

# Impacts d'une visite florale de deux Mégachiles sur les fleurs de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. 1900 (Fabaceae) à Meskine (Maroua, Cameroun)

Fameni Topé Sidonie\*<sup>1</sup>, Toulouk Evele Joël<sup>1</sup>, Mamoudou Jean<sup>1</sup>, Azo'o Ela Michelson<sup>1</sup>, Pando Joseph Blaise<sup>2</sup> et Tchuenguem Fohouo Fernand-Nestor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Maroua, B.P. 814, Maroua, Cameroun.

<sup>2</sup>Département des Sciences de la Vie et de la Terre, École Normale Supérieure, Université de Maroua, B.P. 46, Maroua, Cameroun.

<sup>3</sup>Laboratoire de Zoologie Appliquée, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, B.P. 454, Ngaoundéré, Cameroun.

\*Auteur correspondant, e-mail : [sidofameni@gmail.com](mailto:sidofameni@gmail.com) , Tel. : (+237)697438668

**Mots clés :** *Chalicodoma rufipes*, *Megachile bituberculata*, *Cajanus cajan*, pollinisation, production, Meskine.

**Key words :** *Chalicodoma rufipes*, *Megachile bituberculata*, *Cajanus cajan*, pollination, production, Meskine

Submitted 12/06/2023, Published online on 31/08/2023 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

## 1 RÉSUMÉ

Afin d'évaluer l'impact d'une visite florale de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* (Hymenoptera : Megachilidae) sur la production de *Cajanus cajan* (Fabaceae), les activités de butinage et de pollinisation des fleurs par ces deux abeilles-ont été étudiées de juin à décembre 2021 et 2022 à Meskine. Les essais ont porté sur cinq traitements : les deux premiers traitements différenciés par la présence ou l'absence de protection des fleurs vis-à-vis des insectes floricoles ; les trois autres constitués des fleurs destinées à la visite exclusive de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* ou ouvertes puis protégées de nouveau, sans visite d'insecte ou de tout autre organisme. L'activité de butinage de chaque abeille a été étudiée. L'efficacité pollinisatrice d'une visite florale de chaque abeille basée sur le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage de graines normales a été évaluée. Les résultats montrent que chacune des abeilles récoltait intensément le nectar et faiblement le pollen toute la journée, avec une forte activité en matinée. Par le biais de l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale, *Ch. rufipes* a augmenté le taux de fructification de 57,50 %, le pourcentage du nombre moyen de graines par gousse de 1,70 % et le pourcentage de graines normales de 16,45 %. Les valeurs correspondantes chez *M. bituberculata* sont de 50,01 %, 11,93 % et 9,89 % respectivement. Le maintien et l'aménagement des sites de nidification de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* autour des champs de cette légumineuse sont conseillés pour améliorer ses productions fruitières et grainières.

## ABSTRACT

To assess the impact of a single flower visit of *Chalicodoma rufipes* and *Megachile bituberculata* (Hymenoptera: Megachilidae) on the production of *Cajanus cajan* (Fabaceae), their foraging and pollination activities were studied from June to December 2021 and 2022 at Meskine (Maroua, Cameroun). Experiments involved five treatments. The first two treatments were differentiated by the presence or absence of protection of the flowers from flower-feeding insects; the other three consisted of flowers that were visited exclusively by *Ch.*

*rufipes* and *M. bituberculata* or opened and then protected again, with no visits from insects or any other organism.. The foraging activity of each bee was studied. The pollination efficiency of a single floral visit by each bee based on the fruiting rate, the average number of seeds per fruit and the percentage of normal seeds was evaluated. Results showed that each of the bees collected nectar intensively and pollen sparingly throughout the day, with a high level of activity in the morning. In terms of the pollination efficiency of a single floral visit, *Ch. rufipes* increased the fruiting rate by 57.50%, the average number of seeds per pod by 1.70% and the percentage of normal seeds by 16.45%. The corresponding figures for *M. bituberculata* are 50.01%, 11.93% and 9.89% respectively. The maintenance and development of nesting sites for the *Ch. rufipes* and *M. bituberculata* around the leguminous fields are recommended to improve its fruit and seed productions.

## 2 INTRODUCTION

Les légumineuses sont une source importante de protéines végétales dans les pays en développement (FAO, 2014). *Cajanus cajan* ou pois d'Angole est l'une des légumineuses très peu cultivée et consommée au Cameroun. On la trouve dans les régions tropicales et subtropicales (Saxena et al., 2002). C'est une espèce de plante vivace, originaire d'Asie. Ses graines contiennent plus de minéraux, de matières grasses, des vitamines A et C que les pois ordinaires (Madeley, 1995). En Afrique, les gousses vertes et les graines sont les formes les plus utilisées, bien que les graines sèches soient les plus prisées (Damaris, 2007). Le pois cajan est aussi largement utilisé comme fourrage et aliments pour le bétail (Rao et al., 2002). Au Cameroun, *C. cajan* est cultivé comme légume (Pando et al., 2011) et on rencontre quelques plants isolés un peu partout dans le pays, perdus dans les haies et sans valeur économique (Niyonkuru, 2002). Les fleurs de *C. cajan* ont des corolles brillantes et produisent du nectar et du pollen qui attirent les insectes (Sarah et al., 2010). *C. cajan* est majoritairement autogame avec un taux d'allogamie dépassant les 20 % (Sarah et al., 2010). De par le monde, les relations entre *C. cajan* et les insectes floricoles ont été étudiées. En Inde, Williams (1977) et Ichpal et al. (2017) ont rapporté que les Mégachiles étaient les pollinisateurs les plus prépondérants du pois d'Angole. Martins (2013) en Tanzanie et Otieno (2013) au Kenya ont souligné que les abeilles charpentières et les abeilles coupeuses de feuilles récoltent le pollen et le nectar de *C. cajan*.

Au Cameroun, à notre connaissance, les données publiées sur *C. cajan* concernent les travaux de Pando et al. (2011) et Tchuenguem et al. (2014) à Yaoundé sur l'activité de butinage et de pollinisation de *Chalicodoma cincta cincta* et *Xylocopa olivacea*, respectivement ; ceux de Mazi et al. (2014) et Zra et al. (2020) à Ngaoundéré sur *Chalicodoma rufipes* et *Dactylurina standingeri*, respectivement, puis les études de Pando et al. (2018) sur la diversité des insectes floricoles de *C. cajan* et Balti et al. (2019) sur l'efficacité pollinisatrice de *M. bituberculata* à Maroua. Cependant, l'efficacité d'une visite florale de *Ch. rufipes* et celle de *M. bituberculata* n'a jamais fait l'objet d'étude à Meskine, une des Zones agroécologiques de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun. Par ailleurs, au Cameroun, la quantité de *C. cajan* à la disposition des consommateurs est très faible alors que la demande en gousses et en graines est élevée (Balti et al., 2019). De plus, d'après Roubik (2000), la diversité et l'abondance de l'entomofaune pollinisatrice d'une plante peuvent varier dans le temps et dans l'espace. D'où la nécessité de mener des études supplémentaires sur la relation entre *Ch. rufipes* et *C. cajan* d'une part et *M. bituberculata* et *C. cajan* d'autre part à Maroua pour compléter les données existantes.

Le présent travail est une contribution à la maîtrise des relations entre *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* et les fleurs de *C. cajan* pour leur gestion optimale. Il vise quatre objectifs spécifiques : (a) déterminer la place de *Ch. rufipes*

et celle de *M. bituberculata* dans l'entomofaune floricole de *C. cajan* ; (b) étudier l'activité de butinage de *Ch. rufipes* et celle de *M. bituberculata* sur les fleurs de cette plante; (c) évaluer l'impact de ces deux Mégachiles sur la pollinisation et les

rendements en fruits et en graines de cette Fabaceae ; (d) évaluer l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale de *Ch. rufipes* d'une part et de celle de *M. bituberculata* d'autre part sur *C. cajan*.

### 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

**3.1 Site et période d'étude et matériel biologique :** Les travaux de terrain ont été effectués de juin à décembre en 2021 et 2022 à l'IRAD de Meskine (latitude : 10°32'26" N ; longitude : 14°14'53" E ; altitude : 410 m), arrondissement de Maroua 1<sup>er</sup>, région de l'Extrême-Nord Cameroun, sur un champ rectangulaire de 23 m de long sur 19 m de large, soit une superficie de 437 m<sup>2</sup>. La région de l'Extrême-Nord appartient au climat du type soudano-sahélien avec des températures relativement basses de décembre à février et très élevées en mars et avril. Elle est marquée par 8 mois de sécheresse contre 4 mois de pluies. L'hygrométrie est très faible en mars et avril et augmente dès l'arrivée des pluies (Wambo et al., 2003). Les précipitations annuelles varient de 400 à 900 mm (630 mm à Kousseri) et parfois d'une année à une autre. Le matériel végétal était constitué des graines de *C. cajan* acquis à l'IRAD de Maroua. La majorité des insectes observés sur les fleurs de *C. cajan* se recrutaient parmi ceux naturellement présents dans l'environnement du site expérimental.

### 3.2 Semis et entretien de la culture

***Cajanus cajan* :** Le 04 juillet 2021 et le 24 juillet 2022, le semis a été fait sur une parcelle expérimentale préalablement 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. Les graines ont été semées sur six lignes à raison de trois par poquet et 16 poquets par ligne. L'espacement était de 50 cm sur les lignes et 70 cm entre les lignes. De la germination (survenue le 09 juillet 2021 et le 29 juillet 2022) à l'épanouissement de la première fleur (le 18 novembre 2021 et le 29 novembre 2022), le champ a été régulièrement sarclé à la houe toutes les deux semaines. Deux semaines après la levée (le 09 juillet 2021 et le 13 août 2022), le démariage a été effectué et deux plants les plus vigoureux ont été laissés par poquet. La figure 1 présente une vue partielle du champ expérimental 81 jours après le semis de *C. cajan* à Meskine.



**Figure 1 :** Vue partielle du champ expérimental 81 jours après le semis de *Cajanus cajan* à Meskine.

**3.3 Détermination du mode de reproduction de *Cajanus cajan* :** Le 17 novembre 2021 ainsi que le 04 décembre 2022,

200 boutons floraux ont été étiquetés sur 100 pieds de *C. cajan*, et deux traitements ont été constitués (Figure 2A et 2B) :

- traitement 1 (2021) ou 1' (2022) : 100 boutons floraux non protégés (Figure 2A) et sur lesquels aucune capture d'insectes n'a été faite ;

- traitement 2 (2021) ou 2' (2022) : 100 boutons floraux protégés des insectes à l'aide des sachets en toile gaze (Figure 2B).



**Figure 2** : Portion d'un pied de *Cajanus cajan* montrant un bouton floral étiqueté et non protégé (A) et protégé à l'aide d'un sachet en toile gaze (B).

Pour chaque traitement, l'indice de fructification ( $Ifr$ ) a été calculé selon la formule ci-après :

$Ifr = \left(\frac{b}{a}\right)$  (1), où  $b$  est le nombre de gousses formées et  $a$  le nombre de fleurs initialement portées (Tchuenguem *et al.*, 2001). La différence entre les indices de fructification des deux traitements nous a permis de calculer les taux d'allogamie ( $TC$ ) et d'autogamie ( $TA$ ), selon les formules ci-après :  $TC = \left[\frac{Ifr1 - Ifr2}{Ifr1}\right] * 100$  (2), où  $Ifr1$  et  $Ifr2$  sont respectivement les indices de fructification dans les traitements 1 et 2 ;  $TA = [100 - TC]$  (3), (Demarly, 1977).

**3.4 Détermination de la place de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* dans l'entomofaune floricole de *Cajanus cajan* :** Du 18 novembre au 05 décembre 2021 et du 05 au 19 décembre 2022, les observations ont été faites tous les jours, sur les fleurs du traitement 1 et 1' respectivement, pendant six tranches horaires journalières : 6h - 7h, 8h - 9h, 10h - 11h, 12h - 13h, 14h - 15h et 16h - 17h. Les différents insectes rencontrés sur les fleurs épanouies étaient comptés. Les insectes n'ayant pas été marqués, les résultats cumulés ont été exprimés par le nombre de visites (Tchuenguem, 2005). Les données obtenues ont permis de déterminer la fréquence des visites de l'insecte  $i$  ( $Fi$ ) sur les fleurs de *C. cajan*. Pour

chaque année d'investigation,  $Fi = \left(\frac{Vi}{VI}\right) * 100$  (4), où  $Vi$  est le nombre de visites de l'insecte  $i$  sur les fleurs du traitement aux fleurs laissées en libre pollinisation et  $VI$  le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs (Tchuenguem *et al.* 2001). Les données sur la fréquence relative des visites des différents insectes anthophiles recensés ont permis de déterminer la place de *Ch. rufipes* et celle de *M. bituberculata* dans l'entomofaune floricole de *C. cajan* (Tchuenguem, 2005).

**3.5 Étude de l'activité de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* :** S'agissant du produit floral, il était question de noter si sur une fleur chacune des deux abeilles récoltait 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 (Tchuenguem, 2005). Les Megachilidae récoltent et transportent le pollen à l'aide des brosses ventrales situées sous leur abdomen (Borror & White, 1991). Les produits floraux récoltés étaient automatiquement notés lors de l'enregistrement de la durée des visites par fleur, par un signe distinctif sur la durée correspondante (Tchuenguem, 2005). Les

abondances (plus grand nombre d'individus de *Ch. rufipes* ou de *M. bituberculata* simultanément en activité) par fleur et par 1000 fleurs ont été enregistrées aux mêmes dates que la fréquence des visites et selon six tranches horaires (7h - 8h, 9h - 10h, 11h - 12h, 13h- 14h, 15h - 16h et 17h- 18h), à raison d'au moins cinq valeurs par tranche horaire et pour chaque abeille. Les abondances par fleur ont été enregistrées à la suite des comptages directs. Pour l'abondance par 1000 fleurs ( $A_{1000}$ ), les insectes ont été comptés sur un nombre connu des fleurs épanouies. Pour chaque année,  $A_{1000} = \left[ \left( \frac{Ax}{Fx} \right) * 1000 \right]$  (5), où  $Fx$  et  $Ax$  sont respectivement le nombre de fleurs épanouies et le nombre de *Ch. rufipes* ou de *M. bituberculata* effectivement comptés sur ces fleurs (Tchuenguem, 2005). Les durées de visites par fleur qui est le temps que met un insecte pour prélever un produit (pollen et / ou nectar) sur une fleur ont été enregistrées aux mêmes dates et périodes journalières que les abondances des butineuses (Tchuenguem, 2005).

La vitesse de butinage (nombre de fleurs visitées par minute) a été chronométrée aux mêmes dates et périodes journalières que pour les durées. Ce paramètre a été calculé à l'aide de la formule suivante :  $Vb = \left( \frac{Fi}{di} \right) * 60$  (6), où  $di$  la durée donnée par le chronomètre (en seconde) et  $Fi$  est le nombre de fleur correspondant à  $di$  (Tchuenguem, 2005).

**3.6 Évaluation de l'impact de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur la pollinisation de *Cajanus cajan* :** 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 qu'un insecte rentre en contact avec le stigmate de la fleur visitée, c'est ce que Jacob-Remacle (1989) a appelé « Visite effective ». Ceci permettait de mettre en évidence les possibilités d'intervention de l'insecte dans l'autopollinisation et la pollinisation croisée comme l'a démontré McGregor (1976).

### 3.7 Évaluation de l'impact des insectes floricoles dont *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les rendements de *Cajanus cajan* :

Pour cette évaluation, parallèlement à la mise en place des traitements 1 et 2 (2021) ou 1' et 2' (2022), 135 fleurs portés par 45 plantes, au stade bouton ont été étiquetées et trois autres traitements constitués :

- traitement 3 (2021) ou 3' (2022) : 45 boutons floraux étiquetés et protégés des insectes, puis découverts, destinés à recevoir chacun une visite de *Ch. rufipes* avant d'être à nouveau protégés (Kingha et al., 2021) ;

- traitement 4 (2021) ou 4' (2022) : 45 boutons floraux étiquetés et protégés des insectes, puis découverts destinés à recevoir chacun une visite de *M. bituberculata* avant d'être à nouveau protégés (Kingha et al., 2021). Dans chacun de ces deux traitements, dès l'épanouissement de chaque fleur, la toile gaze était délicatement enlevée, pendant la période journalière d'activité optimale (8 h - 9 h pour *Ch. rufipes* et 10 h- 11 h pour *M. bituberculata*) des butineurs et la fleur non protégée observée pendant une à dix minutes, pour noter la visite éventuelle par une de ces abeilles ; après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée. Les fleurs qui n'ont pas été visitées, étaient comptées parmi celles du traitement 5 (2021) ou 5' (2022) (Kingha et al., 2021) ;

- traitement 5 (2021) ou 5' (2022) : 45 boutons floraux étiquetés et protégés des insectes, puis découverts et à nouveau protégés sans visite d'insectes 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 cinq à dix minutes, en évitant la visite par ces abeilles ou tout autre organisme ; après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée (Kingha et al., 2021). Le traitement 5 ou 5' permettent d'annuler tout effet de la manipulation manuelle sur la pollinisation.

L'évaluation de l'impact des insectes floricoles dont *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* sur les rendements était basée sur la comparaison des rendements fruitiers et grainiers du traitement

aux fleurs non protégées des insectes à ceux du traitement aux fleurs protégées de ces arthropodes (Tchuenguem *et al.*, 2001). En 2021, le taux de fructification (*Fri*) dû aux insectes floricoles a été calculé à l'aide de la formule suivante (Diguir *et al.*, 2020) :

$$Fri = \left[ \frac{F1-F5}{F1+F2-F5} \right] * 100 \quad (7), \text{ où } F1, F2 \text{ et } F5$$

sont le taux de fructification dans les traitements 1, 2 et 5 respectivement. En 2022, le taux de fructification (*Fri*) dû aux insectes floricoles a été calculé de la même manière. Pour un traitement, le taux de fructification est calculé à l'aide de la formule suivante :  $F = \left( \frac{b}{a} \right) * 100$  (8), où *b* est le nombre de fruits formés et *a* le nombre de fleurs initialement présentes (Tchuenguem *et al.*, 2001). 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.

**3.8 Estimation de l'efficacité pollinisatrice d'une visite florale de *Chalicodoma rufipes* ou de *Megachile bituberculata* sur les rendements de *Cajanus cajan* :** La contribution de *Ch. rufipes* ou *M. bituberculata* dans le taux de fructification, le nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage des graines normales a été calculée

en utilisant les données des traitements 3, 5, 3' et 5' (Efficacité pollinisatrice d'une visite de *Ch. rufipes*) puis celles des traitements 4, 5, 4' et 5' (Efficacité pollinisatrice d'une visite de *M. bituberculata*) (Diguir *et al.*, 2020).

Pour chaque année, le taux de fructification dû à *Ch. rufipes* (*Fr<sub>x</sub>*) a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Fr_x = \left[ \frac{F3-F5}{F3} \right] * 100 \quad (9), \text{ où } F3 \text{ et } F5 \text{ sont les}$$

taux de fructifications dans les traitements 3 et 5 respectivement (Diguir *et al.*, 2020).

Le taux de fructification dû à *M. bituberculata* a été calculé de la même manière. Le nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage des graines normales dus à l'activité de *Ch. rufipes* ou *M. bituberculata* ont été calculés de la même façon que pour le taux de fructification (Diguir *et al.*, 2020).

**3.9 Analyse des données :** L'analyse des données a été faite à l'aide de la statistique descriptive (calcul des moyennes, écart - types et pourcentages), du test-*t* de Student pour la comparaison des moyennes, de l'ANOVA (*F*) pour la comparaison de plus de deux moyennes, du Khi-carré ( $\chi^2$ ) pour la comparaison des pourcentages et du coefficient de corrélation de Pearson (*r*) pour l'étude des relations linéaires entre deux variables. Les logiciels Microsoft Excel 2013 et R 2.13.0 ont été en outre utilisés.

## 4 RESULTAT ET DISCUSSION

**4.1 Mode de reproduction de *Cajanus cajan* :** L'indice de fructification a été de : 0,66 dans le traitement 1 ; 0,14 dans le traitement 2 ; 0,28 dans le traitement 1' ; 0,15 dans le traitement 2'. Ainsi, pour l'année 2021, *TC* = 78,79 % et *TA* = 21,21 %. En 2022, *TC* = 46,43 % et *TA* = 53,57 %. Pour les deux années d'investigation cumulées, *TC* = 62,61 % et *TA* = 37,39 %. Par conséquent, *C. cajan* a un mode de reproduction mixte allogame-autogame avec prédominance de l'allogamie.

**4.2 Place de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* dans l'entomofaune floricole de *Cajanus cajan* :**

En décembre 2021 et 2022, 1322 visites de 30 et 1347 visites de 33 espèces d'insectes ont été recensées sur 100 et 100 fleurs de *C. cajan*. Le tableau 1 présente la liste des insectes recensés sur les fleurs de *C. cajan* avec leurs pourcentages de visites. Il en découle que les Hyménoptères sont majoritaires avec 84,95 % (2021) et 86,49 % (2022) des visites. Par ailleurs, *Ch. rufipes* était l'insecte le plus fréquent suivi de *M. bituberculata*. Pour les deux années cumulées, *Ch. rufipes* avec 22,89 % et *M. bituberculata* avec 18,70 % de l'ensemble de visites, occupent la première et la seconde positions, respectivement.

**Tableau 1** : Insectes recensés sur les fleurs de *Cajanus cajan* à Meskine en 2021 et en 2022, nombre et pourcentage de visites des différents insectes.

Insectes			2021		2022		2021/2022	
Ordre	Famille	Genre et Espèces	$n_1$	$P_1$ (%)	$n_2$	$P_2$ (%)	$n_T$	$P_T$ (%)
Hymenoptera	Apidae	<i>Amegilla</i> sp. 1 (P, N)	20	1,51	15	1,11	35	1,31
		<i>Amegilla</i> sp. 2 (P, N)	52	3,93	34	2,52	86	3,22
		<i>Apis mellifera</i> (P, N)	106	8,02	131	9,73	237	8,88
		<i>Braunsapis</i> sp. (P)	21	1,59	13	0,97	34	1,27
		<i>Ceratina</i> sp. (P, N)	37	2,80	41	3,04	78	2,92
		<i>Xylocopa olivacea</i> (P)	28	2,12	33	2,45	61	2,29
		<i>Xylocopa</i> sp. (P, N)	23	1,74	19	1,41	42	1,57
		(1 sp.) (N)	21	1,59	29	2,15	50	1,87
		Formicidae	<i>Camponotus</i> sp. (N)	10	0,76	11	0,82	21
	Halictidae	<i>Lasioglossum</i> sp. (P, N)	19	1,44	22	1,63	41	1,54
		<b><i>Chalicodoma rufipes</i> (P, N)</b>	<b>309</b>	<b>23,37</b>	<b>302</b>	<b>22,42</b>	<b>611</b>	<b>22,89</b>
	Megachilidae	<i>Chalicodoma cincta</i> (P, N)	25	1,89	16	1,19	41	1,54
		<i>Chalicodoma duponti</i> (P, N)	21	1,59	19	1,41	40	1,50
		<i>Chalicodoma cincta</i> (P, N)	23	1,74	28	2,08	51	1,91
		<i>Chalicodoma</i> sp. (P, N)	23	1,74	31	2,30	54	2,02
		<b><i>Megachile bituberculata</i> (P, N)</b>	<b>232</b>	<b>17,55</b>	<b>267</b>	<b>19,82</b>	<b>499</b>	<b>18,70</b>
		<i>Megachile</i> sp. (P, N)	19	1,44	13	0,97	32	1,20
	Vespidae	<i>Megachile bncephala</i> (P, N)	19	1,44	13	0,97	32	1,20
		<i>Megachile fimbriata</i> (P, N)	23	1,74	17	1,26	40	1,50
		<i>Megachile waterbergensis</i> (P, N)	25	1,89	27	2,00	52	1,95
		<i>Megachile</i> sp. 1 (P, N)	23	1,74	17	1,26	40	1,50
		<i>Megachile</i> sp. 2 (P, N)	16	1,21	18	1,34	34	1,27
		<i>Belonogaster juncea</i> (N)	-	-	06	0,45	06	0,22
(1 sp.) (N)		36	2,72	41	3,04	77	2,88	
(2 sp.) (N)		11	0,83	09	0,67	20	0,75	
(3 sp.) (N)	-	-	06	0,45	06	0,22		
<b>Total Hymenoptera</b>			<b>1123</b>	<b>84,95</b>	<b>1165</b>	<b>86,49</b>	<b>2308</b>	<b>86,47</b>
Diptera	Calliphoridae	<i>Chrysomia chloropyga</i> (N)	13	0,98	07	0,52	20	0,75
	Syrphidae	(1 sp.) (N)	15	1,13	17	1,26	32	1,20
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	-	-	07	0,52	07	0,26
<b>Total Diptera</b>			<b>28</b>	<b>2,12</b>	<b>31</b>	<b>2,30</b>	<b>59</b>	<b>2,21</b>
Lepidoptera	Lycaenidae	(1 sp.) (N)	109	8,25	84	6,24	193	7,23
	Nymphalidae	<i>Acraea acerata</i> (N)	31	2,34	35	2,60	66	2,47
	Pieridae	<i>Catopsilia florella</i> (N)	12	0,91	17	1,26	29	1,09
	Papilionidae	(1 sp.) (N)	16	1,21	07	0,52	33	1,24
<b>Total Lepidoptera</b>			<b>168</b>	<b>12,71</b>	<b>143</b>	<b>10,62</b>	<b>321</b>	<b>12,03</b>
	Scarabaeidae	(1 sp.) (N, P)	03	0,23	08	0,59	11	0,41
<b>Total Coleoptera</b>			<b>03</b>	<b>0,22</b>	<b>08</b>	<b>0,59</b>	<b>11</b>	<b>0,41</b>
<b>Total</b>			<b>1322</b>	<b>100</b>	<b>1347</b>	<b>100</b>	<b>2669</b>	<b>100</b>
			<b>30 espèces</b>		<b>33 espèces</b>		<b>33 espèces</b>	

$n_1$  : nombre de visites sur 100 fleurs en 11 jours ;  $n_2$  : nombre de visites sur 100 fleurs en 12 jours ;  $n_T$  : nombre total de visites pour les deux années ;  $p_1$  ou  $p_2$  : pourcentage des visites = ( $n_1/1322*100$  ou  $n_2/1347*100$ ) ;  $P_T$  : pourcentage total de visites ; sp. : Espèce indéterminée ; N : prélèvement du nectar ; P : récolte du pollen.

### 4.3 Activités de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan*

**4.3.1 Aliments récoltés** : Sur les fleurs de *C. cajan*, *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* prélevaient intensément le nectar et récoltaient faiblement le pollen. Sur 611 visites de *Ch. rufipes*, 503 (soit

82,32 %) étaient destinées au prélèvement du nectar (Figure 3A) et 108 (soit 17,76 %) récolte du pollen. Chez *M. bituberculata*, sur 499 visites

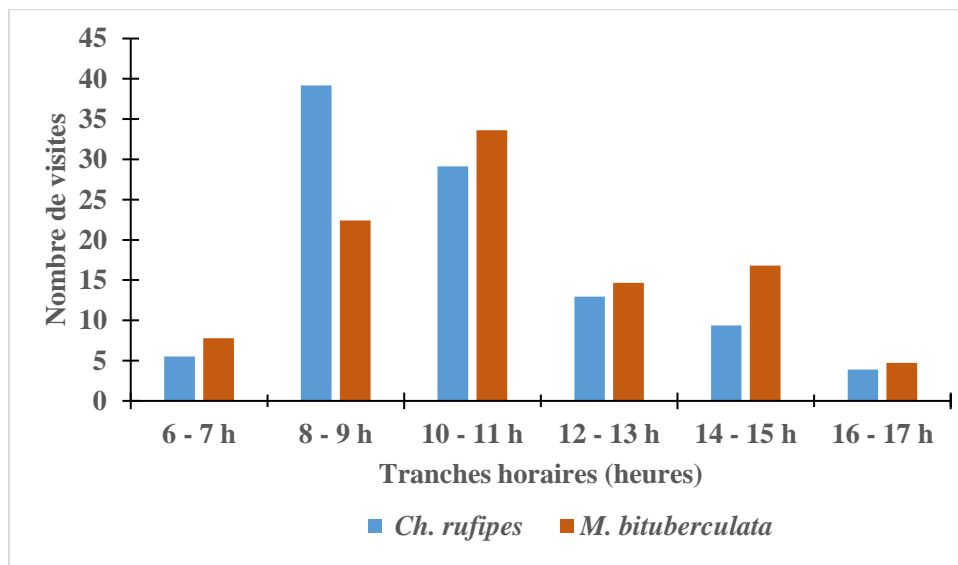
enregistrées, 401 (soit 80,36 %) étaient réservées à la récolte du nectar (Figure 3B) et 98 (soit 19,64 %) au prélèvement du pollen.



**Figure 3** : *Chalicodoma rufipes* (A) et *Megachile bituberculata* (B) en activité de butinage sur les fleurs de *Cajanus cajan*.

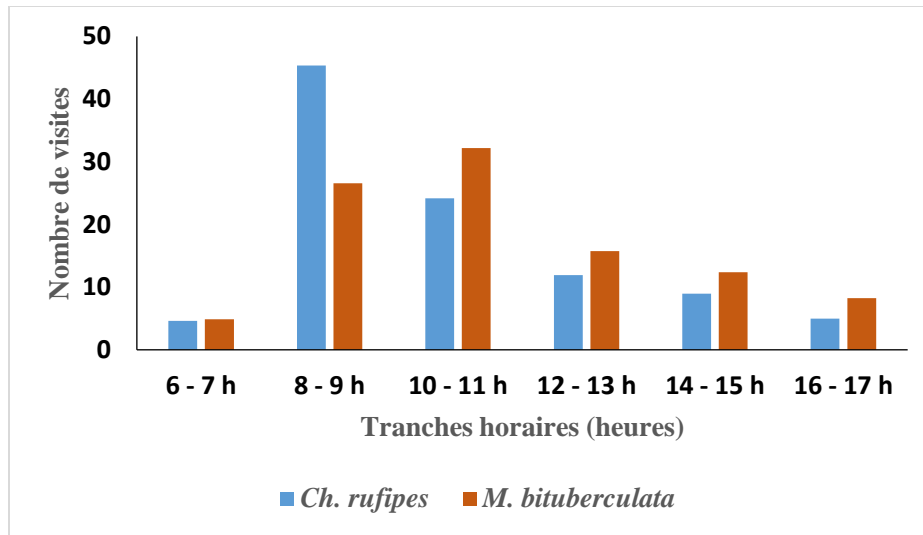
**4.3.2 Rythme des visites en fonction des tranches horaires journalières d'observation :** L'activité de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* sur les fleurs de *C. cajan* (Figure 4 et 5) commençait dès l'aube et se déroulait toute la

journée et était plus abondante dans la première moitié de la journée, avec un pic journalier situé entre 8 h et 9 h chez *Ch. rufipes* et entre 10 h et 11 h chez *M. bituberculata* pendant les deux années d'investigation.



**Figure 4** : Rythme des visites de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* selon les tranches horaires journalières d'observation à Meskine en 2021.

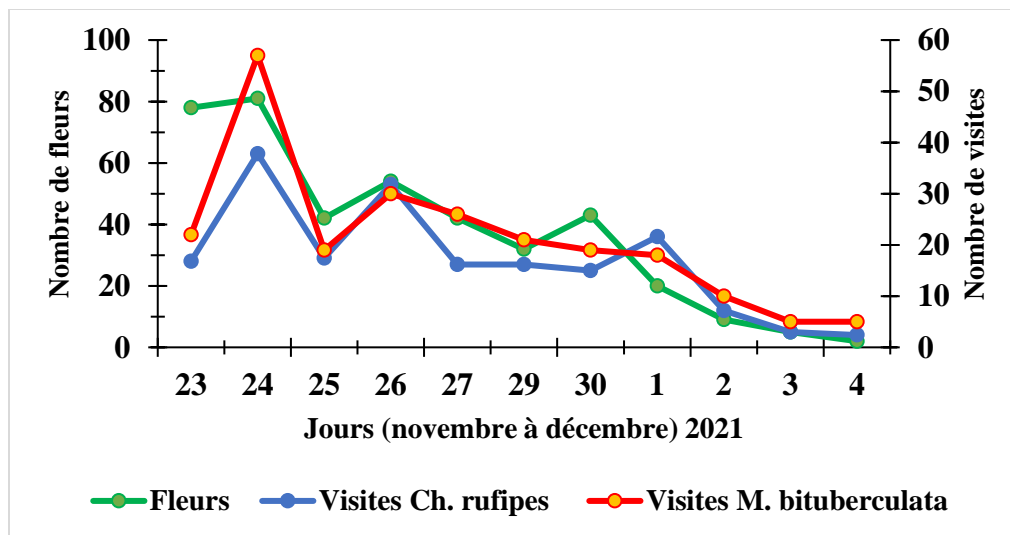




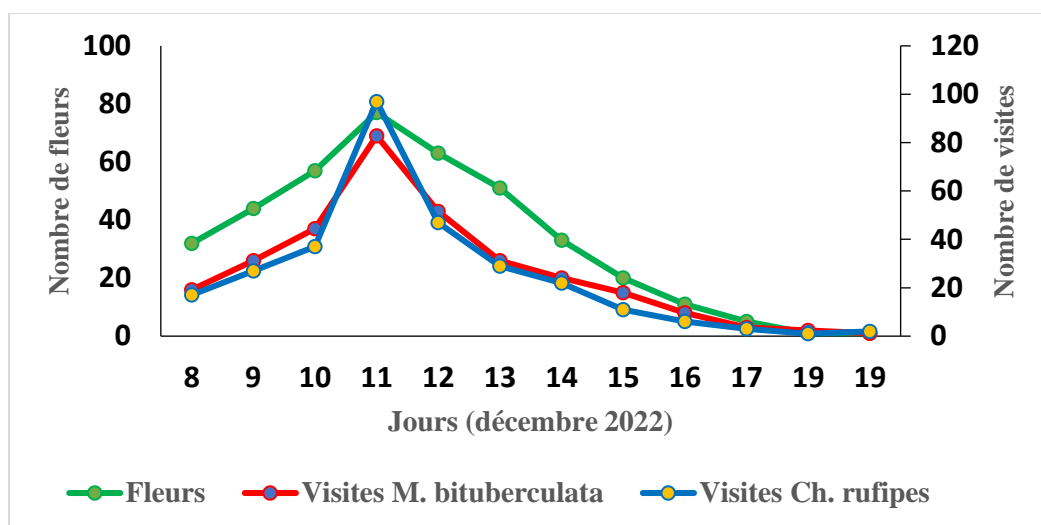
**Figure 5** : Rythme des visites de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* selon les tranches horaires journalières d'observation à Meskine en 2022.

Globalement, le nombre de visites de *Ch. rufipes* et celui de *M. bituberculata* est proportionnel au nombre de fleurs épanouies (Figure 6 & 7). La corrélation entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre de visites s'est révélée positive et très hautement significative pour *Ch. rufipes* ( $r =$

$0,78$  ;  $ddl = 9$  ;  $P < 0,001$ ) en 2021 et 2022 ( $r = 0,92$  ;  $ddl = 10$  ;  $P < 0,001$ ) comme pour *M. bituberculata* ( $r = 0,82$  ;  $ddl = 9$  ;  $P < 0,001$ ) ces mêmes années ( $r = 0,97$  ;  $ddl = 10$  ;  $P < 0,001$ ).



**Figure 6** : Variations du nombre de fleurs épanouies et du nombre de visites de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* selon les jours d'observation à Meskine en 2021.



**Figure 7** : Variations du nombre de fleurs épanouies et du nombre de visites de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* selon les jours d'observation à Meskine en 2022.

**4.3.3 Abondance des butineurs :** Le plus grand nombre d'individus simultanément en activité par fleur de *C. cajan* était de 1 aussi bien chez *Ch. rufipes* ( $n = 77$  ;  $s = 0$ ) que chez *M. bituberculata* ( $n = 63$  ;  $s = 0$ ). En 2021, l'abondance moyenne par 1000 fleurs était de 562,19 ( $n = 160$  ;  $s = 458,84$ ) chez *Ch. rufipes* et de 523,56 ( $n = 162$  ;  $s = 268,80$ ) chez *M. bituberculata*. La différence entre ces deux moyennes est non significative ( $t = 0,92$  ;  $ddl = 320$  ;  $P > 0,05$ )

(Tableau 2). En 2022, les valeurs correspondantes étaient de 458,26 ( $n = 113$  ;  $s = 253,29$ ) chez *Ch. rufipes* et de 414,01 ( $n = 113$  ;  $s = 235,06$ ) chez *M. bituberculata* (Tableau 2). La différence entre ces deux moyennes est non significative ( $t = 0,175$  ;  $ddl = 224$  ;  $P > 0,05$ ). La différence entre le nombre moyen de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* par 1000 fleurs en 2021 et 2022 est hautement significative ( $F = 5,389$  ;  $ddl = 3$  ;  $P < 0,01$ ) (Tableau 2).

**Tableau 2** : Abondances de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* à Meskine en 2021 et en 2022.

Insectes	Années	Abondance moyenne par 1000 fleurs					Comparaison des moyennes
		<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>	
<i>Ch. rufipes</i>	2021	160	562,19	458,84	166,66	5000	$t = 2,18$ ( $ddl = 271$ $P > 0,05$ ; NS)
	2022	113	458,26	253,29	166,66	1000	
	T <sub>2021/2022</sub>	273	519,17	390,02	166,66	1000	
<i>M. bituberculata</i>	2021	162	523,56	268,80	166,66	1000	$t = 3,49$ ( $ddl = 273$ $P < 0,01$ ; HS)
	2022	113	414,01	235,06	100	1000	
	T <sub>2021/2022</sub>	275	478,55	261,90	100	1000	
	<b>Total</b>	<b>548</b>	<b>498,78</b>	<b>332,01</b>	<b>100</b>	<b>5000</b>	<b><math>F = 5,389</math>. (<math>ddl = 3</math> ; <math>P &lt; 0,01</math> ; HS)</b>

**4.3.4 Durée des visites par fleur :** Le tableau 3 présente les données concernant la durée des visites de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* par fleur de *C. cajan*. Il en ressort que globalement il n'existe pas de différence significative entre la durée de

visites de chaque abeille pour la récolte du pollen et celle du nectar en 2021 comme en 2022. Par contre, pour les deux années cumulées, la durée moyenne d'une visite par fleur pour le prélèvement du nectar était de 3,55 sec ( $n = 395$  ;

$s = 1,78$ ) chez *Ch. rufipes* et 4,31 sec ( $n = 226$  ;  $s = 2,26$ ) chez *M. bituberculata*. La différence entre ces deux moyennes est hautement significative ( $t = -4,62$  ;  $ddl = 619$  ;  $P < 0,01$ ). Pour la récolte du pollen, les valeurs correspondantes étaient de

3,18 sec ( $n = 74$  ;  $s = 1,97$ ) chez *C. rufipes* et 5,16 sec ( $n = 43$  ;  $s = 3,62$ ) chez *M. bituberculata*. La différence entre ces deux moyennes est hautement significative ( $t = -2,85$  ;  $ddl = 115$  ;  $P < 0,01$ ).

**Tableau 3** : Durée des visites de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* par fleur de *Cajanus cajan* à Meskine en 2021 et en 2022.

Insectes	Années	Aliment récolté	Durée d'une visite par fleur (sec)					Comparaison des moyennes
			<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>	
<i>Ch. rufipes</i>	2021	nectar	169	3,57	1,80	1	15	$t = 0,47$ ; ( $ddl = 199$ ; $P > 0,05$ ; NS)
		pollen	32	3,38	2,09	1	08	
	2022	nectar	113	3,33	1,45	2	08	$t = 1,54$ ; ( $ddl = 153$ ; $P > 0,05$ ; NS)
		pollen	42	3,02	1,93	1	09	
<i>M. bituberculata</i>	2021	Nectar	113	4,31	2,64	1	15	$t = 0,72$ ; ( $ddl = 130$ ; $P > 0,05$ ; NS)
		Pollen	19	4,95	3,67	1	15	
	2022	Nectar	113	4,31	2,26	1	15	$t = -1,78$ ( $ddl = 130$ ; $P > 0,05$ ; NS)
		pollen	24	5,33	1,03	1	13	

**4.3.5 Vitesses de butinage** : Il ressort du tableau 4 que de manière générale, il n'existe pas de différence entre la vitesse de butinage pour la récolte du nectar et le prélèvement du pollen pour chaque abeille étudiée. Toutefois, en 2021, la vitesse moyenne de butinage était de 22 fleurs/min ( $n = 162$  ;  $s = 11,52$ ) chez *Ch. rufipes* et 17 fleurs/min ( $n = 139$  ;  $s = 6,85$ ) (Tableau 4) chez *M. bituberculata*. La différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ( $t = 4,70$  ;  $ddl = 299$  ;  $P < 0,001$ ). En 2022, les chiffres correspondants étaient de 21

fleurs / min ( $n = 117$  ;  $s = 11,15$ ) chez *Ch. rufipes* et 17 fleurs / min ( $n = 115$  ;  $s = 6,79$ ) chez *M. bituberculata* (Tableau 4). La différence entre ces deux moyennes est hautement significative ( $t = 3,51$  ;  $ddl = 230$  ;  $P < 0,01$ ). Pour les deux années cumulées, les valeurs correspondantes étaient de 22 fleurs / min ( $n = 279$  ;  $s = 11,36$ ) chez *Ch. rufipes* et 17 fleurs / min ( $n = 254$  ;  $s = 6,81$ ) chez *M. bituberculata* (Tableau 4). La différence entre ces moyennes est très hautement significative ( $F = 11,09$  ;  $ddl = 3$  ;  $P < 0,001$ ).

**Tableau 4** : Vitesses de butinage de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* à Meskine en 2021 et en 2022.

Insectes	Années	Vitesse de butinage (fleurs/min)					Comparaison des moyennes
		<i>n</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>	
<i>Ch. rufipes</i>	2021	162	21,93	11,52	7,5	60	$t = 0,71$ ( $ddl = 277$ ; $P > 0,05$ ; NS)
	2022	117	20,95	11,15	7,5	61	
	<b>T<sub>2021/2022</sub></b>	<b>279</b>	<b>21,44</b>	<b>11,35</b>	<b>7,5</b>	<b>61</b>	
	<b>Total</b>	<b>533</b>	<b>19,28</b>	<b>09,74</b>	<b>05</b>	<b>30</b>	
<i>M. bituberculata</i>	2021	139	16,96	6,85	5	30	$t = 0,32$ ( $ddl = 252$ ; $P > 0,05$ ; NS)
	2022	115	16,68	6,79	5	33,33	
	<b>T<sub>2021/2022</sub></b>	<b>254</b>	<b>16,83</b>	<b>6,81</b>	<b>5</b>	<b>33,33</b>	
	<b>Total</b>	<b>533</b>	<b>19,28</b>	<b>09,74</b>	<b>05</b>	<b>30</b>	

**4.3.6. Influence de la flore avoisinante** : Durant la période de floraison de *C. cajan*, certaines espèces végétales situées à proximité du champ expérimental étaient visitées par *Ch. rufipes* et *M. bituberculata*, pour leur nectar et / ou

leur pollen. Parmi ces plantes, il y avait *Crotalaria juncea* Linnaeus 1753 (Fabaceae) et *Crotalaria retusa* Linnaeus 1753 (Fabaceae) (Figure 8). Tout au long des observations, aucun passage de *Ch. rufipes* ou *M. bituberculata* des fleurs de *C. cajan* à

celles d'autres espèces végétales avoisinantes et vice-versa n'a été noté.



**Figure 8** : *Megachile bituberculata* (A) et *Chalicodoma rufipes* (B) prélevant du nectar sur *Crotalaria juncea*

**4.3.7. Impact des insectes dont *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur la pollinisation et les rendements de *Cajanus cajan*** : Au moment de la récolte du pollen et / ou du nectar au niveau des fleurs du pois cajan, les insectes floricoles se trouvaient constamment en contact avec les anthères et le stigmate. Ils pouvaient donc intervenir directement dans l'autopollinisation, en mettant le pollen d'une

fleur sur le stigmate de celle-ci (Abrol, 2012). 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. Le tableau 5 présente le taux de fructification, le nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage de graines normales dans les différents traitements de *C. cajan*.

**Tableau 5** : Taux de fructification, nombre de graines par gousse et pourcentage des graines normales selon les différents traitements de *Cajanus cajan* à Meskine en 2021 et en 2022.

Années	Traitements	NFE	NFF	TF (%)	Graines/gousse		NTG	NGN	% GN
					<i>m</i>	<i>s</i>			
2021	1 (FL)	100	66	66	4,03	0,67	266	236	88,72
	2 (FP)	100	14	14	3,28	0,82	46	29	63,04
	3 (FPDVCP)	45	40	88,88	3,53	0,67	141	123	87,23
	4 (FPDVMP)	45	34	75,55	3,94	0,65	136	110	80,88
	5 (FPDPSV)	45	17	37,77	3,47	0,87	59	43	72,88
2022	1' (FL)	100	57	57	5,54	0,68	316	273	86,39
	2' (FP)	100	15	15	3,73	0,88	56	37	66,07
	3' (FPDVCP)	45	37	82,22	5,32	0,97	197	178	90,36
	4' (FPDVMP)	45	33	73,33	5,27	1,07	174	150	86,21
	5' (FPDPSV)	45	13	28,89	4,08	0,95	53	39	73,58

**FL** : fleurs libres ; **FP** : fleurs protégées ; **FPDVCP** : fleurs protégées, puis découvertes, destinées à recevoir une visite de *Chalicodoma rufipes* et à nouveau protégées ; **FPDVMP** : fleurs protégées, puis découvertes, destinées à recevoir une visite de *Megachile bituberculata* et à nouveau protégées ; **FPDPSV** : fleurs protégées des insectes, puis découvertes et à nouveau protégées, sans visite d'insectes ou de tout autre organisme ; **NFE** : nombre de fleurs étudiées ; **NGF** : nombre de gousses formées ; **NGN** : nombre de graines normales ; **NTG** : nombre total de graines ; **TF** : taux de fructification ; **% GN** : pourcentage des graines normales.

Il ressort du tableau 5 que :

a. En 2021 et en 2022, le taux de fructification des fleurs laissées en libre pollinisation et butinées par les insectes

(traitements 1 et 1') a été plus élevé que celui des fleurs protégées (traitements 2 et 2'). La comparaison deux à deux de ces taux de fructification montre que les différences

observées sont très hautement significatives entre les traitements 1 et 2 ( $\chi^2 = 97,55$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ), puis 1' et 2' ( $\chi^2 = 18,45$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ). Le pourcentage du taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles a été de 66,85 % et 65,21 % en 2021 et 2022, respectivement. Pour l'ensemble des deux années d'études, la valeur correspondante a été de 66,03 %.

b. En 2021 et en 2022, le rendement de graines par gousse issues des fleurs laissées en libre pollinisation et butinées par les insectes (traitements 1 et 1') a été plus élevé que celui des fleurs protégées (traitements 2 et 2'). La comparaison deux à deux des nombres moyens de graines par gousse montre que les différences observées sont très hautement significatives entre les traitements 1 et 2 ( $t = 03,78$  ;  $ddl = 78$  ;  $P < 0,001$ ), puis 1' et 2' ( $t = 08,57$  ;  $ddl = 70$  ;  $P < 0,001$ ). Le pourcentage du nombre de graines par gousse dû à l'action des insectes anthophiles était de 14,58 % et 28,52 % en 2021 et 2022, respectivement. Pour l'ensemble des deux années d'études, le chiffre correspondant a été de 21,55 %

c. En 2021 et en 2022, le rendement en graines normales issues des fleurs laissées en libre pollinisation et butinées par les insectes (traitements 1 et 1') a été plus élevé que celui des fleurs protégées (traitements 2 et 2'). La comparaison deux à deux des pourcentages de graines normales montre que les différences observées sont très hautement significatives entre les traitements 1 et 2 ( $\chi^2 = 26,07$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ), puis 1' et 2' ( $\chi^2 = 1,40$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ). Le pourcentage de graines normales attribuable à l'influence des insectes floricoles était de 20,08 % et de 16,24 % en 2021 et 2022, respectivement. Pour les deux années d'études cumulées, la valeur correspondante a été de 18,16 %.

**4.3.8. Efficacité pollinisatrice d'une visite florale de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur *Cajanus cajan* :** Pendant la récolte du nectar et/ou du pollen, les individus de chacun des Hyménoptères étudiés était régulièrement en contact avec les anthères et le stigmate. Par conséquent, ces insectes floricoles

augmentaient les possibilités de pollinisation de *C. cajan*. Ainsi, sur 201 (2021) et 155 (2022) visites de *Ch. rufipes* étudiées, 189 (soit 94,03 %) et 141 (soit 90,96 %), respectivement étaient accompagnées de contacts avec les anthères et le stigmate. Chez *M. bituberculata*, sur 132 (2021) et 137 (2022) visites enregistrées, 123 (soit 93,18 %) et 118 (soit 86,13 %) respectivement étaient accompagnées de contacts avec les anthères et le stigmate.

a. En 2021 et en 2022, le taux de fructification des fleurs protégées et visitées exclusivement par *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* (traitements 3, 4, 3' et 4') est plus élevé que celui des fleurs protégées des insectes, puis découvertes et à nouveau protégées, sans visite d'insectes ou de tout autre organisme (traitements 5 et 5'). La comparaison deux à deux des taux de fructification montre que les différences observées sont très hautement significatives entre les traitements 3 et 5 ( $\chi^2 = 30,23$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ) ; 4 et 5 ( $\chi^2 = 0,71$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ) ; 3' et 5' ( $\chi^2 = 07,63$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ) puis 4' et 5' ( $\chi^2 = 05,88$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ). Le pourcentage du taux de fructification attribuable à l'influence de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* a été de 57,50 % et 50,01 % respectivement en 2021 et 64,86 et 60,60 % respectivement en 2022. Pour les deux années cumulées, les valeurs correspondantes ont été de 61,18 % et 55,31 % pour *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* respectivement.

b. En 2021 et 2022, le rendement en nombre de graines par gousse issues des fleurs protégées et visitées exclusivement par *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* (traitements 3, 4, 3' et 4') est plus élevé que celui des fleurs protégées des insectes, puis découvertes et à nouveau protégées, sans visite d'insectes ou de tout autre organisme (traitements 5 et 5'). La comparaison deux à deux du nombre moyen de graines par gousse montre que les différences observées sont non significatives entre les traitements 3 et 5 ( $t = 0,25$  ;  $ddl = 49$  ;  $P > 0,05$ ) ; 4 et 5 ( $t = 1,63$  ;  $ddl = 96$  ;  $P > 0,05$ ) ; très hautement significatives entre les traitements 3' et 5' ( $t = 03,99$  ;  $ddl = 48$  ;  $P < 0,001$ ), puis hautement significatives entre les traitements 4' et 5' ( $t = 3,52$  ;  $ddl = 44$  ;  $P <$

0,01). Le pourcentage du nombre moyen de grains par gousse dû à l'action de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* a été de 1,70 % et 11,93 %, respectivement en 2021 et de 23,31 % et 22,58 %, respectivement en 2022. Pour les deux années cumulées, les valeurs correspondantes ont été de 12,51 % et 17,26 % pour *Ch. rufipes* et *M. bituberculata*, respectivement.

c. En 2021 et en 2022, le rendement en graines normales issues des fleurs protégées et visitées exclusivement par *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* (traitements 3, 4, 3' et 4') est plus élevé que celui des fleurs protégées des insectes, puis découvertes et à nouveau protégées, sans visite d'insectes ou de tout autre organisme (traitements 5 et 5'). La comparaison deux à deux

des pourcentages de graines normales montre une différence hautement significative entre les traitements 3 et 5 ( $\chi^2 = 6,58$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,01$ ) et non significative entre les traitements 3' et 5' ( $\chi^2 = 0,77$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ), 4 et 5 ( $\chi^2 = 1,63$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ), puis 4' et 5' ( $\chi^2 = 0,44$  ;  $ddl = 1$  ;  $P > 0,05$ ) < 0,01). Le pourcentage de graines normales attribuable à *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* a été de 16,45 % et 9,89 % respectivement en 2021 et 18,57 % et 14,65 % en 2022 respectivement. Pour l'ensemble des deux années d'études, les chiffres correspondants ont été de 17,51 % et 12,27 % pour *Ch. rufipes* et *M. bituberculata*, respectivement.

## 5 DISCUSSION

**5.1 Activités de *Chalicodoma rufipes* et *Megachile bituberculata* sur les fleurs de *Cajanus cajan* :** Nous avons trouvé que *Ch. rufipes* est l'insecte anthophile pollinisateur majeur du pois d'Angole suivi de *M. bituberculata* à Meskine, région de l'Extrême-Nord du Cameroun. Des observations similaires avaient été indiquées par Mazi et al. (2014) à Dang (Ngaoundéré, Cameroun) où *Ch. rufipes* a été mentionné comme l'insecte le plus fréquent sur les fleurs du pois cajan. Par contre, en Inde Ichpal et al. (2017) ont rapporté que *Megachile bicolor* est l'insecte pollinisateur prépondérant de *C. cajan* suivi de *Apis mellifera*. Ces données confirment les travaux de Roubik (2000) et ceux de Tchuenguem (2005) qui signalent que la diversité et l'abondance de l'entomofaune d'une plante varient avec le temps et dans l'espace. Les fortes abondances de *Ch. rufipes* et de *M. bituberculata* par 1000 fleurs de *C. cajan* observées pendant les deux années d'étude mettent en évidence la bonne attractivité du pollen et / ou du nectar de cette Fabaceae vis-à-vis de ces abeilles. Nous avons mis en évidence que l'activité de ces deux Megachilidae sur les fleurs de *C. cajan* était plus abondante dans la première moitié de la journée avec un pic d'activité journalier situé entre 8 h - 9 h chez *Ch. rufipes* et 10 h - 11 h chez *M. bituberculata*, puis diminuait dans la deuxième moitié de la journée. Ce pic de

visites serait lié à la période où le nectar et/ou le pollen est plus disponible au niveau de la fleur de cette espèce végétale. Le décalage des pics journaliers d'activité de ces deux abeilles leur permettrait de limiter la concurrence interspécifique pour la récolte du pollen et / ou du nectar de cette Fabaceae. Par ailleurs, la diminution d'activité de ces deux abeilles dans l'après-midi serait due à la baisse de la quantité du butin. En effet, lorsque le butin n'est plus aisément exploitable ou diminue en quantité et / ou en qualité, *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* diminuent leur activité sur les fleurs pour que l'énergie dépensée pour le travail de butinage ne soit pas supérieure à celle du butin comme l'ont signalé Pesson & Louveaux (1984). La corrélation positive et très hautement significative entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre de visites de chacune des deux abeilles met en évidence la bonne attractivité du pollen et / ou du nectar des fleurs de *C. cajan* vis-à-vis de chacun de ces arthropodes. Ce résultat corrobore les observations de Faegri & Pijl (1979) qui indiquent que le nombre de fleurs épanouies est un facteur qui joue un rôle important dans l'orientation des insectes vers les fleurs. Globalement chez *Ch. rufipes* et *M. bituberculata*, le temps de visite le plus long est observé pour le prélèvement du nectar par rapport à celui de la récolte du pollen. Ceci

s'expliquerait par l'accessibilité de chacune de ces substances. Le pollen, produit par les anthères situées au-dessus des étamines, est facilement accessible à l'abeille. Alors que le nectar se trouvant dans le tube corollaire entre la base du style et les étamines serait de ce fait d'accès difficile. Mazi *et al.* (2014) ont rapporté des résultats semblables sur le pois d'Angole à Dang. Nous avons trouvé que la vitesse moyenne de butinage était de 22 fleurs / min ( $n = 162$  ;  $s = 11,52$ ) chez *Ch. rufipes* et 17 fleurs / min ( $n = 139$  ;  $s = 6,85$ ) chez *M. bituberculata*. La différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ( $t = 4,70$  ;  $ddl = 299$  ;  $P < 0,001$ ). Concernant *Ch. rufipes*, Mazi *et al.* (2014) ont rapporté que cette abeille visitait 7,36 fleurs / min sur le pois cajan. Cette différence pourrait s'expliquer par l'accessibilité, la disponibilité des produits floraux récoltés, la distance séparant les fleurs exploitées lors des différents voyages de butinage et la fréquence des interruptions de visites comme l'ont signalé Tchuenguem & Népide (2018) sur *Sesamum indicum*. L'absence de passage de *Ch. rufipes* ou *M. bituberculata* des fleurs de *C. cajan* à celles d'autres espèces végétales avoisinantes et vice-versa tout au long des observations témoigne de la fidélité de chacune de ces deux abeilles aux fleurs de cette Fabaceae lors des voyages de butinage. Ce phénomène est dénommé « constance florale » (Pesson & Louveaux, 1984). Selon Greggers & Menzel (1992), une abeille ne butine généralement qu'une seule espèce de plante par voyage de butinage. Elle garde cette fidélité à l'espèce durant les voyages suivants tant que son rendement énergétique reste supérieur ou équivalent à celui qu'offrirait le butin de l'espèce végétale.

**5.2 Impact de l'activité de *Chalicodoma rufipes* et de *Megachile bituberculata* sur la pollinisation et les rendements de *Cajanus cajan* :** Au moment de la récolte du pollen et / ou du nectar au niveau des fleurs de *C. cajan*, les individus de chacun des abeilles étudiées se trouvaient constamment en contact avec les anthères et le stigmate. Ils pouvaient donc intervenir directement dans l'autopollinisation,

en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate de celle-ci. Chacun de ces insectes transportait le pollen de fleur en fleur sur une même plante et sur des plantes différentes, favorisant ainsi la pollinisation croisée. Chez *C. cajan* nous avons mis en évidence un système de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'allogamie. Ceci pourrait se justifier par l'activité intense de butinage des insectes pollinisateurs dont *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* sur les fleurs de cette Fabaceae. Sur cette même espèce végétale, Pando *et al.* (2011), au Cameroun, ont trouvé que l'autogamie prédominait sur l'allogamie. L'allogamie observée à Meskine s'expliquerait par le nombre élevé de visites de ces Hyménoptères. L'intervention de *Ch. rufipes* et de *M. bituberculata* dans la pollinisation de *C. cajan* est d'autant plus importante que leur densité par 1000 fleurs est élevée. De plus, la période journalière d'intense activité pour les deux Arthropodes, située dans la première moitié de la journée coïnciderait avec la période de réceptivité optimale des stigmates du pois cajan comme l'avaient constaté Pando *et al.* (2011) à Yaoundé-Cameroun sur *C. cajan*. Cette forte implication de chacune des deux abeilles sous investigation dans l'autopollinisation et la pollinisation croisée justifierait la contribution positive et significative de *Ch. rufipes* et de *M. bituberculata* dans le rendement en gousses et en graines du pois cajan comme l'ont relevé Balti *et al.* (2019) et Zra *et al.* (2020) à Maroua (Cameroun) et Ngaoundéré (Cameroun), respectivement, sur cette même Fabaceae. La contribution numérique positive de *Ch. rufipes* d'une part et de *M. bituberculata* d'autre part dans les rendements en fruits et en graines de *C. cajan* montre que ces deux abeilles font partie des principaux insectes pollinisateurs de cette espèce végétale dans la localité de Meskine à Maroua. En effet, Mazi *et al.* (2014) avaient déjà mis en évidence l'efficacité pollinisatrice de *Ch. rufipes* sur les fleurs de *C. cajan* à Ngaoundéré.

## 6 CONCLUSION

À Meskine (Maroua-Cameroun), sur trente (en 2021) et trente-trois (en 2022) espèces d'insectes recensées sur les fleurs du pois cajan, *Ch. rufipes* est l'insecte majoritaire de cette Fabaceae suivi de *M. bituberculata*. Sur les fleurs de cette espèce végétale, chacune des deux abeilles prélevait intensément le nectar et récoltait faiblement le pollen. Le plus grand nombre d'individus simultanément en activité sur 1000 fleurs était de 562,19 chez *Ch. rufipes* et de 523,56 chez *M. bituberculata*. La durée moyenne d'une visite par fleur pour le prélèvement du nectar était de 3,57 sec chez *Ch. rufipes* et 4,31 sec chez *M. bituberculata*. Pour la récolte du pollen, la durée moyenne d'une visite par fleur était de 3,38 sec chez *Ch. rufipes* et 4,95 sec chez *M. bituberculata*. La vitesse moyenne de butinage était de 21,93 fleurs / min chez *Ch. rufipes* et de 16,96

fleurs / min chez *M. bituberculata*. En comparant les rendements des fleurs laissées en libre pollinisation à ceux des fleurs protégées des insectes, il apparaît une augmentation significative du taux de fructification de 66,85 %, du pourcentage du nombre moyenne de graines par gousse de 14,58 % et du pourcentage de graines normales de 20,08 % due aux insectes floricoles dont *Ch. rufipes* et *M. bituberculata*. Via leur efficacité pollinisatrice, *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* ont augmenté le taux de fructification, le pourcentage du nombre de graines par gousse et le pourcentage de graines normales de *C. cajan*. Le maintien des nids de *Ch. rufipes* et *M. bituberculata* autour des champs de cette légumineuse est conseillé en vue d'améliorer ses rendements en gousses et en graines.

## 7 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD)

de Maroua pour leur avoir permis de travailler dans leurs plantations expérimentales.

## 8 BIBLIOGRAPHIE

- Abrol DP : 2012. *Pollination biology : Biodiversity conservation and agricultural production*. Springer Dordrecht Heidelberg, London. 792 pp.
- Balti MO, Pando JB. and Djonwangwé D : 2019. Pollination efficiency of *Megachile bituberculata* (Hymenoptera: Megachilidae) on *Cajanus cajan* (Fabaceae) Flowers at Maroua-Cameroon. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch* 4 (5) : 2456-8643.
- Borror DJ. and White RE : 1991. *Les insectes de l'Amérique du Nord (au nord du Mexique)*. Broquet (éd.), La prairie. 408 pp.
- Damaris AO : 2007. The potential of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in Africa. *Natural Resources Forum* 31 : 297-305.
- Demarly Y : 1977. *Génétique et amélioration des plantes*. Masson (éd.), Paris. 577 pp.
- Diguir BB, Pando JB, Fameni TS. and Tchuenguem, F. F.-N : 2020. Pollination efficiency of *Dactylurina staudingeri* (Hymenoptera : Apidae) on *Vernonia amygdalina* (Asteraceae) florets at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences* 6 (2) : 22-31.
- Faegri K. and Pijl LVD : 1979. *The principles of pollination ecology*. 3<sup>rd</sup> revised (ed.). Pergamon Press, Oxford. 244 pp.
- Faostat : 2018. Fruits et légumes. Opportunités et défis pour la durabilité de petites exploitations agricoles, Rome. 48 p.
- Greggers U. and Menzel R : 1992. Memory dynamics and foraging strategies of honeybees. *Behaviour Ecology and Sociobiology* 32: 17-29.
- Pigeonpea, *Cajanus cajan* L. Millsp. and Their Impact on Crop Production. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6: 528-535.
- Jacob-Remacle A : 1989. Comportement de butinage de l'abeille domestique et des Abeilles sauvages dans des vergers de



- pommiers en Belgique. *Apidologie* 20 (4) : 271-285.
- Kingha TBM, Mohamadou M, Népide NC, Adamou M, Hassana B, Yatahaï CM. and Mazi, S : 2021. Exploitation des fleurs de *Solanum lycopersicum* variété Rio Grande (Solanaceae) par *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera : Apidae) à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Journal of Experimental and Applied Tropical Biology* 1 (1) : 21-34.
- Martins DJ : 2013. *People, plants and pollinators : uniting conservation, food security, and sustainable agriculture in East Africa*. In : Conservation Biology : Voices from the Tropics, 1<sup>st</sup> edition, Sodhi NS, Gibson L. and Raven PH. (eds). John Wiley and Sons Ltd, New York. 238 pp.
- Mazi S, Tchuenguem FF.-N : and Brückner D : 2014. Foraging and behaviour of *Chalicodoma rufipes* L. (Hymenoptera : Megachilidae) on *Cajanus cajan* L. Mill. Sp. (Fabaceae) flowers at Dang (Ngaoundere, Cameroon). *International journal of Agronomy and Agricultural Research* 4 (4) : 77-88.
- McGregor SE : 1976. *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agricultural Research Service, Washington. 411 pp.
- Niyonkuru DN : 2002. La culture du pois *cajan* : Un trésor méconnu en Afrique Centrale. In: Niyonkuru DN. (éd.) *Collections Expériences des Fédérations* n°10. SAILD, Yaoundé, Cameroun. 22 pp.
- Otieno M : 2013. Functional responses of bee communities to local management and landscape structure in pigeonpea cropping system in Kenya. In: *New Frontiers in Tropical Biology: The Next 50 Years*. A Joint Meeting of ATBC and OTS). The Association for Tropical Biology and Conservation (ATBC). 78 p.
- Pando JB, Tchuenguem FF.-N: and Tamesse JL: 2011. Pollination and yield responses of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) to the foraging activity of *Chalicodoma cincta cincta* (Hymenoptera: Megachilidae) in Yaoundé (Cameroon). *Journal of Animal and Plant Science* 11: 1346 -1357.
- Pando JB, Djonwangwe D, Moudelsia OB, Tchuenguem FF.-N. and Tamesse JL : 2018. Insect floral visitors of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) and impact of the foraging activities on the pollination, pod and seed yields at Maroua - Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 12 : 48-58.
- Pesson P. and Louveaux J : 1984. *Pollinisation et production végétales*. Pesson P. et Louveaux J. (éds). INRA, Paris. 663 pp.
- Rao SC, Coleman SW. and Mayeux HS: 2002. Forage production and nutritive value of selected pigeonpea ecotypes in the southern Great Plains. *Crop Science* 42 : 1259-1263.
- Sarah S, Moray F, Anne WM. and Said S: 2010. Genetic diversity in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] Landraces as revealed by simple sequence repeat markers. *African journal of Biotechnology* 9 (22) : 3231-3241.
- Saxena KB, Kumar RV. and Rao PV: 2002. Pigeonpea nutrition and its improvement. *Journal of Crop Production* 5 : 227-260.
- Tchuenguem FF.-N, Messi J. and Pauly A : 2001. Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits* 56 : 179-188.
- Tchuenguem FF.-N : 2005. 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 (Cameroun). 103 p.
- Tchuenguem FF.-N, Pando JB. and Tamesse JL: 2014. Pollination efficiency of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera: Apidae) on *Cajanus cajan* (Fabaceae) flowers at Yaoundé, Cameroon. *International Journal of Tropical Insect Science* 33: 138-148.

- Tchuenguem FF.-N. and Népidé NC : 2018. Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) sur *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) var. Graine Blanche et Lisse à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *International Journal of Biology and Chemical Sciences* 12 (1): 446-461.
- Wambo-Yamdjeu AH, Havard M: and Njoya A: 2003. Développer l'agriculture irriguée pour consolider la sécurité alimentaire au Nord-Cameroun ? *In: Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque, Garoua, Cameroun, 27-31 mai 2002. PRASAC, CORAF, Montpellier, CIRAD. 9 p.
- Williams IH: 1977. Behaviour of insects foraging on pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) in India. *Tropical agriculture* 54: 353-363.
- Zra GV, Sandi M, Azo'o EM, Fameni TS. and Tchuenguem FF.-N: 2020. Impact de l'activité de butinage de *Dactylurina staudingeri* Gribodo (Hymenoptera: Apidae) sur la pollinisation et les rendements de *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh (Fabaceae) à Dang (Ngaoundéré Cameroun). *Cameroon Journal of Experimental Biology* 14 (1): 1-9.