Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences, 2025, 33, 126-140.
DOI: https://doi.org/10.63342/cjbbs2025.33.007.fr

CAMEROON JOURNAL OF BIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL SCIENCES
Published by the Cameroon Biosciences Society (CBS)

Article de Recherche

Contribution de *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) dans les rendements de *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Malvaceae) à Bocklé et à Pitoa (Nord, Cameroun)

ADAMOU MOÏSE[1], MOHAMADOU MOUSSA[2*], KENGNI BEAUDELAINE STEPHANIE[3], NDIKLAI FANGO CLÉMENCE[3], YOUSSOUFA OUSMANA[4], YATAHAÏ CLEMENT MINEO[3], MOHAMMADOU MOUKHTAR[5], TCHOUBOU SALE ABRAHAM[4], TCHUENGUEM FOHOUO FERNAND-NESTOR[3]

[1] Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de Garoua, Université de Garoua, BP 317 Garoua, Cameroun.

[2] Département de Parasitologie et Pathologies Parasitaires, Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaires, Université de Ngaoundéré, BP 454, Cameroun.

[3] Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Maroua, BP 46, Maroua Cameroun.

[4] Laboratoire de Zoologie Appliquée, Département des Sciences Biologiques. Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun.

[5] Laboratoire de Biologie & physiologie Animale, Département des Sciences Biologiques. Faculté des Sciences, Université de Douala, BP 2701, Douala, Cameroun.

*Auteur correspondant : mohamadoumoussa678@gmail.com, (+237) 697 601 282

Reçu: 26 février 2025, Revu: 23 mars 2025, Révisé: 15 avril 2025, Accepté: 26 avril 2025, Publié: 19 juin 2025

RÉSUMÉ

À Bocklé et à Pitoa (Nord, Cameroun), du 23 mars au 06 avril (saison sèche) et du 26 Août au 10 Septembre (saison pluvieuse) 2020 respectivement, les fleurs de gombo (*Abelmoschus esculentus*) ont été observées en vue d'étudier l'activité de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) et d'évaluer l'impact de celle-ci sur les rendements fruitiers et graniers de cette essence. Pour chaque saison, 540 fleurs au stade bouton ont été étiquetées sur 120 plantes réparties en quatre traitements : 120 fleurs laissées en libre pollinisation ; 120 fleurs protégées des insectes ; 200 fleurs limitées aux visites exclusives de *Apis mellifera* et 100 fleurs protégées des insectes puis destinées à être découvertes et protégées de nouveau, sans visite d'insecte ou de tout autre organisme. Le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage de graines normales ont été comparés entre ces traitements. Les résultats montrent que sur 16 espèces d'insectes recensées sur les fleurs du gombo, *A. mellifera* occupait la première place en saison sèche (63,41%) et la deuxième place en saison pluvieuse (10,13 %) et récoltait du pollen et du nectar pendant chaque saison d'étude. Via son efficacité pollinisatrice sur *Abelmoschus esculentus*, *Apis mellifera* a augmenté le taux de fructification de 7,16 %, le nombre moyen de graines par fruit de 20,66 % et le pourcentage de graines normales de 6,79 %. L'installation des colonies de *Apis mellifera* à proximité des plantations de *Abelmoschus esculentus* est conseillée pour améliorer les rendements fruitiers et graniers de cette Malvacée.

Mots clés : *Apis mellifera*, *Abelmoschus esculentus*, efficacité pollinisatrice, rendements, Bocklé

ABSTRACT

At Bockle and Pitoa (North, Cameroon), from March 23 to April 06, 2020 (dry season) and from August 26 to September 06, 2020 (rainy season) respectively, the flowers of okra (*Abelmoschus esculentus*) were observed to study the activity of western honeybee (*Apis mellifera*) and to assess its impact on the fruit and seed yields of this species. For each season, 540 flowers at the bud stage were labelled on 120 plants divided into four treatments: 120 flowers left freely pollinated; 120 bagged flowers; 200 flowers limited visits by *A. mellifera* only, and 100 flowers protected from insects, then uncovered and then again protected without insects or any other organism. The fruiting rate, the mean number of seeds per fruit, and the percentage of normal seeds were compared between these treatments. The results show that of 16 insect species recorded on okra flowers, *A. mellifera* placed first with (63.41%) in the dry season and second place in the rainy season, and collected pollen and nectar during each study season. By its pollinating

efficiency on *Ab. esculentus*. *A. mellifera* increased the fruiting rate by 7.16%, the mean number of seeds per fruit by 20.66%, and the percentage of normal seeds by 6.79 %. The installation of *A. mellifera* colonies near the plantations of *Ab. esculentus* is recommended to improve the fruit and seed yields of this Malvaceae.

Keywords: *Apis mellifera*, *Abelmoschus esculentus*, pollination efficiency, yields, Bocklé

1. INTRODUCTION

L'agriculture constitue le moteur de la croissance globale pour la majorité des pays en voie de développement (FAO 2009). Elle est indispensable à la réduction de la pauvreté ainsi qu'au renforcement de la sécurité alimentaire (FAO 2009). Malgré les efforts fournis par les pays d'Afrique subsaharienne, environ 23,2 % de la population demeure sous-alimentée du fait notamment de la faible production agricole (FAO 2016). Face à cette situation, il est important que les programmes de développement de l'agriculture prennent en compte tous les facteurs pouvant concourir à l'augmentation des rendements (MINEPAT 2014), notamment l'utilisation des insectes pollinisateurs (FAO 2016) qui sont responsables de la pollinisation de près de 85 % des plantes à fleurs (Chifflet 2010). Ces Arthropodes, à eux seuls pollinisent plus de 65 % des espèces cultivées dans le monde (Klein *et al*. 2007) parmi lesquelles le gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) (Djonwangwé *et al*. 2017, Tchuenguem et *al*. 2009).

Abelmoschus esculentus (L.) Moench, est originaire d'Afrique (George 1989) et est cultivé dans les régions tropicales, subtropicales, de basses altitudes d'Asie, d'Afrique et d'Amérique, avec une extension aux régions tempérées du bassin méditerranéen pour ses fruits, feuilles, graines et même ses fibres (Charrier 1983). C'est une plante annuelle, robuste, érigée atteignant 4 m de haut, plus ou moins fortement ramifiée (Siemonsma *et al*. 2004). Il est caractérisé par une diversité de formes et de couleurs des fruits et des tiges (Seck 1991). La tige est cylindrique, recouverte de poils et ramifiée (Charrier 1983). Les feuilles sont disposées en spirale, simples, de formes et de tailles variables (Marius *et al*. 1997). Le fruit est une capsule érigée en section ronde avec 5 à 10 angles concaves entre les côtés (Fondio et *al*. 2007).

Les feuilles du gombo sont consommées pour ses richesses en protéines et sels minéraux (Martin 1982). Ses fruits sont utilisés frais ou séché pour les préparations culinaires (Marius *et al*. 1997). De même, il est aussi utilisé dans l'industrie du sucre et dans l'industrie pharmaceutique (Martin 1982). Malgré son importance alimentaire, nutritionnelle et économique au Cameroun, sa production demeure toujours faible alors que la demande est sans cesse croissante (MINADER 2012), à cause notamment de l'insuffisance des connaissances sur les relations entre cette Malvaceae et les insectes anthophiles dans les différentes régions du pays (MINADER 2012).

Avant nos travaux, les données publiées sur les relations entre *Ab. esculentus* et les insectes floricoles sont celles fournies par les investigations de Angbanyere & Matthew (2012) au Burkina Fasso, Azo'o *et al*. (2011, 2012), Njoya *et al*. (2005) et de Pando *et al*. (2020) au Cameroun et Angbanyere & Baidoo (2014) au Ghana. L'entomofaune floricole et son impact sur la pollinisation et les rendements d'une plante peuvent varier dans l'espace et dans le temps (Tchuenguem 2005). Il est donc nécessaire de mener des études à Bocklé et à Pitoa (Nord, Cameroun) sur *Ab. esculentus* pour compléter les données existantes relatives à cette espèce végétale.

Le présent travail avait pour objectif principal de contribuer à la maîtrise des relations entre le gombo (*Ab. Esculentus*) et l'abeille domestique (*A. mellifera*) pour leur exploitation optimale et visait cinq principaux objectifs spécifiques : (a) déterminer la place de *A. mellifera* dans l'entomofaune floricole de *Ab. esculentus* ; (b) étudier l'activité de cet insecte au niveau des fleurs de cette plante ; (c) estimer la valeur apicole de cette Malvaceae ; (d) déterminer l'influence des insectes anthophiles dont *A. mellifera* sur la pollinisation et la production du gombo et (e) évaluer l'efficacité pollinisatrice de *A. mellifera* sur cette essence.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Site d'étude

Les investigations ont été menées de janvier à mai 2020 à Bocklé (saison sèche) et de juin à octobre 2020 à Pitoa (saison pluvieuse), dans le département de la Bénoué, Région du Nord au Cameroun. Ces deux localités appartiennent à la zone Soudano-Sahélienne (MINEPAT 2014). Le climat est de type tropical soudanien,

caractérisé par deux saisons : une courte saison des pluies de mai à septembre et une longue saison sèche d'octobre à avril (PCD, 2011). La température moyenne annuelle varie entre 28 °C et 32,5 °C ; l'hygrométrie moyenne varie entre 42 % et 83 % (MINTRANSPORT 2018).

Les sites d'étude étaient à Bockle et Pitoa et le dispositif expérimental était constitué de deux champs expérimentaux d'une superficie de 437 m^2 chacun. Le champ expérimental de Bocklé est situé entre la latitude 9° 17' 29,6412''N et la longitude 13° 25' 3,9738''E pour une altitude de 164 m), celui de Pitoa entre la latitude 9° 13' 12,00''N et la longitude 13° 25' 12,00''E pour une altitude de 167 m. Ces coordonnées ont été prises à l'aide d'un GPS de marque Garmin.

2.1.2. Matériels biologiques

Le matériel animal était constitué des colonies de *A. mellifera* et de toutes les autres espèces insectes naturellement présents dans l'environnement des sites d'étude. Le matériel végétal était constitué des plants de gombo obtenus par germination des graines achetées dans la ville de Garoua au sein d'une boutique de vente de semences agricoles.

2.2. Méthodes

2.2.1. Préparation des parcelles expérimentales, semis et entretien de la culture

Du 20 au 31 janvier 2020 (saison sèche) et du 26 juin au 05 juillet 2020 (saison pluvieuse), deux parcelles expérimentales de 437 m^2 chacune ont été délimitées, défrichées, labourées et divisées en 8 sous parcelles de 8 m de longueur et 4,5 m de largeur, puis séparées les unes des autres par les allées de 1 m (Kingha *et al*. 2021). Le 04 février 2020 (saison sèche) tout comme le 06 juin 2020 (saison pluvieuse), les graines de *Ab. esculentus* ont été semées à raison de trois graines par poquet et sur six lignes par sous-parcelle. Les espacements étaient de 50 cm sur les lignes et de 80 cm entre les lignes (Legba *et al*. 2018). De la germination survenue le 09 janvier 2020 (saison sèche) et le 17 juin 2020 (saison pluvieuse) à l'épanouissement des premières fleurs (le 23 mars 2020 en saison sèche et le 09 août 2020 en saison de pluie), les parcelles ont été régulièrement sarclées à la houe toutes les deux semaines. Le démariage a été fait deux semaines après la germination et deux meilleurs plants ont été conservées par poquet.

2.2.2. Détermination du mode de reproduction de *Abelmoschus esculentus*

Dès l'apparition des premiers boutons floraux (survenu le 23 mars 2020 à Bocklé en saison sèche et le 21 juillet 2020 à Pitoa en saison pluvieuse), 480 boutons floraux de *Ab. esculentus* ont été étiquetés (Figure 1) et subdivisé en deux lots destinés à recevoir deux traitements :

- Traitement 1 (saison sèche) ou 3 (saison pluvieuse) : 240 fleurs étiquetées au stade bouton et laissées en libre pollinisation et sur lesquelles aucune capture d'insectes n'a été faite ;

- Traitement 2 (saison sèche) ou 4 (saison pluvieuse) : 240 fleurs étiquetées au stade bouton et protégées des insectes à l'aide des sachets en toile gaze de mailles 1 mm^2 (Tchuenguem 2005).

A la récolte, le nombre de fruits formés dans chaque traitement a été compté et l'indice de fructification (*Ifr*) a été calculé à l'aide de la formule ci-après : *Ifr* = (*Fa* / *Fb*) où *Fb* est le nombre de fruits formés et *Fa* le nombre de fleurs viables initialement portées (Tchuenguem *et al*. 2001).

Pour chaque année 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*) selon les formules ci-après (Demarly 1977) : *TC* = {[(*IfrX* - *IfrY*) / *IfrX*] * 100}, où *IfrX* et *IfrY* sont les indices de fructification dans le traitement libre (traitement X) et dans le traitement protégé (traitement Y) respectivement et *TA* = [100 - *TC*].

2.2.3. Détermination de la place de *Apis mellifera* dans l'entomofaune floricole de *Abelmoschus esculentus*

Du 23 au 27 mars 2020 (saison sèche) et 26 août au 02 septembre 2020 (saison pluvieuse), les observations ont été effectuées tous les jours sur les fleurs des traitements 1 et 3, suivant six tranches horaires journalières : 6 - 7 h, 8 - 9 h, 10 - 11 h, 12 - 13 h, 14 - 15 h et 16 - 17 h. A chaque passage pendant ces tranches horaires, les différents insectes rencontrés sur les fleurs épanouies des traitements 1 ou 3 étaient identifiés et comptés. Les insectes n'ayant pas été observés, les résultats cumulés ont été exprimés par le nombre de visites (Tchuenguem 2005). Les données obtenues ont permis de déterminer la fréquence de chaque espèce d'insecte (F_i) dans l'entomofaune floricole de *Ab. esculentus* (Tchuenguem 2005). Pour une année d'investigation, la

fréquence des visites de l'insecte *i* sur les fleurs de *Ab. esculentus* (F_i) a été calculée à l'aide de la formule ci-après : $F_i = [(V_i / V_t) * 100]$, où V_i est le nombre de visites de l'insecte *i* sur les fleurs du traitement aux fleurs libres et V_t le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs (Tchuenguem *et al*. 2001).

A **B**

Figure 1 : fleurs étiquetées de *Abelmoschus esculentus* (**A :** fleurs laissées en libre pollinisation ; **B :** Fleur protégée des insectes à l'aide d'un sachet en toile gaze)

2.2.4. Etude de l'activité de *Apis mellifera* au niveau des fleurs de *Abelmoschus esculentus* :

Il s'agissait de noter si sur une fleur, l'abeille domestique récolte le pollen, le nectar ou ces deux produits. Une abeille qui enfonce sa tête ou sa trompe dans une fleur est un chercheur de nectar ; si à l'aide des mandibules et des pattes il gratte les anthères, il s'agit d'un récolteur de pollen (Jean-Prost 1987). Les produits floraux prélevés étaient systématiquement notés, lors de l'enregistrement de la durée des visites par fleur, par un signe distinctif sur la durée correspondante (Tchuenguem 2005).

Les abondances des butineuses (plus grands nombres de butineuses de *A. mellifera* simultanément en activité) sur une fleur et sur 1000 fleurs ont été enregistrées aux mêmes dates que la fréquence des visites et selon six tranches horaires journalières : 7 - 8 h, 9 - 10 h, 11 - 12 h, 13 - 14 h, 15 - 16 h et 17 - 18 h, à raison d'au moins cinq valeurs par tranche horaire, lorsque l'activité de cette abeille le permettait. Les abondances par fleur ont été enregistrées à la suite des comptages directs (Tchuenguem *et al*. 2001). Pour l'abondance par 1000 fleurs, les individus de *A. mellifera* ont été comptés sur un nombre connu de fleurs épanouies ; l'abondance par 1000 fleurs (A_{1000}) était ensuite calculée à l'aide de la formule suivante : $A_{1000} = [(A_x / F_x) * 1000]$, où F_x et A_x sont respectivement le nombre de fleurs épanouies et le nombre de butineuses effectivement comptées sur F_x à l'instant *x* (Tchuenguem 2005).

Les durées de visites par fleur pour la récolte de pollen et le prélèvement du nectar ont été enregistrées différemment, à l'aide d'un chronomètre, pendant les mêmes tranches horaires journalières que celles au cours desquelles ont été mesurées les abondances (Tchuenguem 2005). Le comportement de *A. mellifera* lors du prélèvement du pollen ou du nectar a été noté par des observations rigoureuses des ouvrières au niveau des fleurs (Tchuenguem 2005).

La vitesse de butinage qui correspond au nombre de fleurs visitées par *A. mellifera* en une minute (Jacob-Remacle 1989) a été enregistrée. Dès qu'une ouvrière de *A. mellifera* se posait sur une fleur, le chronomètre préalablement mis à zéro était déclenché et le nombre de fleurs visitées a été compté, au fur et à mesure que l'insecte passait d'une fleur à l'autre sur la même espèce végétale. Le chronomètre était arrêté dès que cette abeille était perdue de vue ou qu'elle quittait la fleur de l'espèce végétale étudiée pour une autre plante. La vitesse de butinage (V_b) a été calculée à l'aide de la formule suivante: $V_b = [(Fi / di) * 60]$, où *di* est la durée donnée par le chronomètre (en secondes) et *Fi* est le nombre de fleurs correspondant à *di* (Tchuenguem 2005).

2.2.5. Estimation de la valeur apicole de *Abelmoschus esculentus*

Elle a été évaluée à l'aide des données sur l'intensité de floraison et l'attractivité des ouvrières de *A. mellifera* vis-à-vis du pollen et du nectar de cette essence (Tchuenguem 2009, Pharaon *et al*. 2019).

2.2.6. Evaluation de l'impact des insectes floricoles dont *Apis mellifera* sur les rendements de *Abelmoschus esculentus*

Pour chaque période d'observation, parallèlement à la mise en place des traitements 1 (saison sèche) ou 3 (saison pluvieuse) et 2 (saison sèche) ou 4 (saison pluvieuse), 300 boutons floraux ont été étiquetés et deux traitements constitués :

- traitement 5 (saison sèche) ou 7 (saison pluvieuse) : 200 fleurs étiquetées au stade bouton et protégées des insectes, puis découvertes quand elles sont épanouies, visitées une fois par *A. mellifera* et de nouveau protégées. Dès l'épanouissement de chaque fleur du traitement 5 ou 7, la toile gaze était délicatement enlevée, pendant la période journalière d'activité optimale des insectes et la fleur laissée en libre pollinisation observée pendant une à dix minutes, pour noter une visite éventuelle par *A. mellifera*. Après cette opération, la fleur était à nouveau protégée et n'était plus manipulée. Les fleurs qui n'avaient pas été visitées, étaient comptées parmi celles du traitement 6 (saison sèche) ou 8 (saison pluvieuse) (Tchuenguem *et al*. 2009).

- traitement 6 (saison sèche) ou 8 (saison sèche) : 100 fleurs étiquetées au stade bouton et protégées puis découvertes, et de nouveau protégées sans visite d'insecte ou de tout autre organisme. Dès l'épanouissement de chaque fleur, la toile gaze était délicatement enlevée, et la fleur laissée en libre pollinisation était observée pendant une à dix minutes, en évitant la visite par un insecte ou tout autre organisme. Après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée (Djakbé *et al*. 2017).

A la maturité des fruits, la récolte a été faite et leur nombre ont été compté dans les traitements 5, 6 (saison sèche), 7 et 8 (saison pluvieuse).

L'évaluation de l'impact des insectes floricoles dont *A. mellifera* était basée sur l'impact des insectes anthophiles sur la pollinisation, l'impact de la pollinisation anthophile sur la fructification et la comparaison des rendements fruitiers (taux de fructification) et grainiers (nombre moyen de graines par fruit et pourcentage de graines normales) des traitements 1, 2, 6 (saison sèche) et 3, 4, 8 (saison pluvieuse).

Pour chaque période d'étude, le taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles (P_i) a été évalué à l'aide de la formule ci-après :

$P_i = \{[(F_A - F_D) / F_A + F_B - F_D] * 100\}$, où F_A, F_B et F_D sont les taux de fructification dans les traitements A (fleurs en libre pollinisation), B (fleurs protégées des insectes) et D (fleurs protégées, puis à découverte et à nouveau protégées sans visite d'insectes ou de tout autre organisme) (Diguir *et al*. 2020).

Pour un traitement *x*, le taux de fructification (F_x) est :

F_x = [(nombre de fruits formés / nombre de fleurs étiquetées au stade bouton) * 100] (Tchuenguem 2005).

Le pourcentage du nombre de graines par fruit et le pourcentage des graines normales dû aux insectes floricoles ont été calculés à partir de la même formule que pour le taux de fructification (Diguir *et al*. 2020).

2.2.7. Estimation de l'efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* sur *Abelmoschus esculentus*

Les contributions de *Apis mellifera* dans le taux de fructification, le pourcentage du nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage des graines normales ont été calculées en utilisant les données des traitements 5 et 6 (saison sèche), puis 7 et 8 (saison pluvieuse). Pour chaque période d'observation, Le taux de fructification attribuable à *Ap. mellifera* (P_t) a été calculé à l'aide de la formule suivante : $P_t = \{[(F_C - F_D) / F_C] * 100\}$ où F_C et F_D sont les taux de fructification dans les traitements C (fleurs étiquetées et protégées, puis découvertes, visitées une fois par *Ap. mellifera* et de nouveau protégées) et D (fleurs protégées, puis à découverte et à nouveau protégées sans visite d'insectes ou de tout autre organisme) respectivement (Tchuenguem 2005).

2.2.8. 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 : (a) ANOVA (F) pour la comparaison des moyennes de plus de deux échantillons ; (b) Test-*t* de Student pour la comparaison des moyennes de deux échantillons ; (c) khi-carré (x^2) pour la comparaison des pourcentages ; (d) Coefficient de corrélation de Pearson (*r*) pour l'étude des relations linéaires entre deux variables.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Mode de reproduction de *Abelmoschus esculentus*

Les indices de fructification ont été de 0, 98, 0,84, 0,85 et 0,68 dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. Ainsi, en saison sèche TC =14,29 % et TA = 85,71 % tandis qu'en saison pluvieuse, TC = 20,59 % et TA =79,41 %. Pour les deux périodes cumulées, TC = 17,44 % et TA = 82,56 %. En conséquence, *Ab. esculentus* a un mode de reproduction mixte allogame - autogame, avec prédominance de l'autogamie. Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par Kingha *et al.* (2021) sur la même plante à Garoua, soit 11,65 % et 88,35 % pour les taux d'allogamie et d'autogamie respectivement.

3.2. Place de *Apis mellifera* dans l'entomofaune floricole de *Abelmoschus esculentus*

Sur 205 et 286 visites de 07 et 11 espèces d'insectes enregistrées respectivement sur les fleurs de *Ab. esculentus*, *A. mellifera* occupait la première place avec 130 visites (63,41%) en saison sèche et la deuxième place en saison pluvieuse avec 26 visites (9,09 %) (Tableau 1). La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative (x^2 = 162,56 ; *ddl* = 1 ; p < 0,001). Le pourcentage plus élevé observé en saison pluvieuse serait dû au fait que les ouvrières de *Apis mellifera* utilise la pluie comme moyen de dissémination des grains de pollen d'une fleur à une autre de cette plante. En saison pluvieuse au Burkina Faso, Angbanyere & Matthew (2012) ont montré que *A. mellifera* était l'insecte le plus fréquent sur les fleurs de cette Malvaceae.

Tableau 1 : Insectes recensés sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* en 2020 à Bocklé (saison sèche) et à Pitoa (saison pluvieuse), nombre et pourcentage de visites des différents insectes

Insectes			**Saison sèche**		**Saison pluvieuse**		**Total**	
Ordre	**Famille**	**Genre et espèce**	n_1	P_1 (%)	n_2	P_2 (%)	n_T	p_T (%)
Coleoptera	Meloidae	*Coryna* sp. 1 (po)	-	-	12	4,25	12	2,44
		Coryna sp. 2 (po)	-	-	10	3,39	10	2,04
		Coryna sp. 3 (po)	-	-	13	4,54	13	2,65
	Scarabeidae	Scarabeidae sp. 1 (po)	-	-	15	5, 24	15	3,05
		Pachnoda cordata (po)	-	-	10	3,39	10	2,04
		Scarabeidae sp. 2 (po)	-	-	6	2,09	6	1,22
Hymenoptera	Apidae	*Amegilla* sp. 1 (ne, po)	-	-	18	6,29	18	3,67
		Amegilla sp. 2 (ne, po)	16	7,80	-	-	16	3,26
		Apis mellifera (ne, po)	130	63,41	26	10,13	156	32,38
		Vespula vulgaris (po)	6	2,93	-	-	6	1,22
		Xylocopa olivacea (po)	13	6,34	-	-	13	2,65
		Xylocopa sp. (po)	13	6,34	-	-	13	2,65
	Vespidae	*Belonogaster juncea* (ne)	-	-	16	5,59	16	3,25
Lepidoptera	Acraeidae	*Acraea serena* (ne)	-	-	152	53,14	152	30,95
	Hesperiidae	sp. (ne)	13	6,34	-	-	13	2,65
	Pieridae	*Eurema* sp. (ne)	14	6,83	5	1,74	19	3,87
Total		**16 espèces**	**205**	**100**	**286**	**100**	**491**	**100**

n_1 : nombre de visites sur 120 fleurs en sept jours ; n_2 : nombre de visites sur 120 fleurs en cinq jours ; p : pourcentages de visites ; p_1= (n_1 /205) * 100 ; p_2= (n_2 / 286) * 100 ; p_T = (n_T / 491) * 100 ; sp. : Espèce indéterminée ; **ne** : récolte de nectar ; **po** : récolte de pollen.

3.3. Activité de butinage de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus*

3.3.1. Produit floral prélevé

Pendant les deux périodes de floraison de *Ab. esculentus*, *A. mellifera* récoltait le pollen (Figure 2) et le nectar. En Inde, les travaux de Mishra *et al.* (1987) ont montré que *Xylocopa* sp., *Bombus* spp., *Ceratina sexmaculatus et Megachile* spp. récoltaient uniquement le nectar en saison pluvieuse au niveau des fleurs de cette espèce végétale.

Figure 2 : *Apis mellifera* récoltant le pollen dans une fleur de *Abelmoschus esculentus* à Pitoa en 2020

3.3.2. Rythme de visites de *Apis mellifera* en fonction des tranches horaires journalières d'observation

La figure 3 montre les variations de la température ambiante moyenne et de l'hygrométrie atmosphérique de la station d'étude selon le nombre de visites de *A. mellifera* au niveau des fleurs de *Ab. esculentus*, en fonction des tranches horaires journalière d'investigation.

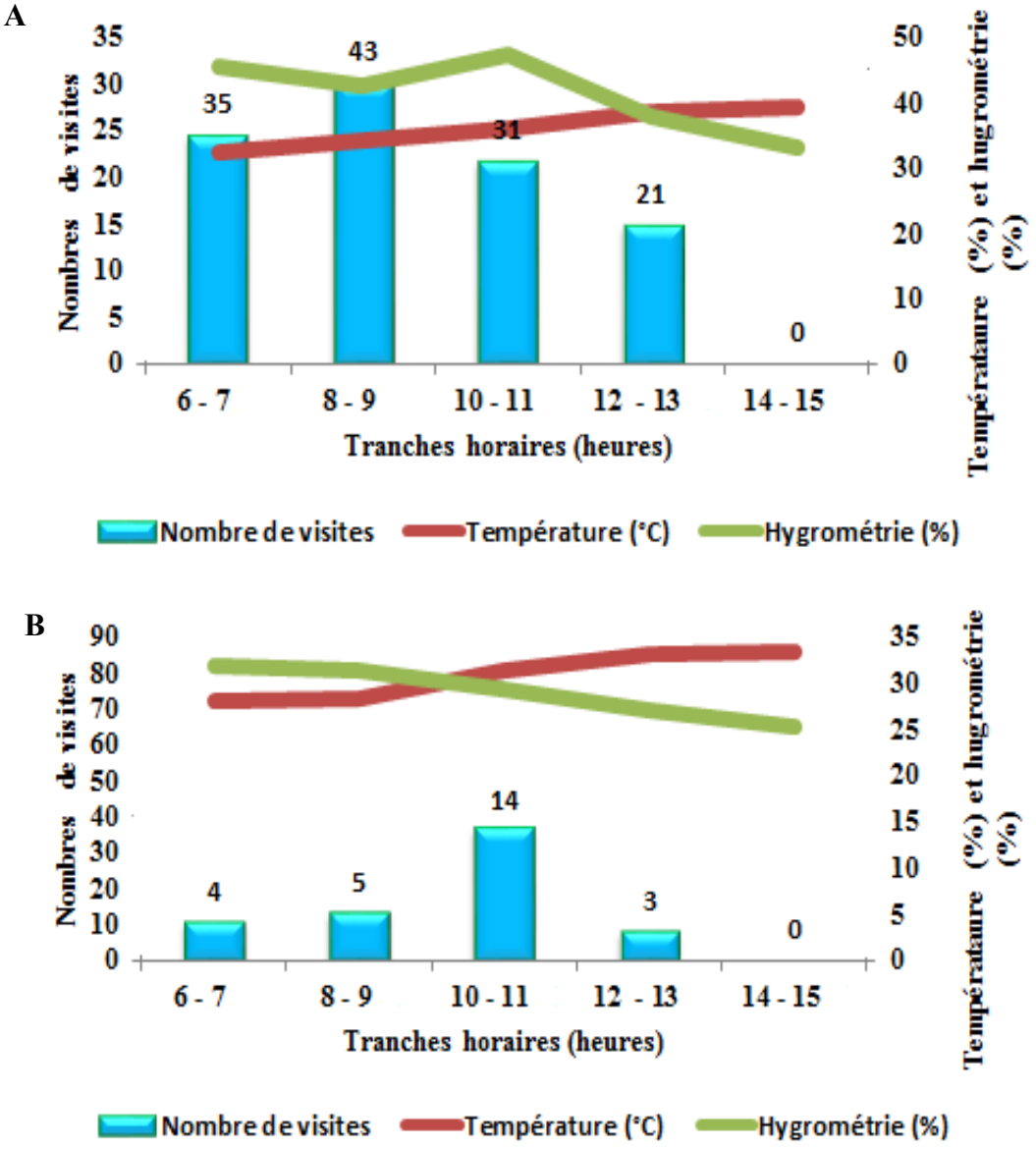

Figure 3 : variations de la température, de l'hygrométrie atmosphérique et du nombre de visites de *A. mellifera* au niveau des fleurs de *Ab. esculentus*, selon les tranches horaires journalière d'observation à Bocklé en saison sèche (**A**) et à Pitoa en saison pluvieuse (**B**) en 2020.

Il ressort de cette figure que l'activité de butinage de *A. mellifera* sur les fleurs de *Ab. esculentus*, débutait tôt le matin à 6 h, diminuait à 13 h et devenait nulle à 14 h en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les pics d'activité étaient situés entre 8 h - 9 h en saison sèche (Figure 3 A) et 10 h - 11 h en saison pluvieuse (Figure 3 B). La différence observée au niveau de ces deux pics d'activité pourrait simplement s'expliquer d'une part par la variabilité climatique et d'autre part par le fait que, c'est le moment de la journée où les produits floraux sont produits en plus grande quantité. Le manque d'activité observée entre 14 h et 15 h pendant les deux périodes d'investigation pourrait s'expliquer par la fermeture des fleurs de *Ab. esculentus* qui rend ses produits floraux inaccessibles aux butineuses.

La corrélation entre la température et le nombre de visites de *A. mellifera* n'a pas été significative en saison sèche (r = 0,60 ; *ddl* = 3 ; p > 0,05) comme en saison pluvieuse (r = 0,29 ; *ddl* = 6 ; p > 0,05). De même la corrélation entre l'hygrométrie et ce même nombre de visites n'est pas significative en saison sèche *(r* = 0,04 ; *ddl* = 3 ; p > 0,05) comme en saison pluvieuse 2020*(r* = 0,69 ; *ddl* = 6 ; p > 0,05).

Dans l'ensemble, pendant les débuts des matinées très faiblement ensoleillée, l'activité de l'abeille domestique était intense. Pendant et après les pluies et lors des matinées brumeuses, l'activité de cet Apidae était faible ou nulle. Les observations similaires ont été faites au niveau de la même plante par Azo'o *et al.* (2011) à Maroua.

Ces observations confirment celles de Pesson & Louveaux (1984) qui soulignent que les butineuses préfèrent les journées ensoleillées et chaudes et diminuent leur activité durant les journées de pluies ou de vents forts.

3.3.3. Rythme des visites de *Apis mellifera* en fonction du rythme d'épanouissement des fleurs de *Abelmoschus esculentus*

La figure 4 présente la variation du nombre de fleurs épanouies de *Ab. esculentus* et celle du nombre de visites des ouvrières de *A. mellifera* au niveau de ces organes selon les jours d'observation. Il ressort de cette figure que le nombre de visites de *A. mellifera* a été proportionnel au nombre de fleurs épanouies de *Ab. esculentus* en saison sèche qu'en saison pluvieuse. La corrélation entre ces deux paramètres est positive et non significative (r = 0,64 ; *ddl* = 6 ; p > 0,05) en saison sèche, positive et très hautement significative (r = 0,89 ; *ddl* = 5 ; p < 0,001) en saison pluvieuse. Ces corrélations sont sans doute liées à la bonne attractivité des produits floraux de *Ab. esculentus* vis-à-vis des butineuses de *A. mellifera* et à la forte abondance des fleurs dans le champ en saison des pluies.

3.3.4. Abondance des butineuses

Le nombre moyen d'ouvrières de *A. mellifera* par fleur a été de 1 (n = 174 ; s = 0,20) en saison sèche et en saison pluvieuse (n = 94 ; s = 0,18) respectivement (Tableau 2). La différence entre ces deux moyennes est non significative (t = 0,42 ; *ddl* = 266 ; P > 0,05).

L'abondance moyenne des butineuses par 1000 fleurs était de 58,70 (n = 115 ; s = 42,97) en saison sèche et 69,31 (n = 94 ; s = 40,01) en saison pluvieuse (Tableau 2). La différence entre ces deux moyennes est non significative (t = 1,84 ; *ddl* = 207 ; P > 0,05). La forte abondance des butineuses serait due à un nombre élevé de fleurs en saison de pluies et une forte disponibilité des ressources florales en saison sèche.

Tableau 2 : Abondance de *Apis mellifera* par fleur et par 1000 fleurs de *Abelmoschus esculentus* à Bocklé (saison sèche) et à Pitoa (saison pluvieuse) en 2020.

	Abondances des butineuses									
	Par fleur					**Par 1000 fleurs**				
	n	*m*	*s*	*mini*	*maxi*	*n*	*m*	*s*	*mini*	*maxi*
Saison sèche	174	1	0,20	1	2	115	58,7	42,97	13,33	300
Saison Pluvieuse	94	1,03	0,18	1	2	94	69,31	40,01	25	250

***n* :** effectif ; ***m* :** moyenne ; ***s* :** écart-type ; ***mini* :** minimum ; ***maxi* :** maximum

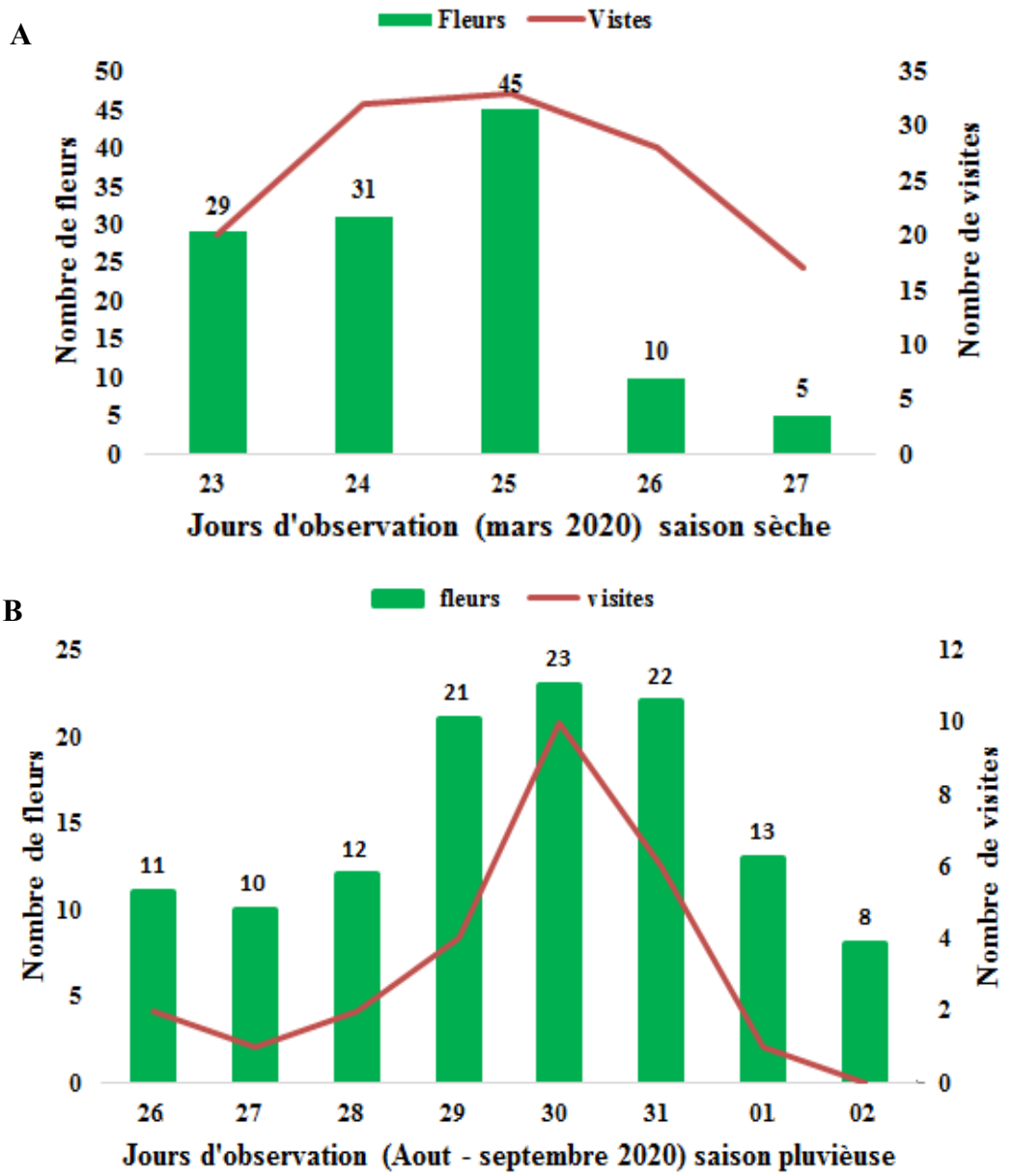

Figure 4 : Variation du nombre de fleurs épanouies de *Abelmoschus esculentus* et du nombre de visites de *Apis mellifera* sur ces organes selon les jours d'observation à Bocklé en saison sèche (**A**) et à Pitoa en saison pluvieuse (**B**) en 2020.

3.3.5. Durée des visites par fleur

La durée moyenne d'une visite de *A. mellifera* par fleur de *Ab. esculentus* pour la récolte du nectar était de 4,3 sec (n = 90 ; s = 1,34) en saison sèche et 3,93 sec (n = 56 ; s = 2,56) en saison pluvieuse (Tableau 3). Entre ces deux moyennes, la différence est non significative (t = 0,99 ; ddl = 144 ; p > 0,05). Pour les deux saisons d'étude cumulées, la durée moyenne d'une visite était de 4,11 sec.

Pour la récolte du pollen, la durée moyenne d'une visite de *A. mellifera* par fleur de *Ab. esculentus* était de 2,92 sec (n = 113 ; s = 0,71) en saison sèche et 3,57 sec (n = 76 ; s = 1,34) en saison pluvieuse (Tableau 3). La différence entre ces deux moyennes est très hautement significative (t = 3,85 ; ddl =187 ; p < 0,001). Pour les deux saisons d'étude cumulées, la durée moyenne d'une visite était de 3,24 sec. Tchuenguem *et al.* (2018) ont expliqué que cette différence semble être liée à la disponibilité et l'accessibilité de chaque produit floral. Ces résultats diffèrent de celui obtenu par Azo'o *et al.* (2011) à Maroua qui ont noté que la durée moyenne de visites de *Eucara macrognatha* était de 519,7 sec (n = 60 ; s = 428,1) pour la récolte du pollen au niveau de cette Malvaceae.

Tableau 3 : Durée des visites de *Apis mellifera* par fleur de *Abelmoschus esculentus* à Bocklé (saison sèche) et à Pitoa (saison pluvieuse) en 2020

	Durée d'une visite par fleur (sec)									
	Visites de récolte du nectar					Visites de récolte du pollen				
	n	*m*	*s*	*mini*	*maxi*	*n*	*m*	*s*	*mini*	*maxi*
Saison sèche	90	4,3	1,34	2	7	113	2,92	0,71	2	4
Saison pluvieuse	56	3,93	2,56	2	9	76	3,57	1,34	2	8

n : nombre de durées de visites enregistrées ; ***m*** **:** moyenne **;** ***s*** **:** écart-type ; ***maxi*** **:** maximum ; ***mini*** **:** minimum

3.3.6. Vitesse de butinage

La vitesse moyenne de butinage d'un individu de *A. mellifera* était de 22,88 fleurs par minute (*n* = 119 ; *s* = 8,16) en saison sèche et 15,66 fleurs par minute (*n* = 90 ; *s* = 9,85) en saison pluvieuse. La comparaison des vitesses moyennes de butinage en saison sèche et en saison pluvieuse montre une différence très hautement significative (*t* = 5,61 ; *ddl* = 207 ; *P* < 0,001). Pour les deux saisons cumulées, cette vitesse était de 19,27 fleurs par minute. Les variations observées au niveau des vitesses de butinage tiennent à l'accessibilité du nectar et du pollen, la disponibilité de ces produits, les distances séparant les fleurs exploitées lors des différents voyages de butinage et la fréquence des interruptions de visites de *A. mellifera* ainsi que la variabilité climatique (Noubissié *et al*. 2012).

3.4. Influence de la faune

Apis mellifera était interrompu par d'autres individus de la même espèce qui étaient des concurrents pour le nectar ou le pollen. Ainsi, sur 130 visites enregistrées en saison sèche, 4 (soit 3,07 %) ont été perturbées par d'autres individus de *A. mellifera*, 7 (soit 5,38 %) par *Amegilla* sp.2 et 6 (soit 4,62 %) par *Xylocopa olivacea*.

En saison pluvieuse, sur 196 visites notés, 6 (soit 3 %) ont été perturbées par *Belonogaster juncea* et 5 (soit 2,55 %) par *Amegilla* sp. Ces interruptions de visites avaient lieu à la suite des collisions entre visiteurs ou de l'approche d'une fleur déjà occupée par un autre visiteur. L'une des conséquences de ces perturbations était la réduction de la durée des visites par fleur ; ceci oblige l'individu à visiter un plus grand nombre de fleurs lors d'un voyage de butinage afin d'obtenir sa charge maximale du produit floral (Tchuenguem *et al*. 2018).

3.5. Influence de la flore avoisinante

Durant la période d'investigation sur *Ab. esculentus*, les fleurs de plusieurs autres espèces végétales à proximité des champs expérimentaux étaient également visitées par *A. mellifera*, pour leur nectar et/ou leur pollen. En saison sèche, sur 130 visites notées, nous avons enregistré 3 (2,30 %) passages de *A. mellifera* des fleurs de *Ab. esculentus* vers celles de *Gossypium hirsutum* (L.) et 5 (3,84 %) passages des fleurs de *Gossypium hirsutum* vers celles de *Ab. esculentus* tandis qu'en saison pluvieuse, sur 196 visites enregistrées nous avons noté 3 (1,53 %) passages de *A. mellifera* des fleurs de *Ab. esculentus* vers celles de *Citrus limon* (L.) et 4 (2,04 %) passages des fleurs de *Citrus limon* vers celles de *Ab. esculentus*.

3.6. Valeur apicole de *Abelmoschus esculentus*

Pendant les deux périodes de floraison de *Ab. esculentus* (saison sèche et saison pluvieuse), les butineuses récoltaient du pollen et du nectar et elles étaient fidèles aux fleurs lors de leurs voyages de butinage. Ces résultats mettent en évidence la bonne attractivité du pollen et du nectar de cette plante vis-à-vis des ouvrières de *A. mellifera* et permettent de classer *Ab. esculentus* dans la catégorie des plantes apicoles fortement nectarifères et pollinifères. Cette plante peut être par conséquent cultivée pour accroître la production du miel et du pollen comme produit de la ruche et maintenir les colonies de *A. mellifera*.

3.7. Impact de *Apis mellifera* sur la pollinisation de *Abelmoschus esculentus*

Pendant la récolte du nectar ou du pollen dans une fleur de *Ab. esculentus*, les butineuses étaient toujours en contact avec les anthères et transportaient le pollen. Lors de leurs voyages de butinage, elles pouvaient provoquer la pollinisation croisée, puisqu'elles passaient régulièrement des fleurs d'une plante aux fleurs d'une autre plante de la même espèce. Le pollen d'une fleur sur le stigmate d'une autre fleur de la même plante pouvait être ainsi transporté par ces abeilles et augmenter ainsi les possibilités de pollinisation de cette

Malvaceae. Elles pouvaient jouer dont un rôle positif et indirect sur la pollinisation de *Ab. esculentus*. Mazi *et al*. (2013) ont également signalé à Ngaoundéré que, les ouvrières de *A. mellifera* jouaient un rôle efficient sur *Gossypium hirsutum*.

Le tableau 4 résume les données concernant le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage des graines normales dans les différents traitements de *Ab. esculentus* pendant les deux saisons d'expérimentation en 2020.

Tableau 4 : Taux de fructification, nombre moyen de graines par fruit et pourcentage de graines normales selon les différents traitements de *Abelmoschus esculentus* à Bocklé (saison sèche) et à Pitoa (saison pluvieuse) en 2020.

Saisons	Traitements	NFE	NFF	TF (%)	Graines /fruit		NTG	NGN	% GN
					m	***s***			
Sèche	T1 (Fl)	120	117	97,50	65,34	22,27	7841	7571	96,55
	T2 (Fp)	120	101	84,16	48,26	27,51	5791	5404	93,31
	T5 (Fva)	153	143	93,48	67,48	21,47	10324	9983	96,7
	T6 (Fps)	147	131	89,11	48,63	22,65	7149	6672	93,32
Pluvieuse	T3 (Fl)	120	102	85	75,39	9,17	7690	7477	97,23
	T4 (Fp)	120	81	67,5	72,14	8,72	5843	5437	93,05
	T7 (Fva)	169	157	92,9	74,34	8,54	11630	11209	96,38
	T8 (Fps)	131	111	84,73	65,56	8,60	810	710	87,65

Fl : fleurs libres ; **Fp :** fleurs protégées ; **Fva :** fleurs visitées exclusivement par *Apis mellifera* ; **Fps :** fleurs protégées ouvertes mais sans visite d'insectes ; **NFE :** nombre de fleurs étudiées ; **NFF :** nombre de fruits formés ; **NGN** : nombre de graines normales ; **NTG** : nombre total de graines ; **TF** : taux de fructification ; **% GN** : pourcentage de graines normales ; ; ***m*** **:** moyenne ; ***s*** **:** écart-type.

Il ressort de ce tableau que :

➢ Les taux de fructification ont été de 97,50 % ; 84,16 % ; 85% et 67,5% dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. La différence entre ces quatre pourcentages a été globalement très hautement significative (x^2 = 39,68 ; *ddl* = 3 ; *P* < 0,001). Les comparaisons deux à deux de ces pourcentages montrent que la différence a été très hautement significative entre les traitements 1 et 2 (x^2 = 12,81 ; *ddl* = 1 ; *p* < 0,001), puis entre les traitements 3 et 4 (x^2= 10,15 (*ddl* = 1 ; *P* < 0,001) ;

➢ Les nombres moyens de graines par fruit ont été de 65,34, 48,26, 75,39 et 72,14 dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. La différence entre ces quatre moyennes a été globalement très hautement significative (*F* = 9710,62 ; *ddl*1 = 3 ; *ddl*2 = 476 ; *p* < 0,001). Les comparaisons deux à deux de ces moyens montrent que la différence a été très hautement significative entre les traitements 1 et 2 (*t* = 4,96 ; *ddl* = 216 ; *P* < 0,001), puis entre les traitements 3 et 4 (*t* = 21 ; *ddl* = 13531 ; *p* < 0,001) ;

➢ Les pourcentages de graines normales ont été de 96,55 %, 93,31 %, 97,23 % et 93,05 % dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. La différence entre ces quatre pourcentages a été globalement très hautement significative (x2 = 208,5 ; *ddl* = 3 ; *p* < 0,001). Les comparaisons deux à deux de ces pourcentages montrent que la différence a été très hautement significative entre les traitements 1 et 2 (x2 = 76,19 ; *ddl* = 1 ; *P* < 0,001), puis entre les traitements 3 et 4 (x2 = 132,82 ; *ddl* = 1 ; *p* < 0,001).

Les taux de fructification dû aux insectes floricoles ont été de 9,06 % en saison sèche, 25,82 % en saison pluvieuse et 17,44 % pour les deux saisons cumulées. Les nombres moyens de graines par fruit attribuable aux insectes floricoles ont été de 25,71 en saison sèche, 11,99 en saison pluvieuse et 18,85 pour les deux saisons cumulées. Les pourcentages de graines normales attribuables aux insectes floricoles ont été de 3,34 % en saison sèche, 9,33 % en saison pluvieuse et 6,33 % pour les deux saisons cumulées.

3.8. Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* sur *Abelmoschus esculentus*

Le tableau 4 présente le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage des graines normales dans les traitements 5 et 6 (saison sèche), puis 7 et 8 (saison pluvieuse) de *Ab. esculentus* en 2020.

Il ressort de ce tableau que :

- Les taux de fructification ont été de 93,48 % ; 89,11 % ; 92, 9 % et 84,73 % dans les traitements 5, 6, 7 et 8 respectivement. La différence entre ces quatre pourcentages a été globalement significative (x^2 = 7,95 ; *ddl* = 3 ; p < 0,05). Les comparaisons deux à deux de ces pourcentages montrent que la différence a été non significative entre les traitements 5 et 6 (x^2 = 12,81 ; *ddl* = 1 ; p > 0,05) et significative entre les traitements 7 et 8 (x^2 = 5,17 ; *ddl* = 1 ; p < 0,05) ;

- Les nombres moyens de graines par fruit ont été de 67,48 ; 48,63 ; 74,34 et 65,56 dans les traitements 5, 6, 7 et 8 respectivement. La différence entre ces quatre moyennes a été globalement très hautement significative (F = 24803,29 ; *ddl*1 = 3 ; *ddl*2 = 596 ; p < 0,001). Les comparaisons deux à deux de ces moyennes montrent que la différence a été hautement significative entre les traitements 5 et 6 (t = 7,03 ; *ddl* = 272 ; p < 0,01) et très hautement significative entre les traitements 7 et 8 (t = 63,28 ; *ddl* = 12438 ; p < 0,001) ;

- Les pourcentages de graines normales ont été de 96,7 % ; 93,32 % ; 96,38 % et 87,65 % dans les traitements 5, 6, 7 et 8 respectivement. La différence entre ces quatre pourcentages a été globalement très hautement significative (x^2 = 251,12 ; *ddl* = 3 ; p < 0,001). Les comparaisons deux à deux de ces pourcentages montrent que la différence a été très hautement significative entre les traitements 5 et 6 (x^2 = 107,46 ; *ddl* = 1 ; p < 0,001) et aussi entre les traitements 7 et 8 (x^2 = 143,68 ; *ddl* = 1 ; p < 0,001).

Les taux de fructification dus à l'activité de *A. mellifera* ont été de 4,67 % (saison sèche), 9,64 % (saison pluvieuse) et 7,16 % pour les deux saisons cumulées. Les nombres moyens de graines par fruit attribuable à *A. mellifera* ont été de 27,93 (saison sèche), 13,39 (saison pluvieuse) et 20,66 pour les deux saisons cumulées. Les pourcentages de graines normales attribuables à *A. mellifera* ont été de 3,62 % (saison sèche), 9,96 % (saison pluvieuse) et 6,79 % pour les deux saisons cumulées.

Pendant la récolte du nectar ou du pollen sur les fleurs de *Ab. esculentus*, *A. mellifera* était en contact avec les anthères et le stigmate. Ce mouvement est susceptible d'augmenter les possibilités de pollinisation en libérant du pollen au niveau des anthères de la fleur visitée, pour l'occupation optimale du stigmate (McGregor 1976). La charge optimale du pollen sur le stigmate serait favorable à la formation des fruits et des graines. L'activité de cette abeille sur la pollinisation des fleurs visitées peut par conséquent entrainer l'augmentation significative du nombre de graines par fruit, l'accroissement significatif du taux de fructification d'une part et du pourcentage de graines normales d'autre part (Woodcock 2012).

Cette abeille a également démontré son efficacité pollinisatrice sur certaines plantes au Cameroun à l'exemple de *Gossypium hirsutum* (L.) (Basga *et al*. 2019) et *Vigna unguiculata* (L.) (Pharaon *et al*. 2020).

4. CONCLUSION

À Bocklé et à Pitoa, *Ab. esculentus* est une plante ayant un mode de reproduction mixte allogame - autogame, avec prédominance de l'autogamie. Sur les 16 espèces d'insectes qui ont visitées les fleurs du gombo, *A. mellifera* occupait la première place en saison sèche et la deuxième place en saison pluvieuse. Durant les deux périodes d'investigation cette abeille récoltait le pollen et le nectar. Les ouvrières de *A. mellifera* butinaient les fleurs de cette Malvaceae toute la journée avec un pic d'activité situé entre 8 - 9 h (saison sèche) et 10 -11 h (saison pluvieuse). Via son efficacité pollinisatrice sur *Ab. esculentus*, *A. mellifera* a augmenté le taux de fructification de 7,16 %, le nombre moyen de graines par fruit de 20,66 % et le pourcentage de graines normales de 6,79 %. *Abelmoschus esculentus* est une plante apicole (pollinifère et nectarifère). Cette plante peut être par conséquent cultivée pour accroître la production du miel et du pollen comme produit de la ruche à travers l'installation des colonies de *A. mellifera* à proximité de celle-ci.

REMERCIEMENTS : Les auteurs remercient le Ministère de l'Enseignement Supérieur du Cameroun pour avoir mis à notre disposition les fonds pour la modernisation de la recherche.

CONFLIT D'INTERET : Les auteurs déclarent n'avoir pas de concurrents financiers, pas d'intérêts concurrents liés à ce travail, ni de conflits d'intérêts connus associés à cette publication.

CONTRIBUTION DES AUTEURS : Tous les auteurs ont équitablement contribué à ce travail, comme réfectée par leur position dans la liste des auteurs.

REFERENCES

Angbanyere M A. & Matthew A I (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 PH / D., Kwame Nkrumah University of Science and Technology College of Science. 103 p.

Angbanyere M & Baidoo P K (2014). The effect of pollinators and pollination on fruit set and fruit yield of okra 2 (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) in the forest region of Ghana. Under peer review, 1 - 19. DOI: 10.9734/AJEA/2014/7472

Azo'o Ela 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 (5): 761 - 765. http://www.fspublishers.org

Azo'o E M, Ali M, 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 the yields of *Abelmoschus esculentus* in Maroua, Cameroon. *African Journal of Agricultural Research,* 7 (18): 2853 - 2857. https://doi.org/10.13102/sociobiology.v70i2.8262

Basga E, Fameni S T, Otiobo E N A & Tchuenguem F F-N (2019). Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* Linné (Hymenoptera : Apidae) sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) à Djamboutou (Garoua, Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 138: 14123 - 14136. https://dx.doi.org/10.4314/jab.v138i1.11

Charrier A (1983). Etude des ressources génétiques du genre *Abelmoschus* Med. (Gombo). Conseil International des Ressources Phytogénétiques (éd). *CIRPG,* FAO, Rome. 61 p.

Chifflet R (2010). Faune pollinisatrice, paysage et échelle spatiale des flux de pollen chez *Brassica napus* L. (Brassicaceae). Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 254 p.

Demarly Y (1977). Génétique et amélioration des plantes (éd). Masson, Paris, France, 577 p.

Diguir B B, Pando J B, Fameni T S & Tchuenguem F F-N (2020). Pollination Efficiency of *Dactylurina Staudingeri* (Hymenoptera: Apidae) on *Vernonia Amygdalina* (Asteraceae) Florets at Dang (Ngaoundéré, Cameroon*). International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences* 6 (2): 22 - 31. http://dx.doi.org/10.20431/2454-6224.0602004

Djakbé D D, Ngakou A, Wékéré C, Faibawa E & Tchuenguem F F-N (2017). Pollination and yield components of *Physalis minima* (Solanaceae) as affected by the foraging activity of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and compost at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research,*11 (3): 43 - 60. http://www.innspub.net

Djonwangwé D, Pando J. B, Ballé K, Mbonoma B, Tchuenguem F F-N. & Messi J (2017). Impact des activités de butinage de *Xylocopa inconstans* Smith F. 1874 (Hymenoptera : Apidae) et *Megachile eurymera* Smith 1864 (Hymenoptera : Megachilidae) sur la pollinisation et les rendements fruiter et grainier de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 1843 (Fabaceae) à Maroua, Extrême - Nord, *Cameroun. Afrique Science*, 13 (5) : 1 - 17. http://www.afriquescience.info

FAO (2009). Rapport spécial : mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et de la sécurité alimentaire en république centre africaine, pp. 29 - 30.

FAO (2016). Forum global sur la sécurité alimentaire et la nutrition. Forum FSN, 7 p.

Fondio L, Djidji A H, Kouamé C, Aïdara S & Hala N'K (2007). Bien cultiver le gombo en Côte d'ivoire. *Centre National de Recherche Agronomique* (CNRA), 4 p.

George R A (1989). Vegetable Seed Production. Longman scientific and technical, London and New -York.

Jacob-Remacle A (1989). Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvage dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, 20 : 217-285. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00890783.

Jean-Prost P (1987). *Apiculture : connaître l'abeille-conduire le rucher*. 6ème édition. Lavoisier (éd), Paris, 579 p.

Kingha T B, Adamou M, Youssoufa O, Yatahaï C M & Tchuenguem F F-N (2021). Activité de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) sur les fleurs de *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae) à Garoua (Nord, Cameroun). *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*, 29 (2): 62 - 76. https://www.camjournal-s.com/2021

Klein A M, Vaissière B E, Cane J H, Steffan - Dewenter I, Cunningham S A, Kremen C & Tscharntke T (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society, London*, 274: 303 - 313. https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721

Legba C E, Ahlincou G R, Atchanhouin R L, Aglinglo A L, Francisco R A, Fassinou Hotègni V N & Achigan-Dako G E, 2018. Fiche technique synthétique pour la production du Gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). Laboratory of Genetics, Horticulture and Seed Science, Université d'Abomey-Calavi (UAC), Abomey-Calavi, 5p.

Marius G V & Antoine G (1997). Le gombo, *Abelmoschus esculentus (L.) Mönch*, une source possible de phospholipides. *Agronomie et Biotechnologies, Oléagineux, corps gras, lipides*, 4 (5) : 389 - 392.

Martin F (1982). Absorption, assimilation et transport chez l'azote inorganique chez le Pin noir d'Autriche et l' Aulne Glutineux. Influence des mycorhizes et des actinorhizes. Université de Nancy, 215 : 19-27.

Mazi S, Tchuenguem F F-N & Brückner D (2013). Foraging and Pollination Behavior of *Apis mellifera adansonii* L. (Hymenoptera: Apidae) on *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) Flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3: 267 - 280.

McGregor S (1976). *Insect pollination of cultivated crop plants. Agricultural Research Service*. United States Department of Agriculture, *Agriculture Handbook*, Washington DC, pp. 496-411.

MINADER (2012). Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagne 2009 & 2010. AGRI - STAT., 98 p.

MINEPAT (2014). Rapport sur le développement économique du Cameroun (RADEC). Région du Nord, Cameroun, 180 p.

MINTRANSPORT (2018). Résumé des observations climatologiques de Garoua, 16p.

Mishra R, Kumar J & Gupta J (1987). Effect of mode of pollination on fruit characteristics of Okra, *Abelmoschus esculentus* (L) Moench. *Proceedings of Indian*, 53 (2): 157-160. https://doi.org/10.56093/ijas.v94i12.149745

Njoya M T, Wittmann D & 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, pp.11 - 13.

Noubissié J-B. T, Tchuenguem F F-N & Tchako T L (2012). Role of Lepidoptera as pollinators on the breeding systems of *Striga hermonthica* (Del.) Benth under the guinea savannah zone conditions. *Annals of Biological Research*, 3 (6): 2821 - 2828. http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html

Pando B J, Djonwangwé D, Tchuenguem F F-N. & Tamesse J L (2020). Diversité des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae) et leur impact sur les rendements fruitier et grainier à Maroua (Cameroun). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 43 (1): 7350 - 7365. https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v43-1.2

PCD (2011). *Plan Communal de Développement de la Commune d'Arrondissement de Garoua 1er avec l'appui du PNDP*, 151 p.

Pesson P & Louveaux J (1984). Pollinisation et production végétales. INRA, Paris, 663 p.

Pharaon M A, Chantal D, Dounia, Christian E E & Tchuenguem F F-N (2019). Pollination efficiency of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) on flowers of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae) at Bilone (Obala, Cameroon), *International Journal of Biosciences*, 14 (1): 1-11. http://dx.doi.org/10.12692/ijb/14.1.1-11

Seck A (1991). Okra germplasm evaluation in Senegal. Workshop on okra genetic resources. In: Report of an international workshop on okra genetic resources held at the National Bureau for Plant Genetic Resources, *International Crop Network*: Series N°5., Rome: IBPGR. New Delhi, India, 8-12 Oct. 1990.

Siemonsma J S & Hamon S (2004). *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Ressources végétales de l'Afrique Tropicale 2*. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas. pp. 25-30.

Tchuenguem F F-N., Messi J & Pauly A (2001). Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, 56: 179 - 188. http://www.edpsciencesusa.org/docinfos/FRUITS/

Tchuenguem F F-N (2005). Activité de butinage et de pollinisation d'*Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun) : *Callistemon rigidus* (Myrtaceae), *Syzygium guineense* var. *macrocarpum* (Myrtaceae) et *Voacanga africana* (Apocynaceae). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, 103 p.

Tchuenguem F F-N., Ngakou A & Kengni B (2009). Pollination and yield responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) to the foraging activity of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) at Ngaoundéré (Cameroon). *African Journal of Biotechnology*, 8: 1988-1996. http://www.academicjournals.org/AJB

Tchuenguem F F-N, Djakbé D J, Ngakou A, Louabé S & Faibawa E (2018). Impact de l'activité de butinage de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera : Apidae) sur la pollinisation et les rendements de *ceratotheca sesamoides* Endl. à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Cameroon journal of experimental Biology*, 12 (1): 22 - 31. http://www.academicjournals.org/AJB

Woodcock T S (2012). Pollination in the Agricultural Landscape. Canadian pollinisation initiative, 113 p.