

# Entomofaune floricole et son impact sur la productivité de *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. 1794 (Malvaceae) à Bébédjia, Logone Oriental (Tchad).

Tébaya Brahim Houzibé<sup>1\*</sup>, Vounparet Zeuh<sup>1</sup>, Joseph Blaise Pando<sup>2</sup>, Gapili Naoura<sup>3</sup>, Djinet Alain Ignassou<sup>4</sup> et Al-Ramndongue Ngueyodje Abraham<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>: Université de N'Djaména, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Département des Sciences Biologiques, BP 1117 N'Djaména, Tchad ;

<sup>2</sup>: Université de Maroua, Ecole Normale Supérieure, Département des Sciences de la Vie et de la Terre, BP 55 Maroua, Cameroun ;

<sup>3</sup>: Institut Tchadien de Recherches Agronomiques pour le Développement, BP 5400 N'Djaména, Tchad ;

<sup>4</sup>: Ecole Normale Supérieure de Bongor, Département des Sciences de la Vie et de la Terre, BP : 15 Bongor, Tchad.

\*Auteur correspondant : [bhouszibe@gmail.com](mailto:bhouzibe@gmail.com), Tel : (+235) 66241506 / 95928201.

**Mots clés :** *Abelmoschus esculentus*, entomofaune, productivité, Bébédjia.

**Key words:** *Abelmoschus esculentus*, entomofauna, production, Bébédjia.

Submitted 04/04/2025, Published online on 30<sup>th</sup> June 2025 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

## 1 RÉSUMÉ

Dans le but de recenser la diversité des insectes floricoles de *A. esculentus* et d'évaluer son impact sur sa productivité, des recherches ont été conduites à la station de l'ITRAD du 30 août au 21 septembre 2023 ensuite du 1<sup>er</sup> au 20 septembre 2024. Du moment où, cette Malvacée commençait à porter des fleurs, 360 boutons floraux ont été étiquetés et deux traitements distincts par année ont été formés pour les suivis : (a) traitements 1 et 3 formés de 90 fleurs chacun, étiquetées sur 18 plants à raison de 6 par pieds et laissés à la visite des insectes floricoles ; (b) traitements 2 et 4 étaient constitués de 90 fleurs chacun, étiquetées sur 18 plants à raison de 6 par pieds, isolées par des sachets en toiles gazeuses. Il en résulte que 1734 visites de 22 insectes ont été inventoriées sur les fleurs de cette Malvaceae. L'ordre le plus fréquent était celui des Hyménoptères avec 74,16% ( $n = 1286$ ) suivi respectivement, des Lépidoptères avec 14,25% ( $n = 247$ ), des Coléoptères de 7,43% ( $n = 129$ ), des Diptères de 2,31% ( $n = 40$ ) et des Orthoptères avec 1,84% ( $n = 32$ ) de visites. L'activité de butinage de l'ensemble de ces insectes était plus élevée entre 10-11h ( $f_i = 51,54\%$  de visites enregistrées) et ils récoltaient plus de pollen que de nectar. *Apis mellifera* et *Amegilla calens* sont identifiés comme des potentiels pollinisateurs majeurs de gombo. Les insectes floricoles ont impacté de 17,07 %, 12,57 %, 4,41 % et 13,89 % le taux de fructification, la taille moyenne de capsules, le nombre moyen de graines par capsules et le pourcentage de graines normales respectivement. Il est déconseillé d'utiliser les produits chimiques pour éliminer les insectes ravageurs pendant la période de floraison de cette Malvaceae.

## ABSTRACT

Aiming to identify the floricultural entomofauna frequency visits of *A. esculentus* (Malvaceae) and to evaluate its impact on its production, a research was carried out at the ITRAD from August 30 to September 20, 2023, then from September 1 to 20, 2024. When this Malvaceae began to bear flowers, 360 flower buds labeled and two treatments were formed for the follow up: (a) treatments 1 and 3 made up of 90 flowers each, labeled on 18 plants at a rate of 6 per plant and left to be visited by floricultural insects; (b) treatments 2 and 4 consisted of 90 flowers each, labeled on 18 plants at a rate of 6 per plant, isolated from visits by gauze bag. Ultimately, 1734 visits of 22 insects have been recorded on flowers of this Malvaceae. The most frequent visit was that of the



Hymenoptera with 74.16% (n=1286), followed respectively by those of the Lepidoptera with 14.25% (n =247), the Coleoptera of 7.43% (n=129), the Diptera of 2.31% (n=40) and Orthoptera with 1.84% (n = 32). The foraging activity of all insects was higher between 10-11a.m ( $f_i= 51.54\%$ ) of recorded visits and they collected more than nectar. *Apis mellifera* and *Amegilla Calens* are identified as potential major okra pollinizers. Insects increased of 17.07%, 12.57%, 4.41% and 13.89%, the fruiting rate, the average of pods sizes, the average number of seeds per pod and the percentage of normal seeds respectively. It is not recommended to use chemicals to eliminate pests during the flowering of this Malvaceae.

---

## 2 INTRODUCTION

*Abelmoschus esculentus* ou *Hibiscus esculentus* communément appelé gombo est une plante annuelle largement cultivée dans des régions tropicales et Méditerranées (George, 1989). Elle est robuste, érigée et très peu ramifiée avec une hauteur variant entre 30 cm à 4m (Charrier, 1983). Ses fleurs éphémères, hermaphrodites, axillaires et solitaires attirent les insectes (Hamon, 1987 ; Njoya et al., 2005 ; Olugbenga & Eludire, 2014). Ses feuilles sont consommées en Afrique comme des épinards (Charrier, 1983), elles ont des propriétés émoullientes et sont utilisées dans le traitement de la dysurie (Nilesh et al., 2012 ; Sathish et al., 2013 ; Habtamu et al., 2014). La décoction de racine du gombo est employée dans certaines traditions médicinales pour traiter diverses affections, notamment les troubles respiratoires comme la bronchite et la pneumonie (Marwat et al., 2011), sa culture a une haute valeur alimentaire et médicinale en milieu rural et urbain (Siemonsma, 1982). Au Tchad, la culture de gombo se pratique sur l'ensemble du territoire, à petite échelle et aux cultures maraichères ; les récoltes sont destinées à la consommation des familles productrices et vendues localement sur les marchés, ce qui contribue substantiellement à la réduction de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire (FAO, 2016). Les rendements de cette Malvacée sont globalement faibles, estimés à environ 300kg/ha (ONDR, 2010), alors que la demande en fruit de cette plante est de plus en plus importante d'où la nécessité de mener des recherches sur les paramètres qui peuvent contribuer à rehausser les rendements fruitiers et grainiers pour satisfaire les besoins locaux. La politique générale pour un développement agricole durable consiste à diversifier les systèmes de production pour tirer le meilleur parti des ressources disponibles (De Silguy, 1997). La pollinisation est un service écosystémique essentiel pour l'agriculture et pendant longtemps, elle a été considérée comme un "service gratuit" offerts par la nature (FAO, 2005). Cependant, avec la prise de conscience croissante de l'importance

des pollinisateurs et des menaces qui pèsent sur eux, les agriculteurs et les scientifiques commencent à reconnaître la valeur économique et écologique de la pollinisation (Kleien et al., 2007 ; Gallai et al., 2009). La recherche concernant les relations entre *A. esculentus* et les insectes floricoles est faite de par le monde. Howard (1975) en Hollande, Mishra et al., (1987) en Inde, Georges (1989) et Crane (1991) aux Etats Unis d'Amérique, Free (1993) en Grande Bretagne, Al-Ghzawi et al. (2003) en Jordanie, Angbanyéré et Matthew (2012) au Burkina Faso et Pando et al. (2020) au Cameroun ont montré que les insectes floricoles en générale et les Hyménoptères en particuliers jouent un rôle important et positif dans l'accroissement des rendements de cette plante (Njoya et al., 2005 ; Azo'o et al., 2012 ; Otiobo et al., 2020 ; Pando et al., 2020 ; Pharaon et al., 2021). Au Tchad, à la limite de nos connaissances, aucune production scientifique n'a été faite concernant les interactions entre les insectes floricoles et *A. esculentus*. D'après Roubik (2000), en fonction des conditions environnementales, la présence d'autres plantes compétitrices et/ou les interactions avec d'autres insectes, la diversité et l'abondance de l'entomofaune floricole d'une plante peuvent varier dans le temps et dans l'espace. Il serait important d'effectuer les travaux à Bébédjia au Tchad afin d'inventorier autres potentiels pollinisateurs capables de booster la productivité du gombo. Le présent travail de recherche a pour objectif principal de contribuer à la mise en œuvre des connaissances entomologiques pouvant faciliter la hausse des rendements dans les pratiques agricoles courantes. Plus spécifiquement, il vise quatre objectifs : (a) recenser les insectes floricoles de *A. esculentus*; (b) étudier l'activité des insectes sur les fleurs de cette plante ; (c) déterminer ses insectes pollinisateurs potentiels et leur importance sur la pollinisation; (d) évaluer l'impact de ces insectes floricoles sur les rendements en gousses et en graines de cette Malvaceae.

## 3 MATERIEL ET METHODES

### 3.2 Matériel

**3.2.1 Site et station d'étude :** Les travaux se sont déroulés à la station de l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) de Bébédjia (08°40.898 N, 016°33.459 E, 389m). La localisation précise du site d'étude a été faite à l'aide d'un GPS de marque GARMIN etrex 10. Bébédjia, Chef-lieu du Département de la Nya, Province du Logone Oriental, le choix de cette zone de recherche se justifie par la garantie du

suivi permanent de la culture et la sécurité du chercheur.

**3.2.2 Matériels biologiques :** Le matériel végétal est représenté par les graines de gombo (Figure 1) de variété 'Nima mba'al' fournis gratuitement par la station de l'ITRAD et les autres espèces végétales avoisinantes portant des fleurs au moment de la floraison de *A. esculentus*. Le matériel animal était constitué de l'ensemble des insectes naturellement présents dans l'environnement et qui visitaient les fleurs de cette Malvacée.

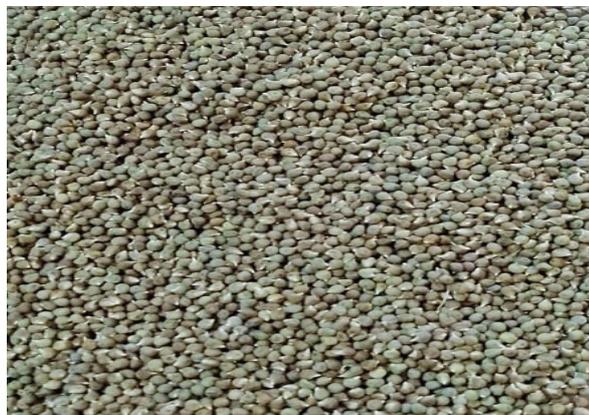


Figure 1: Graines de gombo (Photo Tébaya, 2024)

### 3.3 Méthodes

**3.3.1 Labour, semis et entretien de la parcelle d'expérimentation :** La parcelle expérimentale est un champ carré de 35 m de côté soit une superficie de 1225m<sup>2</sup>. Après les opérations de défrichage, cette parcelle avait été labourée à l'aide du tracteur le 16 juin 2023 et le 22 juin 2024, ensuite elle était subdivisée en six sous-parcelles de 204 m<sup>2</sup> chacune séparée les unes de l'autre d'une allée de 1m. Le 10 juin 2023 et 24 juin 2024, les semis ont été effectués en ligne sur les sous-parcelles à raison de 10 lignes par sous-parcelle et de trois graines par poquet, l'espacement étant de 40 cm entre les poquets et 60 cm entre les lignes et à 4 cm de profondeur selon les recommandations de Pando *et al.* (2020). Le démariage a été fait au moment où les plantes portaient quatre feuilles, seule la plante la plus vigoureuse et la plus saine a été conservée par poquet. De la germination à l'apparition des premières fleurs, les opérations de sarclage à la houe ont été faites régulièrement après chaque

deux semaines. De la période de floraison à la maturation des fruits, le désherbage était effectué régulièrement si nécessaire à la main afin de réduire la compétition entre les plantes pour les ressources alimentaires telles que l'eau, les nutriments et la lumière selon les recommandations de Pando *et al.* (2020).

**3.3.2. Détermination de la diversité et de la fréquence des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* :** 360 fleurs (180 fleurs/année) au stade boutons floraux ont été étiquetées en 2023 et 2024 et réparties sur 60 plants à raison de six par pied. Quatre traitements étaient constitués pour les suivis :

- traitements 1 et traitement 3 étaient constitués de 90 boutons floraux chacun, étiquetés et laissés en libre pollinisation (Figure 2a) ;
- traitements 2 et traitement 4, constitués de 90 boutons floraux chacun, protégés délicatement des visites d'insectes à l'aide des sachets en toile gaze (Figure 2b).



**Figure 2 :** Différents traitements appliqués sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* (**a** : boutons floraux étiquetés et laissés en libre pollinisation, **b** : boutons floraux étiquetés et isolés de visites d'insectes ; Photo Tébaya, 2024).

Pour évaluer la fréquence de visites des insectes floricoles de *A. esculentus*, les observations ont été faites six fois par semaine sur les fleurs des traitements non protégés (1 et 3), suivant les tranches horaires de 8-9h, 10-11h et 12-13h. À chaque passage de l'observateur, les insectes rencontrés étaient systématiquement comptés sur les fleurs épanouies (Tchuenguem *et al.* 2014). Les résultats sommés ont été exprimés par le nombre de visites, les données obtenues ont permis d'évaluer la fréquence de chaque espèce d'insecte ( $f_i$ ) sur les fleurs de cette Malvacée, selon la formule (1) :

$$f_i = \left\{ \left( \frac{Vi}{VT} \right) \times 100 \right\} \quad (\text{Tchuenguem } et \text{ al.,}$$

2014), où  $Vi$  est le nombre de visites de l'insecte  $i$  et  $VT$  le nombre de visites de tous les insectes rencontrés sur les fleurs du lot 1 et lot 3. Les insectes rencontrés sur les fleurs non étiquetées et non protégées ont été capturés à la main et/ou au filet entomologique puis conservés dans des flacons contenant de l'éthanol à 70 %, excepté les Lépidoptères qui ont été conservés dans des enveloppes, selon les recommandations de Borror et White (1991). Les spécimens capturés ont été codifiés par une étiquette sur laquelle, il est mentionné la date et les produits floraux prélevés ensuite la détermination et l'identification de ces spécimens ont été faites au Laboratoire des Sciences de la Vie et de la Terre de Ecole Normale Supérieure de l'Université de Maroua à l'aide de collections de références et des clés d'identification de Delvare et Arbelenc (1989), Eardley *et al.* (2010) et Pauly (2014, 2018).

### 3.3.3 Etude des activités de butinage des insectes floricoles

#### 3.3.3.1 Produits floraux prélevés par les insectes :

Les observations étaient faites dans les tranches horaires 8-9 h, 10-11 h et 12-13 h. Il s'agissait de noter, si sur une fleur de *A. esculentus* l'insecte récoltait le pollen, le nectar ou ces deux aliments (Pando *et al.*, 2011). Un insecte qui plonge sa tête ou sa trompe dans une fleur pour aspirer le nectar est un butineur de nectar ; si à l'aide de ses pièces buccales et/ou de ses pattes, il gratte les anthères, il s'agissait d'un butineur de pollen ; il utilise également des structures spécialisées, telles que les corbeilles à pollen pour stocker et transporter le pollen (Pando *et al.*, 2014). Dans ce cas, on peut observer des pelotes de pollen dans les organes de transport (pattes postérieures ou brosses ventrales) (Tchuenguem *et al.*, 2014). Les produits floraux prélevés ont été systématiquement notés pendant toute la durée des observations.

#### 3.3.3.2 Détermination de l'abondance des butineurs :

Pour une espèce d'insecte, l'abondance a été exprimée par le plus grand nombre d'individus simultanément en activité sur une fleur ( $A_f$ ), un pied ( $A_p$ ) ou 1000 fleurs ( $A_{1000}$ ).  $A_f$  et  $A_p$  ont été évaluées par une observation directe (Pando *et al.*, 2014). Pour  $A_{1000}$ , le nombre d'individu a été compté sur un nombre connu de fleurs épanouies. L'abondance par 1000 fleurs a été par la suite calculée à l'aide de la formule (2) :

$$A_{1000} = \frac{A_x}{F_x} \times 1000 \quad (\text{Tchuenguem } et \text{ al., } 2014),$$

où,  $A_x$  et  $F_x$  représentent le nombre d'insectes et le nombre de fleurs épanouies. Les données ont été enregistrées pendant les mêmes dates et les mêmes périodes journalières que pour la durée de visites à raison de trois observations

par paramètre, par période journalière et pour chaque espèce d'insecte anthophile, si son activité le permettait (Tchuenguem *et al.*, 2014).

**3.3.3.3 Evaluation de la durée de visites de quelques insectes sur la fleur :** La durée des visites est le temps que met un insecte pour prélever un aliment (pollen et / ou nectar) sur une fleur. Ce temps mis pour récolter le pollen et celui pour prélever du nectar ont été enregistrés séparément à l'aide d'un chronomètre, pendant les mêmes tranches horaires journalières que celles des abondances des butineurs (Pando *et al.*, 2020).

**3.3.4. Evaluation de l'impact des insectes anthophiles sur la quantité et la qualité de rendements de *Abelmoschus esculentus***

**3.3.4.1 Evaluation de l'impact des insectes anthophiles sur la quantité de rendement :**

Ce paramètre a été enregistré lors de l'étude de la durée des visites par fleur. Il s'agissait de noter, pendant la récolte des produits floraux, le nombre de fois que le corps de l'insecte butineur entrainé en contact avec le stigmate de la fleur visitée, ceci a permis la mise en évidence des possibilités d'intervention dans l'autopollinisation et dans la pollinisation croisée.

**3.3.4.2 Evaluation de l'impact des insectes floricoles sur les rendements de *Abelmoschus esculentus* :**

La contribution numérique de l'impact des insectes floricoles sur les rendements était basée sur la comparaison des fruits et des graines dans les traitements 1 et 2 et les traitements 3 et 4. La contribution numérique ( $C_{nf}$ ) des insectes floricoles pour les fructifications a été calculée à partir de la formule (3) :

$$C_{nf} = \left\{ \left( \frac{frx - fry}{frx} \right) \times 100 \right\}$$

. (Tchuenguem *et al.*, 2014), où  $frx$  et  $fry$

représentent les taux de fructification dans le lot x et lot y. La contribution numérique des insectes floricoles dans l'augmentation de la taille moyenne des gousses ( $C_{Tmg}$ ) a été déterminée par la formule (4) :

$$C_{Tmg} = \left\{ \left( \frac{Tmgx - Tmgy}{Tmgx} \right) \times 100 \right\}$$

(Tchuenguem *et al.*, 2014), où  $Tmgx$  et  $Tmgy$  sont respectivement les moyennes des tailles de gousse dans le Traitement x et traitement y. Le pourcentage ( $Pg$ ) du nombre moyen de graines par capsule attribuable aux insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule (5) :

$$Pgn = \left\{ \left( \frac{gnx - gny}{gnx} \right) \times 100 \right\}$$

(Tchuenguem *et al.*, 2014) (10) où  $P_x$  et  $P_y$  sont les nombres moyens de graines par capsule dans les traitements x et y respectivement. La contribution numérique des insectes floricoles dans la formation ( $C_{gn}$ ) des graines normales par lots a été déterminée à l'aide de la formule (6) :

$$C_{gn} = \left\{ \left( \frac{Pgx - Pgy}{Pgx} \right) \times 100 \right\}$$

avec  $Pgx$  et  $Pgy$  représentant les pourcentages des graines normales dans les traitements x et y.

**3.3.5 Traitement des données :** l'analyse des données a été faite à l'aide de la statistique descriptive (calcul des moyennes, écart-types et pourcentages). Quatre tests ont été utilisés : ANOVA (F) pour la comparaison des moyennes de plus de deux échantillons ; Test-t de Student pour la comparaison des moyennes de deux échantillons ; Khi-carré ( $\chi^2$ ) pour la comparaison des pourcentages ; Coefficient de corrélation de Pearson (r) pour l'étude des relations linéaires entre deux variables. Les logiciels Statgraphic et Xlstat 14.1 ont été utilisés pour l'analyse des données.

## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

**4.1 Diversité et fréquence de visites des insectes sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* :** Le tableau 1 présente la diversité

et la fréquence de visites des insectes floricoles de *A. esculentus* en 2023 et en 2024 à Bébédjia.

**Tableau 1 :** Diversité et fréquence de visites des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus*

Insectes			Années d'étude					
			2023		2024		2023 et 2024	
Ordres	Familles	Genres et Espèces	$n_1$	$f_{i1}$	$n_2$	$f_{i2}$	$n_c$	$f_{ic}$
Hyménoptères	Apidae	<i>Xylocopa pubescens</i>	18	01,70	21	3,13	39	2,25
		<i>Xylocopa inconstans</i>	0	0	33	4,92	33	1,90
		<i>Thyreus sp.</i>	13	1,22	0	0	13	0,75

		<i>Apis mellifera</i>	225	26,80	35	5,22	260	15
		<i>Amegilla calens</i>	285	21,14	100	14,92	385	22,20
	Halictidae	<i>Seladonia</i> sp. 1	56	5,26	22	3,28	78	4,5
		<i>Seladonia</i> sp. 2	00	00	45	6,72	45	2,6
	Vespidae	<i>Synagris cornuta</i>	155	14,57	50	7,46	205	11,82
		<i>Belanogaster juncea juncea</i>	0	0	50	7,46	50	2,89
	Formidae	<i>Camponotus flavomarginatus</i>	102	09,58	24	3,58	126	7,26
	Megachilidae	<i>Chalicodoma cincta</i>	12	01,12	0	0	12	0,69
	Colletidae	<i>Hylacis nigrinus</i>	11	01,03	29	4,32	40	2,30
	06	12	877	82,42	409	61,04	1286	74,16
Lépidoptères	Nymphalidae	<i>Bicyclus campina</i>	52	04,89	28	4,18	80	4,61
	Pieridae	<i>Catopsilia florella</i>	71	06,68	59	8,80	130	7,5
	Lycanidae	<i>Anthene amarash</i>	3	00,28	16	2,39	19	1,1
	Papilionidae	<i>Papilio demodocus</i>	0	0	18	2,70	18	1,04
		04	04	126	11,84	121	18,06	247
Orthoptères	Tittigonidae	<i>Tylopris lillifolia</i>	21	01,97	0	0	21	1,21
		<i>Neoconocephalus</i> sp.	0	0	11	0	11	0,63
		01	02	21	1,97	11	1,64	32
Coléoptères	Tenebrionidae	<i>Ctenopus sulphureus</i>	40	03,75	44	6,57	84	4,84
	Meloidae	<i>Mylabris</i> sp.	0	0	45	6,72	45	2,60
		02	40	03,75	89	13,28	129	7,43
Diptères	Muscidea	<i>Musca domestica</i>	0	0	05	0,75	05	0,29
	Calliforidae	<i>Chrysomya marginalis</i>	0	0	35	5,22	35	2,02
		02	0	0	40	5,97	40	2,31
05	15	22	1064	100	670	100	1734	100

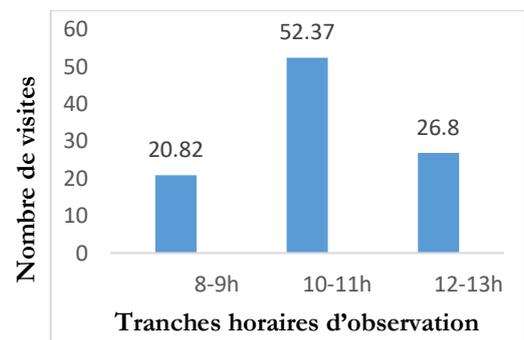
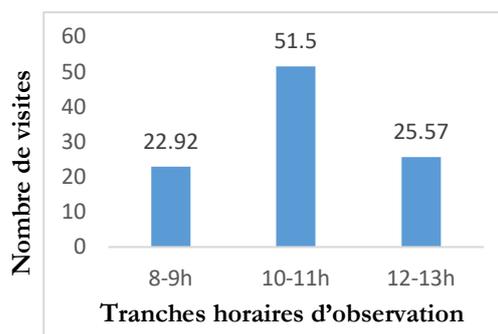
$n_1$  : nombre de visites d'insectes en 2023 ;  $n_2$  : nombre de visites d'insecte en 2024 ;  $n_t$  : nombre de visites d'insectes cumulé ;  $f_1$  : fréquence de visites d'insectes en 2023 =  $(n_1/1064) \times 100$  ;  $f_2$  : fréquence de visites d'insectes en 2024 =  $(n_2/574) \times 100$  ;  $f_t$  : fréquence de visites d'insectes cumulée =  $(n_t/1734) \times 100$  ; 0 : aucune visite recensé

Il ressort de ce tableau que 1734 visites de 22 espèces d'insectes ont été enregistrées sur les fleurs de cette Malvacée. Cette richesse spécifique des insectes floricoles à Bébédjia est largement supérieure à celle obtenue par Azo'o et al. (2011) à Domayo et par Otiobo et al. (2021) à Bambili qui n'était que de 9 et de 3 espèces respectivement, cela pourrait s'expliquer du fait que Bébédjia (ITRAD) est une zone rurale à exploitation exclusivement agricole. Par contre, Domayo et Bambili sont des zones semi-urbanisées. D'après Chagnon (2008), l'urbanisation peut causer la réduction de la diversité des espèces de pollinisateurs, le changement dans la composition des communautés de pollinisateurs, la perte de spécialistes pollinisateurs qui dépendent de certaines plantes ou habitats et l'augmentation de la dominance de quelques espèces généralistes de pollinisateurs. Cependant, la richesse spécifique d'insectes à Bébédjia est inférieure devant celle obtenue par Pando et al. (2020) à Maroua qui était de 32 espèces. Ce pourrait s'expliquer par des différences caractéristiques existant entre les deux sites d'étude (Bébédjia et Maroua). En effet, le

climat de Bébédjia favoriserait une végétation qui est plus sahélienne que Maroua. Cette différence de la richesse spécifique se justifie par le fait que la diversité de l'entomofaune floricole d'une plante varie dans l'espace et dans le temps d'après Roubik (2000). On retient ce tableau en plus que cinq ordres d'insectes ont été inventoriés à savoir les Hyménoptères : 74,16 % (*X. pubescence*, *X. inconstans*, *Thyreus* sp., *A. mellifera*, *A. calens*, *Seladonia* 1 sp., *Seladonia* 2 sp., *S. cornuta*, *B. j. juncea*, *C. flavomarginatus*, *C. cincta*, *H. nigrinus*), les Lépidoptères : 14,25 % (*B. campina*, *C. florella*, *A. amarash*, *P. demodocus*), les Coléoptères : 7,43% (*C. sulphureus*, *Mylabris* sp.), les Diptères : 2,31% (*M. domestica*, *C. marginalis*) et les Orthoptères : 1,84 % (*T. lillifolia*, *Neoconocephalus* sp.). L'ordre des Hyménoptères est le plus représenté avec sept familles parmi lesquelles celle des Halictidae comprenant l'espèce *A. calens* qui est la plus abondante avec 22,20% de l'ensemble de visites. Ce résultat est contraire de celui obtenu par Azo'o et al. (2011) qui ont trouvé plutôt que c'est *T. fraterna* qui était le pollinisateur le plus fréquent sur les fleurs de cette plante avec 88%

de visites de l'ensemble. Pando *et al.* (2020) ont signalé à Maroua que ce sont *Pyrochroa* sp., *L. collaris* et *Stegobium* sp. qui sont les insectes les plus prépondérants sur les fleurs de cette Malvaceae. Egalement dans la même lancée, Mishra *et al.* (1987) en Inde ont signalé que ce sont les fourmis du genre camponotus qui sont les plus fréquentes sur cette Malvacée. Ceci serait dû à une faible représentativité de *A. calens* ou à la présence d'autres espèces végétales avoisinantes dont les fleurs sont plus attractives pour cet insecte. Ces résultats confirment les travaux de Roubik (2000) selon lesquels, la diversité et l'abondance de l'entomofaune floricole d'une plante varient d'une région à l'autre et même d'une saison à l'autre.

#### 4.2. Activités des insectes sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* à Bébédjia



**Figure 4 :** Rythme de visites d'insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* par tranche horaires en 2023 et 2024 à Bébédjia.

Ces insectes retournent dans leur nichoir après 2 à 3 heures de recherche du butin ; ils échappent ainsi aux prédateurs, cleptoparasites ou dérobeurs de réserves nutritives qui pullulent dans le milieu et évitent l'occupation de leur nichoir par les concurrents indésirables d'après Eardley *et al.* (2010). Ces observations sont similaires à celles obtenues à Maroua par Pando *et al.* (2020). La baisse de visites florales d'insectes observée après la tranche horaire 10 - 11 h s'expliquerait par la fermeture des fleurs qui rend difficile l'accès au nectar et au pollen, ce qui les rendra moins attractives pour les pollinisateurs. Cela pourrait expliquer pourquoi on observe une baisse de l'activité des insectes sur les fleurs de gombo après 11h. Schemske et Hortvitz (1988) et Kasper *et al.*

**4.2.1 Rythme de visites d'insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* en fonction des tranches horaires :** La figure 4 présente le rythme de visites des insectes floricoles de *A. esculentus* par tranche horaire en 2023 et 2024 à Bébédjia. Il ressort de cette figure que les insectes visitent les fleurs de *A. esculentus* de 8 h à 13h avec le pic d'activité situé entre 10h et 11h. Ce pic d'activité des insectes peut être expliqué par 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 selon Mc Grégor (1976). Par ailleurs, Kasper *et al.* (2008) mentionnent que chez les abeilles sauvages et solitaires qui visitent prioritairement les fleurs de *A. esculentus*, l'activité matinale prépondérante de ces animaux est un instinct de survie.

(2008) expliquent que, lorsque le butin n'est plus facilement exploitable ou il est réduit en quantité et/ou médiocre en qualité, les insectes réduisent leur préférence florale pour que l'énergie dépensée pour le butinage ne soit pas supérieure à celle pouvant être tirée du butin.

**4.2.2 Produits récoltés par les insectes sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* :** Le tableau 2 présente le régime alimentaire et le pourcentage des produits floraux des insectes en activité sur les fleurs de *A. esculentus*. Il ressort de ce tableau que, les insectes floricoles rencontrés peuvent être regroupés en trois catégories selon leur habitude alimentaire à savoir les pollinivores exclusifs, les nectarivores exclusifs et les pollinivoro-nectarivores. Les chercheurs de pollen ou

pollinivores comprennent, les insectes qui récoltent et transportent activement le pollen d'une part et qui le consomment sur place d'autre part ceux ; les quels sont représentés par six familles appartenant l'ordre des Hyménoptères avec les Apidae (*X. pubescence*, *X. inconstans*, *Thyreus* sp., *A. mellifera*, *A. calens*), les Halictidae (*Seladonia* sp. 1, *Seladonia* sp. 2), Vespidae (*Synagris cornuta*, *B. j. juncea*), les Formicidae (*C. flavomarginatus*), Megachilidae (*C. cincta*) et les Collectidae (*H. nigrinus*). Les

insectes anthophiles qui consomment le pollen sur place appartiennent principalement à quatre ordres comprenant plusieurs familles, les diptères (*M. domestica*, *C. marginalis*), les coléoptères (*C. sulphureus*, *Mylabris* sp.), les lépidoptères (*P. demodocus*, *Bicyclus campina*) et les Orthoptères (*T. lillifolia*, *Neoconocephalus* sp.). Les insectes qui collectent exclusivement le nectar étaient représentés par l'ordre de Lépidoptères avec les familles de Pieridae (*C. florella*) et de Lycaenidae (*A. amarash*).

**Tableau 2 :** Produits floraux prélevés par les insectes sur *Abelmoschus esculentus* à Bébédjia en 2023 et 2024.

Insectes	Années	N	Produit floral récolté			
			Nectar		Pollen	
			n <sub>n</sub>	f <sub>n</sub>	n <sub>p</sub>	F <sub>p</sub>
<i>Amegilla calens</i>	2023	237	48	16,85	237	83,15
	2024	100	24	24	76	76
<i>Synagris cornuta</i>	2023	153	5	3,22	150	96,78
	2024	50	11	22	39	78
<i>Apis mellifera</i>	2023	225	55	22,91	170	70,83
	2024	35	9	25,71	26	74,28
<i>Hylacus nigrinus</i>	2023	11	4	36,36	7	63,63
	2024	29	11	37,93	18	62,06
<i>Anthene amarash</i>	2023	3	3	100	/	/
	2024	16	16	100	/	/
<i>Catopsilia florella</i>	2023	71	71	100	/	/
	2024	59	59	100	/	/
<i>Xylocopa pubescence</i>	2023	17	67	39,18	104	60,81
	2024	84	48	46,15	56	53,86
<i>Xylocopa inconstans</i>	2023	/	/	/	/	/
	2024	/	69	38,33	111	61,66
<i>Thyreus</i> sp.	2023	180	/	/	/	/
	2024	173	101	58,38	72	41,61
<i>Seladonia</i> sp.	2023	138	52	37,68	86	62,31
	2024	70	31	44,28	39	55,71
<i>Belanogaster juncea juncea</i>	2023	56	22	39,28	34	60,71
	2024	85	48	56,71	37	43,52
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	2023	22	13	50,09	9	49,90
	2024	17	9	52,94	8	47,05
<i>Chalicodoma cincta</i>	2023	150	67	44,66	83	55,33
	2024	200	89	44,5	111	50,5
<i>Bicyclus campina</i>	2023	92	55	59,78	37	40,21
	2024	92	/	/	92	100
<i>Papillio demodocus</i>	2023	12	/	/	12	100
	2024	23	/	/	23	100
<i>Tylopris lillifolia</i>	2023	/	/	/	/	/
	2024	13	2	15,38	11	84,61
<i>Neoconocephalus</i> sp.	2023	/	/	/	/	/
	2024	11	2	18,18	9	81,81
<i>Ctenopus sulphureus</i>	2023	/	/	/	/	/
	2024	33	/	/	33	100
<i>Mylabris</i> sp.	2023	/	/	/	/	/
	2024	17	2	11,76	15	88,23
<i>Musca domestica</i>	2023	/	/	/	/	/
	2024	26	12	46,15	14	53,84
<i>Chrysomya marginalis</i>	2023	/	/	/	/	/
	2024	8	/	/	8	100

**N** : nombre de visites étudiées, **n<sub>n</sub>** : nombre de visites pour la récolte de nectar, **n<sub>p</sub>** : nombre de visites pour la récolte de pollen, **f<sub>n</sub>** : fréquence de visites pour la récolte de nectar, **f<sub>p</sub>** : fréquence de visites pour le prélèvement de pollen.

Il se dégage enfin de cette étude que les insectes ont une préférence pour le prélèvement de pollen que du nectar ; la forte attractivité du pollen vis-à-vis des insectes butineurs est liée à sa grande accessibilité par rapport au nectar. Le tube corollaire des fleurs de *A. esculentus* est profond ( $m = 4,68 \pm 0,64$  cm;  $n = 164$  ; maxi = 5,42 cm; mini = 4,28 cm) ceci rend difficile l'accès aux nectaires qui sont lotis au fond de la fleur d'après Azo'o et al. (2012).

**4.2.3. Abondance des butineurs sur les fleurs** : Ce paramètre a été évalué pour *A.*

*calens*, *A. mellifera*, *C. florella* et *B. campina*. Le nombre d'individu par fleur était un pour chacun de ces insectes. Le tableau 3 présente l'abondance par 1000 fleurs de ces insectes sur *A. esculentus*. Il ressort de ce tableau que, l'abondance moyenne par 1000 fleurs est de 86,07 ( $n = 50$  ;  $s = 6,03$ ) et 29,77 ( $n = 30$  ;  $s = 3,99$ ), 63,95 ( $n = 50$  ;  $s = 6,24$ ) et 10,41 ( $n = 30$  ;  $s = 1,90$ ), 21,44 ( $n = 50$  ;  $s = 4,25$ ) et 17,56 ( $n = 30$  ;  $s = 3,58$ ) et 15,70 ( $n = 50$  ;  $s = 2,71$ ) et 8,33 ( $n = 30$  ;  $s = 1,85$ ) pour *A. calens*, *A. mellifera*, *C. florella* et *B. campina* en 2023 et 2024 respectivement.

**Tableau 3:** Abondance par 1000 fleurs de quelques insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* à Bébédjia

Insectes	Années	n	Abondances moyenne pour 1000 fleurs				Comparaison des moyennes
			m	s	Mini	Maxi	
<i>Amegilla calens</i>	2023	50	86,07	6,03	4	25	$t = 44,93$ ; $ddl = 78$ $P < 0,001$ ; THS
	2024	30	29,77	3,99	2	20	
	2023/2024	80	57,72	6,24	2	25	
<i>Apis mellifera</i>	2023	50	63,95	6,27	1	23	$t = 44,94$ ; $ddl = 78$ $P < 0,001$ ; THS
	2024	30	10,41	1,90	1	7	
	2023/2024	80	38,98	5,89	1	23	
<b>Total</b>	2023/2024						$F = 19,03$ ; $ddl = 5$ ; $P < 0,001$ ; THS
<i>Catopsilia florella</i>	2023	50	21,44	4,25	1	15	$t = 4,13$ $P < 0,001$ ; THS
	2024	30	17,56	3,58	1	10	
	2023/2024	80	19,49	3,65	1	15	
<i>Bicyclus campina</i>	2023	50	15,70	2,71	1	9	$t = 13$ ; $ddl = 78$ $P < 0,001$ ; THS
	2024	30	8,33	1,85	1	6	
	2023/2024	80	11,99	4,82	1	9	
<b>Total</b>	2023/2024	480	32,04	1,16	1	25	$F = 7,90$ ; $ddl = 5$ ; $P < 0,001$ ; THS

**n** = effectif ; **m** = moyenne ; **s** = écart-type ; **mini** = minimum ; **maxi** = maximum ; **F** = ANOVA ; **THS** = Différence très hautement significative.

L'abondance faible des insectes sur les fleurs de cette Malvacée serait due à la présence de prédateurs tels que *S. cornuta* et *B. j. juncea* qui découragent les pollinisateurs et/ou aux caractéristiques morphologiques des fleurs qui rendent l'accès difficiles à ces pollinisateurs. En effet, le fait que le pollen de cette plante soit collant et que la position où se trouve le nectar ne facilite pas l'attraction des insectes. Ainsi, les individus présents y sont pour des besoins spécifiques et doivent être capables d'accéder au nectar et aptes à transporter le pollen. La comparaison globale de moyennes des abondances par l'ordre d'insectes est très hautement significative ( $F = 19,03$  ;  $ddl = 5$  ;  $P < 0,001$ ) et ( $F = 7,9$  ;  $ddl = 5$  ;  $p < 0,001$ )

respectivement pour les Hyménoptères et les Lépidoptères. Les comparaisons des moyennes d'une année à l'autre de *A. calens* ( $t = 44,93$  ;  $ddl = 78$  ;  $P < 0,05$ ), de *A. mellifera* ( $t = 44,94$  ;  $ddl = 78$  ;  $P < 0,05$ ), de *C. florella* ( $t = 4,13$  ;  $P < 0,05$ ) et de *B. campina* ( $t = 13$  ;  $ddl = 78$  ;  $P < 0,05$ ) sont significatives dans l'ensemble. Il apparaît que pour chaque espèce donnée, l'abondance par 1000 fleurs a été plus importante en 2023 qu'en 2024. En définitive, les variations des abondances de visites sur les fleurs de cette plante seraient liées à la quantité et à la qualité des aliments floraux en fonction du temps donné (Pesson et Louveaux, 1984).

**4.2.4. Durée de visites de quelques insectes** : Les résultats du tableau 4 indiquent

que la durée moyenne d'une visite florale varie avec l'insecte et par saison culturale. Il ressort de ce tableau que la durée de visites moyenne est de 54,47 sec ( $n = 50$  ;  $s = 20,59$ ) et de 26,22 sec ( $n = 50$  ;  $s = 17,10$ ), de 48,16 sec ( $n = 50$  ;  $s = 19,84$ ) et de 19,33 sec ( $n = 50$  ;  $s = 10,72$ ), de 38,58sec ( $n = 50$  ;  $s = 19,17$ ) et de 18,73 sec ( $n = 50$  ;  $s = 9,78$ ) et de 25,5 sec ( $n = 50$  ;  $s = 19,59$ ), de 24,52 sec ( $n = 50$  ;  $s = 17,74$ ) et de

38,55sec ( $n = 50$  ;  $s = 20,99$ ) et de 19,37 sec ( $n = 50$  ;  $s = 15,60$ ) pour *A. mellifera*, *A. calens*, *S. cornuta*, *C. florella* et *B. campina* en 2023 et 2024 respectivement. Les durées de visites des Apoidea sont plus longues ; elles sont spécifiques par accroissement du taux d'autopollinisation sur les fleurs de cette plante.

**Tableau 4** : durée de visites de quelques insectes sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* à Bébédjia

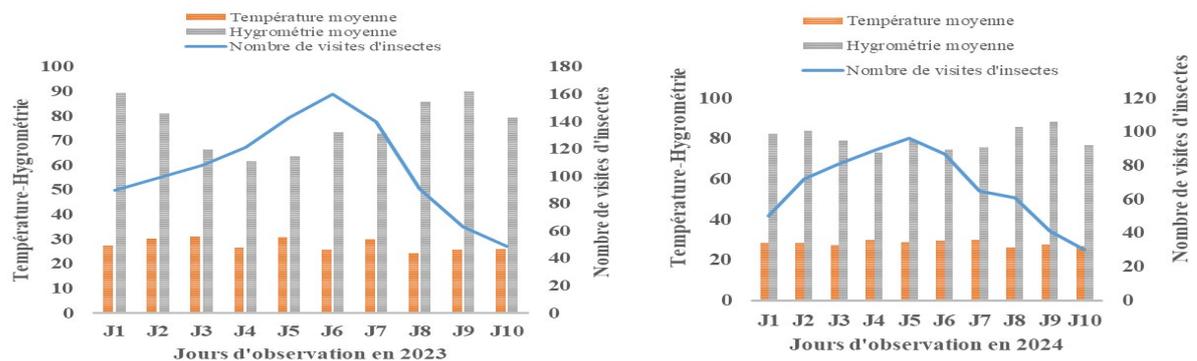
Insectes	Durée d'une visite (seconde)						Comparaison
	Année	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	Min	maxi	
<i>Apis mellifera</i>	2023	50	54,47	20,59	1	89	$t = 7,38$ [ $ddl = 98$ ; $P < 0,05$ ]
	2024	50	26,22	17,10	1	92	
<i>Amegilla calens</i>	2023	50	48,16	19,84	1	55	$t = 8,94$ [ $ddl = 98$ ; $P < 0,05$ ]
	2024	50	19,33	10,72	1	67	
<i>Synagris cornuta</i>	2023	50	38,58	19,17	1	82	$t = 6,45$ [ $ddl = 98$ ; $P < 0,05$ ]
	2024	50	18,73	9,78	1	98	
<i>Catopsila florella</i>	2023	50	25,5	19,59	1	122	$t = 0,25$ [ $ddl = 98$ ; $P < 0,05$ ]
	2024	50	24,52	17,74	1	114	
<i>Bicyclus campina</i>	2023	50	38,55	20,99	1	112	$t = 5,13$ [ $ddl = 98$ ; $P < 0,05$ ]
	2024	50	19,37	15,60	1	133	

**N** : nombre de visites ; **m** : moyenne ; **s** : écart-type ; **maxi** = maximum ; **mini** = minimum ; **t** = t-student ; **ddl** : degré liberté

Il découle de ce tableau que la durée de visite peut varier chez un insecte et non chez un autre au fil des ans dans un site donné, ces variations observées seraient liées aux besoins alimentaires réels d'une espèce d'insecte donnée et d'une année à une autre comme l'ont signalé Ségeren *et al.* (1996). La comparaison globale des moyennes des durées de visites chez ces insectes montre des différences hautement significatives ( $F = 10,12$  [ $ddl = 4$  ;  $P < 0,05$ ]) ensuite la comparaison des moyennes des durées de visites d'une année à une autre chez *A. mellifera* ( $t = 7,38$  [ $ddl = 98$  ;  $P < 0,05$ ]), *A. calens* ( $t = 8,94$  [ $ddl = 98$  ;  $P < 0,05$ ]), *S. cornuta* ( $t = 6,45$  [ $ddl = 98$  ;  $P < 0,05$ ]) et *B. campina* ( $t = 5,13$  [ $ddl = 98$  ;  $P < 0,05$ ]) présente des différences significatives pour ces insectes par contre cette comparaison était non significative ( $t = 0,25$  [ $ddl = 98$  ;  $P < 0,05$ ]) pour *C. florella*. En somme, les variations des durées de visites observées sur les fleurs de cette Malvacée en fonction des années étaient liées à la variation du contenu floral en nectar ou en pollen ; d'après Pesson et Louveaux

(1984), la quantité de nectar et de pollen produite par une fleur est assujettie à l'état physiologique de la plante, aux conditions atmosphériques et aux saisons.

**4.2.5 Influence de quelques facteurs climatiques** : La figure 3 présente la variation du nombre de visites des insectes floricoles en fonction de la température et de l'hygrométrie pendant 10 jours d'observation en 2023 (Figure 3A) et 2024 (Figure 3B). Il ressort de cette figure que plus l'humidité relative de l'aire n'est élevée, le nombre de visites d'insectes augmente. De même la température oscillante entre 26 à 28°C est très favorable à l'activité des insectes sur les fleurs de cette Malvaceae. Ces insectes étant essentiellement pollinivores, d'après Mc Grégor (1976), une élévation journalière de la température ambiante entraîne une diminution du potentiel d'agglutination des grains de pollen qui deviennent ainsi difficilement prélevables par les insectes.



**Figure 5 :** Variation du nombre de visites des insectes floricoles en fonction de la température et de l'humidité relative de l'air à Bébédjia de *Abelmoschus esculentus*.

La corrélation s'est révélée positive et non significative entre le nombre de visites d'insectes et la température en 2023 ( $r = 0,34$  [ddl = 8 ;  $P > 0,05$ ]) et en 2024 ( $r = 0,52$  [ddl = 8 ;  $P > 0,05$ ]) d'une part et négative et non significative entre le nombre de visites d'insectes et l'hygrométrie en 2023 ( $r = -0,64$  [ddl = 8 ;  $P > 0,05$ ]) et en 2024 ( $r = -0,44$  [ddl = 8 ;  $P > 0,05$ ]) d'autre part. Pour ce qui est de la température, ces résultats sont en accord avec les travaux de Azo'o et al. (2011) à Maroua (Cameroun) qui ont signalé une corrélation positive et non significative entre le nombre de visites d'insectes et la température de la parcelle expérimentale.

**4.3 Insectes pollinisateurs potentiels et leur importance sur la pollinisation :** Au moment des investigations, certains insectes se sont distingués des autres par des critères spécifiques tels que la présence des organes collecteurs des pollens, la fidélité aux fleurs, aucun dommage causé aux fleurs visitées, l'aptitude prompte de passer d'une fleur à une autre, les contacts réguliers qu'entretient l'insecte avec les organes reproducteurs des fleurs visitées, la fréquence importante de visites de l'insecte butineur. Une observation minutieuse des différents insectes nous a permis de constater que *A. mellifera* et *A. calens* étaient quasiment en contact avec les anthères et les stigmates lors de visites. Ces contacts

étaient assurés à l'aide notamment des pattes, des pièces buccales, du thorax et de l'abdomen. De ce fait, ils étaient susceptibles de jouer un rôle positif sur la géitogamie selon Robertson (1992) et Klinkhamer et De Jong (1993) en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate d'une autre fleur de la même plante. Il se dégage que *A. mellifera* et *A. calens* sont classés comme des pollinisateurs potentiels majeurs de cette Malvacée. Des résultats similaires ont été rapportés par Pando et al. (2020) à Maroua et Kingha et al. (2021) à Garoua (Cameroun). D'après Rader et al. (2009), en l'absence d'abeille domestique, les abeilles sauvages peuvent être utilisées comme pollinisateurs alternatifs de cette espèce végétale.

**4.4 Impact des insectes floricoles sur les rendements de *Abelmoschus esculentus* :** Le Tableau 5 indique les rendements de *A. esculentus* dans les différents traitements étudiés. Il ressort de ce tableau que les taux de fructification dans les lots 1, 2, 3 et 4 sont de 92,22%, 73,33%, 90% et 77,77% respectivement. A Garoua, Kingha et al. (2021) ont obtenu les chiffres correspondant de 100 % et 90,83 % pour les fleurs laissées en libre pollinisation et pour celles protégées des visites d'insectes respectivement. De même, Azo'o et al. (2011) à Maroua (Cameroun) ont indiqué des taux de fructification variant de 95,6% à 100% dans les différents traitements.

**Tableau 5 :** Rendements de *Abelmoschus esculentus* dans les différents traitements à Bébédjia

Années	Tr	NFE	NGF	PI $\neq$	TMC	NGNc	NGTc	% GN
2023	1	90	83	92,22	17,21 ( $n = 40$ ; $s = 5,7$ )	119,23 ( $n=350$ ; $s = 16,26$ )	122,66 ( $n = 400$ ; $s = 57,41$ )	92,28

	2	90	66	73,33	15,08 ( $n = 30$ ; $s = 2,9$ )	113,08 ( $n=323$ ; $s = 15,09$ )	117,8 ( $n=350$ ; $s=33,37$ )	88,57
2024	3	90	81	90	18,02( $n = 40$ ; $s = 8,33$ )	124,8(418 ; $s=45,49$ )	126,34( $n=397$ ; $s = 112,31$ )	73,90
	4	90	70	77,77	15,72( $n=36$ ; $s$ $= 10,35$ )	116,56( $n=408$ ; $s=44,22$ )	120,19( $n=311$ ; $s=98,72$ )	56,37

**NFE** : nombre de fleurs épanouies ; **NCF** : nombre de capsules formées ; **PIfr** : pourcentage de l'indice de fructification ; **TMC** : taille moyenne des capsule ; **NGNc** : nombre de graines normales par capsule ; **NGTg** : nombre de graines totales par capsule ; **%GN** : pourcentage de graines normales.

La comparaison entre les quatre pourcentages ont montré une différence significative ( $\chi^2 = 4,16$  ;  $ddl = 3$  ;  $P < 0,05$ ). La comparaison des taux de fructifications issus des traitements 1 et 2 ( $\chi^2 = 1,13$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ) d'une part et traitements 3 et 4 ( $\chi^2 = 0,68$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ) d'autre part montre des différences non significatives. On tient de ces résultats que l'autopollinisation est prédominante chez cette espèce végétale. Cependant, les insectes apportent une part non négligeable évaluée à 20,48% et 13,58% sur le taux de fructification respectivement en 2023 et 2024. Pour les deux années cumulées, il est de 17,07%. Ce pourcentage est largement supérieur à ceux obtenus par Pando *et al.* (2020) à Maroua et Kingha *et al.* (2021) à Garoua (Cameroun) étaient de 9,57 % et 9,11 % respectivement. Cette différence serait dû au fait que ces auteurs n'ont pas obtenus les mêmes insectes qu'à Bébédjia d'une part et d'autre part, ils ont noté une abondance de coléoptères qui sont connus comme des ravageurs par excellences des fleurs de *A. esculentus*. La taille moyenne de capsules est de 17,21 ( $n = 40$ ,  $s = 5,7$ ), 15,08 ( $n = 30$ ,  $s = 2,9$ ), 18,02 ( $n = 40$ ,  $s = 8,33$ ) et 15,72 ( $n = 36$ ,  $s = 10,35$ ) dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. Les capsules issues de fleurs en libre pollinisation sont plus longues. La pollinisation induite par les insectes stimule la sécrétion des phytohormones responsables de la croissance de fruits. Les contributions numériques dues à l'impact des insectes sont de 12,38 % et 12,76% en 2023 et 2024 respectivement. Pour les deux années cumulées, elle est de 12,57 %. Le nombre moyen des graines par capsule est de 122,66 ( $n = 400$  ;  $s = 57,41$ ), 117,8 ( $n = 350$  ;  $s = 33,37$ ), 126,34 ( $n = 397$  ;  $s = 12,31$ ) et 120,19 ( $n = 311$  ;  $s = 98,72$ ) dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. La comparaison entre les quatre moyennes montre une différence

hautement significative ( $F = 18,41$  ;  $ddl = 3$  ;  $P < 0,01$ ) et la comparaison des moyennes des graines par capsule dans les traitements 1 et 2 ( $t = 4,94$  ;  $ddl = 748$  ;  $P < 0,05$ ) et les traitements 3 et 4 ( $t = 2,92$  ;  $ddl = 708$  ;  $p < 0,05$ ) révèle des différences significatives dans ces traitements. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Al-Ghzawi *et al.* (2003) ; ces auteurs ont fait mention qu'il existerait des différences significatives entre le nombre moyen de graines issues des plantes pollinisées par les insectes à celui issu des plantes autopollinisées. L'apport numérique dû à l'influence des insectes sur le nombre de graines par capsule est évalué à 4,41%. Par contre, ces résultats sont inférieurs devant ceux obtenus par Pharaon *et al.* (2021) à Bilone (Cameroun) qui était plutôt de 20,59 %. En effet, ces auteurs n'ont pas relevés l'impact négatif avéré des ravageurs au cours de leurs travaux. Ceci pourrait justifier la forte influence des pollinisateurs sur l'augmentation du nombre de graine par capsule de ceux-ci. Les pourcentages des graines normales par fruit sont de 92,28 %, 88,57 %, 73,9 % et 56,37 % dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. La comparaison entre les quatre pourcentages montre une différence très hautement significative ( $\chi^2 = 268,04$  ;  $ddl = 3$  ;  $P < 0,001$ ). Les comparaisons des pourcentages des graines normales par fruit dans les traitements 1 et 2 et dans les traitements 3 et 4 révèlent des différences significatives ( $\chi^2 = 4,21$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,05$ ) et ( $\chi^2 = 6,79$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,05$ ) dans ces traitements. La contribution numérique attribuable à l'influence des insectes anthophiles pour la formation de graines normales s'élève à 13,89%. Cette contribution numériques des insectes floricoles est supérieure devant celles obtenues par Azo'o *et al.* (2012) et Pando *et al.* (2020) qui étaient de

9,50 % et 7,18% respectivement à Maroua (Cameroun).

## 5 CONCLUSION

À Bébédjia, 1734 visites de 22 espèces d'insectes ont été recensées sur les fleurs de *A. esculentus*. Ces insectes sont répartis dans 15 familles et cinq ordres à savoir les Hyménoptères, Lépidoptères, Diptères, Coléoptères et Orthoptères. Ils butinaient les fleurs de cette plante de 8h à 13h avec le pic d'activité de l'ensemble de visites situé entre 10h et 11h (51,54 %) et sont fortement pollinivores et faiblement nectarivores. L'ordre le plus riche était celui des Hyménoptères avec 12 espèces, suivi des Lépidoptères avec quatre espèces, ensuite de Coléoptères, Diptères et Orthoptères avec deux espèces chacun. *Apis*

*mellifera* et *A. calens* ont été identifiés comme des potentiels pollinisateurs majeurs de cette Malvaceae. En comparant la nouaison des fleurs non isolées à celle des fleurs isolées des insectes, il est apparu que les insectes ont boosté le taux de fructification, la taille moyenne de gousses, le nombre moyen de graines par fruit ainsi que le pourcentage de graines normales de 17,07%, 12,57 %, 4,41% et 13,89% 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.

## 6 REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements aux Responsables de l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) en général et ceux de la station de Bébédjia en particulier pour avoir accepté de loger cette recherche dans leurs locaux, nos remerciements vont particulièrement à l'endroit des Dr Mbäindiro

Josué et Dr Kiya Mbaïkar pour leurs assistances techniques dans les suivis des travaux de terrain et Messieurs Djekornom Urbain, Djedanem Basile et Djimlel ngar Marc pour leurs aides dans l'exécution des travaux de terrain, enfin à Madame Maïmouna Mahouli pour sa contribution financière.

## 7 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.
- Azo'o E. M., Tchuenguem F. F.-N. & Messi J., 2011. Influence of the foraging activity of the entomofauna on Okra (*Abelmoschus esculentus*) seed yield. *International Journal of Agriculture & Biology*, 13: 761 - 765.
- Azo'o E. M., Madi A., Tchuenguem F. F.-N. & Messi J., 2012. The importance of a single floral visit of *Eucara macrognatha* and *Tetralonia fraterna* (Hymenoptera: Apidae) in the pollination and yields of *Abelmoschus esculentus* in Maroua, Cameroon. *International Journal of*
- Agricultural Research*, 7 (18) : 2853 - 2857.
- Balti O. M., Djonwangwé D., et Tamesse J. L., 2023. Diversité des insectes floricoles de *Hibiscus cannabinus* L. 1759 (Malvaceae) et leur impact sur les rendements fruitier et grainier à Bogo (Extrême-Nord, Cameroun). *African Journal of Tropical Entomology Research* 2(3):101-116.
- Borror DJ. & White RE., 1991. *Les insectes de l'Amérique du Nord (au Nord de Mexique)*. Les guides Peterson. Ed. Broquet., 408p.
- Crane E: (1991). *Apis* species of tropical Asia as pollinators and some rearing methods for them. *Acta Horticultural*. 288: 29.
- 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. 55p.
- Delvare G. and Aberleng P: 1987. Les insectes dnal du Quu QuLes insectes dnal du Qual du Qual du QCamerouce des familles. PRIFAS, Montpellier, France, 302 p.
- Eardley C, Kuhlmann M. and Pauly A: 2010. The bee genera and subgenera of Sub-Saharan Africa. ABC Taxa, 7: 1-138.
- Fameni T. S., Toulouk E.J., Mamoudou J., Azo'o E. M., Pando J. B. et Tchuenguem F. F.-N., 2023. Impacts d'une visite florale de deux Mégachiles sur les fleurs de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. 1900 (Fabaceae) à Meskine (Maroua, Cameroun) *Journal of Animal & Plant Sciences* 57 (2): 10471-10488.
- Free JB: 1993. Insect Pollination of Crops. Academic Press. London, UK. 152 p.
- George R.A.T., 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 : 8-12.
- Jean-Prost P. 1987. Apiculture : Connaître l'Abeille - Conduire le Rucher (6éd), Lavoisier : Paris ; 579p.
- Karunaratne W. et Perera R., 2019. Floral visits of the wild bee, *lithurgus atratus*, impact yield and seed germinability of okra, *Abelmoschus esculentus*, in Sri lanka, Department of Zoology, Faculty of Science, University of Peradeniya (Sri lanka), *Journal of Pollination Ecology*, 25 (1): 1-6.
- Kartika M. D., Atmowidi T., Priawandiputra W., 2022. The foraging activity and pollination services of three stingless bee species to enhance fruit quality and quantity of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) West Java, Indonesia, *acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis* 3(70): 54-55.
- Kasper M. L, Reeson A.F, Mackay D.A. and Austin A.D., 2008. Environmental factors influencing daily foraging activity of *Vespula germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in Mediterranean Australia. *Insect Sociaux*, 55: 288-296.
- Kingha T. B. M., Adamou M., Youssoufa O., Yatahaï C.M. and Tchuenguem F. F.-N., 2021. Foraging and pollination behavior of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae) flowers in Garoua (North, Cameroon), *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*, 29 (2): 62-76.
- Klinkhamer P.G.L. & De Jong T.J., 1993. Attractiveness to pollinators: a plant's dilemma. *Oikos*, 66: 180-184.
- Mahesh K., D.P. Abrol, D. Sharma, U. S. Vikram and Amit K. S., (2021). Impact of artificial diets on performance of *Apis mellifera* colonies during dearth periods. *Journal of Entomology and Zoology Studies*; 9(3): 404-409.
- 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. Nandhini E., Padmini K., Venugopalan R., Anjanappa M. et Lingaiah H.B., (2018). Flower visiting insect pollinators of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] in Bengaluru region, *Journal of pharmacognosy and photochemistry*; 7 (2): 1406-1408.
- Njoya M.T, 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.
- Nilesh J., Ruchi J., Vaibhav J. & Surendra J., 2012. *A review on: Abelmoschus esculentus*. *Pharmacia*, 1: 1-85.
- Olugbenga E.I. and Eludire M. O., 2014. Floral Biology and Pollination Ecology of Okra (*Abelmoschus Esculentus* L.

- Moench), *American International Journal of Biology*, 2. (2) : 1-9.
- ONDR, (2010). Rapport bilan campagne agricole du Tchad : 43.
- Otiobo A.E.N., Lukong A.W., Fotso, Tita M.A. & Nku-Akenji T., 2020. Insect Activities and their Impact on the Yield of *Abelmoschus esculentus* L (Malvaceae) in Bambili (Mezam - Cameroon). *International Journal of Sustainable Agricultural Research*, 7: 304-315.
- Pando J. B., Tchuenguem F. F.-N., Djonwangwé D. & Tamesse J. L., 2014. The importance of single floral visit of *Chalicodoma cincta cincta* Fabricius 1871 (Hymenoptera: Megachilidae) in the pollination and yield of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 1843 (Fabaceae) in Cameroon. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4 (4): 179 - 187.
- Pando J. B., Djonwangwé D., O. M. Balti, Tchuenguem F. F. et J. L. Tamesse 2020. Diversité des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae) et leur impact sur les rendements fruitier et grainier à Maroua- Cameroun. *Journal of Animals and Plants sciences* 43 (1) : 7350-7365.
- Pauly A : 2014. Les Abeilles des Graminées *Lipotriches* Gerstaecker, 1858, sensu stricto (Hymenoptera: Apoidea: Halictidae: Nominiinae) de lrounra (S. Deutscher TroBelgian *Journal of Entomology*, 20: 1-393.
- Pharaon M. A., Douka C., Dounia, Eloundou C. E., Tchuenguem F. F. – N., 2021. Pollination efficiency of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) on flowers of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae) at Bilone (Obala, Cameroon). *International Journal of Bioscience*, 14 (1): 1-11.
- Rader R., Howlett B.G., Cunningham S.A., Westcott D.A., Newstrom-Lloyd L.E., Walker M.K., Teulon D.A.J. & 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.
- Robertson A.W., 1992. The relationship between floral display size, pollen carryover and geitonogamy in *Myosotis colensoi* (Kirk) Macbride (Boraginaceae). *Biological Journal of the Linnean Society* 46: 333-349.
- 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.
- Segeren P, Mulder V, Beetsma J, Sommeijer R. 1996. Apiculture sous les tropiques. *Agrodok* 32, 5<sup>ème</sup> ed., Agromisa, Wageningen, 88 p.
- Siemonsma J.S., 1982. West-African okra - morphological and cytogenetical indication for the existence of a natural amphidiploid of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench and *Abelmoschus manihot* (L.) Medikus. *Euphytica*, (1): 241-252.
- 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: 138-140