 50 % du nombre total de jours d'observations d'après Tchuenguem (1993) : *A. m. adansonii*, *D. standingeri*, *Seladonia* sp., *L. albipes*, *C. chandlerie*, *L. collaris*, *C. c. cincta*, *C. rufes* et *S. cornuta* ; (b) les visiteurs fréquents avec une fréquence de visites de $25 \leq f < 50$ % du nombre total de jours d'observations selon Tchuenguem (1993) : *Amegillia* sp., *D. standingeri*, *M. erythra*, *H. squamuligera*, *X. olivacea*, *Coelioxys* sp., *C. torrida*, *P. metricus*, *P. dominula*, *B. j. juncea*, *C. flavomarginatus*, *D. chrysippus*, *V. cardui*, *E. senegalensis* et *A. foveicollis* ; (c) et les visiteurs rares dont la fréquence de visites est inférieure à 25 % du nombre total de jours d'observation comme

mentionné par Tchuenguem (1993). Il se dégage de ces résultats que les fleurs de *C. annuum* produiraient des quantités importantes de pollen et de nectar qui attirent les insectes qui lui sont constants pendant sa période de floraison. Des observations similaires ont été faites par Amoako & Yeboah-Gyan (1991) au Ghana et Raw (2000) au Brésil qui ont montré que lors de la période de floraison de cette Solanaceae, les abeilles butinant ces fleurs leurs sont constantes. Il ressort également du tableau 2 que les fréquences de *A. m. adansonii*, *Seladonia* sp. et *L. albipes* en 34 jours d'observation sont de 100 % chacun. Ceci prouverait du bon attachement de ces abeilles au pollen et/ou au nectar de *C. annuum*. Il faut mentionner que la fréquence

quotidienne des insectes sur le fleur du poivron peut être influencée par la présence des cultures situées à proximité des parcelles échantillonnées. En effet, la période de floraison de *C. annuum* coïncidait avec celle qu'autres espèces végétales comme *A. esculentus*, *D. carota*, *L. esculentum*, *S. macrocarpum*, *V. unguiculata*, *A. hypogaea* et *Z. mays* qui sont connues très attractives des insectes pendant leur période de floraison par Djonwangwé *et al.* (2017, 2018) et Pando *et al.* (2020). Afin d'écarter toute ambiguïté sur cette fréquence de l'entomofaune floricole de cette Solanaceae, l'échantillonnage devrait être fait sur des parcelles isolées d'autres cultures comme le recommandaient Yarou *et al.* (2018).

Tableau 2 : Nombre et pourcentage de jours de visites des différents insectes floricoles de *Capsicum annuum* à Foubot et à Bangou (Ouest-Cameroun) en 2020.

Insectes	Foubot		Bangou		Ouest-Cameroun	
	n_F	f_F (%)	n_B	f_B (%)	f_{OC}	f_{OC} (%)
<i>Apis mellifera adansonii</i>	16	100,00	13	100,00	34	100,00
<i>Amegillia</i> sp.	10	62,50	/	/	10	29,41
<i>Dactylurina standingeri</i>	/	/	18	100,00	18	52,94
<i>Meliponula erythra</i>	/	/	15	83,33	15	44,12
<i>Hypotrigona squamuligera</i>	/	/	11	61,11	11	32,35
<i>Xylocopa olivacea</i>	/	/	11	61,11	11	32,35
<i>Xylocopa albiceps</i>	/	/	8	44,44	8	23,53
<i>Seladonia</i> sp.	16	100,00	18	100,00	34	100,00
<i>Lasioglossum albipes</i>	16	100,00	18	100,00	34	100,00
<i>Crocisaspidia chandlerie</i>	/	/	17	94,44	17	50,00
<i>Lipotriches collaris</i>	/	/	18	100,00	18	52,94
<i>Coelioxys</i> sp.	16	100,00	/	/	16	47,06
<i>Chalicodoma cincta cincta</i>	/	/	18	100,00	18	52,94
<i>Chalicodoma rufes</i>	/	/	18	100,00	18	52,94
<i>Chalicodoma torrida</i>	/	/	13	72,22	13	38,25
<i>Megachile bituberculata</i>	/	/	8	44,44	8	23,53
<i>Synagris cornuta</i>	16	100,00	15	83,33	31	91,17
<i>Polistes metricus</i>	11	68,75	/	/	11	32,35
<i>Polistes dominula</i>	12	75,00	3	16,67	15	44,12
<i>Belonogaster juncea juncea</i>	7	43,75	6	33,33	13	38,25
<i>Philanthus triangulum</i> ^{NPr}	/	/	7	38,89	7	20,59
Sphecidae (1 sp.)	/	/	2	11,11	2	05,88
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	5	31,25	5	27,78	10	29,41
<i>Myrmecaria opaciventris</i>	/	/	7	38,89	7	20,59
<i>Lasiommata maera</i>	6	37,50	/	/	6	17,65
<i>Lasiommata megera</i>	6	37,50	/	/	6	17,65
<i>Danaus chrysippus</i>	6	37,50	7	38,89	13	38,25
<i>Vanessa cardui</i>	5	31,25	7	38,89	12	35,29
<i>Eurema senegalensis</i>	3	18,75	9	50,00	12	35,29

<i>Delias cunningputi</i>	3	18,75	5	27,78	8	23,53
<i>Catopsilia florella</i>	/	/	5	27,78	5	14,71
<i>Podagriscina decolorata</i>	6	37,50	/	/	6	17,65
<i>Aulacophora foveicollis</i>	7	43,75	6	33,33	13	38,25
<i>Pachnoda interrupta</i>	/	/	5	27,78	5	14,71
<i>Epilachna borealis</i>	/	/	5	27,78	5	14,71
<i>Paragus barbonicus</i>	3	18,75	/	/	3	08,82
<i>Chrysotoxum intermedium</i>	2	12,50	3	16,67	5	14,71
<i>Drosophila</i> sp.	/	/	1	05,56	1	02,94
<i>Zonocerus variegatus</i>	/	/	3	16,67	3	08,82
<i>Neoconocephalus robustus</i>	4	25,00	1	05,56	5	14,71
<i>Acrida ungarica</i>	2	12,50	2	11,11	4	11,76
<i>Halyomorpha halys</i>	2	12,50	3	16,67	5	14,71
<i>Anoplocnemis curripes</i>	1	06,25	2	11,11	3	08,82

n_F : nombre de jours de présence des insectes pendant 16 jours d'observation à Foubot ; n_B : nombre de jours de présence des insectes pendant 18 jours d'observation à Bngou ; n_{OC} : nombre de jours de présence d'insectes pendant 34 jours d'observation à l'Ouest-Cameroun ; f_F : Fréquence relative des visites de l'insecte ($n_F/16$)*100 ; f_B : Fréquence relative des visites de l'insecte ($n_B/18$)*100 ; f_{OC} : Fréquence relative des visites de l'insecte ($n_{OC}/34$)*100.

4.5 Rythme des visites d'insectes selon les tranches horaires journalières d'observation :

Les visites des insectes ont été enregistrées sur les fleurs de *C. annuum* de 8 h à 13 h et la période journalière de butinage variait avec les insectes à l'Ouest-Cameroun, comme signalé dans le tableau 3. On tient de ce tableau 3 que les insectes floricoles de *C. annuum* pouvaient être placés dans dix groupes en fonction de la tranche horaire d'activité et du type de produit floral recherché :

(a) ceux qui ont leur pic d'activité situé entre 8 h et 9 h et, (i) butinaient exclusivement le nectar, représentés par *Eurema senegalensis*, Sphecidae (1 sp.) et *Drosophila* sp. ; (ii) récoltaient le pollen ou consommaient de pétales, représentés par *Pachnoda interrupta*, *Epilachna borealis* et *Paragus barbonicus* ; (iii) récoltaient du pollen et/ou du nectar, représentés par *Seladonia* sp. et *Crociaspidia chandlerie*.

(b) ceux qui ont leur pic d'activité situé entre 9 h et 10 h et, (i) récoltaient le pollen et/ou le nectar sur les fleurs, représentés par *Apis mellifera adansonii*, *Amegillia* sp., *Meliponula erythra*, *Hypotrigona squamuligera*, *Xylocopa olivacea*, *Xylocopa albiceps*, *Lipotriches collaris*, *Coelioxys* sp., *Chalicodoma cincta cincta*, *Chalicodoma rufipes*, *Synagris cornuta* et *Chalicodoma torrida* ; (ii) butinaient exclusivement le nectar, représentés par *Vanessa cardui*, *Delias cunningputi* ; *Philanthus triangulum* et

Pachnoda interrupta ; (iii) récoltait exclusivement du pollen, représenté par *Polistes metricus* ; (iv) suçait la sève, représenté par *Halyomorpha halys*.

(c) ceux qui ont leur pic d'activité situé entre 10 h et 11 h et, (i) récoltait du pollen et/ou du nectar, représenté par *Megachile bituberculata* ; (ii) récoltaient exclusivement du pollen, représentés par *Camponotus flavomarginatus*, *Podagriscina decolorata*, *Aulacophora foveicollis* et *Myrmecaria opaciventris* ; (iii) butinaient uniquement du nectar, représentés par *Polistes dominula*, *Belonogaster juncea juncea*, *Lasiommata maera*, *Lasiommata megera*, *Danaus chrysippus*, *Chrysotoxum intermedium* et *Catopsilia florella* ; (iv) consommaient de pétales, représentés par *Zonocerus variegatus*, *Neoconocephalus robustus* et *Acrida ungarica*.

Du tableau 3, on tient également que la période d'activité intense de l'ensemble des insectes se situait entre 9 h et 10 h, avec 38,40 % de visites. Ce pic d'activité s'expliquerait par le fait que c'est à cette tranche horaire que les produits floraux sont facilement accessibles et/ou la stratégie de fourragement optimale adoptée par les butineurs est accrue pendant la matinée. Ces résultats sont en accord à celui de Mc Grégor (1976) qui avait déjà mentionné que le pollen et/ou le nectar sont facilement exploitable en matinée. La baisse des activités observée au niveau des fleurs après la tranche horaire 11 - 12 h (02,91 % de visites) serait liée à la disponibilité et/ou de la qualité des

produits floraux d'une part et la fermeture graduelle des fleurs d'autre part. D'après les travaux de Schemske & Hortvitz (1988) et Kasper *et al.* (2008), lorsque le butin est difficilement exploitable ou il est réduit en

quantité et/ou médiocre en qualité, les insectes régulent leur activité sur les fleurs pour que l'énergie dépensée pour le butinage soit déficitaire par rapport à celle pouvant être tirée du butin.



Tableau 3 : Variation de la fréquence de visites d'insectes sur les fleurs de *Capsicum annum* selon les tranches horaires en 34 jours d'observation à l'Ouest-Cameroun.

	Fréquence de visites d'insectes par tranche horaire										
Insectes	8h-9h		9h-10h		10h-11h		11h-12h		12h-13h		A
	V ₁	F ₁	V ₂	F ₂	V ₃	F ₃	V ₄	F ₄	V ₅	F ₅	
<i>Apis mellifera adansonii</i>	501	22,38	923	41,24	512	22,88	211	09,43	91	04,07	2238
<i>Amegillia</i> sp.	5	29,41	10	58,83	2	11,75	/	/	/	/	17
<i>Dactylurina staudingeri</i>	81	38,03	111	52,11	21	09,86	/	/	/	/	213
<i>Meliponula erythra</i>	23	13,45	68	39,77	41	23,98	30	17,54	8	05,26	171
<i>Hypotrigona squamuligera</i>	17	18,28	31	33,33	28	30,11	11	11,83	6	06,45	93
<i>Xylocopa olivacea</i>	9	12,50	46	63,89	17	23,61	/	/	/	/	72
<i>Xylocopa albiceps</i>	10	17,55	33	57,89	9	15,79	5	08,77	/	/	57
<i>Seladonia</i> sp.	511	49,56	403	39,09	117	11,35	/	/	/	/	1031
<i>Lasioglossum albipes</i>	103	13,34	346	44,82	201	26,04	103	13,34	19	02,46	772
<i>Crocisaspidia chandlerie</i>	51	47,22	43	39,82	14	12,96	/	/	/	/	108
<i>Lipotriches collaris</i>	7	07,69	38	41,76	21	23,08	18	19,78	7	07,69	91
<i>Coelioxys</i> sp.	23	22,77	35	34,66	31	30,69	12	11,88	/	/	101
<i>Chalicodoma cincta cincta</i>	38	18,91	79	39,30	45	22,39	31	15,42	8	03,98	201
<i>Chalicodoma rufes</i>	30	26,09	31	26,96	28	24,35	19	16,52	7	06,08	115
<i>Chalicodoma torrida</i>	21	21,43	38	38,78	30	30,61	9	09,18	/	/	98
<i>Megachile bituberculata</i>	7	14,89	10	21,28	20	42,55	10	21,28	/	/	47
<i>Synagris cornuta</i>	45	15,05	80	26,76	75	25,08	60	20,07	39	13,04	299
<i>Polistes metricus</i>	26	28,89	43	49,43	12	13,79	6	06,89	/	/	87
<i>Polistes dominula</i>	6	10,17	10	16,95	41	69,49	2	03,39	/	/	59
<i>Belonogaster juncea juncea</i>	10	22,73	16	36,36	18	40,91	/	/	/	/	44
<i>Philanthus triangulum</i>	5	14,71	15	44,12	14	41,17	/	/	/	/	34
Sphecidae (1 sp.)	8	100,00	/	/	/	/	/	/	/	/	08
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	3	04,35	15	21,74	41	59,42	10	14,49	/	/	69
<i>Myrmecaria opaciventris</i>	/	/	13	25,06	31	59,62	8	15,38	/	/	52
<i>Lasiommata maera</i>	2	05,41	10	27,03	16	43,24	9	24,32	/	/	37
<i>Lasiommata megera</i>	/	/	7	21,21	18	54,55	8	24,24	/	/	33
<i>Danaus chrysippus</i>	19	17,59	28	25,93	39	36,11	21	19,45	1	00,92	108
<i>Vanessa cardui</i>	25	26,88	30	32,26	30	32,26	8	08,60	/	/	93
<i>Eurema senegalensis</i>	35	58,33	20	33,33	5	08,34	/	/	/	/	60
<i>Delias cunningputi</i>	9	22,50	15	37,50	13	32,50	3	07,50	/	/	40
<i>Catopsilia florella</i>	/	/	3	16,67	11	61,11	4	22,22	/	/	18
<i>Podagriscina decolorata</i>	/	/	13	21,31	30	49,18	10	16,39	8	13,12	61
<i>Aulacophora foveicollis</i>	21	18,10	28	24,14	41	35,35	20	17,24	6	05,17	116
<i>Pachnoda interrupta</i>	18	35,29	18	35,29	15	29,42	/	/	/	/	51
<i>Epilachna borealis</i>	12	57,14	8	38,10	1	04,76	/	/	/	/	21
<i>Paragus barbonicus</i>	18	85,71	3	14,29	/	/	/	/	/	/	21
<i>Chrysotoxum intermedium</i>	7	22,58	10	32,26	11	35,48	3	09,68	/	/	31
<i>Drosophila</i> sp.	9	100,00	/	/	/	/	/	/	/	/	9



<i>Zonocerus variegatus</i>	4	14,82	10	37,04	13	48,15	/	/	/	/	27
<i>Neoconocephalus robustus</i>	/	/	4	11,11	21	58,33	11	30,56	/	/	36
<i>Acrida ungarica</i>	/	/	/	/	27	100,00	/	/	/	/	27
<i>Halyomorpha halys</i>	/	/	7	43,75	5	31,25	4	25,00	/	/	16
<i>Anoplocnemis curripes</i>	9	25,00	11	30,56	13	36,11	3	08,33	/	/	36
A	1728	24,98	2661	38,4^Ω	1680	24,28	648	09,37	201	02,91	6918

V_1 : nombre de visites entre 8h et 9h ; V_2 : nombre de visites entre 9h et 10h ; V_3 : nombre de visites entre 10h et 11h ; V_4 : nombre de visites entre 11h et 12h ; V_5 : nombre de visites entre 12h et 13h ; F_1 : pourcentage des visites entre 8h et 9h ; F_2 : pourcentage des visites entre 9h et 10h ; F_3 : pourcentage des visites entre 10h et 11h ; F_4 : pourcentage des visites entre 11h et 12h ; F_5 : pourcentage des visites entre 12h et 13h ; ($^{\Omega}$) : pic d'activité des insectes ; A : Total.

4.6 Impact des insectes sur la pollinisation de *Capsicum annuum* : Le tableau 4 présente le nombre et les pourcentages de visites de quelques insectes à l'Ouest-Cameroun ayant été en contact régulièrement avec les anthères et le stigmate de *C. annuum* durant les 34 jours d'observation. De ce tableau, il ressort que toutes les 43 espèces d'insectes floricoles avaient eu des contacts plus ou moins avec les anthères et/ou les stigmates : (a) douze de ces insectes ont eu une fréquence optimale de contacts avec les anthères (100 %), 12 également ont une fréquence de contacts avec les anthères comprise entre $50 \% \leq P < 99 \%$, 13 avaient un pourcentage de contacts avec les anthères de plante inférieure à 50 % et trois ont zéro contact avec les anthères ; (b) cinq insectes ont eu une fréquence de contacts avec le stigmate de 100 %, 20 une fréquence de contacts avec les stigmates comprise entre $50 \% \leq P < 99 \%$, 12 avaient un pourcentage de contacts avec les stigmates de cette Solanaceae inférieure à 50 % et six ont zéro contact avec les stigmate. Durant leurs activités, ces insectes allaient de fleur en fleur et étaient en contact régulièrement et/ou permanent avec les anthères et/ou les pistils. D'après Lobreau-Callen & Couti (1987) et Delaphane *et al.* (2013), ce passage de fleur en fleur provoquerait soit une autopolinisation en faisant tomber les grains de pollen sur le stigmate d'une même fleur, soit une pollinisation croisée en emportant les grains de pollen sur le stigmate d'une autre fleur à l'aide notamment de leurs pattes, leurs pièces buccales et leur fourrure. Le rapprochement entre l'indice de régularité, l'abondance relative et l'étho-écologique de butinage spécifique de chaque espèce d'insecte sur la fleur ont permis de hiérarchiser les insectes pollinisateurs de cette Solanaceae. De ce fait, les différentes espèces d'insectes inventoriés sur les fleurs de *C. annuum* sont classés dans trois catégories de pollinisateurs : (a) pollinisateurs majeurs caractérisés par l'indice de régularité

élevé ($R > 0,05$) doublé d'une bonne récolte du pollen (Tchuenguem, 1993) : *A. m. adansonii*, *D. standingeri*, *M. erythra*, *Seladonia* sp., *L. albipes*, *C. chandlerie*, *L. collaris*, *C. torrida*, *C. rufipes* et *S. cornuta* ; (b) pollinisateurs mineurs caractérisés par un indice de régularité faible ($0,001 \leq R < 0,05$) auquel s'ajoute la récolte du pollen et/ou du nectar (Tchuenguem, 1993) : *Amegillia* sp., *H. squamuligera*, *X. olivacea*, *X. albiceps*, *M. bituberculata*, *P. metricus*, *P. dominula*, *B. j. juncea*, *P. triangulum*, *C. flavomarginatus*, *D. chrysippus*, *V. cardui*, *E. senegalensis*, *D. cunningputi* et *P. barbonicus* ; (c) pollinisateurs occasionnels qui se caractérisaient soit par l'indice de régularité très faible ($R < 0,001$) doublé d'une absence de comportement lié à la recherche du pollen, soit par leur capacité à détruire les organes de la fleur (Tchuenguem, 1993) : les autres insectes. Il se dégage de ce classement qu'en plus de *A. m. adansonii* qui est connu comme pollinisateur majeur de plusieurs plantes comme le signalent Klein *et al.* (2007), on relève également une importante présence des abeilles sauvages comme pollinisateurs efficaces de cette Solanaceae. D'autres auteurs à travers le monde ont montré que les insectes les plus aptes à polliniser *C. annuum* se recrutent au sein des abeilles solitaires. Kristjansson & Rasmussen (1991) aux États Unis d'Amérique et Cruz *et al.* (2005) au Brésil ont montré que les abeilles sauvages *Osmia cornifrons* et *Melipona subnitida* sont les insectes pollinisateurs majeurs de *C. annuum* dans ces pays. Selon Georges (1989) et Free (1993), les abeilles sauvages régulièrement très actives et permanentes au niveau des fleurs des cultures pourraient jouer un rôle important sur l'auto et la pollinisation croisée de celles-ci. Ainsi, les observations de Meisels & Chiasson (1997), Dag & Kammer (2001) et Rader *et al.* (2009) sur *C. annuum* signalent qu'en l'absence des abeilles sociales telles que *Apis mellifera*, *Bombus terrestris* et *Bombus impatiens*, les abeilles sauvages ou solitaires sont considérées comme pollinisateurs alternatifs de cette espèce végétale.



Tableau 4 : Indice de régularité, nombre et pourcentage de visites des insectes avec contact aux anthères et stigmates de *Capsicum annum* à Foubot et à Bangou (Ouest-Cameroun) en 2020.

Insectes	Foubot	Bangou	OC	<i>N_{oc}</i>	<i>NV</i>			
					Anthères		Stigmates	
	<i>R_F</i>	<i>R_B</i>	<i>R_{OC}</i>		<i>n_a</i>	<i>P_a</i> (%)	<i>n_s</i>	<i>P_s</i> (%)
<i>Apis mellifera adansonii</i>	0,35900	0,30270	0,32350	2238	2238	100,00	1989	88,87
<i>Amegillia</i> sp.	0,00418	/	0,00073	17	17	100,00	17	100,00
<i>Dactylurina standingeri</i>	/	0,04880	0,01630	213	178	83,57	143	67,14
<i>Meliponula erythra</i>	/	0,03266	0,01089	171	171	100,00	103	60,23
<i>Hypotrigena squamuligera</i>	/	0,01301	0,00438	93	69	74,19	46	49,46
<i>Xylocopa olivacea</i>	/	0,01008	0,00336	72	72	100,00	72	100,00
<i>Xylocopa albiceps</i>	/	0,00582	0,00192	57	57	100,00	57	100,00
<i>Seladonia</i> sp.	0,20750	0,11480	0,14900	1031	1031	100,00	989	95,93
<i>Lasioglossum albipes</i>	0,14136	0,09420	0,11160	772	772	100,00	502	65,03
<i>Crociaspidia chandlerie</i>	/	0,02332	0,00780	108	81	76,85	61	56,48
<i>Lipotriches collaris</i>	/	0,02090	0,00698	91	79	86,81	53	58,24
<i>Coelioxys</i> sp.	0,03954	/	0,00687	101	101	100,00	47	46,53
<i>Chalicodoma cincta cincta</i>	/	0,04610	0,01540	201	201	100,00	201	100,00
<i>Chalicodoma rufes</i>	/	0,02640	0,00878	115	93	80,87	81	70,43
<i>Chalicodoma torrida</i>	/	0,01624	0,00543	98	71	72,45	53	46,09
<i>Megachile bituberculata</i>	/	0,00479	0,00160	47	47	100,00	47	100,00
<i>Synagris cornuta</i>	0,04150	0,03683	0,03938	299	108	36,12	123	41,14
<i>Polistes metricus</i>	0,02344	/	0,00407	87	52	59,77	29	33,34
<i>Polistes dominula</i>	0,00937	0,00103	0,00375	59	21	55,59	28	47,46
<i>Belonogaster juncea juncea</i>	0,00393	0,00159	0,00244	44	11	25,00	31	70,46
<i>Philanthus triangulum</i>	/	0,00303	0,00100	34	34	100,00	18	52,94
Sphecidae (1 sp.)	/	0,00019	0,00007	08	1	12,50	3	37,50
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	0,00256	0,00305	0,00294	69	69	100,00	47	68,12
<i>Myrmicaria opaciventris</i>	/	0,00462	0,00154	52	31	59,62	19	36,54
<i>Lasiommata maera</i>	0,00543	/	0,00093	37	15	40,54	21	56,76
<i>Lasiommata megera</i>	0,00483	/	0,00084	33	18	54,55	19	57,58
<i>Danaus chrysippus</i>	0,00513	0,00649	0,00596	108	33	30,56	53	49,07
<i>Vanessa cardui</i>	0,00340	0,00579	0,00472	93	39	41,94	66	70,97
<i>Eurema senegalensis</i>	0,00127	0,00495	0,00307	60	9	15,00	33	55,00
<i>Delias cunningputi</i>	0,00065	0,00197	0,00136	40	17	42,50	35	87,50
<i>Catopsilia florella</i>	/	0,00113	0,00038	18	10	55,56	9	50,00



<i>Podagriscina decolorata</i>	0,00896	/	0,00155	61	35	57,38	/	/
<i>Aulacophora foveicollis</i>	0,00735	0,00556	0,00642	116	78	67,24	/	/
<i>Pachnoda interrupta</i>	/	0,00325	0,00108	51	10	19,61	/	/
<i>Epilachna borealis</i>	/	0,00133	0,00044	21	7	33,33	/	/
<i>Paragus barbonicus</i>	0,00153	/	0,00026	21	13	61,91	17	80,95
<i>Chrysotoxum intermedium</i>	0,00063	0,00068	0,00066	31	21	67,74	22	70,97
<i>Drosophila</i> sp.	/	0,00011	0,00003	9	3	33,34	5	55,56
<i>Zonocerus variegatus</i>	/	0,00103	0,00034	27	/	/	3	11,11
<i>Neoconocephalus robustus</i>	0,00024	0,00013	0,00076	36	4	11,11	/	/
<i>Acrida ungarica</i>	0,00087	0,00023	0,00045	27	7	25,93	/	/
<i>Halyomorpha halys</i>	0,00053	0,00018	0,00033	16	/	/	6	37,50
<i>Anoplocnemis curvipes</i>	0,00019	0,00071	0,00045	36	/	/	11	30,56

R : indice de régularité ; n_{OC} : nombre de visites étudiées ; $NVCP$: nombre de visites avec contact à l'anthère et/ou au pistil, n_a : nombre de visites avec contact aux anthères ; n_s : nombre de visites avec contact stigmatique ; P_a : pourcentage de visites avec contact aux anthères ; P_s : pourcentage de visites avec contact stigmatique

4.7 Impact des insectes sur les rendements grainiers de *Capsicum annum* :

Le tableau 5 présente le taux de

fructification, le nombre de graines par fruit et le pourcentage de graines normales obtenues dans les différents traitements.

Tableau 5 : Rendement en fruits et en graines dans les différents traitements de *Capsicum annum* à Foubot et à Bangou (Ouest-Cameroun) en 2020.

Paramètres	Traitement (A, A')	Traitement (B, B')	Comparaison (A et B ; A' et B')
Tf_{Foubot}	76,42 %	18,56 %	$\chi^2_{Foubot} = 67,12$ [ddl=1 ; $P < 0,001$] *
Ng_{Foubot}	285,53 ($n=40, s=16,01$)	272,21 ($n=40, s=22,77$)	$Z_{Foubot} = 0,03$ [ddl=78 ; $P > 0,05$]
Gn_{Foubot}	92,88 %	83,45 %	$\chi^2_{Foubot} = 4,26$ [ddl=1 ; $P < 0,05$] *
Tf_{Bangou}	81,33 %	21,31 %	$\chi^2_{Bangou} = 80,52$ [ddl=1 ; $P < 0,001$] *
Ng_{Bangou}	291,83 ($n=40, s=17,22$)	274,53 ($n=40, s=24,33$)	$Z_{Bangou} = 7,07$ [ddl=78 ; $P < 0,01$] *
Gn_{Bangou}	95,78 %	84,67 %	$\chi^2_{Bangou} = 7,01$ [ddl=1 ; $P < 0,01$] *

A : Fleurs laissées en libre pollinisation à Foubot, **B :** Fleurs protégées des insectes à Foubot, **A' :** Fleurs laissées en libre pollinisation à Bangou, **B' :** Fleurs protégées des insectes à Bangou, **Tf :** taux de fructification, **Ng :** nombre de graines par fruit, **Gn :** pourcentage de graines normales, * : Significatif à $P < 0.05$.

Il ressort de ce tableau que :

- la différence est très significative entre les taux de fructification des traitements A et B ($\chi^2_{Foubot} = 67,12$ [ddl=1 ; $P < 0,001$]), puis les traitements A' et B' ($\chi^2_{Bangou} = 80,52$ [ddl=1 ; $P < 0,001$]) respectivement à Foubot et Bangou. Ceci révèle une faible implication de l'autopollinisation dans la production de poivron. Il se justifie par la faible production de fruits dans les traitements encagés ; la majorité des fruits formés par autopollinisation n'atteint pas la maturité. Ces résultats montrent que les insectes floricoles ont un impact positif sur la fructification de poivron. Des résultats similaires ont été signalés par Jarlan *et al.* (1997) en Colombie et Cruz *et al.* (2005) en Amérique latine où ils ont montré que les insectes floricoles jouent un rôle prépondérant dans la productivité de cette Solanaceae. La contribution numérique due à l'influence de ces insectes floricoles sur le taux de fructification était de 74,76 % à l'Ouest-Cameroun.

- Les différences sont non significatives entre traitements A et B ($Z_{Foubot} = 0,03$ [ddl=78 ; $P > 0,05$]) à Foubot, puis significative entre les traitements A' et B' (Z_{Bangou}

= 7,07 [ddl=216 ; $P < 0,01$]) à Bangou. Le nombre moyen de graines par fruit a été supérieur dans les traitements aux fleurs laissées en libre pollinisation (traitements A ou A') que dans ceux à fleurs isolées des visites d'insectes (traitements B ou B'). Amoako & Yeboah-Gyan (1991) et Raw (2000) ont obtenu des résultats similaires au Ghana et au Brésil respectivement. En effet, ces auteurs ont signalé des différences significatives entre le nombre moyen de graines issues des fleurs laissées en libre pollinisation et celui des fleurs autopollinisées. Le pourcentage du nombre de graines par fruit dû aux insectes floricoles est de 5,30 %.

- Les différences sont significatives entre les traitements A et B ($\chi^2_{Foubot} = 4,26$ [ddl=1 ; $P < 0,05$]) d'une part à Foubot, et hautement significative entre les traitements A' et B' ($\chi^2_{Bangou} = 7,01$ [ddl=1 ; $P < 0,01$]) d'autre part à Bangou. Le nombre de graines normales provenant des fleurs laissées en libre pollinisation (traitements A ou A') a été plus élevé que celui des fleurs isolées des visites d'insectes (traitements B ou B'). La contribution numérique du nombre de graines normales attribuable à l'activité des insectes sur les fleurs de cette Solanaceae à l'Ouest-Cameroun est de 10,88 %.

5 CONCLUSION

A l'Ouest-Cameroun, 43 espèces d'insectes ont été recensées sur les fleurs de *Capsicum annuum* pour la récolte du nectar, du pollen, la consommation de pétales et la succion de sève. Elles se regroupent dans 18 familles et six ordres. L'ordre le plus riche étant celui des Hymenoptera avec 24 espèces, suivi des Lepidoptera avec sept espèces, ensuite de Coleoptera avec quatre espèces, des Diptera et Orthoptera avec trois espèces chacun et enfin des Hemiptera avec deux espèces. Ces insectes sont en activité sur les fleurs de poivron de 8h à 13h, avec un pic situé entre 9h et 10h, soit 38,40

% des visites observées à cette tranche horaire. Le rendement des fleurs non isolées a été plus élevé à celui des fleurs isolées des insectes. Il est apparu que les insectes floricoles ont un impact positif sur l'augmentation du taux de fructification, du nombre moyen de graines par fruit ainsi que sur le pourcentage de graines normales. Le traitement des plants de cette Solanaceae aux pesticides chimiques est à éviter pendant la période de floraison afin de bénéficier du service écosystémique des insectes pollinisateurs.

6 REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment les remerciements à Njoya Georges Bertrand pour avoir mis à leur disposition les semences de poivron et la fiche technique et à MM. Arouna Bouari, Parre

Mouanssie et Sawou Richard pour leur aide physique pour la préparation et le suivi des parcelles expérimentales

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akessa E, Ouali-N'goran M. and Tano Y : 2015. Insectes ravageurs du piment *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae) à Port-Bouët (Abidjan-Côte d'Ivoire) : Pratiques de lutte par les pesticides chimiques. *Journal of Applied Biosciences*, 93: 8667- 8674.
- Amoako J. and Yeboah-Gyan K : 1991. Insect pollination of three Solanaceous vegetable crops in Ghana with special reference to the role of African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) for fruit set. *Acta Hort.* 288 : 255-259 DOI: 10.17660/ActaHortic.1991.288.38.
- Andrews J: 1984. Peppers: the domesticated *Capsicum*. *University of Texas Press, Austin, Texas, United States*. 170 p.
- Borror DJ. and White RE: 1991. *Les insectes de l'Amérique du Nord (au Nord de Mexique)*. Les guides Peterson. Ed. Broquet. 408 p.
- Bosland PW. and Votava EJ: 2000. Peppers: vegetable and spice capsicums. *CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom*. 204 p.
- CRH/IRGM : 2010. Rapport d'évaluation des ressources en eau du Cameroun. *Centre de Recherche Hydrologique, Institut de Recherches Géologiques et Minières de Yaoundé*, 96 p
- Dajoz R: 2000. Précis d'écologie. Dunod, Paris. 615 p.
- Dajoz R: 2008. La biodiversité : l'avenir de la planète et de l'homme. Ellipses, Paris. 275 p.
- De Ruijter A, van den Eijnde J. and van der Steen J: 1991. Pollinisation de poivre doux (*Capsicum annuum* L.) dans les serres par les abeilles. *Acta Horticultural*, 288 : 270-274 DOI: 10.17660 / ActaHortic.1991.288.41
- Delaplane KS, Arnon D, Robert Danko G, Breno Freitas M, Lucas Garibaldi A, Mark Godwin R. and Jose Hormaza I: 2013. Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. *Journal of apiculture research*, 52(4): 1-28.
- Delvare G. and Aberleng P: 1987. Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale, Clé pour la reconnaissance des familles. PRIFAS, Montpellier, France, 302 p.

- Depezay L. and Daniel P: 2007. Les légumes dans alimentation: les effets nutritionnels *fondation Louis bondelle*, 1: 12-16.
- Djonwangwé D, Pando JB, Tchuenguem FF-N. and Messi J: 2017. Impact de l'activité de butinage de *Xylocopa inconstans* (Hymenoptera : Apidae) et de *Megachile eurymera* (Hymenoptera : Megachilidae) sur la pollinisation de *Vigna unguiculata* (Fabaceae) à Maroua (Extrême - Nord, Cameroun). *Afrique Science*, 13(5): 1 – 17.
- Djonwangwé D, Pando JB. and Tchuenguem FF-N: 2019. Diversity of flowering insects of *Allium cepa* L. 1753 (Liliaceae) at Dogba and Gazawa (Diamaré, Far North Region, Cameroon). *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 9 (2): 281-296.
- Dora AAC, 2007 : Faisabilité de la production au Mexique de fromages de chèvre additionnés de piment : aspects technologiques, sensoriels sanitaires et économiques. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Université de Lorraine, 274 p.
- DSCE : 2009. *Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi*. MINEPAT. Yaoundé, Cameroun. 112 p.
- Eardley C, Roth D, Clarke J, Buchmann S. and Gemmill B: 2006. *Pollinators and pollination : A resource book for policy and practice*. African Pollinator Initiative (ed.), Pretoria, , 77 p.
- Eardley C, Kuhlmann M. and Pauly A: 2010. The bee genera and subgenera of Sub-Saharan Africa. *ABC Taxa*, 7: 1-138.
- Fondio L, Kouamé C, Djidji AH. and Aïdara S : 2009. Fiche Technique CNRA : Bien Cultiver Le Piment En Côte d'Ivoire, www.Erails.Net/CI/Cnra/Cnra/ Fiches Techniques-Cnra. Consulté le15/03/2016.
- Fortel L, Henry M, Guilbaud L, Guirao AL, Kuhlmann M, Mouret H, Rolin O. and Vaissière EB: 2014. Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera: Anthophila) along an urbanization gradient. *PLoS One*, 9(8) : 1-12 e104679.
- Free JB: 1993. *Insect Pollination of Crops*. Academic Press. London, UK. 152 p.
- Frick TB. and Tallamy DW: 1996. Density and diversity of non target insects killed by suburban electric insect traps. *Entomological News*, 107(2): 77-82.
- George RAT: 1989. *Vegetable seed production*. Longman scientific and technical. London and New-York. 318 p.
- Gry L : 1991. Poivron ou piment, la sélection est très forte. *Semences et Progrès*, 69 : 16-30.
- Hall DM, Camilo G, Tonietto RK. and Threlfall C: 2017. The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology*, 31(1): 24–29.
- Hamon S : 1987. *Organisation évolutive du genre Abelmoschus (Gombo) : coadaptation et évolution de deux espèces de Gombo cultivées en Afrique de l'Onest (A. esculentus et A. caillei)*. Ed. ORSTOM. Paris, France. 26 p.
- Jaccard P : 1908. Nouvelles Recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 44 : 223-270
- Jarlan A, Oliveira D. and Gingras J: 1997. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse by the syrphid fly *Eristalis tenax* L. *Acta Horticulturae*, 437: 335-340.
- Kasper ML, Reeson AF, Mackay DA. and Austin AD: 2008. Environmental factors influencing daily foraging activity of *Vespula germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in Mediterranean Australia. *Insect Sociaux*, 55: 288-296.
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C. and Tscharntke T: 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, 274: 303–313.
- Kristjansson K. and Rasmussen K: 1991. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) with the solitary bee *Osmia*

- cornifrons* (RADOSZKOWSKI). *Acta Hortic.*, 288 : 173-179.
- Kumar R : 1991. *La lutte contre les insectes ravageurs*. KARTHALA et CTA (eds), Wageningen, Paris, 309 p.
- Kubišová S. and Háslbachová H: 1991. Pollinisation de la ligne de poivre vert male-stérile (*Capsicum annuum* L.) par les abeilles. *Acta Hortic.* 288: 364-370 DOI: 10.17660 / Acta Hortic. 1991.288.59
- Leung WTW, Busson F. and Jardin C: 1968. Food composition table for use in Africa. *FAO, Rome, Italy*. 306 p.
- Lobreau-Callen D. and Coutin R: 1987. Ressources florales exploitées par quelques Apoïdes des zones cultivées en savane arborée sénégalaise durant la saison des pluies. *Agronomie*, 7 (4) : 231-246.
- Mathew G, Rugmini P. and Sudheendra KVV: 1998. Insect biodiversity in disturbed and undisturbed forests in the Kerala part of Western Ghats. *KFRI Research Report No.135*. KFRI, Peechi.113p.
- Pando JB, Tchuenguem FF-N. and Tamesse JL: 2011. Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa calens* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae) flowers at Yaounde (Cameroon). *Entomological Research*, 41 : 185-193
- Pando JB, Djonwangwe D, Balti MO, Tchuenguem FF-N. and Tamesse JL: 2018. Insect floral visitors of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) and impact of the foraging activities on the pollination, pod and seed yields at Maroua – Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 12(4):48-58.
- Pando JB, Djonwangwé D, Tchuenguem FF-N. and Tamesse JL: 2019. Diversité des Insectes sur les Panicules de *Zea mays* (Poaceae) et Leur Impact sur le Rendement Grainier à Maroua (Extrême - Nord, Cameroun). *European Scientific Journal*, 15(9) :460-477.
- Pando JB, Djongwangwé D, Balti MO, Tchuenguem FF-N. and Tamesse JL: 2020a. Diversité des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae) et leur impact sur les rendements fruitier et grainier à Maroua-Cameroun. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 43 (1): 7350-7365.
- Pando JB, Djongwangwé D, Balti MO, Tchuenguem FF-N. and Tamesse JL: 2020b. Effect of insect pollination on the yield of *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) in Maroua-Cameroon. *Journal of Advance in Agriculture*, 11: 22-36.
- Pauly A : 2014. Les Abeilles des Graminées ou *Lipotriches* Gerstaecker, 1858, sensu stricto (Hymenoptera: Apoidea: Halictidae: Nomiinae) de l'Afrique subsaharienne. *Belgian Journal of Entomology*, 20: 1-393.
- Pauly A : 2018. Hymenoptera Apoidea du Gabon. *Annales Musée Royal de l'Afrique Centrale, Sciences Zoologiques*, 282: 1-121.
- Rader R, Howlett BG, Cunningham SA, Westcott DA, Newstrom-Lloyd LE, Walker MK, Teulon DAJ. and Edwards W: 2009. Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. *Journal of Applied Ecology*, 46: 1080-1087.
- Roubik DW: 2000. Pollination system stability in tropical America. *Conservative biology*, 14: 1235-1236.
- Schemske W. and Horvitz CC: 1988. Plant-animal interactions and fruit production in a Neotropical herb: a path analysis. *Ecology*, 69 : 1128-1137.
- Tchuenguem FF-N : 1993. Activité des insectes anthophiles et son impact sur les rendements de deux plantes cultivées au Cameroun : *Zea mays* LINNE (Gramineae) et *Arachis hypogaea* LINNE (Papilionaceae).Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Faculté de Sciences, Université de Yaoundé 1,133 p.
- Tchuenguem FF-N, Pando JB. and Tamesse JL: 2014. Pollination efficiency of *Xylocopa*

- olivacea* (Hymenoptera : Apidae) on *Cajanus cajan* (Fabaceae) flowers at Yaounde, Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science*, 33: 138-148.
- Yarou BB, Bokonon-Ganta HA, Assogba-Komlan F, Mensah CA, Verheggen F. and Francis F: 2018. Inventaire de l'entomofaune associée au basilic tropical (*Ocimum gratissimum* L., Lamiaceae) dans le Sud Bénin. *Entomologie Faunistique*, 71 : 1-10.