

## Effet d'une visite florale de *Lasioglossum* sp. (Hymenoptera : Halictidae) sur la production de *Gossypium hirsutum* L., 1763 (Malvaceae) variété L457 à Meskine, Maroua, Cameroun

Issaya Issaya KODJI<sup>1</sup>, Beudelaine Stéphanie KENGNI<sup>1\*</sup>, Denis DJONWANGWÉ<sup>2</sup>,  
Fernand-Nestor TCHUENGUEM FOHOUE<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Université de Maroua, Faculté des Sciences, Laboratoire de Zoologie, BP 814 Maroua, Cameroun

<sup>2</sup> Université de Maroua, École Normale Supérieure, Laboratoire de Sciences de la Vie et de la Terre,  
BP 55 Maroua, Cameroun

<sup>3</sup> Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Laboratoire de Zoologie Appliquée,  
BP 454 Ngaoundéré, Cameroun

(Reçu le 18 Mars 2022 ; Accepté le 05 Juillet 2022)

\* Correspondance, courriel : [kbeudelaine@yahoo.fr](mailto:kbeudelaine@yahoo.fr)

### Résumé

Afin d'étudier les activités de *Lasioglossum* sp. et de déterminer l'impact de celles-ci sur la production de *Gossypium hirsutum* (Malvaceae), des observations ont été faites sur les fleurs de cette Malvaceae en 2018 et 2019 à Maroua (Cameroun). Pour chaque année d'observation, 420 fleurs ont été étiquetées réparties en trois traitements selon l'absence, la présence ou la présence et l'ouverture pour une visite unique de *Lasioglossum* sp. avant de remettre la protection vis-à-vis des insectes. La comparaison des taux de fructification, des nombres moyens de graines par capsule et les pourcentages de graines normales des différents traitements a permis de déterminer l'efficacité pollinisatrice de cet halicte. Les résultats montrent que *Lasioglossum* sp. récoltait le pollen et le nectar dans les fleurs de la Malvaceae de 6 h à 17 h avec une forte activité située entre 8 h et 9 h. L'abondance moyenne par 1000 fleurs était de 566,06 individus et la vitesse moyenne de butinage était de 2,95 fleurs/min. Par l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale, cette abeille a augmenté significativement le pourcentage des graines normales de 28,51 %. Il est conseillé au cotonculteurs d'aménager des sites de nidification de cette Halictidae à l'intérieur et aux alentours de leurs champs pour accroître la production en graines normales.

**Mots-clés :** *Lasioglossum* sp., *Gossypium hirsutum*, efficacité pollinisatrice, production.

### Abstract

**Effect of a single floral visit of *Lasioglossum* sp. (Hymenoptera: Halictidae) on production of *Gossypium hirsutum* L., 1763 (Malvaceae) variety L457 at Meskine, Maroua, Cameroon**

To study the activities of *Lasioglossum* sp. and determine the impact of these on the production of *Gossypium hirsutum* (Malvaceae), observations were made on the flowers of this Malvaceae in 2018 and 2019 in Maroua (Cameroon). For each year of observation, 420 flowers were labeled into three treatments

according to absence, presence, or presence and opening for a single visit of *Lasioglossum* sp. before handing over protection from insects. The comparison of fruiting rates, average number of seeds per capsule and percentage of normal seeds of different treatments was used to determine the pollination efficiency of this halicte. The results show that individuals of *Lasioglossum* sp. harvested pollen and nectar from 6 a.m. to 7 p.m. with high activity between 8 a.m and 9 a.m. The average abundance per 1000 flowers was 566.06 individuals and the average foraging speed was 2.95 flowers/min. By the pollination efficiency of a floral visit, this bee has significantly increased the percentage of normal seeds by 28.51 %. Cotton growers are advised to set up nesting sites for this Halictidae in and around their fields to increase normal seed production.

**Keywords :** *Lasioglossum* sp., *Gossypium hirsutum*, pollination efficiency, production.

## 1. Introduction

La prévalence de la sous-alimentation en Afrique subsaharienne est passée de 20,8 % à 22,7 % entre 2015 et 2016 [1]. Toutefois, le principal objectif de l'Agenda 2063 et le programme de développement durable à l'horizon 2030 pour l'Afrique visent à éliminer la faim, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable [1]. Pour atteindre un tel objectif, les agriculteurs devraient examiner tous les facteurs pouvant améliorer la production des cultures. Parmi ces facteurs figurent en bonne place les insectes pollinisateurs [2]. Environ 70 % des productions agricoles mondiales sont tributaires de la pollinisation entomophile [3]. Les abeilles sauvages sont des insectes thermophiles, héliophiles et représentent la plus grande partie de l'apidofoaune mondiale, avec plus de 10000 espèces [4, 5] parmi lesquelles celles appartenant au genre *Lasioglossum*. Cette dernière est une abeille solitaire de la famille des Halictidae et de l'ordre des Hyménoptères [6]. Cette famille est la plus importante parmi celles regroupant les abeilles de l'Afrique subsaharienne [6]. Leurs individus sont caractérisés par une langue courte, une seule suture subantennaire, une glosse pointue et la veine basale des ailes antérieures généralement bien coudée [6]. Le rôle principal des Halictidae se limite dans la pollinisation des plantes cultivées ou sauvages ; elles ne produisent pas du miel [7]. Au Cameroun, le secteur agricole emploie approximativement 60 % de la population active et est connu comme le principal pourvoyeur d'emplois [8]. Dans la Région de l'Extrême-Nord précisément, la culture cotonnière est considérée comme le principal moteur de l'économie des paysans [9].

La production annuelle en graines de cette oléagineuse est estimée à 250000 tonnes alors que la demande est évaluée à plus de 350000 tonnes au Cameroun [10]. Pourtant une connaissance rigoureuse de l'efficacité pollinisatrice des abeilles sur cette plante pourrait augmenter la production pour répondre à la demande sans cesse croissante en graines de cette oléagineuse. Les relations entre *G. hirsutum* et les insectes floricoles ont été très peu étudiées. En effet, en tenant compte de la revue de la littérature, les quelques travaux de recherche existants au Cameroun sont ceux réalisés dans les régions de l'Adamaoua [11], du Nord [12 - 14] et de l'Extrême-Nord [15 - 17]. Ces travaux, ne présentent aucune donnée sur l'impact des activités de butinage et de pollinisation des abeilles du genre *Lasioglossum* sur la production de cette Malvaceae. En outre, l'impact d'une seule visite florale d'un insecte pollinisateur dans la production de *G. hirsutum* n'a jamais fait l'objet d'étude. C'est pour pallier à ces insuffisances que des investigations relatives aux activités de butinage et de pollinisation de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *G. hirsutum* ont été menées dans les plantations de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) à Meskine en 2018 et 2019. L'objectif de ce travail est de déterminer la relation existante entre *Lasioglossum* sp. et *G. hirsutum* pour une exploitation optimale au Cameroun. Plus spécifiquement, il s'agissait d'étudier le fourragement de *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs de cette Malvaceae et d'évaluer l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale de cette abeille dans la production de *G. hirsutum*.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Site et station d'étude

Les études ont été menées à Meskine, Arrondissement de Maroua 1<sup>er</sup>, Région de l'Extrême-Nord au Cameroun. La station d'étude était une aire de 437 m<sup>2</sup> centrée sur un point de latitude 10 32',26N'' ; de longitude 014 14',53'' E et d'altitude 424 m au-dessus du niveau de la mer. Ces chiffres ont été enregistrées à l'aide d'un «Global Positioning System» de marque Garmin II+. Ladite région appartient au climat soudano-sahélien caractérisé par deux saisons : une saison sèche (novembre à mai) et une saison des pluies (juin à octobre) ; août est le mois le plus pluvieux [18].

### 2-2. Matériel biologique

Le matériel végétal était constitué des plants de *G. hirsutum* issus de la germination de graines de la variété L457 (*Photo 1*) fournies par l'IRAD de Maroua.



**Photo 1 :** Graines de *Gossypium hirsutum* variété L457 fournies par l'IRAD de Maroua

Le matériel animal était constitué de tous les insectes naturellement présents dans l'environnement du site expérimental dont *Lasioglossum* sp. et qui visitaient les fleurs de *G. hirsutum*.

### 2-3. Méthodes

#### 2-3-1. Préparation de la parcelle expérimentale, semis et entretien de la culture

Du 15 au 21 juin 2018 puis du 20 au 24 juillet 2019, une parcelle de terrain rectangulaire de 23 m de longueur et 19 m de largeur a été délimitée, défrichée, labourée et subdivisée en huit sous-parcelles de 8 m de longueur, 4,5 m de largeur et 10 cm de hauteur chacune. Les sous-parcelles étaient séparées les unes des autres par des allées de 1 m [11]. Le 24 juin 2018, le semis était effectué en lignes, à raison de quatre graines par poquet. Les espacements étaient de 50 cm sur les lignes et 70 cm entre les lignes [11]. Le 25 juillet 2019, l'opération a été répétée. Deux semaines après la levée, pendant chacune des deux années d'étude, le démariage a été fait et deux plants, les plus vigoureux ont été laissés par poquet [11]. De la germination à l'apparition des premiers boutons floraux, le sarclage a été régulièrement effectué à la houe, toutes les deux semaines [11]. De la floraison à la maturité des capsules, le désherbage a été fait à la main.

### 2-3-2. Étude des activités de butinage de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *Gossypium hirsutum*

#### 2-3-2-1. Détermination de la fréquence de visites de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *Gossypium hirsutum*

Du 13 au 22 septembre 2018 et du 11 au 19 septembre 2019, 120 fleurs étiquetées et non protégées [traitement 1 en 2018 ou 4 en 2019] ont été observées tous les jours, pendant chacune des deux années suivant six tranches horaires journalières : 6 - 7 h, 8 - 9 h, 10 - 11 h, 12 - 13 h, 14 - 15 h et 16 - 17 h [19]. Pour chacune de ces tranches horaires et pendant chacune des deux périodes, l'observateur passait quatre fois (chaque ¼ d'heure) sur chacune des fleurs non protégées et épanouies. À chaque passage, l'effectif des visites ( $n_l$ ) de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs était compté par tranche horaire et enregistré. La fréquence des visites de *Lasioglossum* sp. ( $F_{Lh}$ ) par tranche horaire sur les fleurs de *G. hirsutum* a été calculée à l'aide de l'Équation mathématique suivante [19].

$$F_{Lh} = \frac{n_l}{N_t} * 100 \quad (1)$$

$N_t$ , le nombre total des visites durant la période d'observations sur ces mêmes fleurs. Pendant chacune des deux années d'étude, le nombre de fleurs épanouies journalièrement de cette Malvaceae était compté chaque matin, avant le début des investigations et durant toute la période d'observation. Dès lors, les données concernant la fréquence des visites de *Lasioglossum* sp. ont été corrélées aux nombres de fleurs épanouies de *G. hirsutum* pour déterminer le rythme de visites de cette Halictidae.

#### 2-3-2-2. Produits floraux prélevés

Les produits floraux récoltés par les individus de *Lasioglossum* sp. ont été systématiquement notés durant les mêmes dates et tranches horaires que pour l'enregistrement de la durée des visites par fleur. Si l'abeille enfonce sa trompe au fond de la corolle d'une fleur, il s'agissait d'une chercheuse de nectar ; si à l'aide de ses mandibules et de ses pattes, l'abeille grattait les anthères de la fleur, c'était une récolteuse de pollen [20].

#### 2-3-2-3. Abondance des butineurs

Le plus grand nombre d'individus de *Lasioglossum* sp. simultanément en activité sur une fleur et sur 1000 fleurs (abondances des butineurs) ont été enregistrées aux mêmes périodes que la fréquence des visites, selon six tranches horaires journalières ci-après : 7 - 8 h, 9 - 10 h, 11 - 12 h, 13 - 14 h, 15 - 16 h et 17 - 18 h [10]. À la suite des comptages directs, les abondances par fleur ont été enregistrées. S'agissant de l'abondance par 1000 fleurs ( $A_{1000}$ ), le nombre de butineurs était compté sur un nombre connu de fleurs épanouies de *G. hirsutum*.  $A_{1000}$  a été déterminée à l'aide d'expression mathématique suivante [21].

$$A_{1000} = \frac{A_x}{F_x} * 1000 \quad (2)$$

$F_x$  = effectif des fleurs épanouies ;  $A_x$  = effectif de *Lasioglossum* sp. dénombré sur les fleurs ouvertes à l'instant x.

#### 2-3-2-4. Durée des visites par fleur

À l'aide d'un chronomètre et pendant les mêmes tranches horaires journalières que celles au cours desquelles ont été évaluées les abondances, les durées de visites par fleur pour la récolte de pollen et celles pour le prélèvement du nectar ont été enregistrées distinctement. Le chronomètre ramené à zéro

était mis en marche dès qu'un individu de *Lasioglossum* sp. se posait sur une fleur de *G. hirsutum* et arrêté dès qu'il était perdu de vue ou quand il quittait la fleur de *G. hirsutum* pour une autre espèce végétale ; concomitamment, le nombre de fleurs visitées était dénombré [21]. Au cours de ces observations, le retour d'un butineur de cette Halictidae sur une fleur de *G. hirsutum* déjà visitée, était considéré comme une nouvelle visite ; chaque durée interrompue était notée, ainsi que l'auteur de l'interruption, pour mettre en évidence l'influence de la faune [21]. La vitesse de butinage ( $V_b$ ) qui correspond au nombre de fleurs visitées par minute a été évaluée grâce à la **Formule** mathématique suivante [22] :

$$V_b = \frac{F_x}{d_x} * 60 \tag{3}$$

$d_x$  = durée donnée par le chronomètre (en secondes) et  $F_x$  = effectif de fleurs correspondant à  $d_x$ .

**2-3-2-5. Influence de quelques facteurs externes**

Le nombre de fois que *Lasioglossum* sp. au cours d'un voyage de butinage passait d'une fleur de *G. hirsutum* à d'autres espèces végétales et vice versa était enregistré, après des observations directes [21]. L'échantillon de chaque espèce végétale visitée était récolté et un herbier a été confectionné pour l'identification. À l'aide d'un thermo-hygromètre, la température ambiante et hygrométrie atmosphérique de la station d'étude ont été enregistrées chaque demi-heure, tout au long des journées d'observation [19].

**2-3-3. Évaluation de l'apport de *Lasioglossum* sp. dans la production de *Gossypium hirsutum***

Du 13 au 22 septembre 2018 et du 11 au 19 septembre 2019, 300 fleurs au stade bouton ont été étiquetées et deux traitements constitués pendant chacune des deux années d'étude.

- traitement A [23] : 72 ou 76 fleurs protégées des insectes, destinées à recevoir une seule visite de *Lasioglossum* sp. ; dès l'épanouissement de chaque fleur, la toile gaze était prudemment enlevée, pendant la période journalière d'activité optimale des butineurs de cette Halictidae (entre 8 h et 9 h) et la fleur non protégée était observée pendant une à dix minutes, pour noter la visite éventuelle de cette abeille ; après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée [24] ;
- traitement B [23] : 63 ou 66 fleurs protégées des insectes, destinées à la découverte et à la reprotection, sans visite d'insecte ou de tout autre organisme ; dès l'épanouissement de chaque fleur, la toile gaze était délicatement enlevée (entre 8 h et 9 h) et la fleur laissée en libre pollinisation était observée pendant une à dix minutes, en évitant la visite par cette abeille ou tout autre organisme ; après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée [25].

Chaque année d'investigations, après la formation des capsules dans les traitements A et B, le taux de fructification attribuable à *Lasioglossum* sp. ( $F_{r\ell}$ ) était calculé à l'aide de l'**Équation** suivante [24] :

$$F_L = \frac{(F_A - F_B)}{F_A} * 100 \tag{4}$$

$F_A$  = les taux de fructification dans les traitements A (fleurs protégées, puis découvertes et ayant reçues une seule visite de *Lasioglossum* sp.) et B (fleurs protégées, découvertes, non visitées et de nouveau protégées). Pour chaque traitement, le taux de fructification ( $TF$ ) était évalué à l'aide de l'énoncé mathématique ci-après [19] :

$$TF = \frac{Nc}{Nfi} * 100 \quad (5)$$

$Nc$  = nombre de capsules formées et  $Nfi$  = nombre de fleurs initialement portées.

Après la récolte, le nombre moyen de graines par capsule et le pourcentage des graines normales attribuables à *Lasioglossum* sp. ont été évalués de la même manière que pour le taux de fructification [24].

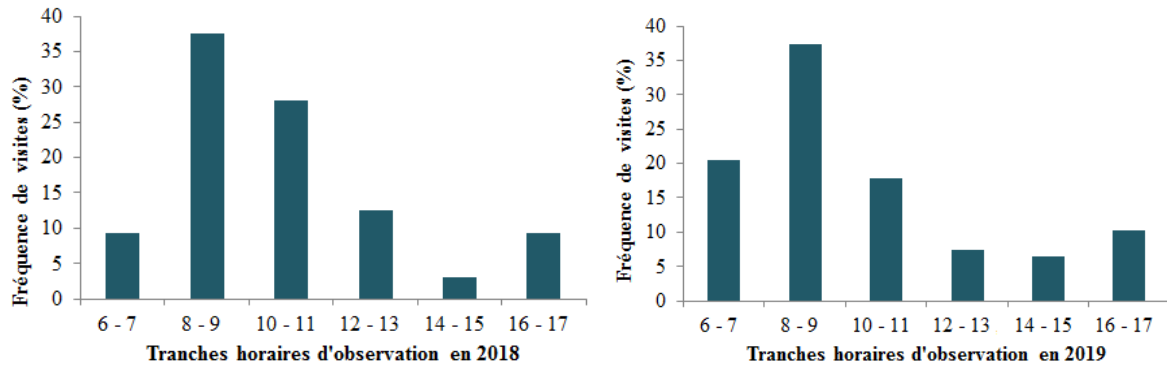
## 2-4. Traitement des données

Le traitement des données a été fait à l'aide de la statistique descriptive (calcul des moyennes, écart-types et pourcentages) et de quatre tests : ANOVA ( $F$ ) pour la comparaison des moyennes de plus de deux échantillons ; Test- $t$  de Student pour la comparaison des moyennes de deux échantillons ; Chi-carré ( $\chi^2$ ) pour la comparaison des pourcentages ; Coefficient de corrélation de Pearson ( $r$ ) pour l'étude des relations linéaires entre deux variables. Pour ce faire, les logiciels Excel 2016 et R 2.13.0. ont été exploités.

## 3. Résultats et discussion

### 3-1. Fréquences des visites de *Lasioglossum* sp. en fonction des tranches horaires journalières d'observation

Durant les deux années d'observation, l'activité de l'Halictidae sur les fleurs de *G. hirsutum* s'étendait de 6 h à 17 h, avec un maximum de visites enregistré entre 8 h et 9 h (**Figure 1**). Cette activité était régressive entre 12 h et 13 h suivie d'une légère augmentation entre 16h et 17h. Les différentes variations journalières du nombre de visites de *Lasioglossum* sp. sont liés notamment à la phénologie des fleurs de la Malvaceae et à la période d'ouverture du nid de cette abeille terricole. Le faible diamètre d'ouverture de la corolle des fleurs dans la matinée accompagnée de l'ouverture tardive du nid de cette abeille terricole pourrait justifier le faible nombre de visites enregistrées sur les fleurs de cette plante entre 6 h et 7 h. Le maximum de visites observées entre 8 h et 9 h est la résultante d'un épanouissement totale des fleurs visitées, de l'ouverture des nids de l'abeille accompagné d'une forte disponibilité des produits floraux de cette plante. Pendant cette tranche horaire, les fleurs du cotonnier produisaient une quantité importante de nectar et de pollen, attractif vis-à-vis des butineurs de *Lasioglossum* sp. En effet, il est connu depuis longtemps que le pic de visite chez un insecte coïncide le plus souvent avec l'anthèse de la plante et la période à laquelle le butin de la plante hôte est plus disponible [26]. Sur les fleurs de *Pisum sativum* à Ngaoundéré, le pic des visites était situé entre 10 h et 11 h chez *Lasioglossum* sp. [27]. La réduction de la fréquence de visites de *Lasioglossum* sp. au milieu de la journée sur les fleurs de la Malvaceae se justifierait par la perte de la coloration des fleurs et à la diminution de la quantité et / ou de la qualité des produits floraux. Chez *G. hirsutum*, le processus de la fanaison de la fleur (qui a une durée de vie d'un jour) est marqué par le changement de la coloration (passage progressif du blanc au jaune puis au rouge violet) dans l'après-midi ; ceci aurait une influence sur la quantité et la qualité des produits floraux et pourrait expliquer la réduction du nombre d'insectes butineurs. Ces différentes caractéristiques observées dans l'après-midi chez les fleurs de cotonnier les rendent moins attractives vis-à-vis des butineurs de *Lasioglossum* sp. En effet, lorsque le nectar ou le pollen ne sont plus facilement exploitables ou diminuent en quantité et / ou en qualité, les butineurs de *Lasioglossum* sp. diminuent leur activité sur les fleurs pour que l'énergie dépensée pour le travail de butinage ne soit pas supérieure à celle du butin [28].



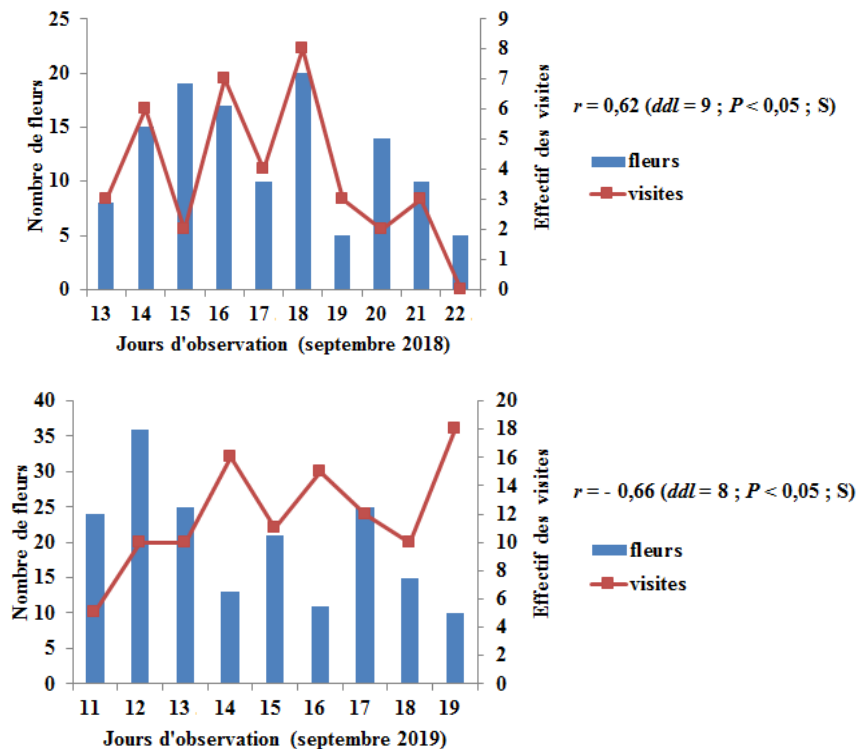
**Figure 1 :** Fréquence des visites de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* en fonction des périodes journalières d'observation en 2018 et 2019 à Meskine

### 3-2. Produits floraux prélevés

Dans les fleurs épanouies de *G. hirsutum*, les individus de *Lasioglossum* sp. récoltaient à la fois le pollen et le nectar. Sur 37 visites de cet Halictidae enregistrées en 2018, 64,86 % étaient consacrées à la récolte du pollen et 35,12 % au prélèvement du nectar. En 2019, sur les 58 visites enregistrées, 56,90 % étaient destinées à la récolte du pollen et 43,10 % étaient dédiées au prélèvement du nectar. Pour les deux années d'observation cumulées, sur les 95 visites enregistrées, 60 % étaient destinées à la récolte du pollen et 40 % au prélèvement du nectar. Le nectar et le pollen ont été recherchés par les individus de cette Halictidae durant tous les jours et pendant toutes les tranches horaires d'observation. Cette recherche était fonction de la disponibilité et de l'accessibilité de chacun de ces produits floraux au niveau des fleurs butinées et aux besoins alimentaires de *Lasioglossum* sp. qui sont fonctions de la valeur nutritionnelle de chaque produit récolté [29]. Le pollen constitue une source de protéines alors que le nectar est une source d'énergie, de lipide et de la vitamine [29].

### 3-3. Rythme des visites de *Lasioglossum* sp. en fonction du nombre de fleurs épanouies sur *Gossypium hirsutum*

En 2018, le nombre de visites de *Lasioglossum* sp. était proportionnel au nombre des fleurs de *G. hirsutum* épanouies (**Figure 2**). La corrélation entre ces deux paramètres est positive et significative ( $r = 0,62$  ;  $ddl = 9$  ;  $P < 0,05$ ). En 2019, le nombre de visites de *Lasioglossum* sp. était inversement proportionnel au même nombre de fleurs épanouies sur la Malvaceae (**Figure 2**). La corrélation entre ces deux paramètres s'est révélé négative et significative ( $r = -0,66$  ;  $ddl = 8$  ;  $P < 0,05$ ). La corrélation positive et significative observée en 2018 met en évidence la bonne attractivité des substances florales (nectar ou du pollen) et leurs disponibilités au niveau des fleurs épanouies du cotonnier. Ce résultat est conforme à ceux de [30] qui indiquent que le nombre de fleurs épanouies est un facteur essentiel qui joue un rôle important dans l'orientation des insectes vers les fleurs d'une plante. La corrélation négative en 2019 serait liée à l'influence négative des facteurs climatiques (précipitations) sur l'activité de cette abeille terricole. En effet, sur neuf journées d'observation de 2019, quatre étaient pluvieuses alors que sur les dix journées d'observation en 2018, seulement deux étaient pluvieuses. Pendant les journées pluvieuses, l'effectif de visites de *Lasioglossum* sp. et le nombre des fleurs épanouies de la Malvaceae évoluaient de manière antagoniste. Cela se justifierait par l'absence de la sortie des butineurs de cette abeille de leur nid. En effet, en cas de précipitations, les eaux de ruissellement entraînaient l'obstruction de l'entrée des nids de cette abeille terricole, réduisant ainsi la fréquence de leur ouverture. En revanche, les effets négatifs de la pluie sur l'activité des abeilles terricole est connu depuis longtemps : chez les femelles de *Dialictus zaphyrus*, lors des précipitations, elles quittaient les fleurs de la plante hôte pour leurs habitats [31].



**Figure 2 :** Variations journalières du nombre de fleurs épanouies sur *Gossypium hirsutum* et du nombre de visites de *Lasioglossum* sp. au niveau de ces organes selon les dates d'observation à Meskine en 2018 et 2019

*r* : coefficient de corrélation entre le nombre de visites et le nombre de fleurs ; *ddl* : nombre de degrés de liberté ; *P* : seuil de signification ; *S* : corrélation significative

### 3-4. Abondance des butineurs de *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs de *Gossypium hirsutum*

En 2018, le plus grand effectif moyen d'individus de *Lasioglossum* sp. en activité par fleur de *G. hirsutum* était de 1,04 ( $n = 56$  ;  $s = 0,19$  ;  $min = 1$  ;  $max = 2$ ). En 2019, la valeur correspondante était de 1,12 [ $n = 50$  ;  $s = 0,33$  ;  $min = 1$  ;  $max = 2$ ] (**Photo 2**). La différence entre ces deux moyennes n'est pas significative ( $t = 1,49$  ;  $ddl = 104$  ;  $P > 0,05$ ). L'abondance moyenne par 1000 fleurs ( $A_{1000}$ ) était de 610 ( $n = 56$  ;  $s = 320$ ) en 2018 et 523 ( $n = 50$  ;  $s = 305$ ) en 2019. La différence entre ces deux dernières moyennes n'est pas significative ( $t = 1,42$  ;  $ddl = 104$  ;  $P > 0,05$ ). Pour les deux années d'observation,  $A_{1000} = 566$  ( $n = 106$  ;  $s = 313$ ).



**Photo 2 :** Deux individus de *Lasioglossum* sp. récoltant du pollen dans une fleur de *Gossypium hirsutum* en 2019 à Meskine



Les fortes abondances par 1000 fleurs seraient liées à la disponibilité et de l'attractivité des produits floraux de cette Malvaceae vis-à-vis de cette Halictidae ainsi qu'à l'abondance des individus de cette abeille dans l'environnement du site expérimental.

### 3-5. Durée des visites par fleur

La durée moyenne d'une visite de *Lasioglossum* sp. par fleur de *G. hirsutum* n'est guère dépendante du type de produit floral récolté. En 2018, la durée des visites pour la récolte du pollen était de 25,26 sec ( $n = 23$  ;  $s = 19,75$  ;  $min = 5$  ;  $max = 69$ ) et celle consacrée au prélèvement du nectar de 30 sec ( $n = 14$  ;  $s = 21,19$  ;  $min = 3$  ;  $max = 63$ ). Il n'y a pas de différence entre ces deux durées moyennes ( $t = 0,66$  ;  $ddl = 35$  ;  $P < 0,05$ ). En 2019, les valeurs correspondantes étaient de 26,52 sec ( $n = 33$  ;  $s = 23,21$  ;  $min = 2$  ;  $max = 90$ ) pour la récolte du pollen et 28,16 sec ( $n = 25$  ;  $s = 17,53$  ;  $min = 12$  ;  $max = 80$ ) pour le prélèvement du nectar. La différence entre ces deux dernières moyennes n'est pas significative ( $t = 0,30$  ;  $ddl = 56$  ;  $P < 0,05$ ).

### 3-6. Vitesse de butinage

Les individus de *Lasioglossum* sp. visitaient 1 à 5 fleurs de *G. hirsutum* par minute en 2018, et 2 à 15 fleurs par minute en 2019. La vitesse moyenne de butinage (VMB) était de 2,81 fleurs / min ( $n = 41$  ;  $s = 2,57$  ;  $min = 1$  ;  $max = 5$ ) en 2018 et 3,08 fleurs / min ( $n = 29$  ;  $s = 2,65$  ;  $min = 2$  ;  $max = 15$ ) en 2019. La différence entre ces deux moyennes n'est pas significative ( $t = 0,42$  ;  $ddl = 68$  ;  $P > 0,05$ ). Pour les deux années cumulées, la vitesse moyenne de butinage était de 2,95 fleurs / min ( $n = 70$  ;  $s = 2,61$  ;  $min = 1$  ;  $max = 15$ ).

### 3-7. Influence de quelques facteurs externes

#### 3-7-1. Effet de la faune

Au cours de leur activité de butinage, les individus de *Lasioglossum* sp. n'étaient ni perturbés par d'autres pollinisateurs lors de la récolte des produits floraux, ni par des prédateurs.

#### 3-7-2. Effet de la flore avoisinante

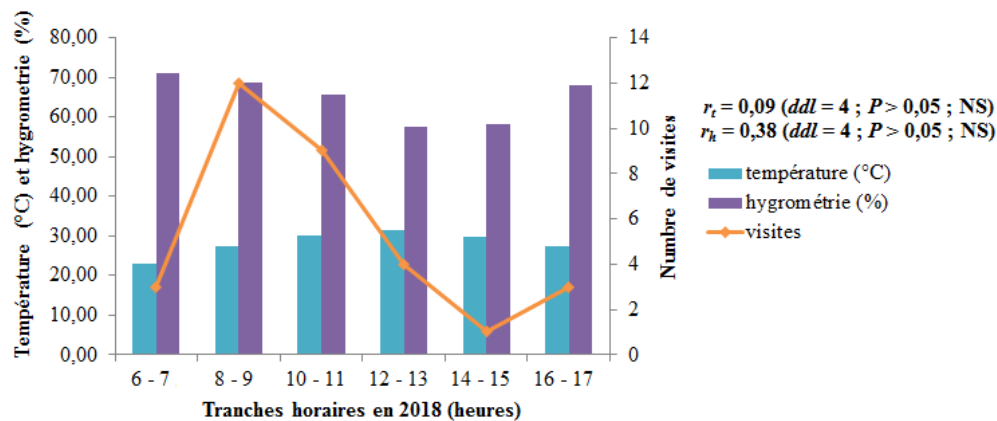
Pendant les deux périodes d'observation, mis à part les fleurs de *G. hirsutum*, les fleurs de plusieurs autres espèces végétales de la station expérimentale étaient visitées par les individus de *Lasioglossum* sp., pour leur pollen ou leur nectar. Ces végétaux incluaient *Hibiscus sabdariffa* (Malvaceae : pollen et nectar), *Cosmos sulphureus* (Asteraceae : pollen et nectar) et *Solanum lycopersicum* (Solanaceae : pollen). Aucun passage de *Lasioglossum* sp. des fleurs de *G. hirsutum* aux fleurs d'autres espèces végétales n'a été observé aussi bien en 2018 qu'en 2019. Ceci prouve que les individus de cette Halictidae étaient fidèles aux fleurs de la Malvaceae lors des voyages de butinage. Cette constance florale est un aspect très important dans la pollinisation des plantes [32]. Elle est particulièrement bénéfique pour la pollinisation du cotonnier. Ceci est en droite ligne avec les résultats obtenus sur les fleurs de *G. hirsutum* avec l'activité de *Apis mellifera* à Maroua [15], à Garoua [12] et à Ngaoundéré [11] et celle de *Amegilla calens* [17] à Maroua. En revanche, les observations faites par Dounia et Tchuenguem [16] montrent que *Macronomia vulpina* était passé des fleurs de *G. hirsutum* aux fleurs d'autres plantes des environs de la station d'étude, avec 2,27 % de passage sur *Sorghum bicolor* et 9,52 % sur *Hibiscus asper*.

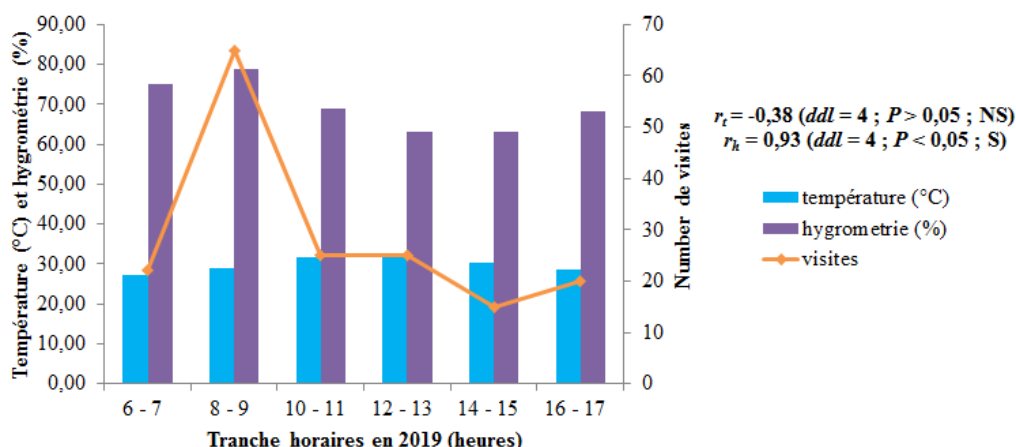
### 3-7-3. Influence des facteurs climatiques

Les facteurs climatiques tels que la température ambiante, l'hygrométrie de l'air, le vent et les pluies ont plus au moins influencé l'activité de *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs de *G. hirsutum* en 2018 et en 2019. La **Figure 3** montre les variations du nombre de visites de *Lasioglossum* sp. en fonction de la température ambiante, de l'hygrométrie de l'air et des tranches horaires journalières d'observation pendant la période de floraison de *G. hirsutum*. Il s'est révélé une corrélation non significative entre :

- ✚ le nombre de visites de *Lasioglossum* sp. et la température en 2018 ( $r = 0,09$  ;  $ddl = 4$  ;  $P > 0,05$ ), comme en 2019 ( $r = -0,38$  ;  $ddl = 4$  ;  $P > 0,05$ ) ;
- ✚ le nombre de visites de *Lasioglossum* sp. et l'hygrométrie de l'aire en 2018 ( $r = 0,38$  ;  $ddl = 4$  ;  $P > 0,05$ ) cependant, la corrélation s'est révélé significative entre le nombre de visites de *Lasioglossum* sp. et l'hygrométrie de l'aire en 2019 ( $r = 0,93$  ;  $ddl = 4$  ;  $P < 0,05$ ).

Sur dix journées d'observation en 2018, sept étaient ensoleillées, une brumeuse et faiblement ensoleillée et deux pluvieuses. En 2019, sur neuf journées, quatre étaient ensoleillées, une brumeuse et faiblement ensoleillée et quatre pluvieuses. Sur 37 visites de *Lasioglossum* sp. enregistrées en 2018, 10,81 % avaient été interrompues par des vents forts. En 2019, la valeur correspondante était de 10,34 % des 58 visites enregistrées. Pour les deux années cumulées, le pourcentage de visites interrompues de *Lasioglossum* sp. par des vents forts était de 10,57 %. L'activité de cette abeille sur les fleurs de la Malvaceae était plus importante pendant les journées ensoleillées que celles enregistrées pendant les journées brumeuses. Pendant les fines et fortes pluies, l'activité de *Lasioglossum* sp. était nulle. Ces observations se rapprochent de celles faites à Ngaoundéré [26] chez cette espèce d'abeille sur les fleurs de *Pisum sativum*. En outre, chez certains pollinisateurs, les observations faites en France [33] montrent que les butineuses d'abeille mellifère préfèrent les journées ensoleillées et chaudes et limitent leur activité durant les jours pluvieux et de vents forts. En effet, la pluie a été connue depuis longtemps comme l'un des facteurs inhibant l'activité des insectes en général [34]. Le faible nombre de visites enregistrées pendant les journées pluvieuses serait due à l'impossibilité de sortie des individus de cette abeille terricole de leurs habitats, à cause des eaux de ruissellement.





**Figure 3 :** Variations de la température atmosphérique, de l'hygrométrie de l'air et du nombre de visites de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* selon les tranches horaires d'observation en 2018 et 2019 à Meskine

$r_t$ : coefficient de corrélation entre le nombre de visites et la température ;  $r_h$ : coefficient de corrélation entre le nombre de visites et l'hygrométrie ; ddl: nombre de degrés de liberté ; P: seuil de signification ; NS: corrélation non significative ; S: corrélation significative

### 3-8. Apport de *Lasioglossum* sp. dans la pollinisation de *Gossypium hirsutum*

Au cours de leur activité de butinage au niveau des fleurs de *G. hirsutum*, les individus de *Lasioglossum* sp. accroissaient la capacité de pollinisation de cette Malvaceae. En effet, la forme conique de la fleur de *G. hirsutum* dont la profondeur du tube corollaire est de 5,5 cm ( $n = 31$  ;  $s = 0,55$  ;  $max = 5,9$  ;  $min = 4,2$ ) en moyenne obligeait les butineurs de *Lasioglossum* sp. à se poser sur les stigmates de la fleur (100 % des visites) avant de se mouvoir vers l'intérieur de la corolle à la recherche des produits floraux et lorsqu'ils sortaient du fond de la corolle d'une fleur visitée. En se posant sur les stigmates lors de leurs activités sur les fleurs, les butineurs de *Lasioglossum* sp. secouaient celles-ci et amplifiaient la probabilité de pollinisation de cette Malvaceae par le dépôt du pollen sur ses stigmates. La charge optimale du pollen sur les stigmates serait elle-même favorable à la formation des fruits et des graines normales. Il a été d'ailleurs noté que la fructification est majoritairement dépendante de l'intensité de pollinisation [35]. Ainsi, le pollen de *G. hirsutum* étant du type collant, lourd et hérissé de petites aspérités, adhère aux pièces buccales et aux poils des pattes et l'abdomen de l'Halictidae, puis est transporté de fleur en fleur sur une même plante ou d'un pied de *G. hirsutum* à un autre. De ce fait, les butineurs de cette abeille étaient susceptibles de jouer un rôle positif dans la géitonogamie, en déposant le pollen d'une plante sur le stigmate de la fleur d'une autre plante [33, 36].

### 3-9. Contribution de *Lasioglossum* sp. dans l'amélioration de la production de *Gossypium hirsutum*

Les données concernant le taux de fructification, le nombre moyen de graines par capsule et le pourcentage de graines normales dans les différents traitements de *G. hirsutum* sont présentées dans le **Tableau 1**.

**Tableau 1 :** Taux de fructification, nombre moyen de graines par capsule et pourcentage de graines normales selon les différents traitements de *Gossypium hirsutum* en 2018 et 2019 à Meskine

Années	Traitements	NFE	NCF	NGC			NTG	NGN	%GN
				<i>m</i>	<i>s</i>	<i>n</i>			
2018	2 (Fpvl)	72	48	25,58	6,06	48	1228	1131	92,10
	3 (Fpors)	63	45	27,46	6,14	46	1263	973	77,03
2019	5 (Fpvl)	76	62	25,39	5,69	62	1574	1474	93,65
	6 (Fpors)	66	47	24,70	5,96	47	1161	791	68,13

*Fpvl*: Fleurs protégées et visitées exclusivement par *Lasioglossum* sp. ; *Fpors*: fleurs protégées, ouvertes et protégées de nouveau, sans visites d'un insecte ou de tout autre organisme ; NFE: Nombre de fleurs étudiées ; NCF: Nombre de capsules formées ; TF: Taux de fructification ; NGC: Nombre de graines par capsule ; NTG: Nombre total de graines ; NGN: Nombre de graines normales ; %GN: Pourcentage de graines normale.

Il ressort de ce tableau que :

- i) les taux de fructification ont été de 66,67 %, 71,43 %, 81,58 % et 71,12 % dans les traitements 2, 3, 5 et 6 respectivement. Les différences entre ces quatre pourcentages ne sont pas globalement significatives ( $\chi^2 = 4,48$  ;  $ddl = 3$  ;  $P < 0,05$ ) ;
- ii) les nombres moyens de graines par capsule ont été de 25,58, 27,46, 25,39 et 24,70 successivement dans les traitements 2, 3, 5 et 6. Les différences entre ces moyennes ne sont pas globalement significatives ( $F = 1,84$  ;  $ddl_1 = 3$  ;  $ddl_2 = 199$ ) ;
- iii) les pourcentages de graines normales ont été de 92,10 %, 77,03 %, 93,65 % et 68,23 % dans les traitements 2, 3, 5 et 6 respectivement. Les différences entre ces quatre pourcentages sont globalement très hautement significatives ( $\chi^2 = 422,92$  ;  $ddl = 3$  ;  $P < 0,001$ ). Les comparaisons deux à deux de ces pourcentages montrent que la différence est très hautement significative entre les traitements 2 et 3 ( $\chi^2 = 107,65$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ), puis 5 et 6 ( $\chi^2 = 305,67$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ).

En somme, les fleurs ayant reçu une visite de *Lasioglossum* sp. ont donné plus de graines normales que celles protégées des insectes puis découvertes et protégées de nouveau, sans visite d'insecte ou de tout autre organisme. Considérant que pour une plante dont l'ovaire contient plusieurs ovules comme celui de *G. hirsutum* le dépôt de grains pollen lors d'une visite unique de *Lasioglossum* sp. n'est pas suffisant pour féconder tous les ovules ; c'est ce qui expliquerait la différence non significative enregistrée entre les nombres moyens de graines par capsule d'une part et celle entre les taux de fructifications d'autre part dans les différents traitements [37]. Par le biais de l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale, *Lasioglossum* sp. a augmenté le pourcentage de graines normales de 19,56 % en 2018, 37,46 % en 2019 et 28,51 % pour les deux années cumulées. Ces résultats justifient donc l'efficacité pollinisatrice de *Lasioglossum* sp. sur les rendements de *G. hirsutum*. En effet les butineurs de *Lasioglossum* sp. pouvaient de ce fait intervenir directement dans l'autopollinisation et l'allopollinisation de cette plante d'autant plus qu'ils transportaient le pollen d'une fleur pour les stigmates d'une même fleur et pour une autre fleur [38]. D'autres chercheurs ont montré également qu'une pollinisation efficace permet l'accroissement des rendements [39]. Ainsi l'augmentation significative des rendements en graines normales en présence de *Lasioglossum* sp. est due à l'efficacité pollinisatrice de cette Halictidae sur la pollinisation des fleurs du cotonnier. En effet, la contribution des abeilles du genre *Lasioglossum* dans la production d'autre plante a été déjà mentionné sur *Pisum sativum* à Ngaoundéré [26]. De même à Maroua, l'impact positif et significatif d'autres apoïdes a été démontré sur le pourcentage de graines normales chez le cotonnier : *Apis mellifera* (24,93 %) [15], *Macronomia vulpina* (19,32 %) [16] et *Amegilla calens* (32,39 %) [17].

#### 4. Conclusion

À Maroua, les activités de *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs de *G. hirsutum* s'étendent sur toute la journée de 6 h à 17 h, avec un maximum de visites situé entre 8 h et 9 h. Dans les fleurs de la Malvaceae, les individus de *Lasioglossum* sp. récoltent le pollen et le nectar. L'abondance moyenne par 1000 fleurs des butineurs est de 566 individus et la vitesse moyenne de butinage est de 2,95 fleurs/min. Par l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale, *Lasioglossum* sp. entraîne une augmentation du pourcentage de graines normales de 28,51 % chez le cotonnier. La protection et l'aménagement des sites de nidification à proximité ou à l'intérieur des champs de *G. hirsutum* est recommandée aux cotonculteurs pour accroître la production en graines normales.

#### Références

- [1] - FAO, L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde : Renforcer la résilience face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et la nutrition, (2018) 32 p.
- [2] - SIMA, B. DHEERAJ and S. MEERA, Floral visitors of different crops as recorded from agro-ecosysteme near Jhunjhunu, Rajasthan, India. *International Journal of Science and Research*, 3 (9) (2014) 1732 - 1739
- [3] - D. P. ABROL, Pollination biology. Biodiversity conservation and agricultural production. Springer Dordrecht Heidelberg, London, (2012) 792 p.
- [4] - N. VERECKEN, D. MICHEZ and G. MAHE, Une nouvelle lettre de contact pour les hyménoptéristes apidologues francophones, *Osmia*, N° 1 (2007) 38 p.
- [5] - L. F. VIOLETTE, " Insectes pollinisateurs dans les paysages agricoles: approche pluri-échelle du rôle des habitats semi-naturels, des pratiques agricoles et des cultures entomophiles ", Écologie, Environnement, Thèse Université Rennes France, (2010) 258 p.
- [6] - C. D. EARDLEY, M. KUHLMANN and A. PAULY, Les genres et sous-genres d'abeilles de l'Afrique subsaharienne, *ABC Taxa*, 9 (2010) 152 p.
- [7] - N. BRADBPEAR, Le rôle des abeilles dans le développement rural : Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles, Rome, (2010) 248 p.
- [8] - MINADER, Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2012 & 2013. Direction des Enquêtes et Statistiques AGRI - STAT CAMEROUN, 18 (2015) 232 - 255
- [9] - R. LEVRAT, La place du Coton dans la vie des paysans du Nord Cameroun, *Les Cahiers d'Outre-mer*, 37 (145) (1984) 33 - 62
- [10] - MINADER, Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2007 & 2008. Direction des Enquêtes et Statistiques, AGRI-STAT, CAMEROUN, N° 16 (2010) 98 p.
- [11] - S. MAZI, F. F. -N. TCHUENGUEM and D. BRÜCKNER, Foraging and pollination behaviour of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3 (2013) 267 - 280
- [12] - E. BASGA, S. T. FAMENI, E. N. O. ATIBITA and F. F.-N. TCHUENGUEM, Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* Linné (Hymenoptera : Apidae) sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) à Djamboutou (Garoua, Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 138 (2019) 14123 - 14136
- [13] - M. ADAMOU, S. MAZI, TAIMANGA and C. M. YATAHAÏ, *Amegilla* sp. (Hymenoptera: Apidae) visitors to Cotton (*Gossypium hirsutum*, Malvaceae) flowers and their role in crop pollination at Djoumassi (North, Cameroon). *Journal of Experimental Agriculture International*, 42 (4) (2020) 145 - 157
- [14] - S. MAZI, B. M. T. KINGHA, M. ADAMOU and C. M. YATAHAÏ, Impact of the foraging activity of *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) on increasing yields of *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) in Djoumassi (Garoua, Cameroon). *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, (2020) 2581 - 3250

- [15] - DOUNIA and F. F. -N. TCHUENGUEM, Foraging and pollination activity of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on flowers of *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) at Maroua, Cameroon. *International Research Journal of Plant Science*, 4 (2) (2013) 33 - 44
- [16] - DOUNIA and F. F. -N. TCHUENGUEM, Foraging and pollination activity of *Macronomia vulpina* (Gerstaecker, 1857) (Hymenoptera: Halictidae) on *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) flowers at Maroua, Cameroon. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4 (3) (2014) 2225 - 3610
- [17] - I. I. KODJI, B. S. KENGNI, T. S. FAMENI and F. F. -N, TCHUENGUEM, Pollination Efficiency of *Amegilla calens* (Hymenoptera: Apidae) on *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) Variety L457 Flowers at Meskine (Maroua, Cameroon). *Agricultural Sciences*, 12 (2021) 1150 - 1150
- [18] - M. KUETE, A. MELINGUI, J. MOUNKAM and D. NOFIELE. Nouvelle Géographie du Cameroun. EDICEF, (1993) 207 p.
- [19] - F. F.-N. TCHUENGUEM, J. MESSI and A. PAULY, Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, 56 (2001) 179 - 188
- [20] - P. JEAN-PROST, Apiculture : connaître l'abeille-conduire le rucher. 6<sup>ème</sup> édition. Lavoisier (éd.), France, (1987) 159 p.
- [21] - F. F. -N. TCHUENGUEM, Activité de butinage et de pollinisation de *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 unique, Université de Yaoundé I, (2005) 103 p.
- [22] - A. JACOB-REMACLE, Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, 20 (1989) 217 - 285
- [23] - B. B. DIGUIR, J. B. PANDO, T. S. FAMENI and F. F.-N. TCHUENGUEM, 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) (2020) 22 - 31
- [24] - J. D. DJAKBE, A. NGAKOU, C. WEKERE, E. FAIBAWA, F. F.-N. TCHUENGUEM, 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) (2017) 43 - 60
- [25] - E. FAÏBAWA, DOUNIA, T. S. FAMENI, A. E. N. OTIOBO & F. F.-N TCHUENGUEM, Pollination efficiency of *Braunsapis* sp. (Hymenoptera: Apidae) on *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 13 (4) (2018) 22 - 36
- [26] - D. JONWANGWÉ, J. B. PANDO, F. F.-N. TCHUENGUEM and J. MESSI, Diversité et impact des insectes floricoles sur les rendements fruitier et grainier de *Arachis hypogaea* L. 1753 (Fabaceae) à Maroua (Extrême-Nord, Cameroun). *Entomologie Faunistique - Faunistic Entomology*, 71 (2018) 1 - 13
- [27] - T. S. FAMENI, E. FAIBAWA, J. A. D. MEDJIDO and F. F.-N TCHUENGUEM, Activités de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) et *Lasioglossum* sp. (Hymenoptera : Halictidae) sur les fleurs de *Pisum sativum* (Fabaceae) à Ngaoundéré, Adamaoua, Cameroun. *Afrique Science*, 20 (5) (2022) 111 - 130
- [28] - S. M. PAPPERS, T. J. DE JONG, P. G. KLINKHAMER and L. E. MEELIS, Effects of nectar content on the number of bumblebee approaches and the length of visitation sequences in *Echium vulgare* (Boraginaceae). *Oikos*, 87 (1999) 580 - 586
- [29] - M. GUERIN, Attractivité des plantes pour les auxiliaires-synthèse sur les interactions plante/insecte, (2014) 10 p.
- [30] - K. FAEGRI and L. PIJL, The principles of pollination ecology. 3<sup>rd</sup> revised ed., Pergamon Press, Oxford, (1979) 244 p.

- [31] - C. PLATEAUX-QUENU, la biologie des abeilles primitives. Ed. Masson et Cie, Paris, (1972) 200 p.
- [32] - D. EVE-CATHERINE, Etude sur l'entomofaune et l'irrigation par aspersion en bleuetières semi-cultivées. Thèse en Biologie, Université du Québec, Montreal, (2012) 145 p.
- [33] - J. LOUVEAUX, L'abeille domestique dans ses relations avec les plantes cultivées. In : Pollinisation et productions végétales, éd. Pesson P. & Louveaux J. INRA, Paris, (1984) 527 - 555
- [34] - S. E. MCGREGOR, Insect pollination of cultivated crop plants. *Agricultural Research Service, Washington*, (1976) 411 p.
- [35] - T. S. WOODCOCK, Pollination in the Agricultural Landscap. Canadian pollinisation initiative, (2012) 113 p.
- [36] - J. M. PHILIPPE, La pollinisation par les abeilles : pose des colonies dans la culture en floraison en vue d'accroître les rendements des productions végétales. EDISUD, la Calade, Aix-en-Provence, (1991) 179 p.
- [37] - K. S. DELAPLANE, A. DAG, R. G. DANKA, B. M. FREITAS, L. A. GARIBALDI, R. M. GOODWIN and J. I. HORMAZA, Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52 (4) (2013) 1 - 28
- [38] - B. NZIGIDAMERA and A. FOFO, Les pollinisateurs sauvages dans les écosystèmes forestiers et agricoles au Burundi. INECN. (2010) 52 p.
- [39] - P. SEGEREN, V. MULDER, J. BEETSMA, R. SOMMEIJER, *Apiculture sous les tropiques*. Agrodok 32, 5ème ed., Agromisa, Wageningen, (1996) 88 p.