

Impact de l'activité de butinage de *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera, Apidae) et de *Meliponula ferruginea* Lapeletier, 1841 (Hymenoptera, Apidae) sur la pollinisation et les rendements du poivron (*Capsicum annum* L. 1753) à Dschang, Ouest - Cameroun

Armel Socrate KAMENI BALLE¹, Denis DJONWANGWE^{2*}, Jackson DAPSIA DJAKBÉ³, Olivier BALTI MOUDELSIA¹, Amadou KOFFA¹ et Fernand-Nestor TCHUENGUEM FOHOUE⁴

¹ Université de Maroua, Faculté des Sciences, Laboratoire des Sciences Biologiques, BP 814 Maroua, Cameroun

² Université de Maroua, Ecole Normale Supérieure de Maroua, Laboratoire des Sciences de la Vie et de la Terre, BP 55 Maroua, Cameroun

³ Université de Maroua, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua, Laboratoire de Biosciences, BP 814 Maroua, Cameroun

⁴ Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Laboratoire de Zoologie Appliquée, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun

(Reçu le 06 Mai 2023 ; Accepté le 20 Juillet 2023)

* Correspondance, courriel : djonwangwedenis@gmail.com

Résumé

L'étude visait à évaluer les activités de butinage de *Apis mellifera* et de *Meliponula ferruginea* et déterminer leur impact sur les rendements du poivron à Dschang (Cameroun) en 2022. Sur 526 fleurs étiquetées, 180 étaient laissées en libre pollinisation ; 180 protégées de la visite des insectes et 101 protégées et ensuite ouvertes après épanouissement puis à nouveau protégées sans visite de tout organisme ; 40 fleurs et 25 fleurs destinées respectivement à la visite unique de *A. mellifera* et de *M. ferruginea*. Les activités de butinage et l'efficacité pollinisatrice de ces abeilles dans les rendements fruitiers et grainiers ont été évalués. Les résultats montrent que ces abeilles récoltaient du pollen toute la journée avec un pic d'activité journalière situé entre 12h et 13h pendant la saison sèche et 10h-11h pendant la saison des pluies. Les fruits issus des traitements ayant reçu la visite unique de *A. mellifera* ou de *M. ferruginea* étaient plus lourds et contenaient plus de graines que ceux issus du traitement protégé des visites d'insectes. *Apis mellifera* par son efficacité pollinisatrice a contribué à l'augmentation de la masse moyenne des fruits et le pourcentage moyen de graines normales de 31,79 % et 27,20 % respectivement. Celle de *M. ferruginea* pour ces mêmes paramètres était respectivement de 25,29 % et 30,62 %. Il est recommandé d'installer les colonies de *A. mellifera* et de *M. ferruginea* à proximité des champs de *C. annum* pour assurer sa pollinisation et accroître ses rendements.

Mots-clés : *Capsicum annum*, butinage, efficacité pollinisatrice, *Apis mellifera*, *Meliponula ferruginea*, rendements, Dschang.

Abstract

Impact of foraging activity of *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae) and *Meliponula ferruginea* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera, Apidae) on pollination and yields of sweet pepper (*Capsicum annum* L., 1753) in Dschang, West Region - Cameroon

The aim of the study was to evaluate the foraging activities of *Apis mellifera* and *Meliponula ferruginea* and determine their impact on pepper yields in Dschang (Cameroon) in 2022. Out of 526 labelled flowers : 180 flowers were left to pollinate freely; 180 were protected from insect visits and 101 were protected and then opened after flowering, then protected again without any organism visiting; 40 flowers and 25 flowers were intended for *A. mellifera* and *M. ferruginea* respectively. The foraging activities and pollination efficiency of these bees in fruits and seeds yields were evaluated. The results show that these bees were collected pollen all day long, with a daily peak of activity between 12 noon and 1 pm during the dry seasons and 10-11 am during the rainy seasons. Fruits from the treatments with a single visit from *A. mellifera* and *M. ferruginea* were heavier and contained more seeds than those from the treatment protected from insect visits. *Apis mellifera*'s pollination efficiency contributed to increase the average of fruit mass and percentage of normal seeds of 31.79 % and 27.20 % respectively. That of *M. ferruginea* for the same parameters was 25.29 % and 30.62 % respectively. It is recommended to install the colonies of *A. mellifera* and *M. ferruginea* near *C. annum* fields to increase its yield.

Keywords : *Capsicum annum*, foraging, pollinating efficiency, *Apis mellifera*, *Meliponula ferruginea*, yields, Dschang.

1. Introduction

Le poivron (*Capsicum annum*: Solanaceae) est une culture maraîchère très importante pour les petits agriculteurs des pays en développement [1]. Il est originaire de l'Amérique du Sud et du Mexique [2]. Les fruits du poivron sont une source de vitamines (A, C, D, E, K, B₂), de protéines, de lipides, d'hydrate de carbone, de fibre alimentaire et des sels minéraux (Ca, P, Fe) [1]. Ils sont aussi riches en potassium, flavonoïdes et en antioxydants cardiovasculaires [3]. Il est utilisé en cuisine comme épice [4]. Cette plante est aussi utilisée en médecine traditionnelle pour ses propriétés antimicrobiennes et antifongiques [5]. Le poivron contient des substances inhibitrices des douleurs de l'arthrose, du diabète neuropathique et de la sécrétion des acides [6]. Il contient aussi des composés bioactifs jouant un rôle antiviral, anti-cancérigène et anti-inflammatoire [7]. Selon les données déjà connues, la production moyenne mondiale du poivron est supérieure à dix millions de tonnes par an pour une surface cultivée de deux millions hectares [8]. Le principal producteur est l'Asie avec plus de la moitié de la production mondiale [8, 9]. Le Nigeria et l'Égypte sont les premiers producteurs africains de poivron frais avec un cumul de 115000 tonnes [9]. Au Cameroun, la production du poivron est estimée à 29910 tonnes sur une surface cultivée d'environ 14007 hectares. La Région de l'Ouest est le principal producteur avec environ 5369 tonnes annuelles pour une surface cultivée estimée à 4704 hectares [10]. Cette plante est en majorité produite pour l'approvisionnement des marchés locaux mais peuvent aussi faire l'objet d'exportation [1] ; malgré l'importance des insectes pollinisateurs, leur rôle est peu connu dans la production agricole [11] particulièrement les relations entre *C. annum* et ses insectes floricoles. Quelques travaux effectués sur la pollinisation de cette Solanaceae sont ceux effectués au Brésil. De ces travaux, il ressort que les abeilles sauvages visitaient les fleurs de la plante [12]. En Indonésie, on a observé deux principaux pollinisateurs de la plante qui sont *Apis cerana* et *Trigona laeviceps* [13] ; ces insectes ont contribué significativement à la production de cette plante. Au Kenya *Hypotrigona gribodoi* a été identifié comme pollinisateur principal de cette plante [14]. En Malaisie,

Heterotrigena itana était le seul pollinisateur de la plante [15]. Au Cameroun, *Apis mellifera adansonii* était identifié comme l'insecte le plus fréquent sur les fleurs de cette plante [15]. Malgré que *Apis mellifera* soit parmi les insectes floricoles de *C. annuum* [16] et *Meliponula ferruginea* comme butineuse d'autres plantes [17], l'impact de leur visite unique sur la fleur de cette Solanaceae reste non évalué alors que ses fruits et semences manquent souvent sur les marchés camerounais. Il est donc nécessaire de mener des investigations supplémentaires pour compléter les informations sur la pollinisation de *C. annuum*. L'objectif général de ce travail visait à contribuer à la maîtrise des relations de pollinisation entre *C. annuum* et ses principaux insectes floricoles pour leur gestion optimale. Les objectifs spécifiques visés sont : (a) étudier les activités de *A. mellifera* et *M. ferruginea* sur les fleurs de *C. annuum*; (b) déterminer les valeurs apicole et méliponicole de la plante; (c) évaluer l'impact de la visite unique de chacune de ces abeilles sur la pollinisation et les rendements de la Solanaceae.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site et station d'étude

Les études se sont déroulées dans la ville de Dschang, Département de la Menoua, Région de l'Ouest (Cameroun). La station d'étude était une parcelle de 225 m² centrée au point de coordonnées : 5°49 N de latitude, 10°07 E de longitude et de 1431,1m d'altitude. Le choix du site se justifie par la présence des champs des paysans. Le climat de Dschang est de type équatorial tempéré d'altitude (climat équatorial de mousson à faciès montagnard) [18].

2-2. Matériel biologique

2-2-1. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué des plants de poivron (*Capsicum annuum* var. yolo wonder) issus de la germination des pépins achetés à la SEMAGRI de Dschang.

2-2-2. Matériel animal

Le matériel animal était constitué de trois colonies de *A. mellifera* logées dans des ruches kényanes et éventuellement des colonies non répertoriées, des insectes présents dans l'environnement de la station donc de *M. ferruginea* et qui visitaient les fleurs de la plante étudiée.

2-3. Méthodes

2-3-1. Mise en place de la pépinière et de la parcelle expérimentale

Le 20 novembre 2021 une parcelle de 2m² de surface et de 5 cm de hauteur servant de germoir a été préparée et enrichie aux fientes de poules. La parcelle a reçu des semences suivant la densité 5g/m² et ces dernières étaient recouvertes par de la terre fine [19]. Le 29 décembre 2021, une parcelle de 361 m² a été préalablement défrichée, labourée et subdivisée en 9 sous-parcelles de 5 m de côtés séparées les unes des autres par une allée de 1 m et 1 m tout autour [19]. Le 30 décembre 2021, les plants de *C. annuum* au stade 5 à 6 feuilles issus de la pépinière ont été repiqués dans chaque sous-parcelle [19]. Chaque poquet a reçu un plant et l'espacement était de 1m entre les lignes et 60 cm entre les poquets [19]. Le désherbage à la houe se faisait régulièrement toutes les deux semaines après le repiquage tout en surmontant la terre sous les

plants. Dès l'apparition des premières fleurs jusqu'à la maturation des fruits, le désherbage se faisait par arrachage manuel pour éviter d'endommager les fleurs ou assurer accidentellement une pollinisation en bougeant les plants sous investigation [17].

2-3-2. Détermination du système de reproduction de *Capsicum annum*

360 fleurs ont été étiquetées et deux traitements constitués pour la saison sèche et une répétition des mêmes traitements pendant la saison des pluies. Les traitements 1 et 1' (en saison sèche et saison de pluies respectivement) formés chacun de 180 fleurs laissées en libre pollinisation (**Figure 1**) et le traitement 2 et 2' (en saison sèche et saison de pluies respectivement) formés chacun de 180 fleurs protégées des visites d'insectes à l'aide d'un sachet en toile gaze (**Figure 2**).



Figure 1 : Photo d'une fleur de *Capsicum annum* étiquetée et laissée en libre pollinisation à Dschang en 2022



Figure 2 : Photo d'une fleur de *Capsicum annum* étiquetée et protégée de la visite d'insectes à Dschang en 2022

L'indice de fructification (If) a été calculé à l'aide de la **Formule** mathématique suivante [20].

$$If = \frac{F_2}{F_1} \quad \text{ou} \quad If' = \frac{F_2'}{F_1'} \quad (1)$$

F_2 et F_2' étant le nombre de fruits formés et F_1 et F_1' le nombre de fleurs initialement portées

Les taux d'allogamie (TC) et (TC') et les taux d'autogamie (TA) et (TA') ont été calculés à base de la différence des indices de fructification dans les deux traitements. Ils étaient calculés d'après les expressions mathématiques ci-dessous [20].

$$TC = \frac{If_1 - If_2}{If_2} \times 100 \quad \text{ou} \quad TC' = \frac{If_1' - If_2'}{If_2'} \times 100 \quad (2)$$

If_1 et If_2 étant respectivement les indices de fructification dans les traitements 1 et 2 ; If_1' et If_2' les indices de fructification dans les traitements 1' et 2'.

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

2-3-3. Étude des activités de *Apis mellifera* et de *Meliponula ferruginea* sur les fleurs de *Capsicum annum*

*2-3-3-1. Fréquence de *Apis mellifera* et de *Meliponula ferruginea* sur les fleurs de *Capsicum annum**

Les observations étaient faites trois fois par semaine sur les traitements 1 et 1' durant toutes les périodes de floraison selon les tranches horaires : 8h-9h, 10h-11h, 12 h -13h, 14h -15h, 16h-17h. La fréquence de visite (F_i) de chacune des abeilles étudiées sur *C. annum* a été calculée à l'aide de la **Formule** mathématique suivante [19] :

$$F_i = \frac{V_i}{V_t} \times 100 \quad (4)$$

V_i étant le nombre de visites de l'abeille i et V_t le nombre total de visites de tous les insectes sur les fleurs étiquetées et en libre pollinisation.

2-3-3-2. Produits floraux prélevés par espèce d'insecte

Il s'agissait de noter le produit floral (le pollen ou le nectar) récolté par chacune des abeilles grâce à une observation directe [21]. Une abeille qui plongeait sa trompe dans une fleur était une récolteuse de nectar ; si à l'aide des mandibules et / ou des pattes, elle grattait les anthères, il s'agissait d'une récolteuse de pollen qui est visible sur les organes de transport [22].

2-3-3-3. Abondance des butineuses

Elle était exprimée par le plus grand nombre d'abeilles simultanément en activité sur une fleur ou sur 1000 fleurs durant la période d'observation. Les données étaient obtenues par comptage direct pour l'abondance par fleur [23]. L'abondance par 1000 fleurs (A_{1000}), a été calculée à l'aide de la **Formule** mathématique suivante [23]

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

F_x et A_x étant respectivement le nombre de fleurs connu épanouies et le nombre de butineuses effectivement comptées sur les fleurs du traitement en libre pollinisation [24].

2-3-3-4. Durée des visites par fleur

Le chronomètre était mis en marche dès qu'une abeille sous investigation se posait sur une fleur et arrêté dès le départ de celle-ci. La durée de la visite effectuée correspondait à la valeur lue sur le chronomètre [21].

*2-3-3-5. Éthologie de butinage de *Apis mellifera* et de *Meliponula ferruginea**

La façon de récolter le pollen et/ou le nectar dans les fleurs par ces abeilles a été notée durant la période d'étude par une observation des individus au niveau des fleurs. La vitesse de butinage (nombre de fleurs visitées par minutes) était enregistrée. Le chronomètre était déclenché dès qu'une abeille se posait sur une fleur et le nombre de fleurs visitées par celle-ci était compté au fur et à mesure qu'elle passait de fleurs en fleurs jusqu'à sa perte de vue [21]. La vitesse de butinage (V_b) a été calculée par la **Formule** mathématique ci-après [25] :

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

di était la durée donnée par le chronomètre (en secondes) et *Fi* le nombre de fleurs correspondant à *di*. Au cours de cette manipulation, les abeilles n'ayant pas été marquées, quand elles revenaient sur une fleur déjà visitée, le comptage était effectué comme s'il s'agissait de deux fleurs distinctes.

2-3-3-6. Écologie de butinage

L'influence de la flore avoisinante était appréciée par l'observation directe : le nombre de fois où les butineuses passaient d'une fleur de la plante étudiée aux fleurs d'autres espèces végétales avoisinantes et vice-versa a été noté [24]. La température et l'hygrométrie de la station d'étude étaient régulièrement enregistrées, à l'aide d'un thermo-hygromètre portable installé à l'ombre afin de montrer l'influence des conditions atmosphériques sur l'activité de butinage de ces abeilles sociales [23].

2-4. Évaluation de la valeur apicole et méliponicole de *Capsicum annuum*

La valeur apicole et méliponicole de *C. annuum* a été estimée selon son intensité de floraison, l'attractivité de ses fleurs vis-à-vis des abeilles domestiques et des mélipones, la fidélité de ces insectes vis-à-vis de la Solanaceae et l'intensité de récolte de chaque produit floral [26].

2-5. Évaluation de l'impact de *Apis mellifera* et de *Meliponula ferruginea* sur la pollinisation de *Capsicum annuum*

Il était question de noter pendant les visites, le nombre de fois où l'abeille visiteuse entrait en contact avec le stigmate et/ou les anthères de la fleur visitée [26] pour mettre en évidence les possibilités d'intervention de ces insectes dans l'autopollinisation et/ou la pollinisation croisée des fleurs visitées [24].

2-6. Évaluation des efficacités pollinisatrices de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea*

Le taux de fructification (Tf) a été calculé à l'aide de la **Formule** mathématique ci-après [24].

$$Tf = \frac{F2}{F1} \times 100 \quad (7)$$

F2 étant le nombre de fruits formés et *F1* le nombre de fleurs initialement portées [20].

Afin d'évaluer les efficacités pollinisatrices, trois autres traitements ont été constitués. Le traitement 3 formé de 101 fleurs étiquetées au stade boutons floraux et protégées de la visite des insectes, découvertes après épanouissement de la fleur, observées pendant 10 minutes et puis recouvertes en évitant la visite d'un insecte ou de tout autre organisme. Après cette manipulation, la fleur restait protégée sans aucune autre manipulation. Les traitements 4, 5 constitués chacun de 60 fleurs étiquetées au stade boutons floraux, correspondant respectivement à l'étude des activités exclusives de *A. mellifera* et *M. ferruginea*. Dès l'épanouissement de chaque fleur, la toile gaz était délicatement retirée en période journalière d'activités maximales de ces insectes, laissées butiner une seule fois par ces abeilles et de nouveau protégées sans une autre manipulation [26]. Les efficacités pollinisatrices de *A. mellifera* et *M. ferruginea* sur la fructification, la masse des fruits, le nombre de graine et le pourcentage des graines normales dans les traitements 4 et 5 ont été calculées. Les taux de fructification dus à la visite unique de *A. mellifera* (*FruA*) ou *M. ferruginea* (*FruM*) ont été calculés à l'aide de la **Formule** mathématique suivantes [26].

$$FruA = \frac{(TF4+G)-TF3}{TF4+G} X100 \quad \text{ou} \quad FruM = \frac{(TF5+G)-TF3}{TF5+G} X100 \quad \text{avec } G = TF2-TF3 \quad (8)$$

TF_4 et TF_5 étant respectivement les taux de fructification dans les traitements des fleurs visités exclusivement par *A. mellifera* ou *M. ferruginea*. TF_3 était le taux de fructification dans le traitement 3 et G l'effet de l'utilisation des sachets en toile gaze.

La masse des fruits due à la visite unique de *A. mellifera* (PmA) ou de *M. ferruginea* (PmM) a été calculée à l'aide de la **Formule** mathématique suivante [25]

$$PmA = \frac{M4-M3}{M4} X100 \quad \text{ou} \quad PmM = \frac{M5-M3}{M5} X100 \quad (9)$$

M_4 et M_5 étant respectivement les masses moyennes des fruits dans les traitements des fleurs visités exclusivement par *A. mellifera* ou *M. ferruginea*. M_3 est la masse moyenne des fruits dans le traitement 3.

Le pourcentage des graines normales (Pg) a été calculé à l'aide de la **Formule** mathématique suivante [25].

$$PgA = \frac{Gn4-Gn3}{Gn4} X100 \quad \text{ou} \quad PgM = \frac{Gn5-Gn3}{Gn5} X100 \quad (10)$$

Gn_4 et Gn_5 étant respectivement les graines normales des fruits dans les traitements des fleurs visités exclusivement par *A. mellifera* ou *M. ferruginea*. Gn_3 est la masse des graines normales des fruits issus du traitement 3.

2-7. Analyse des données

Le traitement des données a été fait à l'aide de la statistique descriptive. (Calcul des moyennes, des écarts types et des pourcentages). Quatre tests ont été utilisés : ANOVA (F) pour comparer les moyennes de plus deux échantillons, le test t de Student pour comparer deux moyennes ; Le coefficient de corrélation (r) pour étudier les relations linéaires entre deux variables ; Le Khi-carré (χ^2) pour comparer les différents pourcentages. Le tableur Excel 2013 et le Logiciel SPSS.20 ont été utilisés.

3. Résultats et discussion

3-1. Mode de reproduction de *Capsicum annuum*

Les taux de fructification dans les traitements 1, 2, 1'et 2' étaient de 98,33 %, 93,89 %, 97,22 %, 95 % respectivement. Les taux d'allogamie (TC) et d'autogamie (TA) étaient de 3,37 % et 96,63 % pour la saison sèche et 2,11 % (TC) de 97,89 % (TA) pour la saison des pluies. Le taux moyen d'allogamie étaient de 2,74 % avec un taux d'autogamie de 97,26 %. Ces résultats indiquent que *C. annuum* est une plante ayant un système de reproduction autogame et allogame, mais avec une très forte prédominance autogame. Cette très forte prédominance pourrait s'expliquer par la configuration de la fleur, où les anthères sont très rapprochées du stigmate [13]. Ces résultats sont en désaccord avec ceux obtenus sur la même plante au Cameroun indiquant qu'elle est fortement allogame [16].

3-2. Entomofaune floricole de *Capsicum annuum*

Tableau 1 : Nombres et pourcentages de visites des insectes recensés sur les fleurs de *Capsicum annuum* durant les deux saisons

Ordres	Familles	Genres et Espèces	Saison sèche		Saison des pluies		Total		
			<i>nv</i>	<i>P(%)</i>	<i>nv'</i>	<i>P'(%)</i>	<i>nvt</i>	<i>Pm(%)</i>	
lymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Po)	102	29,06	78	47,27	180	38,17	
		<i>Xylocopa lugubris</i> (Po)	45	12,82	//	//	45	6,41	
		<i>Amegilla</i> sp. (Po)	98	27,92	//	//	98	13,96	
		<i>Meliponula ferruginea</i> (Po)	92	26,21	87	52,73	179	39,47	
epidoptera	Peridae	<i>Eurema senegalensis</i> (ne)	14	3,99	//	//	14	1,99	
Total (N)		2	5	351	100	165	100	516	100

nv, nv' : nombre de visites enregistrées pendant la saison sèche et la saison des pluies respectivement ; *nvt* : nombre total de visites ($nvt = nv + nv'$) ; *P* et *P'* : pourcentages de visites enregistrées pendant la saison sèche et la saison des pluies respectivement ; *Pm* : pourcentage moyen de visites enregistrées pendant les deux saisons ($(P+P')/2$) ; *sp.* : espèce non déterminée ; *Po* : récolte de pollen ; *ne* : récolte de nectar.

Le **Tableau 1** indique le nombre et le pourcentage des insectes recensés sur les fleurs de *C. annuum* pendant la saison sèche et la saison des pluies. Il ressort de ce tableau que sur les fleurs du traitement en libre pollinisation de chaque saison, cinq et deux espèces d'insectes ont effectué 351 et 165 visites respectivement pendant la saison sèche et la saison des pluies. La richesse spécifique des insectes visiteurs des fleurs du poivron à Dschang était très faible par rapport aux 24 et 36 espèces observées sur la même plante à Foubot et à Bangou au Cameroun [16] et aux 16 espèces d'insectes floricoles du poivron au Brésil [12]. Ce nombre est par contre plus élevé que celui 02 espèces obtenues en Indonésie [13] et 01 espèce en Malaisie [15]. La différence entre les richesses spécifiques des régions explorées serait due aux conditions environnementales de chaque région et à la rusticité de celle-ci ; car il est connu que les campagnes ont une abondance et une diversité plus élevées que les zones urbaines et périurbaines [27, 28]. La fréquence des Hyménoptères était plus élevée avec 96,01 % de l'ensemble des visites. Ce qui s'expliquerait par leur type de pièces buccales et les organes de transport des produits floraux leur permettant d'exploiter plus facilement les fleurs de cette Solanaceae. Cette observation corrobore avec celle faite sur la même plante au Brésil [12].

3-2-1. Régularité de visites de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea*

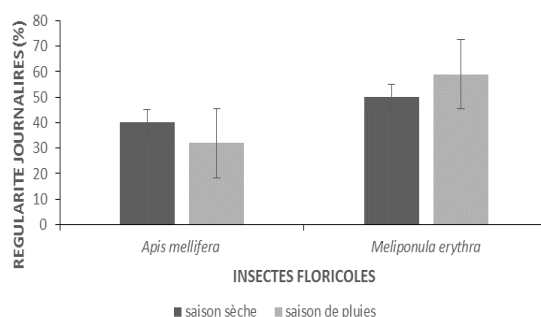


Figure 3 : Régularités journalières de visites de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea* sur les fleurs de *Capsicum annuum* pour les deux saisons à Dschang. $R = (nj/NjT) \times 100$; *R* : Régularité des visites de chaque abeille étudiée ; *nj* : nombre de jours où chaque abeille était présente ; *NjT* : nombre total de jours d'observation

La **Figure 3** indique la régularité de visites de *A. mellifera* et *M. ferruginea* sur les fleurs de *C. annuum*. D'après la figure aucune des abeilles n'était présente tous les jours d'observation pour les deux saisons. La forte régularité de *M. ferruginea* était observée pendant la saison sèche, alors que celle de *A. mellifera* était observée en saison des pluies. Ceci pourrait s'expliquer par l'attraction de *M. ferruginea* par les plantes avoisinantes en floraison pendant la saison des pluies. L'attractivité des plantes avoisinantes a été démontré à Maroua [22] et à Ngaoundéré [29] sur les fleurs d'une autre plante.

3-2-2. Rythme de visite de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea* selon le nombre des fleurs épanouies par jour d'observation

Les courbes de la **Figure 4** indiquent les variations cumulées des nombres de visites de ces abeilles en fonction des fleurs épanouies pendant les deux saisons selon les jours d'observation. Il existe une corrélation positive et très hautement significative entre le nombre des fleurs épanouies et le nombre de visites ($r = 0,93$; $ddl = 9$; $P < 0,01$) pour la saison sèche et une corrélation positive et non significative pour la saison des pluies ($r = 0,29$; $ddl = 13$; $P > 0,05$). L'influence des saisons (facteurs abiotiques) pourrait être à l'origine de la variation de l'attractivité de ces abeilles par les fleurs du poivron pendant les deux saisons. Ces observations corroborent avec celles obtenues au Brésil qui indiquent que l'attractivité des insectes butineurs peut varier d'une saison à une autre à cause du réchauffement climatique qui diminue la qualité des récompenses florales [29].

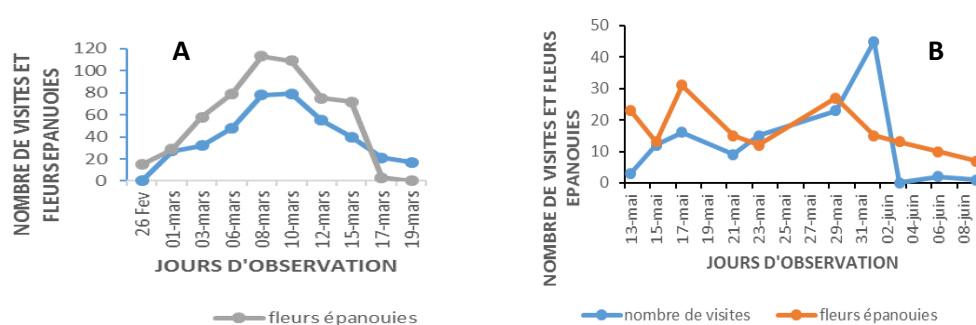


Figure 4 : Rythme de visite des abeilles selon les fleurs épanouies pour chaque saison d'observation (saison sèche (A), saison de pluies (B))

3-2-3. Nombre de visites de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea* selon les tranches horaires

Durant les deux saisons d'observation, *A. mellifera* et *M. ferruginea* butinaient de 8h à 17h. Le pic d'activité de *A. mellifera* était situé dans le tranche 12h-13h pour la saison sèche et 10h-11h pour la saison des pluies (**Figure 5**). Celui de *M. ferruginea* était situé dans la tranche 10h-11h pour les deux saisons (**Figure 6**). Les pics d'activités de ces abeilles observés à ces tranches horaires seraient liés à la disponibilité et la facilité de récolte du pollen de *C. annuum*. Ce résultat est en accord avec celui observé sur la même espèce végétale en Indonésie qui montrait que les abeilles avaient un pic d'activité journalière situé entre 10h et 12h [13].



Figure 5 : Variation du nombre de visites de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Capsicum annuum* selon les tranches horaires à Dschang

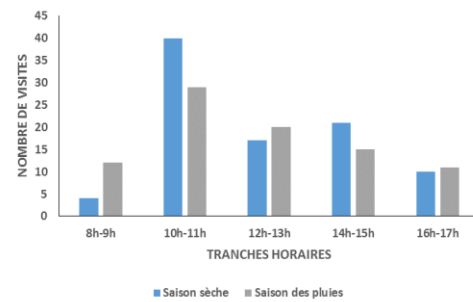


Figure 6 : Variation du nombre de visites de *Meliponula ferruginea* sur les fleurs de *Capsicum annuum* selon les tranches horaires à Dschang

3-2-4. Produits floraux prélevés par *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea*

Les deux abeilles récoltaient uniquement du pollen des fleurs de *C. annuum*. Cette préférence pour cet aliment protéique serait liée au besoin de la colonie ; en effet, lorsque la taille du couvain à élever est importante, les butineuses recherchent plus du pollen dans les fleurs. Ce résultat est en accord avec ceux obtenus au Brésil sur cette Solanaceae [12]. Parallèlement en Indonésie [13] et au Cameroun [15] les Abeilles récoltaient aussi le nectar sur la même plante.

3-2-5. Abondance des butineurs

Le plus grand nombre de butineuses de chacune des deux espèces d'abeilles simultanément en activité sur une fleur était de 1 individu Pendant les deux saisons. Le **Tableau 2** récapitule les abondances par 1000 fleurs. Les abondances moyennes pour les deux saisons étaient de 495,67 pour *A. mellifera* ($n = 180$; $s = 142,4$) et de 552,52 pour *M. erythra* ($n = 101$; $s = 225,6$). Les plus fortes abondances obtenues pendant la saison des pluies pourraient s'expliquer par le fait que l'élévation de la température pendant la saison sèche dégraderait la qualité du pollen d'où la diminution de l'attractivité des fleurs de *C. annuum* pendant la saison sèche. Les travaux au Brésil ont prouvé que le réchauffement de l'environnement diminuait la qualité des produits floraux [29].

Tableau 2 : Abondance de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea* par 1000 fleurs de *Capsicum annuum* pendant les saisons sèches et pluvieuses à Dschang en 2022

Insectes	Abondance par 1000 fleurs									
	Saison sèche					Saison de pluies				
	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
<i>Apis mellifera</i>	102	275,6	71,5	208,3	346,7	78	715,7	231,3	333,3	923,8
<i>Meliponula ferruginea</i>	92	403	374,9	53,09	931	87	702,03	76,2	583,3	777,8

n : effectif ; *m* : moyenne ; *s* : écart type ; *min* : minimum ; *max* : maximum

3-2-6. Durée des visites de *Apis mellifera* et de *Meliponula ferruginea* par fleur de *Capsicum annuum*

Le **Tableau 3** indique les durées moyennes de visite de *M. ferruginea* et de *A. mellifera* sur les fleurs de *C. annuum* pendant les deux saisons d'observation. Il en ressort que la durée moyenne de visites de *M. ferruginea* était de 4,08s ($n = 34$; $s = 0,79$) et 6,53s pour *M. ferruginea* ($n = 34$; $s = 2,49$)

respectivement pour la saison sèche et la saison des pluies. La durée moyennes de visites de *A. mellifera* était de 26,84s pour ($n = 33$; $s = 7,20$) pour la saison sèche et 29,70 ($n = 34$; $s = 8,80$) pour la saison des pluies. Pour chacune des espèces d'abeille étudiée, la durée moyenne de visites de récolte de pollen était 28,27s ($n = 67$; $s = 7,8$) et 5,31s ($n = 68$; $s = 1,64$) respectivement pour *A. mellifera* et *M. ferruginea*. La comparaison des durées moyennes de visites entre les deux saisons montre une différence non significative chez *A. mellifera* ($t = 1,50$; $ddl = 65$; $P > 0,05$) et une différence hautement significative chez *M. ferruginea* ($t = 5,47$; $ddl = 66$; $P < 0,001$). La faible durée moyenne de visites observée chez *M. ferruginea* pendant la saison sèche se justifierait par son aptitude et la facilité à récolter le pollen de *C. annuum* pendant cette saison car le réchauffement et la baisse de l'hygrométrie rendrait le pollen du poivron plus pulvérulent et facilement récoltable par les insectes floricoles [29]. La comparaison des durées moyennes de visites de *A. mellifera* et de *M. ferruginea* montre une différence très hautement significative ($t = 23,59$; $ddl = 133$; $P < 0,0001$). Cette différence serait une preuve que *A. mellifera* est l'abeille qui exploite au maximum les produits floraux d'une fleur avant de passer à une fleur de poivron. En effet, chez cette espèce d'abeille pourvue de glande de Nasonov qui produit la phéromone servant à marquer les fleurs déjà exploitées lui permettrait de visiter électivement les fleurs chargées de pollen et par conséquent, le temps nécessaire à récolter au maximum cette provision est plus élevé [29].

Tableau 3 : Durées de visites (en secondes) de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea* sur les fleurs de *Capsicum annuum* pour les deux saisons

Insectes	Saison sèche					Saison de pluies				
	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>S</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
<i>Apis mellifera</i>	26,84	33	7,20	13	36	29,70	34	8,40	12	45
<i>Meliponula ferruginea</i>	4,08	34	0,79	3	5	6,53	34	2,49	3	12

n : effectifs ; *m* : durées moyennes (en secondes) ; *s* : écart type ; *min* : minimum ; *max* : maximum.

3-2-7. Éthologie de butinage de *Meliponula ferruginea* et *Apis mellifera*

Les deux espèces d'abeille manifestaient en général des comportements presque similaires sur les fleurs de la Solanaceae. Les anthères de la fleur étant exposées, elles s'agrippaient sur celles-ci. A l'aide de leurs pattes et de leurs mandibules, elles grattaient les anthères pour la récolte du pollen. *Meliponula ferruginea* (Figure 7) et *A. mellifera* (Figure 8) stockaient le pollen dans les corbeilles des pattes métathoraciques. Ce comportement de butinage a été observé sur la même plante [29].



Figure 7 : Photo de *Meliponula ferruginea* récoltant le pollen dans une fleur de *Capsicum annuum* en 2022 à Dschang



Figure 8 : Photo de *Apis mellifera* récoltant le pollen dans une fleur de *Capsicum annuum* en 2022 à Dschang

3-2-8. Écologie de butinage

Le **Tableau 4** présente les vitesses moyennes de butinage de *M. ferruginea* et *A. mellifera* sur les fleurs de *C. annuum* pour les deux saisons. Il en ressort que pendant la saison sèche, la vitesse moyenne de butinage de *M. ferruginea* était de 7,67 fleurs/min ($n = 33$; $s = 2,53$) ; chez *A. mellifera* la vitesse moyenne de butinage était de 4,42 fleurs/min ($n = 35$; $s = 1,37$). Pour la saison des pluies, la vitesse moyenne de butinage de *M. ferruginea* était 5,93 fleurs/min ($n = 31$; $s = 2,41$) et 4,61 fleurs/min ($n = 34$; $s = 1,27$) chez *A. mellifera*. La comparaison des vitesses moyennes de butinage des deux saisons montre une différence non significative chez chacune des deux abeilles (chez *A. mellifera* : $t = 0,56$; $ddl = 67$; $P > 0,05$ et chez *M. ferruginea* : $t = 0,006$; $ddl = 62$; $P > 0,05$). La vitesse moyenne de butinage pendant les deux saisons d'observation était de 6,80s ($n = 64$; $s = 2,47$) chez *M. ferruginea* et 4,52s ($n = 69$; $s = 1,32$) chez *A. mellifera*. La comparaison de ces deux vitesses moyennes de butinage montre une différence très hautement significative ($t = 6,57$; $ddl = 131$; $P < 0,001$). La vitesse de butinage élevée observée chez *M. ferruginea* indiquerait que cet insecte a une grande capacité d'exploitation des fleurs de *C. annuum* par rapport à *A. mellifera*. Cette observation corrobore avec celle effectuée au Kenya sur la même plante [13].

Tableau 4 : Vitesses de butinage (en fleurs/minute) de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea* sur les fleurs de *Capsicum annuum* pour les deux saisons

Insectes	Saison sèche					Saison de pluies				
	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
<i>Apis mellifera</i>	4,42	35	1,37	2	7	4,61	34	1,27	2	8
<i>Meliponula ferruginea</i>	7,67	33	2,53	4	13	5,93	31	2,41	4	11

n : effectif ; *m* : vitesses moyennes (en Fleurs/minute) ; *s* : écart type ; *min* : minimum ; *max* : maximum.

3-2-9. Influence de la flore avoisinante

Pendant les périodes d'observation, quatre espèces végétales étaient très attractives pour les abeilles (**Tableau 4**) : Pendant la saison des pluies, *A. mellifera* passait régulièrement de la fleur de *Titonia diversifolia*, *Cucumis melo* ou de *Solanum lycopersicum* à la fleur de *C. annuum* pour la récolte du pollen ; aucun déplacement inverse n'a été observé. *Meliponula ferruginea* est passé cinq fois des fleurs de *C. annuum* vers les fleurs de *Solanum nigrum* pour la récolte du pollen pendant la saison des pluies. Ceci serait une preuve de l'attachement de ces abeilles aux fleurs de la plante étudiée ; ce phénomène est appelé constance florale [30]. Ce résultat est en accord avec celui obtenu au Cameroun sur les fleurs de *Glycine max* [31]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le pollen de cette espèce végétale était disponible et accessible à l'abeille. Ce résultat est en accord avec celui obtenu au Cameroun sur les fleurs d'autres plantes [32].

3-2-10. Influence des facteurs climatiques

Les **Figures 9** et **10** indiquent les variations du nombre de visites en fonction de la température et de l'hygrométrie. Il en ressort que :

- pendant la saison sèche, la corrélation était non significative entre le nombre de visites de *A. mellifera* et la température ($r = 0,15$; $ddl = 5$; $P > 0,05$) et l'hygrométrie ($r = 0,50$; $ddl = 5$; $P > 0,05$). Chez *M. ferruginea*, la corrélation était non significative entre le nombre de visites et la température ($r = 0,43$; $ddl = 5$; $P > 0,05$) et l'hygrométrie ($r = 0,51$; $ddl = 5$; $P > 0,05$) ;
- pendant la saison des pluies la corrélation était non significative entre le nombre de visites de *A. mellifera* et la température ($r = 0,42$; $ddl = 5$; $P > 0,05$) et l'hygrométrie ($r = 0,63$; $ddl = 5$; $P > 0,05$).

La corrélation était non significative entre le nombre de visite de *M. ferruginea* et la température ($r = 0,19$; $ddl = 5$; $P > 0,05$) et l'hygrométrie ($r = 0,39$; $ddl = 5$; $P > 0,05$).

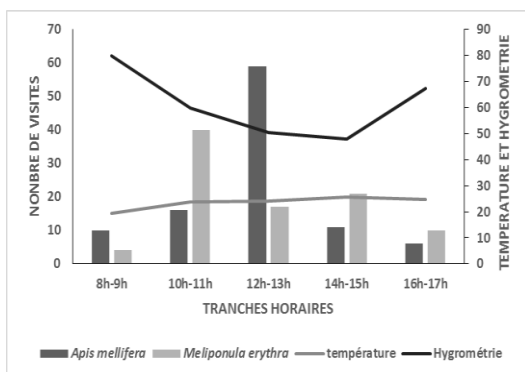


Figure 9 : Variation du nombre de visites de *Apis Mellifera* et *Meliponula ferruginea* selon la température et l'hygrométrie par tranche horaire pour la saison sèche à Dschang

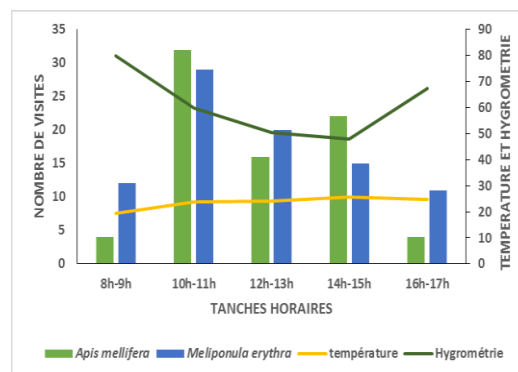


Figure 10 : Variation du nombre de visites de *Apis Mellifera* et *Meliponula ferruginea* selon la température et l'hygrométrie par tranche horaire pour la saison des pluies à Dschang

3-3. Valeur apicole et méliponicole de *Capsicum annuum*

Pendant les périodes d'observation, il a été noté une forte activité de récolte du pollen de *C. annuum* par *A. mellifera* et *M. ferruginea* pour les deux saisons, *M. ferruginea* et *A. mellifera* étaient fidèles aux fleurs de *C. annuum* lors d'un voyage de butinage, une forte attractivité des fleurs de *C. annuum* vis-à-vis de *A. mellifera* et de *M. ferruginea* (régularité et abondance par 1000 fleurs élevées) par conséquent, *C. annuum* est une plante apicole et méliponicole fortement pollinifère. Ce résultat corrobore avec celui obtenu au Kenya [14] ; malgré qu'au Brésil, les fleurs de *C. annuum* n'étaient pas très attractives pour les insectes floricoles [30].

3-4. Impact des insectes dont *Meliponula ferruginea* et *Apis mellifera* sur la pollinisation de *Capsicum annuum*

Les taux de fructification dans les traitements 1, 2, 1' et 2' étaient de 98,33 %, 93,89 %, 93,89 % et 87,22 % respectivement. La comparaison de ces taux de fructification montre une différence très hautement significative ($\chi^2 = 21,69$; $ddl = 2$; $P < 0,0001$). Ceci voudrait dire que les fleurs du poivron qui ont reçu les visites des insectes ont produit plus des fruits que les fleurs protégées des insectes. Pendant leurs visites, ces abeilles entraient toujours en contact avec les anthères et le stigmate des fleurs visitées (*Figures 7 et 8*) de *C. annuum* et pouvaient entraîner la pollinisation de ces fleurs. Ce résultat est en accord avec les travaux réalisés à l'Ouest du Cameroun sur la même plante [16].

3-5. Efficacités pollinisatrices de *Apis mellifera* et *Meliponula ferruginea*

Le *Tableau 5* récapitule les rendements dans les traitements 3, 4 et 5 (saison sèche) et 3', 4' et 5' (saison des pluies). Il en ressort que les taux de fructification dans ces traitements étaient respectivement de 92,08 %, 95,00 % et 88,00 % pour la saison sèche et de 88,12 %, 92,50 % et 96,00 % respectivement pour les traitements de la saison des pluies. La comparaison entre ces taux de fructification montre une différence non significative ($\chi^2 = 3,15$; $ddl = 4$; $P > 0,05$). Les fleurs issues des traitements ayant reçu une visite unique d'abeille étudiée (4, 5, 4' et 5') ont produit autant des fruits que les fleurs issues des

traitements témoins (3 et 3'). Les masses moyennes des fruits dans ces traitements étaient respectivement de 30,27 ; 47,77 et 41,41 pour la saison sèche et de 24,37 ; 46,65 et 45,31 pour la saison des pluies. La comparaison entre les masses des fruits des trois traitements montre une différence hautement significative ($F = 38,27$; $ddl = 287$; $P < 0,001$). Les comparaisons deux à deux entre les différents traitements montrent des différences hautement significatives entre les traitements 3 et 4 ($t = 8,17$; $ddl = 129$; $P < 0,001$), les traitements 3 et 5 ($t = 4,24$; $ddl = 113$; $P < 0,001$) et une différence non significative entre les traitements 4' et 5' ($t = 1,73$; $ddl = 109$; $P > 0,05$). Pour la saison des pluies, ces comparaisons montrent des différences hautement significatives entre les traitements 3' et 4' ($t = 10,81$; $ddl = 109$; $P < 0,001$), les traitements 3' et 5' ($t = 7,43$; $ddl = 96$; $P < 0,001$) et une différence non significative entre les traitements 4' et 5' ($t = 0,63$; $P > 0,05$). Le nombre moyen de graines par fruit dans les trois traitements pour la saison sèche étaient respectivement de 323,17 ; 377,95 et 339 et pour la saison des pluies de 172,71 ; 369,78 et 368,60. Les comparaisons entre les nombres moyens de graines par fruit des trois traitements montrent une différence hautement significative ($F = 31,59$; $ddl = 483$; $P < 0,001$). Les comparaisons deux à deux du nombre de graines pour la saison sèche montrent des différences hautement significatives entre les traitements 3 et 4 ($t = 7,77$; $ddl = 139$; $P < 0,001$), les traitements 3 et 5 ($t = 4,11$; $ddl = 124$; $P < 0,001$) et une différence non significative entre les traitements 4 et 5 ($t = 1,29$; $ddl = 58$; $P > 0,05$). Les comparaisons pour la saison des pluies, montrent des différences hautement significatives entre les traitements 3' et 4' ($t = 12,40$; $ddl = 109$; $P < 0,001$), les traitements 3' et 5' ($t = 9,42$; $ddl = 96$; $P < 0,001$) et une différence non significative entre les traitements 4' et 5' ($t = 0,11$; $ddl = 58$; $P > 0,05$). Les pourcentages moyens des graines normales par fruit étaient de 29,26 %, 40,06 %, 38,35 %, 42,47 % ; 39,83 % et 36,92 % respectivement pour les traitements 3, 4, 5, 3', 4' et 5'. La comparaison entre ces pourcentages moyens des graines normales montre une différence non significative ($\chi^2 = 1,79$; $ddl = 4$; $P > 0,05$). Les différences significatives observées pour la masse moyenne des fruits et le pourcentage moyen des graines normales des traitements 3 et 4, 3 et 5, 3' et 4', 3' et 5' montrent que la visite unique de chacune des abeilles étudiées a influencé positivement la masse et le nombre de graines des fruits produits. Les différences non significatives entre les traitements 4 et 5, 4' et 5' prouvent que ces deux abeilles ont approximativement la même efficacité pollinisatrice. Ces résultats corroborent avec ceux des travaux menés sur la même plante en Indonésie, au Kenya et en Malaisie qui ont montré que les abeilles sans dard et les abeilles mellifères étaient des pollinisateurs de cette dernière [13 - 15].

Tableau 5 : Taux de fructification, masse des fruits, nombre de graines par fruit de *Capsicum annum* dans les différents traitements pour les deux saisons

Saisons	Traitements	NFE	NFF	Tf (%)	MF (gramme)			NGF		%G _n
					n	m	s	m	s	
sèche	3	101	93	92,08	93	30,28	9,79	240,30	89,52	29,26
	4	40	38	95,00	38	47,77	11,63	377,95	96,22	40,06
	5	25	22	88,00	22	41,41	16,29	339,00	132,45	38,35
des pluies	3'	101	89	88,12	74	24,37	13,03	172,71	97,98	42,47
	4'	40	37	92,50	37	46,65	8,50	369,78	67,37	39,83
	5'	25	24	96,00	24	45,31	7,22	368,60	41,74	36,92

NFE : Nombre de fleurs épanouies ; *NFF* : nombre de fruits formés ; *Tf* : Taux de fructification ; *MF* : Masse moyenne des fruits ; *NGF* : nombre moyen de graines par fruit ; %G_n : Pourcentage de graines normales ; *n* = effectif ; *m* : moyenne ; *s* : écart-type.

Les contributions numériques de *A. mellifera* dans l'augmentation de la masse des fruits et la formation des graines normales pour la saison sèche étaient respectivement de 36,61 % et 26,96 %. Celles de *M. ferruginea* pour ces mêmes paramètres étaient respectivement de 26,87% et 23,70%. Les comparaisons de l'efficacité pollinisatrice de *A. mellifera* et *M. ferruginea* pour cette saison montrent une différence non significative pour l'augmentation de la masse des fruits ($\chi^2 = 2,19$; $ddl = 1$; $P > 0,05$) et le nombre de graines normales ($\chi^2 = 0,28$; $ddl = 1$; $P > 0,05$). Pour la saison des pluies, les contributions numériques de *A. mellifera* dans l'augmentation de la masse des fruits et la formation des graines normales pour la saison sèche étaient respectivement de 47,76 % et 6,63 %. La contribution moyenne de *A. mellifera* dans l'augmentation de la masse des fruits était de 27,20 %. Les contributions numériques de *M. ferruginea* dans l'augmentation de la masse des fruits et la formation des graines normales pour la saison sèche étaient respectivement de 46,21 % et 15,03 %. La contribution moyenne de *M. ferruginea* dans l'augmentation de la masse des fruits était de 30,62 %. Les comparaisons de l'efficacité pollinisatrice de *A. mellifera* et *M. ferruginea* pour la saison de pluies montrent une différence non significative pour la masse des fruits ($\chi^2 = 0,05$; $ddl = 1$; $P > 0,05$) et le nombre de graines normales ($\chi^2 = 3,65$; $ddl = 1$; $P > 0,05$). La comparaison entre les contributions numériques de *M. ferruginea* et *A. mellifera* montrent une différence non significative, ceci voudrait dire qu'une visite unique de chacune de deux espèces d'abeilles sur la fleur de *C. annuum* a la même valeur en termes d'efficacité pollinisatrice. Ces résultats corroborent avec ceux des travaux menés sur la même plante en Indonésie, au Kenya et en Malaisie qui ont montré que les abeilles sans dard et les abeilles mellifères étaient des pollinisateurs de cette dernière [13 - 15].

4. Conclusion

A Dschang (Cameroun), cinq et deux espèces d'insectes ont visité les fleurs de *Capsicum annuum* respectivement pendant la saison sèche et la saison des pluies. Parmi ces insectes, *Apis mellifera* est le plus fréquent avec 34,88 % de visites, suivi de *Meliponula ferruginea* avec 34,69 % de visites. Ces abeilles butinaient de 8h à 17h avec un pic d'activité situé entre 12h et 13h pendant la saison sèche et 10h-11h pendant la saison des pluies. Les fleurs de *C. annuum* avaient une forte attractivité vis-à-vis de *A. mellifera* et de *M. ferruginea* ce qui fait d'elle une plante apicole et meliponicole fortement pollinifère. Les efficacités pollinisatrices de *A. mellifera* et *M. ferruginea* sur la plante montrent que leurs activités de butinage ont contribué à l'augmentation de la fructification, du nombre graine et du pourcentage des graines normales. Il serait nécessaire d'installer les colonies de *A. mellifera* et *M. ferruginea* à côté des champs de poivron, pour accroître les rendements fruitiers et grainiers de cette plante.

Références

- [1] - V. J. DZOKOU, N. L. FOFÉ, A. YAUBA, L. D. B. OYONO, J. L. TAMESSE, Entomofauna of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in Menoua division, Western Cameroon, *Acta Entomology and Zoology*, 2 (1) (2021) 05 - 11
- [2] - K. H. KRAFT, C. H. BROWN, G. P. NABHAN and P. GEPTS, Multiples lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico, *National academy of Sciences*, 111 (17) (2014) 6165 - 6170
- [3] - M. R. LAIZZO, A. PUGLIESE, M. BONESI, F. MENICHINI and R. TUNDIS, Evaluation of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense*, *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers, *Food Science Technology*, 64 (2) (2015) 623 - 631

- [4] - K. C. KOUASSI et R.-N. KOFFI, Evaluation de la connaissance et utilisation des variétés de piment (*Capsicum*) cultivées en Côte d'Ivoire, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (1) (2012) 175 - 185
- [5] - A. C. KOFFI, R.-N. KOFFI, K. C. KOUASSI, Y. LOUKOU, Activité des extraits de six variétés de piment (*Capsicum*) utilisés en Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, 82 (2014) 7379 - 7388
- [6] - S. KRISHNAPURA, Biological activities of red pepper (*Capsicum annuum*) and its Purgent principle capsaicin, *Food Science and Nutrition*, 56 (9) (2016) 1488 - 1500
- [7] - A. K. FARHAN, T. MAHMMOOD, M. ALI, A. SAEED & A. MAALIK, Pharmacological importance of an ethnobotanical plant : *Capsicum annuum* L., *Natural Product Research*, 28 (16) (2014) 1267 - 1274
- [8] - A. GARANE, S. KOUSSAO, J. NIKIEMA, M. TRAORE and M. SAWADOGO, Évaluation agro-morphologique de quelques variétés de poivron ou piment doux (*Capsicum annuum* L) au nord du Burkina Faso, *Journal of Applied Biosciences*, 130 (2018) 13245 - 13257
- [9] - G. M. S. TOUKAM, Diversité de *Ralstonia Solanacearum* au Cameroun et bases génétiques de la résistance chez le piment (*Capsicum annuum*) et les Solanacées. Thèse de Doctorat en Science : Biologie/Génétique Evolutive et d'amélioration des plantes. *Institut des Sciences et industries du vivant et de l'environnement*, Paris, (2010) 191 p.
- [10] - MINADER, Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2009 & 2010. *Direction des Enquêtes et Statistiques*, AGRI-STAT CAMEROUN, 16 (2012) 98 p.
- [11] - J. B. PANDO, D. DJONGWANGWÉ, M. O BALTI, F. F-N TCHUENGUEM. & J. L. TAMESSE, Diversité des insectes floricoles de *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae) et leur impact sur les rendements fruitier et grainier à Maroua-Cameroun. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 43 (1) (2020) 7350 - 7365
- [12] - R. ANTHONY, Foraging Behaviour of Wild Bees at Hot Pepper Flowers (*Capsicum annuum*) and its Possible Influence on Cross Pollination, *Annals of Botany*, 85 (2000) 487 - 492
- [13] - R. E. PUTRA, A. D. PERMANA and I. KINASIH, Application of Asiatic Honey Bees (*Apis cerana*) and Stingless Bees (*Trigona laeviceps*) as Pollinator Agents of Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) at Local Indonesia Farm System, *Hindawi Publishing Corporation*, 687979 (2014) 5 p.
- [14] - N. KIATOKO, S. K. RAINA, E. MULLI and J. MUEKE, Enhancement of fruit quality in *Capsicum annuum* through pollination by *Hypotrigona gribodoi* in Kakamega, Western Kenya. *Entomological Science*, 17 (1) (2014) 106 - 110
- [15] - A. A. WAHIZATUL AFZAN AZMI, C. T. SENG and N. S. SOLIHIN, Pollination efficiency of the stingless bee, *Heterotrigona itama* (Hymenoptera: Apidae) on Chili (*Capsicum annuum*) in greenhouse, *Journal of Tropical Plant Physiology*, 8 (2016) 1 - 11
- [16] - J. B. PANDO, D. DJONWANGWÉ, N. E. O. ATIBITA, O. B. MOUDELSIA, F.F.-N. TCHUENGUEM, J. L. TAMESSE, Importance de visites florales des insectes sur les rendements fruitier et grainier de *Capsicum annuum* (Solanaceae) à l'Ouest-Cameroun, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 54 (1) (2022) 9832 - 9857
- [17] - M. T. M. NJOYA, R. A. SEINO, D. WITTMANN, T. KENNETH, Nest architecture and colony of *Meliponula bocandei* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) in Cameroon, *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 5 (6) (2019) 274 - 279
- [18] - Communes et Villes Unies du Cameroun. *Carte communale de l'Ouest*: Dschang, (2014)
- [19] - J. B. PANDO, F. F.-N. TCHUENGUEM, D. DJONWANGWE, J. L. TAMESSE, The importance of single floral visit of *Chalicodoma cincta cincta* Fabricius 1871 (Hymenoptera: Megachilidae) in the pollination and yield of *Vigna unguiculata* (L.) Walp.1843 (Fabaceae) in Cameroon. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4 (4) (2014) 179 - 187
- [20] - F. F.-N. TCHUENGUEM, J. B. PANDO and J. L. TAMESSE, Pollination efficiency of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera : Apidae) on *Cajanus cajan* (Fabaceae) flowers at Yaounde, Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science*, 33 (2014) 138 - 148

- [21] - D. DJONWANGWE, F. F.-N. TCHUENGUEM J. MESSI, Foraging and pollination activities of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera : Apidae) on *Xymenia americana* (Olacaceae) flowers at Ngaoundere (Cameroon). *International Research Journal of Plant*, 2 (6) (2011a) 170 - 178
- [22] - E. M. AZO'O, J. MESSI, Yields responses of *Cucumeropsis mannii* (Cucurbitaceae) to the presence or absence of the insect foraging activity at Nkolbisson in Cameroon. *Journal of Animals and Plant Sciences*, 13 (3) (2012) 1791 - 1799
- [23] - F. F.-N. TCHUENGUEM, A. NGAOU & B. S. KEGNI, Pollination and yields responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp) to the foraging activity of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera : Apidae) at Ngaoundéré (Cameroon). *African Journal of Biotechnology*, 8 (2009) 1988 - 1996
- [24] - J. B. PANDO, F. F.-N. TCHUENGUEM, J. L. TAMESSE, Activité de butinage et de pollinisation de *Xylocopa olivacea* Fabricius 1787 (Hymenoptera : Apidae) sur les fleurs de *Vigna unguiculata* (L.) walp. 1843 (Fabraceae) à Yaoundé-Cameroun. *Entomologie faunistique*, 66 (2013) 47 - 59
- [25] - D. DJONWANGWE, F. F.-N. TCHUENGUEM, J. MESSI, D. BRÜCKNER, Impact de l'activité de butinage de *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) sur la pollinisation et la chute des jeunes fruits du karité *Vitellaria paradoxa* (Sapotaceae) à Ngaoundéré (Cameroon). *International Journal of Biological and chemical Sciences*, 5 (4) (2011b) 1538 - 1551
- [26] - S. T. FAMENI, E. FAIBAWA, J. A. MEDJIDO et F. F. —F. 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
- [27] - B. B. DIGUIR, J. B. PANDO, T. S. FAMENI & 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
- [28] - L. FORTEL, Écologie et conservation des abeilles sauvages le long d'un gradient d'urbanisation. Thèse de doctorat, *Université d'Avignon*, France, (2014) 165 p.
- [29] - D. D. O. CRUZ, B. M. FREITAS, L. A. D. SILVA, E. M. S. D. SILVA and I. G. A. BOMFIM, "Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper," *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40 (12) (2005) 1197 - 1201
- [30] - J. B. PANDO, D. DJONWANGWÉ, O. B. MOUDELSIA, F. F.-N TCHUENGUEM and J. L. TAMESSE, Insect pollinators and productivity of soybean [*Glycine max* (L.) Merr. 1917] at Maroua, Far North, Cameroon. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 04 (02) (2019) 117 - 129
- [31] - TAIMANGA et F. F.-N. TCHUENGUEM, Diversité des insectes floricoles et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Glycine max* (Fabaceae) à Yassa (Douala-Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (1) (2018) 141 - 156
- [32] - D. DJONWANGWE, J. B. PANDO, B. S. KAMENI, 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