

## 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

Sidonie FAMENI TOPE<sup>1\*</sup>, Esaïe FAIBAWA<sup>2</sup>, Justin Albin DIBLETSIE MEDJIDO<sup>2</sup> et Fernand-Nestor TCHUENGUEM FOHOUE<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Laboratoire de Zoologie Appliquée, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun

(Reçu le 21 Février 2022 ; Accepté le 23 Mai 2022)

\* Correspondance, courriel : [sidofameni@gmail.com](mailto:sidofameni@gmail.com)

### Résumé

De avril à juillet 2020, les fleurs de *Pisum sativum* ont été observées à Ngaoundéré (Cameroun), en vue de l'étude des activités de *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. et la détermination de l'impact de celles-ci sur la production fruitière et grainière de cette Fabacée. Cinq traitements ont été formés à partir du marquage de 540 fleurs : 240 fleurs différenciées selon la présence ou l'absence de protection des visites d'insectes ; 200 fleurs limitées aux visites exclusives de *A. mellifera* ou *Lasioglossum* sp. ; 100 fleurs protégées puis découvertes dès leur épanouissement et à nouveau protégées, sans visite d'insecte ou de tout autre organisme. Les rendements ont été évalués et comparés entre les traitements. Les résultats montrent que *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. récoltaient le nectar et le pollen sur les fleurs de *P. sativum* de 8 h à 15 h, avec une forte activité située entre 8 h et 9 h chez *A. mellifera* puis entre 10 h et 11 h chez *Lasioglossum* sp. L'efficacité pollinisatrice de ces deux abeilles contribue à la hausse du taux de fructification de 3 % et à l'augmentation du nombre moyen de graines par gousse de 16,83 %. La préservation des nids de *Lasioglossum* et l'installation des colonies de *A. mellifera* à proximité des plantations de *P. sativum* sont recommandées pour accroître sa production.

**Mots-clés :** *Pisum sativum*, fleurs, pollinisation, production.

### Abstract

**Foraging and pollination behaviour of *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) and *Lasioglossum* sp. (Hymenoptera : Halictidae) on *Pisum sativum* (Fabaceae) flowers at Ngaoundéré, Adamaoua, Cameroon**

From April to July 2020, *Pisum sativum* flowers have been observed at Ngaoundéré (Cameroon) for the study of *Apis mellifera* and *Lasioglossum* sp. activities and determination of the impact of it on fruit and seed production of this Fabaceae. 540 flowers were labelled and divided into five treatments : 240 flowers differentiated according to the presence or absence of protection against insect visits ; 200 flowers restricted visits to *A. mellifera* or *Lasioglossum* sp. exclusively and 100 flowers protected and then unprotected when

they were bloomed and protected again, without any insect or any other organism's visits. Yields were assessed and compared between treatments. Results show that *A. mellifera* and *Lasioglossum* sp. collected nectar and pollen on *P. sativum* flowers from 8 am to 3 pm, with a highest activity situated between 8 am to 9 am at *A. mellifera* then 10 am to 11 am at *Lasioglossum* sp. The pollination efficiency of these two bees contributes to the increase in the fruiting rate by 3 % and the number of seeds per pod by 16.83 %. Therefore, the conservation of *Lasioglossum* nests and the installation of *A. mellifera* colonies close to the *P. sativum* fields are recommended to improve its production.

**Keywords :** *Pisum sativum*, flowers, pollination, yields.

## 1. Introduction

L'un des objectifs primordiaux en matière de développement durable est de régler tout problème de nutrition [1]. En 2017, le nombre de personnes touchées par l'insécurité alimentaire chronique avait atteint 821 millions environ, ce qui représentait une personne sur neuf dans le monde [1]. La sous-alimentation et l'insécurité alimentaire semblent connaître une hausse dans presque toutes les sous-régions d'Afrique [2]. Le manque de protéines dans cette zone est à l'origine de l'une des formes de malnutrition les plus pernicieuses [1]. Les légumineuses sont une source importante de protéines végétales dans les pays en développement [3]. *Pisum sativum* est une légumineuse originaire de l'Asie centrale [4]. Cette plante est cultivée et consommée par les humains et d'autres animaux [5], du fait principalement d'importante quantité de protéines, d'hydrates de carbone, de minéraux et de vitamines qu'elle renferme [6, 7]. Les jeunes pousses sont utilisées comme légume-feuilles [4]. Les fanes servent de fourrage, de foin ou de fumures organiques [5]. Ses fleurs de couleur blanche, rose ou pourpre sont hermaphrodites et produisent du nectar et du pollen qui attirent les insectes [8]. Les relations entre *P. sativum* et les insectes floricoles ont été très peu étudiées. Les quelques travaux de recherche existants sont ceux obtenus en Grande-Bretagne où *Eucera dalmatica* était le visiteur majoritaire du petit pois [8] ; en Russie, les Bourdons ont été signalés comme étant les insectes les plus fréquents sur les fleurs de *P. sativum* [9] ; en Algérie, les insectes appartenant aux familles des Apidae et Megachilidae étaient les plus représentés sur cette Fabacée [10] ; à Peshawar au Pakistan, *Episyrphus balteatus* a été noté comme l'espèce la plus abondante avec 35,22 % de visites suivie de *Apis mellifera* avec 15,94 % de visites [11]. Malgré ces importants travaux, *Lasioglossum* sp. n'a pas encore fait l'objet d'étude sur *P. sativum*. De plus, l'efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. n'a pas encore été abordée dans ces différentes recherches. Bien plus, *P. sativum* est l'une des nombreuses plantes pour lesquelles les informations sur la pollinisation par les insectes au Cameroun restent inconnues. Or, l'entomofaune floricole et l'impact des insectes sur la pollinisation et les rendements d'une plante peuvent varier avec l'espace et le temps [12] ; d'où la nécessité de mener d'autres études pour compléter les données existantes. La présente étude est une contribution à la maîtrise des relations existant entre *P. sativum*, *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp., en vue de leur gestion optimale. Le travail a consisté à déterminer la place de chacun des Apoïdes sous investigation dans l'entomofaune floricole de *P. sativum*, étudier l'activité de butinage de ces deux abeilles au niveau des fleurs, estimer la valeur apicole de cette essence, évaluer l'impact des insectes sur les productions fruitières et grainières du petit pois et mesurer l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale de *A. mellifera* d'une part et celle de *Lasioglossum* sp. d'autre part sur cette plante.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Site d'étude

L'étude s'est effectuée d'avril à juillet 2020 à Ngaoundéré, Département de la Vina, dans la Région de l'Adamaoua au Cameroun. La station d'étude était une aire centrée sur la maison des abeilles de l'Unité d'Apidologie Appliquée de la Faculté des Sciences dont les coordonnées géographiques sont les suivantes : latitude : 7°25'22,3"N ; longitude : 13°32'22,5"E ; altitude : 1084 m [13].

### 2-2. Matériel biologique

#### 2-2-1. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué des graines de *P. sativum* achetées à Ngaoundéré dans une boutique de vente des semences agricoles.

#### 2-2-2. Matériel animal

A l'exception des abeilles *A. mellifera*, le matériel animal était constitué des espèces insectes naturellement présentes dans l'environnement du site d'étude. Les abeilles *A. mellifera* du site d'investigation provenaient de 30 colonies logées dans les ruches et ruchettes kényanes expérimentales du Rucher-école de l'Unité d'Apidologie Appliquée, trois colonies de ruches traditionnelles, deux essaims accrochés sur les branches d'arbres et d'autres colonies non inventoriées des environs du site expérimental, puisque le rayon d'action des butineuses peut dépasser 12 km autour de leur ruche [13].

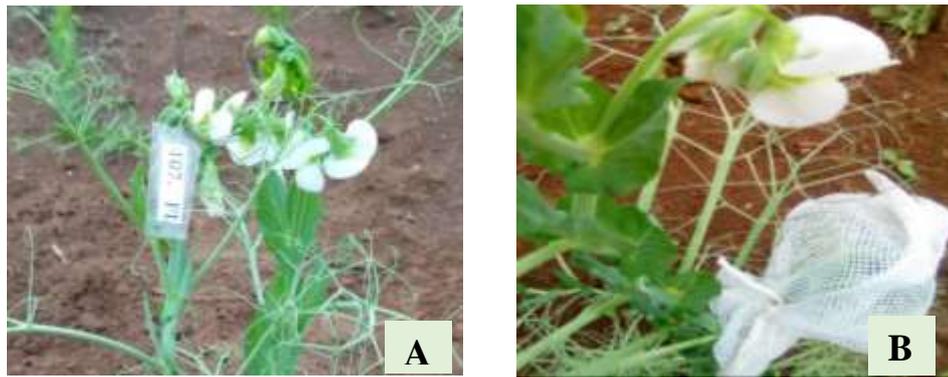
### 2-3. Méthodes

#### 2-3-1. Semis et entretien de la parcelle expérimentale

Le 30 avril 2020, la parcelle expérimentale a été défrichée, labourée et divisée en huit sous-parcelles de 8 m de longueur et 4,5 m de largeur chacune, séparées les unes des autres par des allées de 1 m. Le 22 mai 2020, le semis a été fait en ligne à raison de deux graines par poquet, six lignes par sous-parcelle et 16 poquets par ligne. L'espacement était de 50 cm entre les poquets et 75 cm entre les lignes. De la levée survenue le 1<sup>er</sup> juin 2020 à l'apparition des premiers boutons floraux survenu le 06 juillet 2020, le sarclage a été régulièrement effectué à la houe, toutes les deux semaines. Du début de l'épanouissement des fleurs à la maturation des gousses, le désherbage se faisait à la main [14].

#### 2-3-2. Détermination du système de reproduction de *Pisum sativum*

240 fleurs ont été étiquetées sur 120 pieds de *P. sativum* et deux traitements constitués : traitement 1 fait de 120 fleurs en libre pollinisation (**Photo 1A**) sur lesquelles aucune capture d'insectes n'a été faite ; traitement 2 fait de 120 fleurs protégées des visites d'insectes à l'aide des sachets en toile gaze (**Photo 1B**). A la récolte, le nombre de gousses formées dans les traitements 1 et 2 a été compté.



**Photo 1** : Portions d'un pied de *Pisum sativum* montrant un bouton floral étiqueté et laissé en libre pollinisation (A) et un bouton floral étiqueté et protégé des visites d'insectes à l'aide d'un sachet en toile gaze (B)

Pour chaque traitement, l'indice de fructification (*Ifr*) a été calculé à l'aide de la **Formule 1** :

$$Ifr = \frac{b}{a} \quad (1)$$

*b* et *a* étant respectivement le nombre de gousses formées et le nombre de fleurs initialement portées [15].

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 2 et 3** ci-après [16] :

$$TC = \frac{Ifr_1 - Ifr_2}{Ifr_1} \times 100 \quad (2)$$

*Ifr<sub>1</sub>* et *Ifr<sub>2</sub>* étant respectivement les indices de fructification dans les traitements 1 et 2 ;

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

### **2-3-3. Détermination de la place de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. dans l'entomofaune floricole de *Pisum sativum***

Les observations ont été effectuées tous les jours sur les fleurs du traitement 1, du 9 au 14 juillet 2020, suivant six tranches horaires journalières : 6 - 7 h, 8 - 9 h, 10 - 11 h, 12 - 13 h, 14 - 15 h et 16 - 17 h. Pour chaque tranche horaire, nous passons une fois sur chacune des fleurs du traitement 1. A chaque passage, les différents insectes rencontrés sur les fleurs épanouies étaient identifiés par un code puis comptés. Les insectes n'ayant pas été marqués, les résultats cumulés ont été exprimés par le nombre de visites [12]. Les données sur la fréquence des visites des différents insectes anthophiles recensés ont permis de déterminer la place de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. dans l'entomofaune floricole de *P. sativum* [12]. Pour chaque année d'observation, la fréquence des visites d'un insecte *i* (*Fi*) sur les fleurs de *P. sativum* a été calculée (**Formule 4**) [15] :

$$Fi = \frac{Vi}{Vt} \times 100 \quad (4)$$

*Vi* et *Vt* étant respectivement le nombre de visites de l'insecte *i* sur les fleurs du traitement aux fleurs libres et le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs.

**2-3-4. Etude de l'activité de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs de *Pisum sativum***

**2-3-4-1. Aliments récoltés**

Il s'agissait de noter si sur une fleur, *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. récoltent le pollen, le nectar ou ces deux aliments à la fois. Une abeille qui plonge sa trompe au fond de la corolle d'une fleur est une récolteuse de nectar ; par contre, si l'abeille gratte les anthères à l'aide de ses mandibules et de ses pattes, il s'agit d'une récolteuse de pollen [12]. Le pollen récolté peut être observé sur les organes de transport, notamment dans les corbeilles des pattes postérieures chez *A. mellifera* ou les poils collecteurs chez *Lasioglossum* [17]. Les produits floraux récoltés ont été systématiquement notés pendant l'enregistrement de la durée des visites par fleur, à l'aide d'un signe distinctif sur le chiffre correspondant [12].

**2-3-4-2. Abondance des butineurs**

Les abondances des butineurs de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. (plus grands nombres d'individus 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. Les abondances par fleur ont été enregistrées à la suite des comptages directs. Pour l'abondance par 1000 fleurs ( $A_{1000}$ ), le nombre de butineurs était compté sur un nombre connu de fleurs épanouies et l'abondance par 1000 fleurs a été calculée (**Formule 5**) [12] :

$$A_{1000} = \frac{A_x}{F_x} \times 1000 \quad (5)$$

$F_x$  et  $A_x$  étant respectivement le nombre de fleurs épanouies et le nombre de butineurs effectivement comptés sur ces fleurs à l'instant  $x$ .

**2-3-4-3. Durées des visites par fleur**

La durée des visites est le temps que met un insecte pour prélever un produit (pollen et / ou nectar) sur une fleur [18]. Les durées de visites par fleur pour la récolte de pollen et celles pour le prélèvement du nectar ont été enregistrées séparément à l'aide d'un chronomètre, pendant les mêmes tranches horaires journalières que celles au cours desquelles ont été mesurées les abondances [12].

**2-3-4-4. Ethologie de butinage**

Le comportement de *A. mellifera* et celui de *Lasioglossum* sp. lors du prélèvement du pollen ou du nectar a été noté par des observations rigoureuses des butineurs au niveau des fleurs [15]. La vitesse de butinage ( $Vb$ ) qui correspond au nombre de fleurs visitées par minute a été calculée selon la **Formule 6** [19] :

$$Vb = \frac{F_i}{d_i} \times 60 \quad (6)$$

$d_i$  et  $F_i$  étant respectivement la durée donnée par le chronomètre (en secondes) et le nombre de fleurs correspondant à  $d_i$ .

### **2-3-4-5. Ecologie de butinage**

L'influence de la faune sur le comportement de butinage de *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. a été systématiquement enregistrée lors du chronométrage de la durée des visites par fleur. Il s'agit de marquer par un signe distinctif en exposant, chaque visite interrompue, en précisant l'animal qui est à l'origine de cette perturbation [12]. La flore avoisinante a été appréciée par des observations directes. Il s'agissait de noter, au cours d'un voyage de butinage, le nombre de fois qu'un insecte est passé d'une fleur de *P. sativum* aux fleurs d'une autre espèce végétale et vice versa [12]. La température et l'hygrométrie de la station d'étude ont été enregistrées toutes les 30 minutes, durant toute la période d'étude, de 6 à 18 h à l'aide d'un thermo-hygromètre portable (tecno Line WS 9119) installé à l'ombre [12].

### **2-3-5. Estimation de la valeur apicole de *Pisum sativum***

La valeur apicole de *P. sativum* a été évaluée à l'aide des données sur son intensité de floraison ainsi que sur l'attractivité des ouvrières de *A. mellifera* vis-à-vis de son pollen et de son nectar [20, 21].

### **2-3-6. Evaluation de l'impact de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. sur la pollinisation de *Pisum sativum***

Ce paramètre a été enregistré lors de l'étude de la durée des visites par fleur. Il s'agissait de noter, pendant la récolte du nectar ou du pollen, le nombre de fois où le corps des butineurs rentre en contact avec le stigmate de la fleur visitée [12 - 15]. Ceci permet de mettre en évidence les possibilités d'intervention de *A. mellifera* ou de *Lasioglossum* sp. dans l'autopollinisation et la pollinisation croisée [12].

### **2-3-7. Evaluation de l'impact des insectes floricoles dont *Apis mellifera* ou *Lasioglossum* sp. sur les rendements de *Pisum sativum***

Parallèlement à la mise en place des traitements 1 et 2, 300 fleurs au stade bouton ont été étiquetées et trois autres traitements constitués. Le traitement 3 était formé de 100 fleurs étiquetées au stade bouton et protégées des insectes, destinées à recevoir chacune une visite de *A. mellifera*; le traitement 4 était fait de 100 fleurs étiquetées au stade bouton et protégées des insectes, destinées à recevoir chacune une visite de *Lasioglossum* sp. Dans chacun des traitements 3 et 4, dès l'épanouissement de chaque fleur, la toile gaze était délicatement enlevée, pendant la période journalière d'activité optimale des butineurs (entre 8 h et 9 h chez *A. mellifera*; 10 h et 11 h chez *Lasioglossum* sp.) et la fleur laissée en libre pollinisation observée pendant une à 10 minutes, pour noter une visite éventuelle par *A. mellifera* ou *Lasioglossum* sp. Après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée. Les fleurs qui n'avaient pas été visitées étaient comptées parmi celles du traitement 5 [21]. Le 5<sup>ème</sup> traitement était constitué de 100 fleurs étiquetées au stade bouton et protégées des insectes, puis découvertes et à 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 10 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 [22]. A la maturité des gousses, la récolte a été faite et leur nombre compté dans les traitements 3 et 5, puis 4 et 5. L'évaluation de l'impact des insectes floricoles dont *A. mellifera* ou *Lasioglossum* sp. 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 gousses et pourcentage de graines normales) des traitements 1, 2, 5. Le taux de fructification (*Fri*) dû à l'influence des insectes floricoles a été calculé à l'aide de la **Formule 7**[22] :

$$Fri = \frac{F_1 - F_5}{F_1 + F_2 + F_5} \times 100 \quad (7)$$

$F_1$ ,  $F_2$  et  $F_5$  sont les taux de fructification dans les traitements 1 (fleurs en libre pollinisation), 2 (fleurs protégées des insectes) et 5 (fleurs protégées, puis découvertes et à nouveau protégées, sans visite d'insecte ou de tout autre organisme).

Pour un traitement, le taux de fructification est calculé à l'aide de la **Formule 8** [15]

$$Ifr = \frac{b}{a} \times 100 \quad (8)$$

$b$  et  $a$  sont respectivement le nombre de gousses formées et le nombre de fleurs initialement portées.

Le pourcentage du nombre de graines par gousse et le pourcentage de graines normales attribuables aux insectes floricoles ont été calculés de la même manière que pour le taux de fructification [22].

### **2-3-8. Estimation de l'efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* ou *Lasioglossum* sp. sur *Pisum sativum***

Les contributions de *A. mellifera* ou de *Lasioglossum* sp. dans le taux de fructification, le nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage de graines normales ont été déterminées en utilisant les données des traitements 3 ou 4 et 5. Les taux de fructification dus à *A. mellifera* ( $Fra$ ) ou *Lasioglossum* sp. ( $Frl$ ) ont été calculés à l'aide de la **Formule 9** [22] :

$$Fra = \frac{F_3 - F_5}{F_3} \times 100 \quad \text{ou} \quad Frl = \frac{F_4 - F_5}{F_4} \times 100 \quad (9)$$

$F_3$  ou  $F_4$  sont les taux de fructification dans le traitement aux fleurs visitées exclusivement par *A. mellifera* ou *Lasioglossum* sp.

Le nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage de graines normales attribuables à *A. mellifera* ou *Lasioglossum* sp. ont été calculés de la même manière que pour le taux de fructification.

### **2-3-9. Analyses 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 ( $\chi^2$ ) pour la comparaison des pourcentages ; (d) Coefficient de corrélation de Pearson ( $r$ ) pour l'étude des relations linéaires entre deux variables. Les logiciels Excel 2010 et R 2.13.0 ont été en outre utilisés.

## **3. Résultats et discussion**

### **3-1. Mode de reproduction de *Pisum sativum***

L'indice de fructification a été de 0,97 dans le traitement X et de 0,79 dans le traitement Y. Ainsi,  $TC = 18,56 \%$  et  $TA = 81,44 \%$ . Par conséquent, *P. sativum* a un mode de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'autogamie. Cette forte prédominance de l'autogamie pourrait

se justifier par la morphologie de la fleur de cette plante. En effet, les fleurs de cette *P. sativum* sont généralement auto-compatibles et autogames [8, 9]. Toutefois, *P. sativum* peut cependant bénéficier de la visite des pollinisateurs comme cela a été prouvé pour d'autres plantes autogames [23 - 24].

### 3-2. Places de *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. dans l'entomofaune floricole de *Pisum sativum*

Le **Tableau 1** présente la liste des insectes recensés sur les fleurs de *P. sativum* avec leurs pourcentages de visites. Il en ressort que parmi les ordres d'insectes recensés, l'ordre des Hyménoptères est le plus représenté avec 61,27 % des visites. Ce résultat corrobore ceux obtenus en Grande-Bretagne [8], en Russie [9] et en Algérie [10]. La forte abondance des Hyménoptères sur les fleurs de *P. sativum* serait due au fait que cet ordre d'insectes regroupe plusieurs espèces aptes à exploiter les fleurs spécialisées [23]. Sur 142 visites de 9 espèces d'insectes dénombrées sur les fleurs de *P. sativum*, *Lasioglossum* sp. occupait la première place avec 26,76 % de visites, suivi de *A. mellifera* avec 23,94 % de visites. Ces observations sont en désaccord avec les données indiquées au Pakistan [11] où *Episyrphus balteatus* (Diptera : Syrphidae) était l'insecte le plus abondant avec 35,22 % de visites. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que la diversité spécifique des insectes floricoles peut varier d'une région à une autre [25].

**Tableau 1** : Nombre, pourcentage de visites des insectes recensés et leurs activités sur les fleurs de *Pisum sativum*

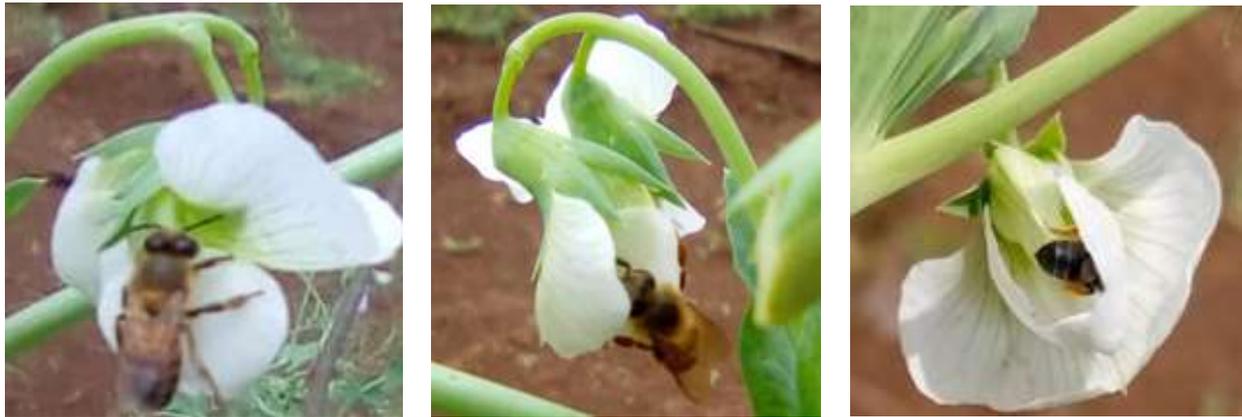
Insectes				Visites	
Ordre	Famille	Genre et Espèce	Types d'activité	n	p (%)
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	ne ; po	34	23,94
	Halictidae	<i>Lasioglossum</i> sp.	ne ; po	38	26,76
	Eumenidae	<i>Synagris</i> sp.	ne	9	6,34
	Formicidae	<i>Polyrachis</i> sp.	po	6	4,23
Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora</i> sp.	ne	8	5,63
	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga</i> sp.	ne	10	7,04
Lepidoptera	Pieridae	<i>Eurema</i> sp.	ne	13	9,15
	Hesperiidae	(1 sp.)	ne	21	14,79
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Cheilomenes</i> sp.	ma	3	2,11
<b>Total</b>		<b>9 espèces</b>		<b>142</b>	<b>100</b>

n : nombre de visites sur 120 fleurs étiquetées en 6 jours ; p : pourcentage des visites =  $(n/142 * 100)$  ; sp. : espèce indéterminée ; ne : prélèvement du nectar ; po : récolte du pollen ; ma : consommateur des fleurs.

### 3-3. Activités de *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs de *Pisum sativum*

#### 3-3-1. Aliments récoltés

Au niveau des fleurs de *P. sativum*, les butineuses de *A. mellifera* prélevaient intensément le nectar et récoltaient faiblement le pollen. Sur 22 visites de cette abeille, 18 (81,82 %) étaient consacrées au prélèvement du nectar (**Photo 2A**) et 4 (18,19 %) à la récolte de pollen (**Photo 2B**). La faible récolte de pollen pourrait s'expliquer par le fait que dans une colonie d'abeilles domestiques, le nombre d'ouvrières affectées au butinage du pollen est en général nettement inférieur à celui des ouvrières qui sont chargées de récolter le nectar [26]. En effet, 10 % des ouvrières de *A. mellifera* ne butinent que du pollen, 25 % du nectar et du pollen et 65 % du nectar [26]. Durant toute la période de floraison de *P. sativum*, sur 25 visites de *Lasioglossum* sp., 21 (84 %) étaient consacrées à la récolte du pollen et 4 (16 %) au prélèvement du nectar (**Photo 2C**). Globalement, ces résultats sont en accord avec ceux obtenus à Maroua [27] sur *Vigna unguiculata*, une Fabacée largement cultivée et consommée au Cameroun.



A : *Apis mellifera*

B : *Apis mellifera*

C : *Lasioglossum* sp.

**Photo 2 :** *Apis mellifera* (A et B) et *Lasioglossum* sp. (C) prélevant le nectar et / ou le pollen au niveau des fleurs de *Pisum sativum*

**3-3-2. Rythme des visites en fonction des tranches horaires journalières d'observation**

Au niveau des fleurs de *P. sativum*, l'activité des deux Hyménoptères commençait vers 8 h pour se terminer aux environs de 15 h. Les pics des visites étaient situés entre 8 h et 9 h chez *A. mellifera*, puis entre 10 h et 11 h chez *Lasioglossum* sp. (**Tableau 2**). Le décalage des pics journaliers d'activité de ces deux Hyménoptères leur permettrait de limiter la concurrence interspécifique pour la récolte du pollen et / ou du nectar de cette Fabacée. Dans la tranche horaire 6 h et 7 h, aucune visite de ces deux abeilles n'a été enregistrée. Cette période de la journée correspond au moment où les fleurs de *P. sativum* ne sont pas encore bien épanouies. La diminution et / ou l'absence d'activité de ces deux abeilles dans la deuxième moitié de la journée serait due à la rareté du butin. En effet, lorsque le nectar ou le pollen ne sont plus facilement exploitables ou diminuent en quantité et / ou en qualité, les ouvrières de *A. mellifera* 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].

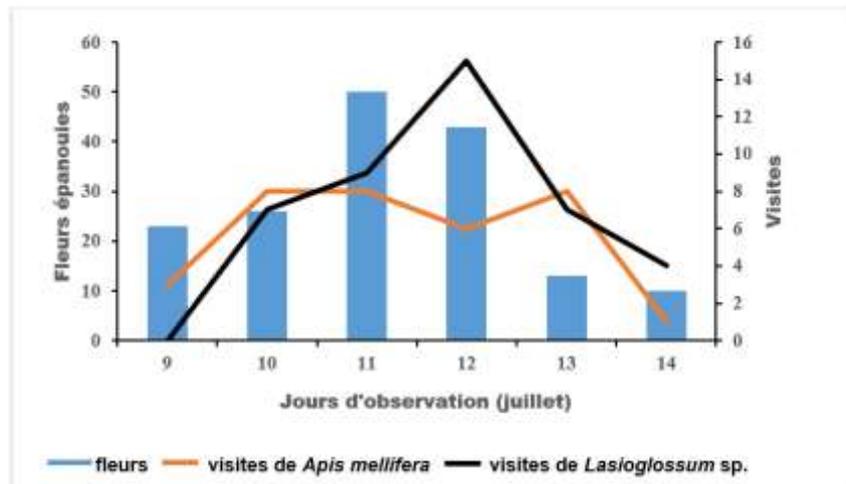
**Tableau 2 :** *Visites de Apis mellifera et de Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *Pisum sativum* selon les tranches horaires journalières d'observation.

Insectes	Périodes journalières (heures)										NTV		
	6 - 7		8 - 9		10 - 11		12 - 13		14 - 15			16 - 17	
	n	p(%)	n	p(%)	n	p(%)	n	p(%)	n	p(%)		n	p(%)
<i>Apis mellifera</i>	-	-	18	52,94 <sup>Ω</sup>	11	32,35	4	11,76	1	-	-	34	
<i>Lasioglossum</i> sp.	-	-	16	42,11	18	47,37 <sup>Ω</sup>	4	10,53	-	-	-	38	
Total	-	-	34	47,22	29	40,28	8	11,11	1	1,39	-	72	

*n* : nombre de visites ; *p* : pourcentage de visites de l'insecte =  $(n / A) * 100$  ; NTV : nombre total de visites ; <sup>Ω</sup> : pic journalier des visites ; - : pas de visite.

**3-3-3. Rythmes des visites de Apis mellifera et Lasioglossum sp. selon le rythme d'épanouissement des fleurs de *Pisum sativum***

La **Figure 1** montre les variations du nombre de fleurs épanouies sur *P. sativum* et du nombre de visites de *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. selon les jours d'observation. Il en ressort que dans l'ensemble, le nombre de visites d'insectes était proportionnel au nombre de fleurs épanouies. Des observations similaires indiquent que le nombre de fleurs épanouies joue un rôle important dans l'orientation des insectes vers les fleurs [29].



**Figure 1 :** Variations du nombre de fleurs épanouies sur *Pisum sativum* et des nombres de visites de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. sur ces organes selon les jours d'observation

### 3-3-4. Abondance des butineurs

Le plus grand nombre d'individus en activité par fleur de *P. sativum* était de 1 chez chacune des deux espèces d'abeilles sous investigation. Le **Tableau 3** présente les données relatives à l'abondance de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. par 1000 fleurs. Il en ressort que les abondances par 1000 fleurs variaient de 97,29 ( $n = 13$  ;  $s = 47,95$ ) chez *Lasioglossum* sp. à 100,03 ( $n = 27$  ;  $s = 40,33$ ) chez *A. mellifera*. Les fortes abondances de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. par 1000 fleurs de *P. sativum* observées mettent en évidence la bonne attractivité du pollen et / ou du nectar de cette Fabacée vis-à-vis de ces deux abeilles.

**Tableau 3 :** Abondances de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *Pisum sativum*.

Insectes	Abondance par 1000 fleurs					Comparaison des deux moyennes		
	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>	<i>t</i>	<i>ddl</i>	<i>P</i>
<i>Apis mellifera</i>	27	100,03	40,33	45	167	0,17	38	> 0,05 <sup>NS</sup>
<i>Lasioglossum</i> sp.	13	97,29	47,95	31	200			

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

### 3-3-5. Durée des visites par fleur

Le **Tableau 4** présente les données concernant la durée des visites de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. par fleur de *P. sativum*.

**Tableau 4 :** Durées des visites de *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. par fleur de *Pisum sativum*.

Insectes	AR	Durée des visites par fleur (sec)					Comparaison des moyennes		
		<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>	<i>t</i>	<i>ddl</i>	<i>P</i>
<i>Apis mellifera</i>	Ne	18	3,33	1,28	2	6	0,11	20	> 0,05 <sup>NS</sup>
	Po	4	4,25	2,22	2	7			
<i>Lasioglossum</i> sp.	Ne	4	13,50	3,11	10	17	6,44	23	< 0,001 <sup>THS</sup>
	Po	20	65,70	21,92	4	109			

AR : aliments récoltés ; *n* : effectif ; *m* : moyenne ; *s* : écart-type ; *mini* : minimum ; *maxi* : maximum.

Il ressort du **Tableau 4** que, la durée moyenne d'une visite de *A. mellifera* par fleur de *P. sativum* pour le prélèvement du nectar était de 3,33 sec ( $n = 18$  ;  $s = 1,28$ ) et 4,25 sec ( $n = 4$  ;  $s = 2,22$ ) pour la récolte du pollen. La différence entre ces deux moyennes n'est pas significative ( $t = 0,11$  ;  $ddl = 20$  ;  $P > 0,05$ ). La durée moyenne d'une visite de *Lasioglossum* sp. par fleur de *P. sativum* dédiée au prélèvement du nectar était de 13,50 sec ( $n = 4$  ;  $s = 3,11$ ) et celle consacrée à la récolte du pollen était de 65,70 sec ( $n = 20$  ;  $s = 21,92$ ) pour la récolte du pollen. La différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ( $t = 6,44$  ;  $ddl = 23$  ;  $P < 0,001$ ). *Lasioglossum* sp. passe moins de temps pour la récolte du nectar que celui dédié au prélèvement du pollen au niveau des fleurs de *P. sativum*. Cette différence se justifierait par l'accessibilité du pollen pour cette abeille du fait que les anthères sont cachées dans la carène de la fleur de *P. sativum*. En effet, les butineurs de *Lasioglossum* sp. doivent d'abord rabaisser la carène afin de gratter les anthères de *P. sativum* à l'aide de leurs pattes mésothoraciques. Des observations similaires avaient déjà été signalées dans le même site pour *Amegilla* sp. sur les fleurs de *Phaseolus coccineus* [30].

### 3-3-6. Ethologie de butinage

Durant la période d'observation, le comportement de *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs épanouies du petit pois variait avec l'espèce d'abeille. Chez *A. mellifera*, l'ouvrière entrait en contact avec la fleur par le dessus. Elle se posait sur les pétales. Par la suite, elle engageait sa tête et déployait sa trompe dans la corolle pour prélever le nectar ou recourbait sa tête en direction des étamines pour récolter le pollen à l'aide des mandibules et des pattes prothoraciques. L'individu butineur de *Lasioglossum* sp. entrait en contact avec la fleur toujours par le dessus comme *A. mellifera*. Il s'accrochait sur l'étendard et le thorax et l'abdomen étaient en contact avec le stigmate et les anthères. Ensuite, il grattait énergiquement les anthères à l'aide de ses pattes pour récolter le pollen. Les ouvrières de *A. mellifera* et les butineurs de *Lasioglossum* sp. rassemblaient le pollen et l'accumulaient pour stocker respectivement dans les corbeilles et les poils collecteurs de leurs pattes postérieures. Au niveau des pieds de *P. sativum*, la vitesse moyenne de butinage était de 1,47 fleurs / min ( $n = 22$  ;  $s = 0,66$ ) chez *A. mellifera* et 6,30 fleurs / min ( $n = 25$  ;  $s = 4,29$ ) chez *Lasioglossum* sp. La différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ( $t = 5,61$  ;  $ddl = 45$  ;  $P < 0,001$ ). Les variations observées au niveau des vitesses de butinage tiennent à l'accessibilité des produits floraux récoltés, 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 chaque insecte (**Tableau 5**) [30].

### 3-3-7. Ecologie de butinage

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

Au cours du prélèvement du butin au niveau des fleurs de *P. sativum*, chacune des abeilles *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. étaient perturbées dans leur activité de butinage par d'autres insectes concurrents pour la recherche du nectar et / ou du pollen. Le **Tableau 5** donne les données relatives à la fréquence des interruptions des visites de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. ainsi que les auteurs de ces interruptions. Sur 22 visites de *A. mellifera* étudiées, 2 (9,10 %) étaient interrompues par *Lasioglossum* sp. et 1 (4,54 %) par *Synagris* sp. Sur 25 visites de *Lasioglossum* sp. enregistrées, 2 (8 %) étaient interrompues par une espèce de la famille des Hesperiidés. Ces interruptions avaient pour conséquence la réduction de la durée de certaines visites, obligeant la victime à visiter un plus grand nombre de fleurs lors d'un voyage de butinage pour obtenir sa charge optimale de nectar et / ou du pollen [13, 31 - 32]. Ceci justifierait en partie la différence très hautement significative entre la vitesse moyenne de butinage de *A. mellifera* et celle de *Lasioglossum* sp. ( $t = 5,61$  ;  $ddl = 45$  ;  $P < 0,001$ ).

**Tableau 5 : Fréquences des interruptions des visites de *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de *Pisum sativum***

Insectes	NTVE	Visites interrompues		Auteurs des interruptions
		nombre	P(%)	
<i>Apis mellifera</i>	22	3	13,64	<i>Lasioglossum</i> sp. (9,10 %), <i>Synagris</i> sp. (4,54 %)
<i>Lasioglossum</i> sp.	25	2	8,00	Hesperiidae
Total	47	5	10,64	

NTVE : nombre total de visites étudiées.

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

Au cours de la période de floraison de *P. sativum*, d'autres espèces végétales situées à proximité du champ expérimental étaient visitées par *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp., pour leur nectar et / ou leur pollen. Le **Tableau 6** présente quelques-unes de ces plantes et l'intensité de récolte de chacun des produits floraux.

**Tableau 6 : Aliments récoltés par *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. sur les fleurs de quelques espèces végétales avoisinant *Pisum sativum* en fleurs**

Espèces végétales	<i>Apis mellifera</i>		<i>Lasioglossum</i> sp.	
	nectar	pollen	nectar	pollen
<i>Abelmoschus esculentus</i>	++	+++	+++	+
<i>Bidens pilosa</i>	+++	+++	+	++
<i>Commelina</i> sp.	+++	-	-	-
<i>Cosmos sulphureus</i>	+++	+++	++	++
<i>Helianthus annuus</i>	+++	++	+++	+
<i>Tithonia diversifolia</i>	+++	++	+	+
<i>Zea mays</i>		+++		++

+ : très faible récolte ; ++ : faible récolte ; +++ : forte récolte ; - : pas de récolte.

Les **Photo 3 et 4** montrent *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. en activité de butinage sur les fleurs de quelques espèces végétales présentes dans la station d'étude.



*Tithonia diversifolia*



*Cosmos sulphureus*



*Commelina* sp.

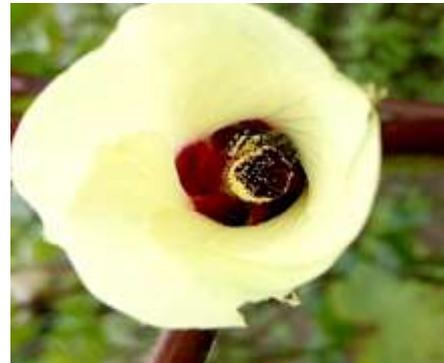


*Bidens pilosa*

**Photo 3 :** *Apis mellifera* récoltant le nectar au niveau des fleurs de quatre autres espèces végétales pendant la période de floraison de *Pisum sativum*



*Helianthus annuus*



*Abelmoschus esculentus*

**Photo 4 :** *Lasioglossum* sp. récoltant le nectar au niveau des fleurs de deux autres espèces végétales pendant la période de floraison de *Pisum sativum*

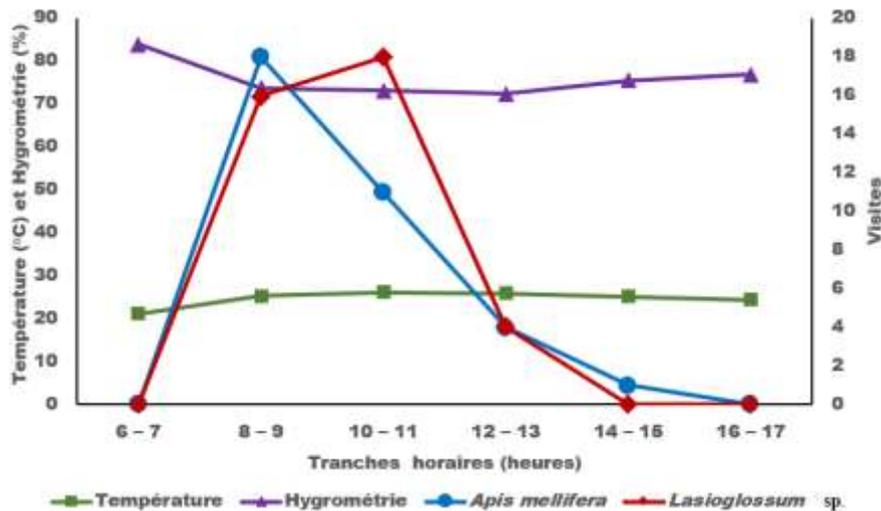
Tout au long de la période d'observation, sur 34 visites de *A. mellifera*, nous n'avons noté aucun passage des fleurs de *P. sativum* vers celles de *Commelina* sp. Un (soit 2,94 %) passage des fleurs de *Commelina* sp. vers celles de *P. sativum* a été enregistré chez *A. mellifera*. Sur 38 visites de *Lasioglossum* sp. aucun passage de *Lasioglossum* sp. des fleurs de *P. sativum* à celles d'autres espèces végétales avoisinantes et vice-versa n'a été noté. Chacun des Hyménoptères était ainsi fidèle aux fleurs de la Fabacée lors des voyages de butinage. Ce phénomène dénommé constance florale [33, 34] est bien connu chez l'abeille mellifère et s'explique par le fait que l'ouvrière de *A. mellifera* est capable de mémoriser et de reconnaître la forme, la couleur et l'odeur des fleurs visitées lors des voyages de butinage antérieurs [35]. C'est ainsi qu'un insecte ne butine généralement qu'une seule espèce de plante par voyage de butinage [36]. Les investigations faites aux Etats-Unis d'Amérique [35] ont révélé que certaines butineuses de *A. mellifera* étaient constantes sur les fleurs d'un même pied d'avocatier, pendant au moins 24 heures. La fidélité de *A. mellifera* a été également mentionnée au Cameroun [31, 32] sur les fleurs d'autres espèces végétales.

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

Les facteurs climatiques étaient plus ou moins fluctuants sur l'activité de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. pendant la période d'observation de *P. sativum*. La température et l'humidité n'ont pas significativement influencé l'activité des butineuses de *A. mellifera* et celle des butineurs de *Lasioglossum* sp. au niveau des fleurs. La **Figure 2** montre les variations du nombre de visites de *A. mellifera* et 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 *P. sativum*. Il s'est révélé une corrélation non significative entre :

- la température et le nombre de visites de *A. mellifera* ( $r = 0,33$  ;  $ddl = 4$  ;  $P > 0,05$ ) et de *Lasioglossum* sp. ( $r = 0,52$  ;  $ddl = 4$  ;  $P > 0,05$ ) ;
- l'hygrométrie et le nombre de visites de *A. mellifera* ( $r = -0,43$  ;  $ddl = 4$  ;  $P > 0,05$ ) et de *Lasioglossum* sp. ( $r = -0,56$  ;  $ddl = 4$  ;  $P > 0,05$ ).



**Figure 2 :** Rythme des visites de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. en fonction de la température ambiante, de l'hygrométrie de l'air et des tranches horaires journalières d'observation

Les faibles températures accompagnées des taux d'humidité élevés dans la matinée, entre 6 h et 7 h, puis dans l'après-midi, entre 15 h et 17 h pourraient justifier la diminution ou l'absence des visites de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. sur les fleurs épanouies de *P. sativum* pendant ces périodes journalières (**Figure 2**). Ces observations se rapprochent de celles faites en France [34] où les butineuses de *A. mellifera* préfèrent les journées ensoleillées et chaudes et limitent leur activité durant les journées de pluies et de vents forts. En effet, l'influence négative de la pluie sur l'activité des insectes en général est connue depuis longtemps [37].

### 3-4. Valeur apicole de *Pisum sativum*

Pendant la période de floraison de *P. sativum*, nous avons noté une forte activité de prélèvement de nectar et une faible activité de récolte du pollen et une fidélité des butineuses aux fleurs de cette Fabacée par *A. mellifera* lors de ses voyages de butinage. Toutes ces données permettent de mettre en évidence la bonne attractivité du nectar de cette plante vis-à-vis des ouvrières de *A. mellifera* et permettent aussi de classer *P. sativum* dans la catégorie des plantes apicoles fortement nectarifères et faiblement pollinifères. En conséquence, le petit pois peut être cultivé pour accroître la production du miel et maintenir les colonies d'abeilles mellifères pendant la saison des pluies. Plusieurs autres espèces végétales sont connues au Cameroun comme plantes apicoles fortement nectarifères [32] et faiblement pollinifères [24].

### 3-5. Impact de *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. sur la pollinisation de *Pisum sativum*

Lors de la récolte du pollen et/ou du nectar au niveau des fleurs de *P. sativum*, les ouvrières de *A. mellifera* et les individus de *Lasioglossum* sp. se trouvaient fréquemment en contact avec les anthères et le stigmate. Ils pouvaient donc intervenir directement sur l'autopollinisation, en mettant le pollen d'une fleur sur le

stigmate de celle-ci [38]. Le **Tableau 7** présente le nombre et la fréquence des contacts de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. avec les anthères et le stigmate des fleurs de *P. sativum*. Il apparaît que toutes les visites de *Lasioglossum* sp. et seulement quatre visites de *A. mellifera* (**Tableau 7**) étaient accompagnées des contacts avec les anthères et le stigmate. Chacun de ces insectes transportaient le pollen de fleur en fleur sur une même plante et sur des plantes différentes, favorisant ainsi la pollinisation croisée.

**Tableau 7 : Nombres et fréquences des contacts de *Apis mellifera* et de *Lasioglossum* sp. avec les anthères et le stigmate lors des visites florales sur *Pisum sativum***

Insectes	NTVE	Visites accompagnées de contacts avec les anthères		Visites avec contacts stigmatiques	
		nombre	pourcentage (%)	nombre	pourcentage (%)
<i>Apis mellifera</i>	22	4	18,19	4	18,19
<i>Lasioglossum</i> sp.	25	25	100	25	100

NTVE : nombre total de visites étudiées.

### 3-6. Impact des insectes floricoles sur les rendements de *Pisum sativum*

Le **Tableau 8** donne le taux de fructification, le nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage de graines normales dans les différents traitements de *P. sativum* et la **Figure 3** montre les graines normales et les graines anormales de *P. sativum*.

**Tableau 8 : Taux de fructification, nombre de graines par gousse et pourcentage des graines normales selon les différents traitements de *Pisum sativum***

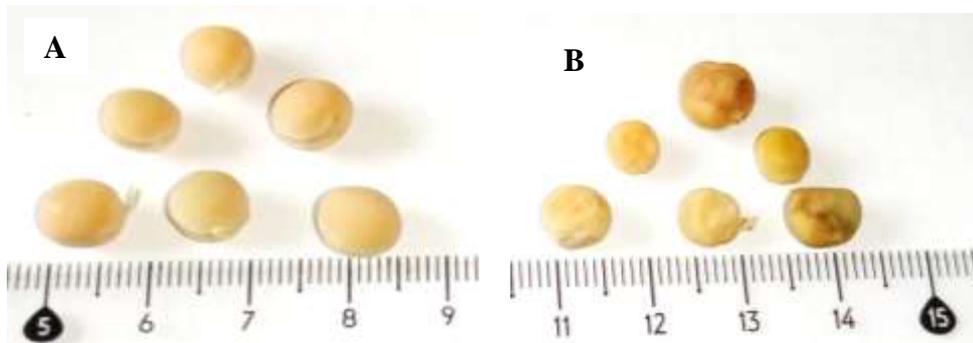
Traitements	NFE	NGF	TF (%)	Graines/gousse			NTG	NGN	% GN
				<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>			
1 (FNP)	111	106	95,50	104	2,87	1,11	298	295	98,99
2 (FP)	80	63	78,75	59	2,29	1,02	135	120	88,89
3 (FPA)	54	52	96,30	48	2,96	1,38	142	136	95,77
4 (FPL)	52	50	96,15	40	2,98	0,62	119	116	97,48
5 (FPN)	45	42	93,33	38	2,47	1,13	94	87	92,55

FNP : fleurs non protégées ; FP : fleurs protégées ; FPA : fleurs protégées, puis découvertes et visitées exclusivement par *Apis mellifera* avant d'être de nouveau protégées ; FPN : fleurs protégées, puis découvertes et à nouveau protégées, sans visites d'insecte ; FPL : fleurs protégées, puis découvertes et visitées exclusivement par *Lasioglossum* sp. avant d'être de nouveau protégées ; NFE : nombre de fleurs étudiées ; NGF : nombre de gousses formées ; TF : taux de fructification ; NTG : nombre total de graines ; NGN : nombre de graines normales ; % GN : pourcentage des graines normales.

Il apparaît que :

Les taux de fructification ont été de 95,50 %, 78,75 %, 96,30 %, 96,15 % et 93,33 %, dans les traitements 1 à 5 (**Tableau 8**) respectivement. Les différences entre ces pourcentages sont globalement très hautement significatives ( $\chi^2 = 22,29$  ;  $ddl = 4$  ;  $P < 0,001$ ). Les comparaisons deux à deux de ces pourcentages montrent que la différence est très hautement significative entre les traitements 1 et 2 ( $\chi^2 = 12,79$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ) et non significative entre les traitements 3 et 4 ( $\chi^2 = 0,45$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ), 4 et 5 ( $\chi^2 = 0,39$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ), 2 et 4 ( $\chi^2 = 4,56$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ) ; Les pourcentages du nombre de graines par gousse ont été de 2,87 %, 2,29 %, 2,96 %, 2,98 %, et 2,47 % dans les traitements 1 à 5 (**Tableau 8**)

respectivement. Les différences entre ces valeurs sont globalement très hautement significatives ( $F= 4,37$  ;  $ddl1 = 4$  ;  $ddl2 = 284$  ;  $P < 0,001$ ). Les comparaisons deux à deux de ces moyennes montrent que la différence est significative entre les traitements 1 et 2 ( $t = 3,24$  ;  $ddl = 161$  ;  $P < 0,05$ ), très hautement significative entre 3 et 4 ( $t = 2,04$  ;  $ddl = 84$  ;  $P < 0,001$ ), puis entre 4 et 5 ( $t = 2,03$  ;  $ddl = 76$  ;  $P < 0,001$ ) et non significative entre 2 et 4 ( $\chi^2 = 0,93$  ;  $ddl = 95$  ;  $P > 0,05$ ) ; Les pourcentages des graines normales ont été de 98,99 %, 88,89 %, 95,77 %, 97,48 % et 92,55 %, dans les traitements 1 à 5 (**Tableau 8**) respectivement. Les différences entre ces pourcentages sont globalement très hautement significatives ( $\chi^2 = 26,17$  ;  $ddl = 4$  ;  $P < 0,001$ ). Les comparaisons deux à deux de ces pourcentages montrent que la différence est très hautement significative entre les traitements 1 et 2 ( $\chi^2 = 23,81$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ) et non significative entre les traitements 3 et 4 ( $\chi^2 = 1,13$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ), 4 et 5 ( $\chi^2 = 2,85$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ), 2 et 4 ( $\chi^2 = 0,86$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ).



**Figure 3 :** Graines normales (A) et graines anormales (B) de *Pisum sativum* provenant du champ expérimental à Ngaoundéré au mois de juillet 2020

En somme, les traitements aux fleurs non protégées et ceux dont les fleurs ont reçu une visite de *A. mellifera* et de *Lasioglossum* sp. ont eu dans l'ensemble des taux de fructification, des nombres de graines par gousse et des pourcentages de graines normales de loin plus élevés que ceux aux fleurs protégées des insectes et ceux dont les fleurs ont été protégées, puis découvertes et protégées à nouveau, sans visite d'insecte ou de tout autre organisme. Au moment de la récolte du nectar ou du pollen sur une fleur de *P. sativum*, certaines ouvrières de *A. mellifera* et les individus de *Lasioglossum* sp. étaient en contact avec les anthères et le stigmate. Ils pouvaient de ce fait accroître les possibilités de pollinisation. En effet, au cours de leurs visites, *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. secouent les fleurs, ce qui faciliterait la libération du pollen au niveau des anthères, pour l'occupation optimale du stigmate [24]. En effet, la charge optimale du pollen sur le stigmate serait favorable à la formation des gousses et des graines. Le taux de fructification, le pourcentage de graines par gousse et le pourcentage des graines normales dus aux insectes floricoles ont été de 2,68 %, 14,87 % et 6,76 % respectivement. Les fleurs non protégées et butinées par les insectes floricoles ont eu un taux de fructification, un nombre de graines par gousse et un pourcentage de graines normales plus élevés par rapport aux fleurs protégées des insectes. Ces données mettent en exergue l'apport positif des insectes anthophiles sur les rendements de *P. sativum*. En effet, lors de la récolte du pollen et / ou du nectar les insectes notamment *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp., étaient en contact avec le stigmate et les anthères de *P. sativum*. Ces arthropodes pouvaient de ce fait intervenir directement dans l'autopollinisation et l'allopollinisation de cette Fabaceae [27].

### 3-7. Efficacité pollinisatrice d'une visite florale de *Apis mellifera* et *Lasioglossum* sp. sur *Pisum sativum*

Les contributions de *A. mellifera* dans le taux de fructification, le pourcentage du nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage de graines normales sont de 3,08 %, 16,55 % et 3,36 % respectivement. Les contributions de *Lasioglossum* sp. dans le taux de fructification, le pourcentage du nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage de graines normales sont de 2,93 %, 17,11 % et 5,06 % respectivement. Ces résultats témoignent l'apport positif de *A. mellifera* sur les rendements de *P. sativum*. En effet, la fructification étant principalement tributaire de l'intensité de pollinisation [37], l'augmentation significative des rendements en présence de *A. mellifera* et *Lasioglossum* sp. est la conséquence de l'activité de butinage de ces deux abeilles sur la pollinisation des fleurs du petit pois. Les travaux d'autres chercheurs sur d'autres plantes ont montré que *A. mellifera* intervient positivement dans le rendement en fruit et/ou en graines grâce à son activité pollinisatrice [11, 22 - 34]. Le genre *Lasioglossum* a déjà été mentionné parmi les pollinisateurs de *Arachis hypogaea* à Ngaoundéré [39]; *Oxalis barrelieri* à Yaoundé [40]; *Vicia faba*, *Curcubita pepo*, *Solanum lycopersicum* en Algérie [41].

## 4. Conclusion

À Ngaoundéré, *P. sativum* a un mode de reproduction mixte allogame - autogame, avec prédominance de l'autogamie. Parmi neuf espèces d'insectes qui ont visité les fleurs de cette Fabacée, *Lasioglossum* sp. était majoritaire avec 26,76 % de visites suivi de *A. mellifera* (23,94 %). Ces abeilles récoltaient le nectar et le pollen de *P. sativum*. Les deux Hyménoptères étaient actifs au niveau des fleurs de *P. sativum* de 8 h à 15 h avec les pics de visites situés entre 8 - 9 h chez *A. mellifera* et 10 - 11 h chez *Lasioglossum* sp. La vitesse moyenne de butinage était de 1,47 fleurs / min chez *A. mellifera* et 6,30 fleurs / min chez *Lasioglossum* sp. *Pisum sativum* est une plante apicole fortement nectarifère et faiblement pollinifère. Par le biais de son efficacité pollinisatrice sur *P. sativum*, *A. mellifera* intervient respectivement pour 3,08 %, 16,55 % et 3,36 % dans l'augmentation du taux de fructification, le pourcentage du nombre de graines par gousse et le pourcentage de graines normales. Par son action positive sur la pollinisation des fleurs visitées, *Lasioglossum* sp. a occasionné un accroissement du taux de fructification, du pourcentage du nombre de graines par gousse et du pourcentage de graines normales de *P. sativum* de 2,93 %, 17,11 % et 5,06 % respectivement. Cette Fabacée peut par conséquent être cultivée dans l'environnement des ruchers pour accroître la production du miel et maintenir les colonies de *A. mellifera*. La protection des nids de *Lasioglossum* sp. est recommandée pour améliorer les rendements fruitiers et grainiers de cette plante.

## 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] - PNUD, *Rapport sur le développement humain en Afrique. Vers une sécurité alimentaire durable*. Chartres, Tome 1, New York, (2012) 190 p.
- [3] - FAO, Les légumineuses sont appréciées en raison de leurs bienfaits sur la santé, l'environnement et l'économie, (2016) 3 p.
- [4] - M. YAKOUBI, Biologie, physiologie et mise en évidence de l'activité enzymatique chez quelques isolats d'*Ascochyta pisi* agent de l'antracnose de petit pois. Thèse en Microbiologie option Biodiversité des Microorganismes, Université d'Oran, (2014) 143 p.

- [5] - S. RAHMANI, Effet de l'antracnose du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) sur le rendement et ses composantes en zone semi-aride. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en agronomie, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie, (2015) 93 p.
- [6] - G. ENDRES, R. FORSTER, H. KANDEL, J. PASCHE, M. WUNSCH, J. KNODEL, K. HELLEVANG, *Field pea production*. Revised ed., North Dakota State University, Dakota, (2016) 11 p.
- [7] - L. OUAFI, Etude de la variabilité agro-morphologique de quelques géotypes de pois (*Pisum sativum*). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El-Harrach, (2018) 71 p.
- [8] - J. B. FREE, *Insect pollination of crops*. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, London, (1993) 152 p.
- [9] - V. S. BOGDANOVA and V. A. BERDNIKOV, A study of potential ability for cross-pollination in pea originating from different parts of the world. *Pisum Genetics, Research Papers*, 32 (2000) 16 - 17
- [10] - K. BENACHOUR, Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) sur les plantes cultivées. Thèse de Doctorat en Sciences : Entomologie Appliquée. Université Mentouri de Constantine, (2008) 61 p.
- [11] - SABOOR NAEEM, SAJJAD AHMAD, KAMRAN SOHAIL, RAHAM DAD, BISMILLAH SHAH, Insect pollinators and their relative abundance on pea (*pisum sativum*) at Peshawar. *Journal of Entomology and Zoology Study*, 4 (1) (2016) 112 - 117
- [12] - 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 de Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, (2005) 103 p.
- [13] - J. D. DJAKBE, Activité de butinage de *Apis mellifera* (Apidae) et son impact sur les rendements de *Ceratotherca sesamoides* (Pedaliaceae) et *Physalis minima* (Solanaceae) en réponse ou non à l'amendement avec le compost à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). Thèse de Doctorat / Ph.D, Université de Ngaoundéré, (2019) 140 p.
- [14] - F. F.-N. TCHUENGUEM, T. S. FAMENI, D. BRÜCKNER, Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera : Apidae) on *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) flowers at Ngaoundéré (Cameroon). *International Journal of Tropical Insect Science*, 34 (2) (2014) 127 - 137
- [15] - F. F.-N. TCHUENGUEM, J. MESSI, A. PAULY, Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, 56 (2001) 179 - 188
- [16] - DEMARLY, Génétique et amélioration des plantes. Masson, Paris, (1977) 577 p.
- [17] - D. J. BORROR and R. E. WHITE, *Les insectes de l'Amérique du Nord* (au nord du Mexique). Broquet, LaPrairie, (1991) 408 p.
- [18] - C. A. KEARNS and D. W. INOUE, *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, Niwot, (1993) 583 p.
- [19] - 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
- [20] - B. VILLIERES, L'apiculture en Afrique tropicale. Dossier «Le point sur» n° 11, GRET, Paris, (1987) 220 p.
- [21] - N. C. NEPIDE and F. F.-N. TCHUENGUEM, Pollination efficiency of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae) on *Croton macrostachyus* (Euphorbiaceae) flowers at Dang, Ngaoundéré, Cameroon. *International Journal of Biosciences*, 9 (3) (2016) 75 - 88
- [22] - 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

- [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] - T. B. M. KINGHA, M. ADAMOU, S. MAZI, N. G. MATAKONE, M. A. FANTA, F. F.-N. TCHUENGUEM, Insectes associés aux fleurs de *Arachis hypogaea* L. (Fabaceae) variété Campala et leur effet sur la production des gousses et des graines à Dang et Selbé-Darang, Ngaoundéré, Cameroun. *Afrique Science*, 16 (5) (2020) 218 - 234
- [25] - D. W. ROUBIK, Pollination system stability in tropical America. *Conservation Biology*, 14 (2000) 1235 - 1236
- [26] - 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.
- [27] - D. DJONWANGWE, J. B. PANDO, A. S. KAMENI BALLE, M. A. BELLA MBONOMO, F. F.-N. TCHUENGUEM, MESSI, 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 fruitier et grainier de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 1843 (Fabaceae) à Maroua, Extrême-Nord, Cameroun. *Afrique Science*, 13 (5) (2017) 1 - 17
- [28] - S. M. PAPPERS, T. J. DE JONG, P. G. KLINKHAMER, 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] - K. FAEGRI and L. PIJL, *The principles of pollination ecology*. 3<sup>rd</sup> revised ed., Pergamon Press, Oxford, (1979) 244 p.
- [30] - T. S. FAMENI, Efficacité pollinisatrice de quelques insectes sur deux plantes à Ngaoundéré (Adamaoua, Cameroun) : *Callistemon rigidus* R. Br. (Myrtaceae) et *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae). Thèse de Doctorat / Ph. D, Université de Ngaoundéré, (2014) 155 p.
- [31] - T. S. FAMENI, F. F.-N. TCHUENGUEM, D. BRÜCKNER, Pollination efficiency of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera : Apidae) on *Callistemon rigidus* (Myrtaceae) flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *International Journal of Tropical Insect Science*, 32 (1) (2012) 2 - 11
- [32] - F. F.-N. TCHUENGUEM, E. FAÏBAWA, T. S. FAMENI, Exploitation of the flowers of *Agave sisalana* (Asparagaceae) by *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) in Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 10 (4) (2020) 481 - 498
- [33] - M. BASUALDO, E. BEDASCARRASBURE, D. De JONG, Africanized honey bees (Hymenoptera : Apidae) have a greater fidelity to sunflowers than european bees. *Journal of Economic Entomology*, 93 (2) (2000) 304 - 307
- [34] - 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
- [35] - G. A. WRIGHT, B. D. SKINNER, B. H. SMITH, Ability of honeybee, *Apis mellifera*, to detect and discriminate odors of varieties of canola (*Brassica rapa* and *Brassica napus*) and snopgragon flowers (*Antirrhinum majus*). *Journal of Chemical Ecology*, 28 (4) (2002) 721 - 740
- [36] - U. GREGGERS and R. MENZEL, Memory dynamics and foraging strategies of honeybees. *Behaviour Ecology Sociobiology*, 32 (1993) 17 - 29
- [37] - S. E. MCGREGOR, *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agricultural Research Service, Washington, (1976) 411 p.
- [38] - D. P. ABROL, *Pollination biology. Biodiversity conservation and agricultural production*. Springer Dordrecht Heidelberg, London, (2012) 792 p.

- [39] - F. F.-N. TCHUENGUEM, T. B. M. KINGHA, D. BRÜCKNER, Diversité des insectes floricoles et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Arachis hypogaea* L. (Fabaceae) à Dang (Ngaoundéré - Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (3) (2014) 983 - 997
- [40] - A. E. N. OTIOBO, F. F.-N. TCHUENGUEM, C. DJIETO-LORDON, Activité de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae) sur les fleurs d'*Oxalis barrelieri* (Oxalidaceae) à Yaoundé (Cameroun). *Entomologie Faunistique*, 68 (2015) 101 - 108
- [41] - H. CHICHOUNE, K. BENACHOUR, K. LOUADI, F. J. ORTIZ-SÀNCHEZ, Premières données sur les Halictidae (Hymenoptera : Apoidea) de la région de Batna (Est Algérien). *Annales de la Société Entomologique de la France*, 54 (5) (2018) 447 - 463