

Diversité des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae) et leur impact sur les rendements fruitier et grainier à Maroua-Cameroun.

Joseph Blaise Pando^{1*}, Denis Djonwangwé¹, Olivier Balti Moudelsia¹, Fernand-Nestor Tchuenguem Fohouo², Joseph Lebel Tamesse³.

¹ : Université de Maroua, Ecole Normale Supérieure, Laboratoire des Sciences Biologiques, BP 55 Maroua, Cameroun.

² : Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Laboratoire de Zoologie Appliquée, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun.

³ : Université de Yaoundé I, Ecole 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 : *Abelmoschus esculentus*, fleurs, insectes, pollinisation, rendements

Keys words: *Abelmoschus esculentus*, flowers, insects, pollination, yields

Publication date 31/01/2020, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs/>

1 RÉSUMÉ

Pour déterminer la richesse spécifique, la fréquence relative, les produits alimentaires recherchés, les insectes pollinisateurs et l'impact de ces insectes sur les rendements, deux traitements ont été formés à partir du marquage de 240 boutons floraux en 2015 et 2017 chacun selon la présence ou l'absence de protection contre les insectes. Les observations ont été faites sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* en libre pollinisation du 11 au 22 septembre 2015 et du 7 au 19 septembre 2017 à Wourndé et Palar respectivement. La diversité spécifique des insectes floricoles de gombo était de 17 et 20 espèces respectivement à Wourndé et à Palar. L'indice de Jacard ($J = 0,15$) révèle une similarité entre les deux sites, preuve que les conditions environnementales sont similaires dans les deux habitats. Les insectes butinaient les fleurs du gombo de 8 h à 13 h, avec le pic de l'activité de l'ensemble de visites de ceux-ci situé entre 10 h et 11 h. Les insectes développaient un comportement très élaboré lors de la récolte du nectar et/ou du pollen et la consommation du pétale. On peut regrouper ces insectes en pollinisateur majeur (*Lipotriches collaris*), pollinisateurs mineurs [*Sphecodes albilabris*, *Camponotus flavomarginatus*, le Vespidae (1 sp.), *Lasioglossum albilabris*, *Seladonia* sp., *Lasioglossum albipes*, *Lipotriches pulchriventris* et le Formicidae (1 sp.)] et pollinisateurs occasionnels. La comparaison des rendements des fleurs non protégées à celui des fleurs protégées des insectes ont montré que les insectes ont un impact positif sur ce rendement. L'influence de ces insectes est estimée à 9,57%, 7,18% et 4,34% pour le taux de fructification, le nombre de graines/capsule et le pourcentage de graines normales respectivement. Afin d'améliorer le rendement de *A. esculentus*, il est conseillé de préserver les insectes floricoles non nuisibles dans les champs de gombo en évitant les traitements aux pesticides pendant la période de floraison lorsqu'ils ne se justifient pas.

ABSTRACT

To determine the species richness, the relative frequency, desired food products, the pollinating insects and impact of these insects on the yields, two treatments were formed from the marking of 240 flower buds in 2015 and 2017, differentiated according to the

presence or absence of protection against insect's activities. Observations were made on free-pollinated *Abelmoschus esculentus* flowers from 11 to 22 September 2015 and from 7 to 19 September 2017 in Wourndé and Palar respectively. The specific diversity of the flowering insects of okra was 17 and 20 species respectively in Wourndé and Palar. The Jacard index ($J = 0.15$) reveals a similarity between the two sites, proof that the environmental conditions are similar in both habitats. The insects foraged the flowers of the okra from 8h to 13h, with the peak of the activity of the set of visits of them located between 10 h and 11 h. The insects developed a much elaborated behaviour during the harvest of the nectar and / or the pollen and the consumption of petal. These insects can be grouped into major pollinators (*Lipotriches collaris*), minor pollinators [*Sphcodes albilabris*, *Camponotus flavomarginatus*, Vespidae (1 sp.), *Lasioglossum albilabris*, *Seladonia* sp., *Lasioglossum albipes*, *Lipotriches pulchriventris* and Formicidae (1 sp.)] and occasional pollinators. By comparing the yield of unprotected flowers to that of insect-protected flowers, it appeared that insects have a positive impact on this yield. The influence of these insects is estimated at 9.57 %, 7.18 % and 4.34 % for the fruiting rate, the number of seeds / capsule and the percentage of normal seeds respectively. To improve the yield of *A. esculentus*, it is advisable to preserve the flower-dwelling insects in okra fields by avoiding pesticide treatments during the flowering period when they are not justified.

2 INTRODUCTION

Abelmoschus esculentus (L.) Moench (1794) est une Malvacée des régions tropicales et subtropicales largement cultivée en Afrique (George, 1989). C'est une plante annuelle robuste, érigée, atteignant 4 m de haut, plus ou moins fortement ramifiée (Charrier, 1983). Ses fleurs éphémères, hermaphrodites, axillaires et solitaires (Hamon, 1987) attirent les insectes (Al-Ghzawi et al., 2003 ; Njoya et al., 2005 ; Olugbenga and Eludire, 2014). 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 (Tchuenguem et al., 2014 ; Pando et al., 2018). La plupart des agriculteurs de ces pays pensent que les rendements élevés sont exclusivement dus aux techniques culturales diverses, aux éléments fertilisants et au contrôle des infestations (Kumar, 1991). Ils ignorent qu'en l'absence d'insectes anthophiles ou en présence d'un nombre insuffisant de ceux-ci au cours de la floraison de plusieurs plantes, les rendements peuvent être fortement diminués ou nuls (Philippe, 1991 ; Klein et al., 2007 ; Pando et al., 2019). De part le monde, les données

concernant les relations entre *A. esculentus* et les insectes floricoles sont existents mais sont insuffisantes. Crane (1991) et Free (1993) ont montré que l'abeille *Apis cerena* et les abeilles du genre *Halictus* sont les pollinisateurs prépondérants de *A. esculentus* en Inde. Au Burkina Fasso, Angbanyéré et Matthew (2012) ont signalé que *Apis mellifera* est le pollinisateur majeur de cette plante. Au Cameroun, à l'exception des travaux menés à Yaoundé et à Maroua par Njoya et al. (2005) et Azo'o et al. (2012) respectivement, aucune autre production scientifique dans ce sens n'est disponible à notre connaissance. Ces auteurs ont trouvé que *Apis mellifera*, *Megachile* spp., *Halictus* spp. et *Xylocopa* spp. (Njoya et al., 2005), puis *Tetralonia fraterna* et *Eucara macrognata* (Azo'o et al., 2012) augmentent significativement les rendements de cette plante. Au Cameroun, la production du gombo qui est estimée à 54776,5 tonnes / an (MINADER, 2012) est insuffisante pour satisfaire la demande évaluée à 7011392 tonnes /an (DSCE, 2009). Les travaux antérieurs faits sur la pollinisation des insectes floricoles de *A. esculentus* ont été réalisés à Yaoundé par Njoya et al. (2005) et Maroua par Azo'o et al. (2011), sont des zones urbanisées. Il s'avère nécessaire de

mener des recherches dans un environnement agricole afin de compléter les données existantes. De plus, d'après Roubik (2000), la diversité et l'abondance de l'entomofaune pollinisatrice d'une plante peuvent varier dans le temps et dans l'espace. Ainsi, la connaissance de la diversité des insectes pollinisateurs du gombo devraient permettre l'élevage des potentiels insectes pollinisateurs efficaces de cette Malvacée. L'objectif général du présent travail est une contribution à la maîtrise de

l'entomofaune floricole de *A. esculentus* en vue de sa gestion optimale à l'Extrême Nord du Cameroun. Ce travail vise quatre objectifs spécifiques : (a) recenser les insectes floricoles de *A. esculentus* ; (b) évaluer la fréquence de visites de ces insectes sur les fleurs et les substances prélevées ; (c) déterminer les insectes pollinisateurs de cette plante ; (d) évaluer l'impact des insectes floricoles sur les rendements fruitier et grainier.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Site, stations d'étude et matériels biologiques : Les investigations se sont déroulées à Palar (10°36'16,7"N ; 14°16'36,5" E et 416 m) en 2015 et à Wourndé (10°38'15,7"N ; 14°18'40,4"E et 437 m) en 2017, dans l'arrondissement de Maroua II, département du Diamaré, Région de l'Extrême-Nord du Cameroun (Figure 1). Ces coordonnées ont été obtenues à l'aide d'un GPS de marque GARMIN etrex 10. Le choix de ces sites d'observation se justifie par l'existence des champs paysans d'autres cultures

et la garantie de sécurité des parcelles expérimentales et de l'observateur. Le matériel végétal était représenté par : (a) les graines de gombo achetées au marché Abattoir de Maroua ; (b) les diverses espèces végétales situées à proximité des parcelles expérimentales et qui étaient en fleurs en même temps que *A. esculentus*. Le matériel animal était représenté de l'ensemble des insectes présents dans les sites d'investigation et qui visitaient les fleurs de *A. esculentus*.

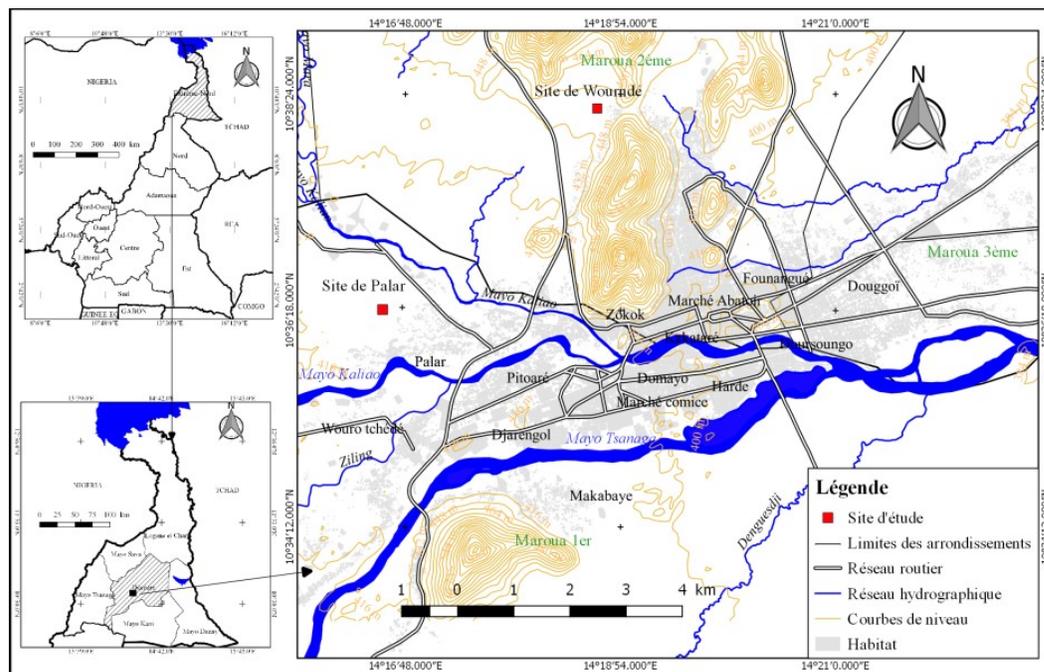


Figure 1 : Carte de la ville de Maroua localisant les sites de Wourndé et de Palar

3.2 Méthodes

3.2.1 Préparation, semis et entretien de la parcelle expérimentale : La parcelle expérimentale était un terrain de 19 m de longueur sur 11 m de largeur pour une superficie de 209 m². Le 20 juillet 2015 et le 08 juillet 2017, les parcelles expérimentales ont subi successivement les opérations suivantes : défrichage, labour à la charrue et formation des quatre sous-parcelles. Le 21 juillet 2015 à Palar et 13 juillet 2017 à Wourndé, les semis ont été faits, en ligne sur les sous-parcelles, à raison de 10 lignes par sous-parcelle. Les graines étaient semées à raison de trois par poquet, l'espacement étant de 40 cm entre les poquets et 60 cm entre les lignes et à 4 cm de profondeur. Le démariage a été fait lorsque les plantes portaient quatre feuilles et seule la plante la plus vigoureuse a été conservée par poquet. De la germination (survenue le 25 juillet 2015 et 17 juillet 2017) à l'apparition des premières fleurs (10 septembre 2015 et 6 septembre 2017), les opérations de sarclage à la houe ont été effectuées régulièrement toutes les deux semaines. De la période de floraison à la maturation des capsules, le désherbage était fait régulièrement à la main selon les recommandations de Pando *et al.* (2018).

3.2.2 Détermination du mode de reproduction de *Abelmoschus esculentus* : Le 10 septembre 2015 et le 6 septembre 2017, 240 et 240 fleurs au stade bouton floral ont été

étiquetés à Palar et Wourndé respectivement et deux traitements constitués :

- traitements A (2015) et A' (2017), constitués chacun de 120 boutons floraux non protégés, c'est-à-dire les fleurs sont laissées en libre pollinisation (Figure 2A) pour la mise en évidence de la pollinisation mixte (autopollinisation et pollinisation croisée) ;
- traitements B (2015) et B' (2017), constitués de 120 boutons floraux également, protégés délicatement à l'aide des sachets en toile gaze (Figure 2B) pour la mise en évidence de l'autopollinisation. Cinq jours après la fin de floraison, le nombre de capsules formées dans chaque traitement a été évalué et l'indice de fructification a été calculé à l'aide de la formule ci-après : $I_{fr} = F_2/F_1$ (Tchuenguem *et al.*, 2014) (1) où F_2 est le nombre de fruits formés et F_1 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) :

$$TC = \{[(I_{frX} - I_{frY}) / I_{frX}] * 100\} \quad (2)$$

où I_{frX} et I_{frY} sont respectivement les indices de fructification dans le traitement aux fleurs libres (traitement X) et dans le traitement aux fleurs protégées (traitement Y).

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

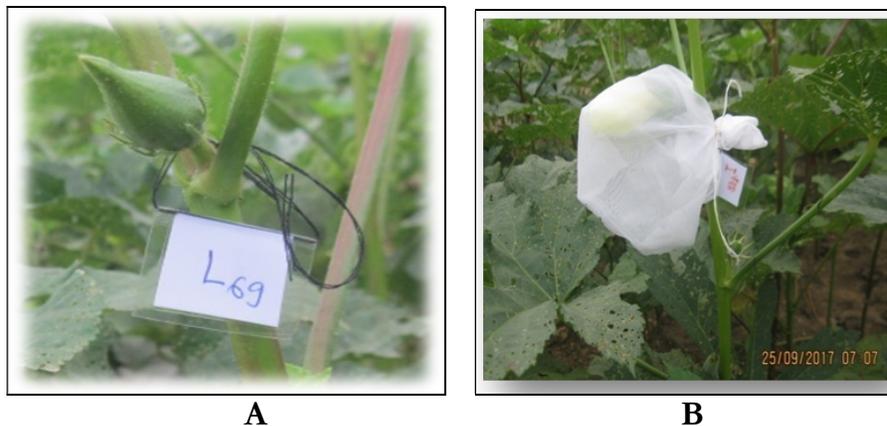


Figure 2 : Différents traitements appliqués sur *Abelmoschus esculentus* (A = bouton floral en libre pollinisation ; B : bouton floral isolée des visites d'insectes)

3.2.3 Détermination de la diversité et de la fréquence relative des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* dans chaque site : Pour déterminer la diversité des insectes floricoles, durant la période d'étude, les insectes ont été capturés sur les fleurs en libre pollinisation et non étiquetées à la main et/ou au filet entomologique. Sur le terrain, les insectes capturés ont été conservés dans des flacons 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 a été noté l'heure, la date et le lieu de capture, et les produits floraux récoltés ou recherchés. Pour les espèces non identifiées avec précision sur le terrain, il leur a été attribué un code et une description pour faciliter les observations. La détermination des spécimens a été faite au Laboratoire de Sciences Biologiques de Ecole Normale Supérieure de l'Université de Maroua à l'aide notamment des collections de références et des clés d'identification de Delvare & Arbelenc (1989), Eardley *et al.* (2010) et Pauly (2014, 2018). Pour évaluer la fréquence de visites des différents insectes, les observations ont été faites chaque jour pendant la période de floraison sur des fleurs des traitements A et A' (non protégés), suivant les tranches horaires 8-9h, 10-11h et 12-13h. A chaque passage, les différents insectes étaient comptés sur les fleurs épanouies. Ceux-ci n'étant pas marqués, les résultats sommés ont été exprimés par le nombre de visites selon Tchuenguem *et al.* (2014). Les données obtenues ont permis de déterminer la fréquence de chaque espèce d'insecte (F_i) sur les fleurs de *A. esculentus*, selon la formule suivante : $F_i = \{[V_i/V_T] * 100\}$ (Tchuenguem *et al.*, 2014) (4), où V_i le nombre de visites de l'insectes i sur les fleurs du traitement A et V_T le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs. Pour apprécier la richesse spécifique de la diversité des insectes floricoles de cette Malvaceae, les indices de diversité de Shannon (H) et l'équitabilité de Pielou (EQ) ont été

calculés à l'aide des formules : $H = -\sum_{i=1}^S pi(\log_2 pi)$ (Dajoz, 2008) (5) et $EQ = \frac{H}{\log_2(S)}$ (Dajoz, 2000) (6), où $pi = n_i/N$; n_i : nombre d'individu de i (correspondant au nombre de visites de i); N : nombre total d'individus (correspondant au nombre total des visites) et S : nombre total d'espèces observées. L'indice de Jacard (J) a été calculé pour déterminer la similarité entre les deux sites. $J = \frac{c}{a+b-c}$ (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'.

3.2.4 Détermination de l'impact des insectes floricoles sur la pollinisation de *Abelmoschus esculentus* : L'évaluation de l'impact des insectes sur la pollinisation de *A. esculentus* a été notée tout au long de l'étude de la fréquence des visites. Il s'agissait d'enregistrer le nombre de fois qu'un insecte entraînait en contact avec le stigmate de la fleur visitée. Ceci a permis la mise en évidence des possibilités d'intervention des insectes dans l'autopollinisation et la pollinisation croisée des fleurs visitées (Delaplane *et al.*, 2013). Pour déterminer les différents catégories de pollinisateurs, l'indice de régularité (R) a été calculé à l'aide de la formule : $R = [(P/100) * (f/100)]$ (Tchuenguem, 1993) (8), où P est le pourcentage des visites de l'insecte et f la fréquence relative des visites de l'insecte.

3.2.5 Détermination de l'impact des insectes floricoles sur les rendements de *Abelmoschus esculentus* : L'évaluation de l'impact des insectes floricoles sur les rendements de *A. esculentus* est basée sur la comparaison des rendements fruitiers et grainiers des traitements A (fleurs en libre pollinisation) et B (fleurs protégées des visites d'insectes). A la maturité, le nombre de capsules, le nombre de graines par capsule et le nombre de graines normales (Tchuenguem *et al.*, 2014) ont été déterminés. Le pourcentage (Pf) du taux de fructification attribuable aux insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule : $Pf = \{[(f_A - f_B) / f_A] * 100\}$

(Tchuenguem *et al.*, 2014) (9) où f_A et f_B sont les taux de fructifications dans les traitements A et B respectivement.

Le pourcentage (Pg) du nombre moyen de graines par capsule attribuable aux insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule : $Pg = \{[(g_A - g_B) / g_A] * 100\}$ (Tchuenguem *et al.*, 2014) (10) où g_A et g_B sont les nombres moyens de graines par capsule dans les traitements A et B respectivement.

Le pourcentage (Pn) de graines normales dû aux insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule : $Pn = \{[(gn_A - gn_B) / gn_A] * 100\}$ (Tchuenguem *et al.*, 2014) (11) où gn_A et gn_B sont les pourcentages de graines normales dans les traitements A et B respectivement.

3.2.6 Traitement 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 Z pour la comparaison de deux moyennes, de l'ANOVA pour la comparaison de plus de deux moyennes, du test t de Student modifié pour la comparaison des indices de diversité spécifique de deux sites est calculé à l'aide de la formule :

$$t = \frac{|H_1 - H_2|}{\sqrt{\text{Var}(H_1) + \text{Var}(H_2)}} \quad (\text{Mathew } et al., 1998) (12),$$

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.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Mode de reproduction de *Abelmoschus esculentus* : L'indice de fructification a été de 0,96 ($n = 120$, $s = 0,21$), 0,80 ($n = 120$, $s = 0,20$), 0,92 ($n = 120$, $s = 0,12$) et 0,90 ($n = 120$, $s = 0,17$) respectivement pour les traitements A, B, A' et B'. Ainsi pour 2015, $TC = 16,67\%$ et $TA = 83,33\%$; pour 2017, les valeurs correspondantes sont de 2,17 % et 97,83 % respectivement. Pour les deux années d'investigation cumulées, $TC = 9,42\%$ et $TA = 90,58\%$. Les données des deux années d'investigation cumulées indiquent largement une prédominance de l'autogamie. Ce résultat est conforme à ceux obtenus par Georges (1989), Free (1993) et Angbanyéré & Matthew (2012) aux États-Unis d'Amérique, en Grande Bretagne et au Burkina Fasso respectivement chez la même Malvacée.

4.2 Diversité et fréquence des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* : Le tableau 1 présente la diversité et la fréquence de visites des insectes observés sur les fleurs de *A. esculentus* à Palar en 2015 et Wourndé en 2017. Il ressort de ce tableau que sur les 120 fleurs de chacune des périodes d'observation, 737 visites de 17 espèces d'insectes et 697 visites de 20 espèces d'insectes ont été recensées en 11 jours

et 13 jours, en 2015 et 2017 respectivement. Pour l'ensemble des deux périodes d'observation, la richesse spécifique des insectes floricoles de *A. esculentus* était de 32. Cette richesse spécifique est de loin supérieure à celle de 9 obtenue à Domayo par Azo'o *et al.* (2011). La différence entre les deux richesses spécifiques est hautement significative ($t = 45,28$ [$ddl = 7722$; $P < 0,001$]). Ceci s'expliquerait soit par la plus forte attractivité des fleurs de *Gossypium barbadense* avoisinante des Mégachiles au détriment de celles du gombo, soit par le fait que Domayo est une zone urbanisée, alors que Palar et Wourndé sont des sites à exploitation agricole. D'après Chagnon (2008), l'urbanisation peut causer la fragmentation et la perte d'habitats de nombreux pollinisateurs, entraînant de graves déséquilibres ayant des effets écologiques néfastes qui ont pour conséquence la disparition de nombreux biotopes spécifiques à certaines espèces florales et une rupture d'équilibre entre les plantes et leurs pollinisateurs. De plus, selon Frick et Tallamy (1996), les populations de pollinisateurs sont réduites par l'exposition aux lumières des villes et les autres sources lumineuses artificielles car

celles-ci nuisent à la capacité de navigation de nombreuses espèces. C'est ce qui pourrai

expliquer la faible richesse spécifique obtenue par Azo'o *et al.* (2011) à Domayo.

Tableau 1 : Diversité, fréquence de visites et produits alimentaires recherchés des insectes au niveau des fleurs de *Abelmoschus esculentus* à Maroua en 2015 et en 2017.

Insectes			Palar 2015		Wourndé 2017		Maroua II	
Ordres	Familles	Genres et espèces	n_1	P_1 (%)	n_2	P_2 (%)	n_t	P_t (%)
Hymenoptera	Halictidae	<i>Lipotriches collaris</i> NP	190	25,78	59	08,50	249	17,36
		<i>Sphecodes albilabris</i> NP	94	12,76	-	-	94	06,55
		<i>Seladonia</i> sp. NP	4	00,64	-	-	4	00,28
		<i>Lasioglossum albilabris</i> NP	-	-	9	01,29	9	00,63
		<i>Lasioglossum</i> sp. NP	-	-	7	01,00	7	00,49
		<i>Lasioglossum albipes</i> NP	-	-	4	00,57	4	00,28
		<i>Lipotriches cribrata</i> NP	-	-	1	00,14	1	00,07
		<i>Lipotriches pulchiventris</i> NP	-	-	3	00,43	3	00,21
	Sphecidae	<i>Larra</i> sp. P	1	00,14	-	-	1	00,07
		<i>Prionyx atratus</i> P	3	00,41	-	-	3	00,21
	Vespidae	<i>Ammophila sabulosa</i> NP	-	-	4	00,57	4	00,28
		(1 sp.) P	18	02,44	-	-	18	01,25
		<i>Polistes exceamans</i> N	-	-	2	00,28	2	00,14
	Formicidae	<i>Camponotus flavomarginatus</i> P	46	06,24	76	10,99	122	08,51
		(1 sp.) P	6	00,81	-	-	6	00,42
Total	04	15	362	49,12	165	23,77	527	36,75
Coleoptera	Pyrochroidae	<i>Pyrochroa</i> sp. PCP	276	37,45	-	-	276	19,25
		<i>Hycleus senegalensis</i> PCP	04	00,54	198	28,53	202	14,08
	Meloidae	<i>Hycleus affinis</i> P	04	00,54	-	-	4	00,28
		<i>Stegobium</i> sp. PCP	-	-	232	33,42	232	16,18
	Coccinellidae	<i>Epilachna borealis</i> CP	-	-	2	00,28	2	00,14
Total	4	5	284	38,53	432	62,24	716	49,93
Diptera	Syrphidae	<i>Paragus barbonicus</i> P	50	06,78	-	-	50	03,49
	Drosophilida	<i>Drosophila</i> sp. N	18	02,44	12	01,72	30	02,09
	Psychodidae	<i>Clogmia</i> sp. N	-	-	63	09,07	63	04,39
Total	3	3	68	09,22	75	10,80	143	09,97
Lepidoptera	Pieridae	<i>Eurema senegalensis</i> N	19	02,58	-	-	19	01,32
		<i>Catopsilia florella</i> N	1	00,14	-	-	1	00,07
		<i>Eurema lisa</i> N	-	-	13	01,87	13	00,91
		<i>Eurema</i> sp. N	-	-	2	00,28	2	00,14
	Hesperidae	<i>Pelopidas mathias</i> N	2	00,27	-	-	2	00,14
	Nymphalidae	<i>Vanessa cardui</i> N	1	00,14	3	00,43	4	00,28
	Satyridae	<i>Lasiommata megera</i> N	-	-	1	00,14	1	00,07
Total	4	7	23	03,13	19	02,30	42	02,93
Orthoptera	Tettrigoniida	<i>Neoconocephalus robustus</i> CP	-	-	2	00,28	2	00,14
		c	1	1	2	00,28	2	00,14
Odonata	Libellulidae	<i>Corcothemis erythraea</i> Pr	-	-	4	00,57	4	00,28
Total	1	1	4	00,57	4	00,57	4	00,28
Total	17	32	737	100	697	100	1434	100

n_1 : nombre de visites sur 120 fleurs en 11 jours en 2015 ; n_2 : nombre de visites sur 120 fleurs en 13 jours en 2017 ; n_t : nombre de visites sur 240 fleurs en 24 jours en 2015 et 2016 ; P_1 : pourcentage de visite en 2015, P_2 : pourcentage de visites en 2017 ; P_t : pourcentage de visites en 2015 et 2017 ; $P_t = (n_t/737) * 100$; $P_2 = (n_2/697) * 100$; $P_1 = (n_1/1434) * 100$; 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.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H_1) était de 2,59 à Palar et de 2,68 (H_2) à Wourndé. La différence observée entre les indices de diversité de Shannon-Weaver des deux sites d'étude est non significative ($t = 1,02$; $ddl = 1471$; $p > 0,05$). Selon Mathew *et al.* (1998), une

différence non significative entre les indices de diversité de deux sites d'observation montre que l'effet des insecticides n'a pas d'incidence sur les conditions environnementales. Les deux sites sont par ailleurs peu diversifiés, d'après les valeurs de l'indice de Shannon qui se situent en

dessous de 5. L'équitabilité de Pielou (EQ) était de 0,64 et 0,62 respectivement à Palar et à Wourndé. Les équitabilités de Pielou des deux sites étant très proches, ceci prouve que les deux sites ont à peu près les mêmes conditions environnementales. Le calcul de l'indice de Jacard ($J = 0,15$) révèle une similarité de la diversité de l'entomofaune floricole de *A. esculentus* entre les deux sites, preuve de plus que les conditions environnementales y sont similaires. Il ressort également du tableau 1 que six ordres d'insectes visitaient les fleurs du gombo : Hymenoptera (36,75 % de visites), Coleoptera (49,93 %), Diptera (9,97 %), Lepidoptera (2,93 %), Orthoptera (0,14 %) et Odonata (0,28 %). L'ordre le plus riche en espèces était celui des Hymenoptera (15 espèces), viennent ensuite les Lepidoptera (7), des Coleoptera (5), des Diptera (3) et des Orthoptera (1) et des Odonata (1). Azo'o et al. (2011) sur les fleurs du gombo ; Djonwangwé et al. (2017, 2019) sur *Vigna unguiculata* et *Allium cepa* ; Pando et al. (2018, 2019) sur *Cajanus cajan* et *Zea mays* à Maroua ont trouvé que les Hyménoptera étaient les insectes les plus fréquents sur les fleurs de ces plantes.

4.3 Produits floraux prélevés : Du tableau 1, il ressort que sur 32 espèces d'insectes recensés sur les fleurs de *A. esculentus* dans les deux sites : neuf (*Lipotriches collaris*, *Sphecodes albilabris*, *Seladonia* sp., *Lasioglossum albilabris*, *Lasioglossum* sp., *Lasioglossum albipes*, *Lipotriches cribrata*, *Lipotriches pulchriiventris* et *Ammophila sabulosa*) récoltaient à la fois le nectar et le pollen; sept (*Vespidae* (1 sp.), *Hycleus affinis*, *Paragus barbonicus*, *Larra* sp., *Prionyx atratus*, *Camponotus flavomarginatus* et *Formicidae* (1 sp.)) prélevaient du pollen uniquement ; trois (*Pyrochroa* sp., *Hycleus senegalensis* et *Stegobium* sp.) consommaient le pollen et les pétales des fleurs ; deux (*Epilachna borealis* et *Neoconocephalus robustus*) étaient des consommateurs exclusifs de pétales ; une (*Corcothemis erythraea*) était prédateur ; les neuf autres espèces récoltaient exclusivement du nectar. Exception faite de *Polistes excaamans* qui récoltait exclusivement du nectar, il se dégage aussi bien à Palar qu'à

Wourndé que les Hyménoptera de cette Malvacée étaient des butineurs de pollen, avec un pourcentage de visites de 93,32 %. Ces résultats sont en accord avec ceux de Azo'o et al. (2011) qui avaient trouvé que cet ordre regorgeait des préleveurs de pollen du gombo, avec un pourcentage de visites de 95,3 %. Par contre, Mishra et al. (1987) en Inde signalaient que les Hyménoptera tels que *Xylocopa* sp., *Bombus* spp., *Ceratina sexmaculatus* et *Megachile* spp. visitaient les fleurs du gombo pour récolter essentiellement le nectar. Dans l'ensemble, pendant les 24 jours d'observation, les insectes étaient rencontrés quotidiennement sur les fleurs de *A. esculentus* comme l'illustre le tableau 2. De ce tableau, nous tenons que *A. esculentus* a des visiteurs plus ou moins fréquents. Ainsi, il y a : (a) les visiteurs très fréquents avec une fréquence de visites supérieure à 50 % du nombre total de jours d'observations (Tchuenguem, 1993): *Lipotriches collaris*, *Hycleus senegalensis*, *Stegobium* sp., *Clogmia* sp. et *Camponotus flavomarginatus* ; (b) les visiteurs fréquents avec une fréquence de visites comprise entre 25 et 50 % du nombre total de jours d'observations (Tchuenguem, 1993): *Sphecodes albilabris*, *Lasioglossum albilabris*, *Pyrochroa* sp., *Drosophila* sp., *Eurema senegalensis* et *Eurema lisa* ; (c) les visiteurs rares qui avaient une fréquence de visites inférieure à 25 % du nombre total de jours d'observation (Tchuenguem, 1993). Ces résultats permettent de supposer que les fleurs de *A. esculentus* produisent des quantités importantes de pollen et de nectar qui attirent les insectes qui lui restent fidèles pendant sa période de floraison. Njoya et al. (2005) ont trouvé à Yaoundé que *Apis mellifera*, *Megachile* spp., *Halictus* spp. et *Xylocopa* spp. sont fidèles aux fleurs de cette même Malvacée. Il ressort également du tableau 2 que la fréquence de *Lipotriches collaris* en 24 jours d'observation est de 100 %. Ceci serait une preuve du bon attachement de cette abeille au pollen et/ou au nectar de *A. esculentus*. Par contre les travaux de Azo'o et al. (2011) à Domayo ont montré que ce sont *Tetralonia fraterna*, *Eucara macrognatha* et *Apis mellifera*

adansonii qui étaient les abeilles les plus fréquentes sur les fleurs (100 % du nombre total des jours d'observations) du gombo. Ceci

pourrait être dû à l'absence ou à la faible présence de *Li. collaris* durant cette période d'étude à Domayo.

Tableau 2 : Nombre et pourcentage de jours de visites des différents insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* à Maroua en 2015 et en 2017.

Insectes	Palar 2015		Wourndé 2017		Maroua II	
	n_1	f_1 (%)	n_2	f_2 (%)	f_1	f_1 (%)
<i>Lipotriches collaris</i>	11	100,00	13	100,00	24	100,00
<i>Sphécodes albilabris</i>	10	90,90	-	-	10	41,67
<i>Seladonia</i> sp.	3	27,27	-	-	3	12,50
<i>Lasioglossum albilabris</i>	-	-	11	84,61	11	45,83
<i>Lasioglossum</i> sp.	-	-	3	23,07	3	12,50
<i>Lasioglossum albipes</i>	-	-	3	23,07	3	12,50
<i>Lipotriches cribrata</i>	-	-	1	07,69	1	04,17
<i>Lipotriches pulchriiventris</i>	-	-	2	15,38	2	08,33
<i>Larra</i> sp.	1	09,09	-	-	1	04,17
<i>Prionyx atratus</i>	1	09,09	-	-	1	04,17
<i>Ammophila sabulosa</i>	-	-	3	23,07	3	12,50
Vespidae (1 sp.)	2	18,18	-	-	2	08,33
<i>Polistes exceamans</i>	-	-	2	15,38	2	08,33
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	10	90,90	13	100,00	23	95,83
Formicidae (1 sp.)	3	27,27	-	-	3	12,50
<i>Pyrochroa</i> sp.	11	100,00	-	-	11	45,83
<i>Hycleus senegalensis</i>	2	18,18	13	100,00	15	62,50
<i>Hycleus affinis</i>	1	09,09	-	-	1	04,17
<i>Stegobium</i> sp.	-	-	13	100,00	13	54,17
<i>Epilachna borealis</i>	-	-	2	15,38	2	08,33
<i>Paragus barbonicus</i>	5	45,45	-	-	5	20,83
<i>Drosophila</i> sp.	4	36,36	6	46,15	10	41,67
<i>Clogmia</i> sp.	-	-	13	100,00	13	54,17
<i>Eurema senegalensis</i>	6	54,54	-	-	6	25,00
<i>Catopsilia florella</i>	1	09,09	-	-	1	04,17
<i>Eurema lisa</i>	-	-	6	46,15	6	25,00
<i>Eurema</i> sp.	-	-	2	15,38	2	08,33
<i>Pelopidas mathias</i>	1	09,09	-	-	1	04,17
<i>Vanessa cardui</i>	1	09,09	3	23,07	4	16,67
<i>Lasiommata megera</i>	-	-	1	07,69	1	04,17
<i>Neoconocephalus robustus</i>	-	-	2	15,38	2	08,33
<i>Coroebemis erythraea</i>	-	-	3	23,07	3	12,50

n_1 : nombre de jours de présence des insectes pendant 11 jours d'observation en 2015 ; n_2 : nombre de jours de présence des insectes pendant 13 jours d'observation en 2017 ; n_3 : nombre de jours de présence d'insectes pendant 24 jours d'observation en 2015 et 2017 ; f_1 : Fréquence relative des visites de l'insecte ($n_1/11$)*100 ; f_2 : Fréquence relative des visites de l'insecte ($n_2 / 13$)*100 ; f_3 : Fréquence relative des visites de l'insecte ($n_3/24$)*100.

3.4 Rythme des visites d'insectes selon les tranches horaires journalières d'observation : Les insectes visitaient les fleurs de *A. esculentus* de 8 h à 13 h et la période journalière de butinage variait avec les insectes, comme l'indique le tableau 3 dans les deux sites d'observation. A Domayo, Azo'o *et al.* (2011) ont montré que les insectes visitaient les fleurs cette espèce végétale de 7 h à 14 h. Il ressort également du tableau 3 que les insectes floricoles de *A. esculentus* pouvaient être placés dans quatre groupes en fonction de la tranche horaire d'activité et du type de produit floral

recherché : (a) ceux qui visitaient les fleurs entre 8 h et 9 h et récoltaient uniquement le nectar, représentés par *Larra* sp., *Catopsilia florella* et *Pelopidas mathias* ; (b) ceux qui récoltaient le pollen et/ou le nectar sur les fleurs entre 10 h et 11 h uniquement, représentés par *Eurema* sp., *Lasiommata megera* et *Neoconocephalus robustus* ; (c) ceux qui collectaient le pollen et/ou le nectar sur les fleurs entre 12 h et 13 h uniquement, représentés par *Lipotriches cribrata* et *Epilachna borealis* ; (d) les autres insectes qui visitaient les fleurs durant au moins deux tranches horaires et butinaient soit le pollen, soit le nectar.

Tableau 3 : Variation du nombre de visites d'insectes sur les fleurs de *Abelmonchus esculentus* selon les tranches horaires en 24 jours d'observation en 2015 et en 2017 à Maroua.

Insectes	Nombres de visites par tranche horaire						Total
	8h-9h		10h-11h		12h-13h		
	NV_1	P_1 (%)	NV_2	P_2 (%)	NV_3	P_3 (%)	
<i>Lipotriches collaris</i>	108	43,38	120	48,19 Ω	21	08,43	249
<i>Sphecodes albilabris</i>	26	27,66	66	70,21 Ω	2	02,13	94
<i>Seladonia</i> sp.	03	75,00 Ω	01	25,00	-	-	04
<i>Lasioglossum albilabris</i>	02	22,22	06	66,67 Ω	01	11,11	09
<i>Lasioglossum</i> sp.	02	28,57	04	57,14 Ω	01	14,29	07
<i>Lasioglossum albipes</i>	-	-	02	50,00 Ω	02	50,00 Ω	04
<i>Lipotriches cribrata</i>	-	-	-	-	01	100 Ω	01
<i>Lipotriches pulchriiventris</i>	01	25,00	02	75,00 Ω	-	-	03
<i>Larra</i> sp.	01	100 Ω	-	-	-	-	01
<i>Prionyx atratus</i>	01	25,00	02	75,00 Ω	-	-	03
<i>Ammophila sabulosa</i>	01	25,00	02	50,00 Ω	01	25,00	04
Vespidae (1 sp.)	10	55,55 Ω	07	38,89	01	05,56	18
<i>Polistes excaemans</i>	01	50,00 Ω	-	-	01	50,00 Ω	02
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	32	26,23	62	50,82 Ω	28	22,95	122
Formicidae (1 sp.)	01	16,67	02	33,33	03	50,00 Ω	06
<i>Pyrochroa</i> sp.	128	46,38 Ω	116	42,03	32	11,59	276
<i>Hycleus senegalensis</i>	24	11,82	103	50,74 Ω	75	37,44	202
<i>Hycleus affinis</i>	02	50,00 Ω	02	50,00 Ω	-	-	04
<i>Stegobium</i> sp.	88	37,93	132	56,90 Ω	12	05,17	232
<i>Epilachna borealis</i>	-	-	-	-	02	100 Ω	02
<i>Paragus barbonicus</i>	16	32,00	17	34,00 Ω	17	34,00 Ω	50
<i>Drosophila</i> sp.	12	40,00	13	43,33 Ω	05	16,67	30
<i>Clogmia</i> sp.	18	28,57	23	36,51 Ω	22	34,92	63
<i>Eurema senegalensis</i>	12	63,16 Ω	04	21,05	03	15,79	19
<i>Catopsilia florella</i>	01	100 Ω	-	-	-	-	01
<i>Eurema lisa</i>	06	46,15 Ω	05	38,46	02	15,39	13
<i>Eurema</i> sp.	-	-	02	100 Ω	-	-	02
<i>Pelopidas mathias</i>	02	100 Ω	-	-	-	-	02
<i>Vanessa cardui</i>	01	25,00	02	50,00 Ω	01	25,00	04
<i>Lasiommata megera</i>	-	-	01	100 Ω	-	-	01
<i>Neoconocephalus robustus</i>	-	-	02	100 Ω	-	-	02
<i>Corcothemis erythraea</i>	02	50,00 Ω	02	50,00 Ω	-	-	04
Total	501	34,94	700	48,81 Ω	233	16,25	1434

NV_1 : nombre de visites entre 8h et 9h ; NV_2 : nombre de visites entre 10h et 11h ; NV_3 : nombre de visites entre 12h et 13h ; P_1 : pourcentage des visites entre 8h et 9h ; P_2 : pourcentage des visites entre 10h et 11h ; P_3 : pourcentage des visites entre 12h et 13h ; (Ω) : pic d'activité de l'insecte

Du tableau 3, il ressort en plus que la période d'activité intense de l'ensemble des insectes se situait entre 10 h et 11 h, avec 48,81 % de visites. Ce pic d'activité pourrait s'expliquer par le fait que c'est à cette tranche horaire que chacune des parcelles expérimentales avait le

maximum de fleurs épanouies ou la stratégie de fourragement optimale adoptée par les butineurs pendant la matinée. Elle est caractérisée par une exploitation accrue du pollen qui est plus disponible et facilement prélevable en matinée comme l'avait déjà

signalé Mc Grégor (1976). Par ailleurs, Kasper *et al.* (2008) ont mentionné que chez les Abeilles sauvages et solitaires qui visitaient prioritairement les fleurs de *A. esculentus*, l'activité matinale prépondérante étant un instinct de survie. La baisse des activités observée au niveau des fleurs après la tranche horaire 10 - 11 h (16,25 % de visites) serait liée à la diminution de la qualité et/ou de la quantité des produits floraux d'une part et la fermeture graduelle des fleurs d'autre part. Selon Schemske & Hortvitz (1988) et Kasper *et al.* (2008), lorsque le butin n'est plus facilement exploitable ou il est réduit en quantité et/ou médiocre en qualité, les insectes diminuent leur activité sur les fleurs pour que l'énergie dépensée pour le butinage ne soit pas supérieure à celle pouvant être tirée du butin.

3.5 Impact des insectes sur la pollinisation de *Abelmoschus esculentus* :

Le nombre et les pourcentages de visites de quelques insectes ayant été en contact régulièrement avec les anthères et le stigmate de *A. esculentus* durant les 24 jours d'observation sont indiqués dans le tableau 4. Il ressort de ce tableau que toutes les 32 espèces d'insectes floricoles avaient eu des contacts avec les anthères et/ou les stigmates : (a) quatorze de ces insectes ont eu une fréquence de contacts avec les anthères de 100 %, 13 une fréquence de contacts avec les anthères comprise entre 50 % $\leq P < 90$ % et cinq avaient un pourcentage de contacts avec les anthères de plante inférieure à 50 % ; (b) un seul insecte a eu une fréquence de contacts avec le stigmate de 100 %, 15 une fréquence de contacts avec les stigmates comprise entre 50 % $\leq P < 90$ % et sept avaient un pourcentage de contacts avec les stigmates de cette Malvacée inférieure à 50 %. Au cours de leurs activités, ces insectes passaient de fleur en fleur et étaient en contact régulièrement avec anthères et/ou le pistil. Ce passage de fleur en fleur pouvait provoquer soit une autopolinisation en faisant tomber les grains de pollen sur le stigmate d'une même fleur comme l'ont été signalés Delaplane *et al.*

(2013), 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 comme l'avaient mentionnés Lobreau-Callen & Coutin (1987). L'indice de régularité (Tableau 4), la fréquence relative (Tableau 2) et le comportement spécifique de chaque espèce d'insecte sur la fleur ont permis de définir les insectes pollinisateurs de cette Malvacée. Ainsi, les différentes espèces d'insectes recensés sur les fleurs de *A. esculentus* sont répartis dans trois catégories de pollinisateurs : (a) pollinisateurs majeurs caractérisés par l'indice de régularité (R) élevé ($R > 0,05$) doublé d'une bonne récolte du pollen (Tchuenguem, 1993) : *Li. collaris* ; (b) pollinisateurs mineurs caractérisés par un indice de régularité faible ($0,001 \leq R < 0,05$) auquel s'ajoute la récolte du pollen (Tchuenguem, 1993) : *S. albilabris*, *C. flavomarginatus*, le Vespidae (1 sp.), *La. albilabris*, *Seladonia* sp., *La. albipes*, *Li. pulchriventris* et le Formicidae (1 sp.) ; (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.

Les résultats relèvent une importante présence des abeilles sauvages comme principaux insectes pollinisateurs de cette culture. Njoya *et al.* (2005) à Yaoundé et Azo'o *et al.* (2011) à Maroua avaient déjà signalé que les abeilles sauvages des genres *Megachile*, *Halictus* et *Xylocopa* ; puis les espèces *Tetralonia fraterna* et *Eucara macrognata* respectivement sont les principaux pollinisateurs de cette Malvacée. Les abeilles sauvages permanemment très actives et constantes au niveau des fleurs joueraient un rôle important sur l'autopolinisation de *A. esculentus* comme l'ont signalé George (1989) et Free (1993) concernant les genres *Megachiles* et *Halictus*. D'après Rader *et al.* (2009), en l'absence de *Apis mellifera* dans l'entomofaune pollinisatrice de *A. esculentus*, les abeilles sauvages 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 *Abelmoschus esculentus* à Maroua.

Insectes	2015	2017	Total	Nt	NV			
					Anthères		Stigmates	
	R _I	R ₂	R _T		n _a	P _a (%)	n _s	P _s (%)
<i>Lipotriches collaris</i>	0,2578	0,0850	0,1736	249	249	100	224	89,96
<i>Sphecodes albilabris</i>	0,1159	-	0,0273	94	94	100	68	72,34
<i>Seladonia</i> sp.	0,0017	-	0,0003	04	04	100	3	75,00
<i>Lasioglossum albilabris</i>	-	0,0109	0,0028	09	09	100	7	77,78
<i>Lasioglossum</i> sp.	-	0,0002	0,0006	07	07	100	5	62,50
<i>Lasioglossum albipes</i>	-	0,0013	0,0003	04	04	100	-	-
<i>Lipotriches cribrosa</i>	-	0,0001	0,0000	01	01	100	-	-
<i>Lipotriches pulchiventris</i>	-	0,0013	0,0002	03	03	100	1	33,33
<i>Larra</i> sp.	0,0001	/	0,0000	01	01	100	-	-
<i>Prionyx atratus</i>	0,0003	/	0,0001	03	02	66,67	-	-
<i>Ammophila sabulosa</i>	-	0,0004	0,0003	04	04	100	-	-
Vespidae (1 sp.)	0,0044	-	0,0011	18	13	72,22	5	27,78
<i>Polistes excaemans</i>	-	0,0004	0,0001	02	01	50,00	1	50,00
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	0,0567	0,1099	0,0816	122	98	80,33	9	07,38
Formicidae (1 sp.)	0,0022	-	0,0005	06	04	66,67	3	50,00
<i>Pyrochroa</i> sp.	0,3745	-	0,0882	276	231	83,69	208	75,36
<i>Hycleus senegalensis</i>	0,0009	0,2853	0,0880	202	117	57,92	103	50,99
<i>Mylabris</i> sp.	0,0005	-	0,0001	04	01	25,00	3	75,00
<i>Stegobium</i> sp.	-	0,3342	0,0876	232	93	40,08	48	20,69
<i>Epilachna borealis</i>	-	0,0004	0,0001	02	02	100	-	-
<i>Paragus barbonicus</i>	0,0111	-	0,0072	50	41	82,00	27	54,00
<i>Drosophila</i> sp.	0,0088	0,0079	0,0087	30	11	36,67	18	60,00
<i>Clogmia</i> sp.	-	0,0907	0,0238	63	45	71,43	22	34,92
<i>Eurema senegalensis</i>	0,0141	-	0,0033	19	09	47,37	4	21,05
<i>Catopsilia florella</i>	0,0001	-	0,0000	01	01	100	-	-
<i>Eurema lisa</i>	-	0,0086	0,0023	13	05	38,46	9	69,23
<i>Eurema</i> sp.	-	0,0004	0,0001	02	01	50,00	2	100
<i>Pelopidas mathias</i>	0,0003	-	0,0001	02	02	100	-	-
<i>Vanessa cardui</i>	0,0001	0,0010	0,0005	04	03	75,00	2	50,00
<i>Lasiommata megera</i>	-	0,0001	0,0000	01	01	100	-	-
<i>Neoconocephalus robustus</i>	-	0,0004	0,0001	02	01	50,00	1	50,00
<i>Corothemis erythraea</i>	-	0,0013	0,0003	04	03	75,00	1	25,00

R = (P/100) * (f/100) ; P : pourcentage des visites de l'insecte (tableau 1) ; f : Fréquence relative des visites de l'insecte (n_i / 36) * 100 ; n_i : 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

3.6 Impact des insectes sur les rendements grainiers de de *Abelmoschus esculentus* :

Le tableau 5 présente le taux de

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

Tableau 5 : Rendement en gousses et en graines dans les différents traitements de *Abelmoschus esculentus*.

Paramètres	Traitement (A, A')	Traitement (B, B')	Comparaison (A et B ; A' et B')
Tf ₂₀₁₅	96,88 %	80,00%	$\chi^2_{2015} = 0,19$ [ddl = 1 ; P > 0,05]
Ng ₂₀₁₅	115,36 (n = 90, s = 17,47)	104,16 (n = 90, s = 14,96)	Z ₂₀₁₅ = 3,38 [ddl = 178 ; P < 0,01] *
Gn ₂₀₁₅	96,66 %	90,40%	$\chi^2_{2015} = 273,24$ [ddl = 1 ; P < 0,001] *
Tf ₂₀₁₇	91,66 %	90,00%	$\chi^2_{2017} = 0,15$ [ddl = 1 ; P > 0,05]
Ng ₂₀₁₇	105,11 (n = 100, s = 5,52)	100,22 (n = 100, s = 4,69)	Z ₂₀₁₇ = 7,07 [ddl = 198 ; P < 0,01] *
Gn ₂₀₁₇	97,87 %	95,71%	$\chi^2_{2017} = 1,73$ [ddl = 1 ; P > 0,05]

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 :

(a) la différence est non significative entre les taux de fructification des traitements A et B ($\chi^2_{2015} = 0,19$; [ddl = 1 ; $p > 0,05$]), puis les traitements A' et B' ($\chi^2_{2017} = 0,15$; [ddl = 1 ; $p > 0,05$]). Ces résultats prouvent que l'autopollinisation prédomine chez cette espèce comme l'avaient déjà signalé Georges (1989) et Free (1993) aux Etats Unis d'Amérique et en Grande Bretagne respectivement. Néanmoins, les taux de fructification dû aux insectes floricoles étaient de 17,42 % en 2015 et 1,72 % en 2017. La faible contribution des insectes en 2017 pourrait s'expliquer par l'abondance de *Hycleus senegalensis* qui est un ravageur des fleurs du gombo. Pour les deux années, le taux de fructification dû aux insectes floricoles a été de 9,57 %. Ce chiffre est supérieur à celui de 2,65 % obtenu par Azo'o et al. (2011) à Domayo. La différence entre les deux pourcentages est significative ($\chi^2 = 4,17$; [ddl = 1 ; $p < 0,05$]). Par contre Al-Ghzawi et al. (2003) avaient trouvé qu'en Jordanie la contribution des insectes étaient de 45 %. Ceci serait dû au fait que la contribution numérique de l'ensemble des insectes floricoles dans le taux de fructification de la même Malvacée dans une localité est la résultante des efficacités pollinisatrices de chacune des espèces d'insectes impliquées. Les pollinisateurs majeurs de *A. esculentus* en Jordanie qui étaient différents de ceux de

Maroua, seraient plus aptes à polliniser les fleurs du gombo.

(b) Les différences sont hautement significatives entre les traitements A et B ($Z_{2015} = 3,38$ [ddl=185 ; $P < 0,01$], puis les traitements A' et B' ($Z_{2017} = 7,07$ [ddl = 216 ; $P < 0,01$]). Le nombre moyen de graines par capsule a été plus élevé dans les traitements aux fleurs en libre pollinisation (traitements A ou A') que dans ceux à fleurs protégées des insectes (traitements B ou B'). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Al-Ghzawi et al. (2003) qui ont signalé en Jordanie une différence significative entre le nombre moyen de graines issues des plantes en libre pollinisation et celui des plantes autopollinisées. Le pourcentage du nombre de graines par capsule dû aux insectes est de 7,18 %. Azo'o et al. (2011) ont trouvé à Domayo la valeur correspondante de 9,50 %.

(c) Les différences sont très hautement significative entre les traitements A et B ($\chi^2_{2015} = 273,24$ [ddl=1 ; $P < 0,001$]) d'une part, et non significative entre les traitements A' et B' ($\chi^2_{2017} = 1,73$ [ddl = 1 ; $P > 0,05$]) d'autre part. Le nombre de graines normales issues des fleurs en libre pollinisation (traitements A ou A') a été plus élevé que celui des fleurs protégées des visites des insectes (traitements B ou B'). Le pourcentage du nombre de graines normales dû aux insectes était de 4,34 %.

4 CONCLUSION

A Palar et à Wourndé, respectivement 17 et 22 espèces d'insectes réparties dans 17 familles et six ordres visitaient les fleurs de *Abelmoschus esculentus* pour la récolte du nectar, du pollen et la consommation de pétales. L'ordre le plus riche était celui des Hyménoptères avec 15 espèces, suivi des Lépidoptères avec sept espèces, ensuite de Coléoptères avec cinq espèces, des Diptères avec trois espèces et enfin des Orthoptères et Odonates avec une seule espèce chacun. Ces insectes butinaient les fleurs de cette Malvacée de 8 h à 13 h, avec un pic d'activité situé entre 10 h et 11 h, soit 48,81 %

des visites observées à cette tranche horaire. En comparant le rendement des fleurs non protégées à celui des fleurs protégées des insectes, il est apparu que les insectes ont augmenté le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit ainsi que le pourcentage de graines normales de 9,57 %, 7,18 % et 4,34 % respectivement. Le traitement des plants de gombo aux pesticides chimiques est à éviter pendant la période de floraison afin de bénéficier du service écosystémique des insectes pollinisateurs.

5 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD) de Maroua pour avoir mis à notre disposition la

fiche technique, MM. Youssoufa et Zra Elie pour leur aide physique pour la préparation du champ expérimental.

6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al Ghzawi AM, Zaitoun ST, Makadmeh I. and Al Tawaha ARM: 2003. The impact of wild bee on the pollination of eight okra genotypes under semi-arid Mediterranean conditions. *International Journal of Agriculture & Biology*, 5: 409-411.
- Angbanyere and Matthew A-IRE: 2012. The effect of pollinators and pollination on fruit set and fruit yields of okra (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench) in the forest region of Ghana. Thèse de doctorat, Kwame Nkrumah University of Science and Technology College of Science. 103 p.
- Azo'o EM, Tchuenguem FF-N. and Messi J: 2011. Influence of foraging entomofauna on Okra (*Abelmoschus esculentus*) seed yields. *International Journal of Agriculture & Biology*, 13: 761-765.
- Azo'o EM, Madi A, Tchuenguem FF-N. and Messi J: 2012. The importance of single floral visit of *Eucara macrognatha* and *Tetralonia fraterna* (Hymenoptera: Apidae) in the pollination and the yields of *Abelmoschus esculentus* in Maroua, Cameroun. *African Journal of Agriculture Research*. 7(18): 2853-2857.
- Borror DJ. and White RE: 1991. *Les insectes de l'Amérique du Nord (au Nord de Mexique)*. Les guides Peterson. Ed. Broquet. 408 p.
- Chagnon M: 2008. Causes et effets du déclin mondial des pollinisateurs et les moyens d'y remédier. Fédération Canadienne de la Faune. Bureau régional du Québec. 70 p.
- Charrier A : 1983. *Etude des ressources génétiques du genre Abelmoschus Med. (Gombo)*. Conseil International des Ressources Phytogénétiques Ed. CIRPG, FAO, Rome. 61 p.
- Crane E: 1991. *Apis* species of tropical Asia as pollinators and some rearing methods for them. *Acta Horticultural*. 288: 29-48.
- 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.
- Delaplane KS, Arnon D, Robert Danka 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.
- 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) (2017) 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.
- Dobignard A. and Chantelain C: 2013. Index synonymique et bibliographie de la flore d'Afrique du Nord. *Tela Botanica*, 1-2 pp.

- DSCE : 2009. *Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi*. MINEPAT. Yaoundé, Cameroun. 112 p.
- Eardley C, Kuhlmann M. and Pauly A: 2010. The bee genera and subgenera of Sub-Saharan Africa. *ABC Taxa*, 7: 1-138.
- 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.
- Hamon S: 1987. *Organisation évolutive du genre Abelmoschus (Gombo) : coadaptation et évolution de deux espèces de Gombo cultivées en Afrique de l'Ouest (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
- 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.
- Kumar R: 1991. *La lutte contre les insectes ravageurs*. KARTHALA et CTA (eds), Wageningen, Paris, 309 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.
- McGregor SE: 1976. *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture, *Agriculture Handbook*, Washington DC: 496, 411p.
- Mishra RC, Kumar J. and Gupta JK: 1987. Effect of mode of pollination on fruit characteristics of Okra, *Abelmoschus esculentus* (L) Moench. *Proceedings of Indian*, 53 (2) : 157-160.
- Njoya MT, Wittmann D. and Schindler M: 2005. Effect of Bee Pollination on Seed Set and Nutrition on Okra (*Abelmoschus esculentus*) in Cameroon. The Global Food & Product Chain-Dynamics, Innovations, Conflicts, Strategies. Deutscher Tropentag, Hohenheim. 11-13 pp.
- Olugbenga EI. and Eludire MO: 2014. Floral Biology and Pollination Ecology of Okra (*Abelmoschus Esculentus* L. Moench), *American International Journal of Biology*, 2. (2) : 1-9.
- 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.
- 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.
- Philippe JM : 1991. *La pollinisation par les abeilles : pose des colonies dans la culture en floraison en vue d'accroître les rendements des productions végétales*. EDISUD la calade Aix-en-provence. 179 p.
- 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 D.W., 2000. Pollination system stability in tropical America. *Conservative biology*, 14: 1235-1236.
- Sathish Kumar D, Eswar Tony D, Paraveen Kumar A, Ashok Kumar K, Bramha Srinivasa Rao D. & Ramarao N: 2013. A review on: *Abelmoschus esculentus* (okra). *International Research journal of pharmaceutical and applied, Sciences*. 3(4): 129-132.
- 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.