



INFLUENCE D'UN FERTILISANT ORGANIQUE ASSOCIE A *XYLOCOPA OLIVACEA* (HYMENOPTERA : APIDAE) SUR LE DEVELOPPEMENT ET LES RENDEMENTS DE *PHASEOLUS VULGARIS* A NKOLFOULOU (YAOUNDE - CAMEROUN)

Chantal Douka ^{(1)(*)}, Clautin Ningatoloum ⁽²⁾, Esther Nadine Otiobo Atibita ⁽³⁾, Georges Tchindebe ⁽⁴⁾ et Dounia ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Laboratoire de Zoologie, Université de Yaoundé I, École Normale Supérieure, B.P 47 Yaoundé, Cameroun.*

⁽²⁾ *Département de Biologie, Université Adam Barka d'Abéché, Faculté des Sciences et Techniques B.P 1173 Abéché, Tchad.*

⁽³⁾ *Laboratoire de Sciences Biologiques, Université de Bamenda, Faculté des Sciences, B.P 39 Bamili, Cameroun.*

⁽⁴⁾ *Institut des Sciences halieutiques, Université de Douala, Département d'Agronomie, B.P 2701 Douala, Cameroun.*

^(*) *Auteur Correspondant email : chantaldouka@yahoo.fr, Tel : (+237) 690812065*

RESUME

Cette étude a été conduite dans la localité de Nkolfooulou située dans la région du centre au Cameroun de mars à juin 2020. Elle avait pour objectif principale de contribuer à l'amélioration du rendement du haricot commun var petite graine noire en associant un fertilisant organique et les insectes floricoles. Le facteur principal était la pollinisation avec deux niveaux (fleurs : laissées en libre pollinisation et fleurs isolées des insectes). Le facteur secondaire était la fertilisation avec deux niveaux à savoir l'engrais organique : la fiente de poule (15 t/ha) et le témoin. Les paramètres de croissance, la diversité de l'entomofaune floricole, l'activité de butinage, l'impact des insectes floricoles sur la pollinisation et les rendements en fonction de fertilisant et des insectes ont été évalués. Les résultats ont montré que les plantes situées sur les parcelles traitées à la fiente de poule ont présentées une croissance significative ($p < 0,05$) sur les différents paramètres étudiés (diamètres du collet, hauteur de la plantes et nombre de feuilles par plant). Six (06) espèces d'insectes floricoles ont été recensées, la famille des apidés avait deux représentants *Xylocopa olivacea* et *Apis mellifera*. *Xylocopa olivacea* a été plus abondante et plus active que tous les autres espèces. Le produit floral le plus récolté a été le nectar. En fonction des traitements appliqués, les insectes floricoles sont presque toujours en contact avec le stigmate lors de la récolte du pollen ou du nectar (de 0 % *Catopsilia* sp. à 93,33 % pour *X. olivacea*). *Phaseolus vulgaris* a un système de reproduction mixte avec une dominance de l'autogamie. L'indice de fructification a été de 0,36 et le nombre de graines par gousse de 44,75% sur les parcelles traitées à la fiente. De manière générale le taux de fructification dû à l'activité des insectes floricoles a été de 4,72 % et le pourcentage de nombre de graines par gousse dû à cette même activité a été de 88,64 %.

Mots-clés : *Phaseolus vulgaris*, *Xylocopa olivacea*, fertilisant, fleur, pollinisation, rendements.

ABSTRACT

This study was conducted in the locality of Nkolfooulou situated in the central region of Cameroon from March to June 2020. Its main objective was to contribute to the improvement of the yield of the common bean Var Small Black seed by combining an organic fertilizer and flower insects. The main factor was pollination with two levels (flowers: left in free pollination and flowers isolated from insects). The secondary factor was fertilization with two levels, namely organic fertilizer: chicken droppings (15 t/ha) and the control. The growth parameters, the diversity of the pollinators, the foraging activity, the impact of those insects on pollination and the yields according to fertilizer and insects were evaluated. The results showed that the plants located on the plots treated with chicken droppings showed significant growth ($p < 0.05$) on the various parameters studied (diameters of the collar, height of the plants and number of leaves per plant). Six (06) species of flower insects were recent, the Apidae family had two representatives *Xylocopa olivacea* and *Apis mellifera*. *Xylocopa olivacea* was more abundant and active than all other species. The most harvested floral product was nectar. Depending on the treatments applied, flower insects are almost always in contact with the stigma when collecting pollen or nectar (from 0%, *Catopsilia* sp. to 93.33% for *X. olivacea*). *Phaseolus vulgaris* has a mixed reproductive system with a dominance of autogamy. The fruiting index was 0.36 and the number of seeds per pod

44.75% on the manure-treated plots. In general, the fruiting rate due to the activity of flowering insects was 4.72% and the percentage of number of seeds per pod due to this same activity was 88.64%.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, *Xylocopa olivacea*, fertilizers, flower, pollination, yields.

1

. Introduction

La pollinisation des angiospermes dépend des plusieurs agents tels que : l'eau, le vent, les mammifères et les insectes (McGregor, 1976). Les insectes jouent un rôle très important dans la production agricole (Klein et al., 2007). Une pollinisation efficace par les insectes permet d'accroître les rendements fruitiers et grainiers des plantes (Segeren et al., 1996 ; Dounia, 2015). Les insectes floricoles en général et les Apoïdes en particulier ont une grande importance écologique et économique du fait qu'ils influencent positivement sur la production agro-alimentaire (Mutsaers, 1991 ; Douka, 2015).

Les plantes du haricot en général produisent une bonne partie de l'engrais dont elles ont besoin pour se développer et donner un bon rendement, car elles sont capables de fixer l'azote de l'air (Ibarra-Perez et al., 1999). Mais l'apport en engrais lors de la croissance de la plante s'avère toujours nécessaire. Les engrais applicables au haricot peuvent être de type organique ou minéral (MINADER, 2010). S'agissant de l'engrais organique, pour un niveau de fertilité adéquat du sol, une fumure constituée de fiente de poule ou de compost est recommandée (Splittstoesser, 1984). Une fertilisation organique de 15 à 20 tonnes de fumure par hectare est préconisée dans les parcelles du haricot (Dahn, 1987).

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est le légume sec le plus consommé dans le monde et est originaire de l'Amérique ; il constitue une alternative d'approvisionnement en protéines, hydrates de carbone, fibres, vitamines et minéraux (Wortmann et al., 1998). Ses feuilles sont pétiolées, alternes, composées et trifoliées, de couleur verte ou pourpre ; Les folioles ont une forme ovale, presque losangée et mesurant 6 à 15 cm de long sur 3 à 11 cm de large (Ibarra-Perez et al., 1997). La tige peut atteindre deux à trois mètres de haut ; les variétés naines sont plus ramifiées, prenant un port buissonnant ou dressé, de 20 à 60 cm de haut (Singh et al., 1991). La racine principale est non dominante et est rapidement complétée par des racines latérales localisées dans les 15 premiers cm du sol, elles sont le siège du phénomène de « nodulation », les nodules étant des excroissances provoquées par l'infestation des bactéries du genre *Rhizobium* (Ibarra-Perez et al., 1997). Ces bactéries vivent en symbiose avec la plante ; l'inflorescence est une grappe comportant 4 à 10 fleurs, naissant à l'aisselle des feuilles (Ibarra-Perez et al., 1999). Ces fleurs sont hermaphrodites et attirent les insectes floricoles (Douka & Tchuenguem, 2013). Les fruits sont les gousses indéhiscentes, appelées également « cosses » de

forme et de longueur variable. En particulier leur section peut être cylindrique, ovale ou aplatie (haricots plats) (Ibarra-Perez et al., 1997).

Le haricot occupe une place très importante dans les systèmes de cultures en Afrique tropical ou 30 % seulement de la superficie de production est en culture pure ; les associations avec le maïs, le bananier et les plantes à racines ou à tubercules sont fréquentes et représentent respectivement 40 à 50 %, 10 à 20 % et 10 à 20 % de la superficie cultivée en haricot (Wortmann et al., 1998). Pendant que la production mondiale du haricot commun s'élève à 23 millions de tonnes celle du Cameroun est de 40254 tonnes. Vue l'importance de cette denrée dans l'alimentation des camerounais, le secteur agricole devrait impérativement accroître la production de cette légumineuse. Ce chiffre pourrait augmenter en utilisant diverses techniques culturales mais compte tenu de l'importance que revêt la graine de cette plante, l'exploitation des insectes floricoles associée aux engrais organiques ne pourrait-elle pas avoir un apport significatif sur les rendements ?

Au Cameroun, les principaux bassins de production de haricot commun se trouve dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest ; avec plus de 90 % de la production nationale (Tatchago, 1987). Malgré les efforts réalisés par les producteurs de l'Ouest Cameroun la demande reste de plus en plus croissante pour une production faible (Douka, 2015 ; Kingha, 2014). Il est donc nécessaire d'évaluer les effets des différentes méthodes de cultures à savoir la fertilisation des parcelles de haricot aux engrais organiques et l'impact des insectes floricoles sur le développement et les rendements de cette plante. Les observations préliminaires ont montré que les fleurs du haricot sont visitées par les insectes floricoles (Douka, 2015 ; Kingha 2014). Selon les travaux de Kingha et al. (2012, 2021) à Ngaoundéré et Douka et Tchuenguem (2014) à Maroua les Abeilles ont augmenté les rendements en gousses et en graines de cette plante de 5 à 40 %. La majorité des agriculteurs font usage des engrais chimiques et très souvent sans respect des doses recommandées entraînant une diminution des rendements et une destruction de la biodiversité. L'objectif général est d'évaluer les effets de fertilisant organique associé aux insectes pollinisateurs sur le développement et les rendements de *Phaseolus vulgaris* var. Petite Graine Noire en vue de leurs gestions optimales dans la région du centre (Cameroun). Les objectifs spécifiques : (1) apprécier la croissance du haricot (taille, diamètre du collet, nombre de feuilles), (2) étudier l'activité des insectes pollinisateurs sur les fleurs, (3) évaluer l'impact des fertilisants organiques et des insectes floricoles sur les rendements de cette fabacée.

2. Présentation du site expérimental

Les manipulations ont été réalisées aux mois de mars à juin 2020 à Nkolfooulou dans la région du Centre au

Cameroun, département de la Mefou et Afamba, arrondissement de Soa (latitude 3 55'7.95" N ; longitude 11 34' 51.83" E) (Garmin GPS II+) (Figure 1).

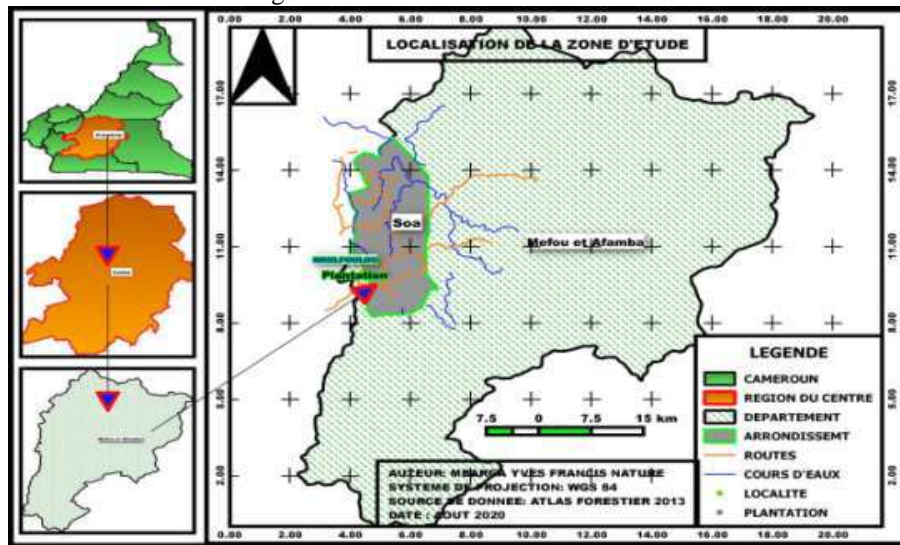


Figure 1 : localisation du site d'étude

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel biologique

Le matériel végétal a été constitué des graines de *Phaseolus vulgaris* var Petite Graine Noire mis à notre disposition par IRAD de Nkolbisson (Yaoundé, Cameroun). Le matériel animal est représenté par *Xylocopa olivacea* et autres espèces d'insectes floricoles naturellement présents dans notre environnement d'étude. Les fientes des poules ont fait l'objet de fertilisant organique.

3.2. Préparation, semis et entretien de la parcelle expérimentale

La parcelle expérimentale a été défrichée, dessouchée et labourée (1^{er} - 6 mars 2020). Le labour a été effectué à une profondeur de 20 à 25 cm puis la parcelle a été divisée en 20 blocs de 1 x 1,5 m. Les semis survenus le 9 mars 2020 ont été effectués sur les blocs en poquets disposés en deux lignes. La distance entre les lignes était de 80 cm et l'écart entre deux poquets consécutifs était de 40 cm. Pour la suite, le nettoyage du champ se faisait à la main.

3.3. Influences des fientes des poules sur la croissance

Le dispositif expérimental était constitué de 20 blocs portant chacun 6 poquets soit 12 plantes par blocs et deux traitements constitués : 10 blocs n'ayant pas reçu les fientes (traitement 1 ou traitement témoins) et 10 blocs ayant reçu les fientes des poules (traitement 2). Pour ce qui est de l'épandage de ce fertilisant organique une semaine avant les semis (2 mars 2020) 3 kg était répandue par bloc. Une semaine après la levée des plantes (16 mars 2020) les paramètres sur la taille, le diamètre du collet et le nombre des feuilles ont été pris toutes les semaines à l'aide d'un mètre à

ruban pour la taille de la plante, un pied à coulisse pour le diamètre du collet et d'un comptage simple pour le nombre de feuilles ceci jusqu'à l'apparition de la première fleur.

3.4. Activités des insectes floricoles sur les fleurs

3.4.1. Diversité des insectes floricoles

Ces observations ont été relevées sur les fleurs laissées en libre pollinisation. Pour chaque traitement dès l'épanouissement de la première fleur sur toute la période de la floraison (soit une observation tous les 2 jours), pendant trois périodes journalières (7h-9h ; 12h-14h ; 15h-18h) ; Au cours de chaque journée d'investigation et pour chacune des périodes journalières ci-dessus l'observateur passait une fois sur les fleurs. Les différents insectes observés sur les fleurs épanouies ont été comptés (c'est-à-dire celles pouvant offrir du nectar et/ou du pollen aux insectes), ceci permet d'apprécier la diversité des espèces des insectes sur les fleurs. Pour la diversité il était question de compter et identifier les insectes qui visitaient les fleurs et à calculer leurs pourcentages de visites. Les différents insectes présents sur les fleurs ont été enregistrés et les résultats cumulés ont été exprimés par le nombre des visites. Le pourcentage de visite d'un insecte $P_{(i)} = \{[V_{(i)} / V_{(T)}] * 100\}$, où $V_{(i)}$ est le nombre de visites de l'insecte (i) sur les fleurs et $V_{(T)}$ le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs (Tchuenguem *et al.*, 2014). Pour l'identification des insectes les clés d'identification et les documents spécialisés ont été utilisés (Borror & White, 1991 ; Eardly *et al.*, 2010).

3.4.2. Produits floraux

Il s'agissait de noter sur une fleur, si l'insecte récoltait le pollen, le nectar ou ces deux aliments. Un insecte qui plonge sa trompe dans une fleur est une butineuse

du nectar ; si à l'aide des mandibules et des pattes, elle gratte les anthères, il s'agit d'une butineuse du pollen. Dans ce cas, des pelotes de pollen peuvent être observées dans les corbeilles des pattes postérieures. De plus, l'insecte nettoie régulièrement le corps pour décrocher les grains de pollen accumulés dans sa fourrure et les rassembler dans les corbeilles dans le cas de l'abeille domestique (Jean-Prost, 1987). Les produits floraux prélevés ont été systématiquement notés.

3.4.3. Abondance des butineuses

Elle est exprimée par le plus grand nombre d'individus simultanément en activités sur une fleur ou 1000 fleurs pour les différents traitements. Les abondances par fleur et par 1000 fleurs 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. L'abondance par 1000 fleurs $A_{(1000)}$ a été ensuite calculée à l'aide de la formule : $A_{(1000)} = (A_{(i)}/F) * 1000$; où F et $A_{(i)}$ sont respectivement le nombre de fleurs et le nombre de butineuses effectivement comptées à l'instant x (Tchuenguem, 2005). Les données ont été enregistrées pendant les mêmes dates et périodes journalières que pour la diversité des insectes et les produits floraux récoltés.

3.5. Evaluation de l'influence de fiente et des insectes floricoles sur les rendements



3.5.1. Impacts sur la pollinisation

Tout au long de la prise des données sur la diversité des insectes floricole, l'évaluation de l'impact des insectes sur la pollinisation a été notée sur les blocs du traitement aux fleurs laissées en libre pollinisations. Il était question de noter le nombre de fois que l'insecte entrait en contact avec le stigmate de la fleur visitée ce qui a permis d'apprécier l'intervention de l'insecte dans le processus d'autopollinisation et dans celui de la pollinisation croisée (Delaplane et al., 2013).

3.5.2. Influence sur les rendements

80 inflorescences de haricot au stade bouton ont été étiquetées sur 40 pieds répartis sur 20 blocs et deux traitements réalisés (figure 2) :

-Traitement 1 : 40 inflorescences réparties sur 20 plantes et deux sous traitements réalisés (sous traitement 1-1 : 20 inflorescences laissées en libres pollinisations ; sous traitement 1-2 : 20 inflorescences délicatement isolées à l'aide des sachets en toile gaze)
-Traitement 2 : 40 inflorescences réparties sur 20 plantes et deux sous traitements réalisés (sous traitement 2-1 : 20 inflorescences laissées en libres pollinisations ; sous traitement 2-2 : 20 inflorescences délicatement isolées à l'aide des sachets en toile gaze).

graine par gousse et le pourcentage des graines normales ont été calculés.



Figure 2 : Plantes de *Phaseolus vulgaris* montrant les différents traitements

(A : Plante montrant les fleurs laissées en libre pollinisation ; B : Plante montrant les fleurs isolées des insectes à l'aide d'un sachet en gaze)

Après la fanaison de la dernière fleur étiquetée, le nombre de gousses formés sera compté dans chacun des sous traitements des traitements 1 et 2. Le taux de fructification, le pourcentage du nombre moyen de

➤ Taux de fructification

Pour chaque traitement et sous traitement, l'indice de fructification (I_{fr}) sera calculé selon la formule ci-après : $I_{fr} = (Fr/Fl)$, où Fr est le nombre de gousses formés et Fl est le nombre de fleurs viables

initialement portées. Le pourcentage du taux de fructification (Pf) a été calculé par la formule suivante : $Pf = \{[(f1 - f2) / f1] \times 100\}$, où $f1$ et $f2$ représente le taux de fructification dans chaque traitement et sous traitement. Ces données permettent d'apprécier l'influence de fertilisant et des insectes floricoles sur le taux de fructification (Tchuengem et al., 2014).

➤ **Pourcentage du nombre moyen de graine par gousse**

Le pourcentage du nombre moyen de graine par gousse (Pg) a été calculé à l'aide de la formule ci-dessous : $Pg = \{[(g1 - g2) / g1] \times 100\}$, où $g1$ et $g2$ représente le nombre moyen de graine par gousse dans chaque traitement et sous traitements.

➤ **Pourcentage des graines normales**

Le pourcentage des graines normales (Pn) a également été déterminé grâce à la formule ci-après : $Pn = \{[(gn1 - gn2) / gn1] \times 100\}$, $gn1$ et $gn2$ représentant les pourcentages des graines normales dans chaque traitement et sous traitements.

3.6. Traitement des données

Pour traiter les données les tests statistiques suivants ont été utilisés : La statistique descriptive (calcul des moyennes, écart - types et pourcentages) ; quatre tests : Test - t de Student (comparaison des moyennes de deux échantillons) ; Chi-carré (χ^2) (la comparaison des pourcentages) ; Coefficient de corrélation de Pearson (r) (étude des relations linéaires entre deux variables). Nous avons en outre utilisé les logiciels Microsoft Excel 2007 et STATISTICA 10.1.

4. Résultats

4.1. Croissance de la plante

La hauteur de la plante, le diamètre de collet et le nombre de feuille varie en fonction de temps dans les traitements 1 et 2. Il ressort de tableau 1 et la figure 3 que la hauteur de la plante et le diamètre du collet des parcelles traitées aux fientes (traitement 2) présente une croissance plus rapide que les parcelles témoins (traitement 1) ($p < 0,01$) par contre pour le nombre de feuille par plante nous n'avons par une différence significative entre les parcelles traités aux fientes (traitement 2) et les parcelles témoins (traitement 1) ($p > 0,05$).

Tableau 1 : Paramètres de croissance des plantes en fonctions des traitements et de dates en 2020

Paramètres, traitements		Jours d'observations					
		19/03/2020	25/03/2020	02/04/2020	09/04/2020	15/04/2020	22/04/2020
Diamètre du collet (cm)	T1	2,53	3,28	3,68	4,11	4,59	5,16
	T2	3,36	3,42	4,13	4,36	5,26	6,05
Hauteur (cm)	T1	6,23	10,85	13,68	17,50	23,24	30,19
	T2	6,60	11,95	15,24	20,29	28,70	35,19



19/03/2020



25/03/2020



09/03/2020

Plantes issu du traitement 1 (Plantes témoins)

Tableau 2 : Diversité, nombre de visites et pourcentage de visites durant la période d'observation

Famille, Genre et Espèce	Témoin (traitement 1)		Fiente (traitement 2)		Total	
	n_i	$P_{ti}(\%)$	n_i	$P_{fi}(\%)$	n_i	$P_t(\%)$
<i>Apis mellifera</i>	88	7,97	113	12,35	201	9,48
Formicidae	165	14,94	139	15,19	304	14,34
Muscidae	122	11,05	111	12,13	233	10,99
Peiridae	252	22,83	230	25,14	482	20,74
Vespidae	41	3,71	48	5,25	89	4,20
<i>Xylocopa olivacea</i>	436	39,49	374	40,87	810	38,22
Total	1104		1015		2119	

n_i : nombres individus en 10 jours d'observation ; P_{ti} : pourcentages de visites sur les parcelles témoins ; $P_{fi} = (n_i / 1104) * 100$; P_{fi} : pourcentages de visites sur les parcelles traitées à la fiente de poule ; $P_{ft} = (n_i / 1015) * 100$; P_t : pourcentages de visites cumulées ; $P_{t} = (n_i / 2119) * 100$. Comparaison (nombres des visites sur les parcelles témoin et celles traitées aux fientes): $\chi^2 = 7,48$; $ddl = 1$; $p < 0,01$



Plantes issu du traitement 2 (Plantes ayant reçues la fiente des poules)

Figure 3 : Plantes de *Phaseolus vulgaris* à différentes étapes de croissance en fonction des traitements

4.2. Diversité des insectes floricole

Sur les 10 observations faites en 2020, 2119 visites de 6 espèces insectes floricoles ont été recensées sur les fleurs du *Phaseolus vulgaris* var Petite Graines Noire (Tableau 2). Il ressort de ce tableau que *Xylocopa olivacea* occupe le premier rang (38,22 %) suivie de Pieridae (20,74 %) et en troisième place les Formicidae (14,34 %). Parmi les autres insectes recensés, les Muscidae, les Vespidae et *Apis mellifera* ont les plus faibles pourcentages des visites (<11 %).

4.3. Activités des insectes sur les fleurs de *Phaseolus vulgaris*

4.3.1. Butinage du nectar et de pollen

Le tableau 3 présente les insectes et les produits floraux prélevés pendant la période d'étude, il ressort de ce tableau que : les insectes prélèvent plus le nectar (75,82 %) que le pollen (2,55 %) sur les parcelles traitées au fertilisant organique ; sur les parcelles témoins par contre ces résultats sont de 74,60 % pour le butinage de nectar et 3,05 % pour la récolte du pollen. Ces données ont permis de mettre en exergue un bon butinage du nectar dans toutes les parcelles expérimentales. La figure 4 présente *Xylocopa olivacea* en activité de butinage sur une fleur.

Tableau 3. Produits floraux récoltés par les insectes

Insectes	Témoin				Fiente				
	VE	Nectar		Pollen		Nectar		Pollen	
		<i>n</i>	<i>P</i> (%)	<i>n</i>	<i>P</i> (%)	<i>n</i>	<i>P</i> (%)	<i>n</i>	<i>P</i> (%)
<i>Apis mellifera</i>	201	62	20,32	26	8,52	75	24,59	38	12,46
Formicidae	304	165	100	0	0	139	100	0	0
Muscidae	233	122	100	0	0	111	100	0	0
Pieridae	482	252	100	0	0	230	100	0	0
Vespidae	89	41	100	0	0	48	100	0	0
<i>Xylocopa olivacea</i>	810	386	29,81	50	3,86	298	23,01	76	5,86
Total	2119		75,04		2,06		74,60		3,05

VE : visites étudiées



Figure 4 : *Xylocopa olivacea* récoltant le nectar sur une fleur de *Phaseolus vulgaris*

4.3.2. Abondance des insectes

Le nombre moyen d'insectes visitant simultanément les fleurs de *Phaseolus vulgaris* est de 1 ($n = 90$; $s = 0$). Pour l'abondance pour 1000 fleurs ces nombres varient en fonction d'espèces ou des familles d'insectes, les plus représentatifs sont *Xylocopa olivacea* ($A_{1000} = 37,50$; $n = 30$; $s = 11,32$) suivie de pieridae ($A_{1000} = 28,98$; $n = 30$; $s = 0,05$) de formicidae ($A_{1000} = 19,00$; $n = 30$; $s = 4,03$) de muscidae ($A_{1000} = 14,03$; $n = 32$; $s = 7,52$) de *Apis mellifera* ($A_{1000} = 11,00$; $n = 30$; $s = 6,58$) et de vespidae ($A_{1000} = 7,34$; $n = 30$; $s = 0,20$). La différence entre les abondances des différentes espèces d'insectes sur les fleurs est très hautement significative ($F = 14,82$; $ddl = 5$; $p = 0,001$).

4.4. Rendements

4.4.1. Impact des insectes sur la pollinisation de *Phaseolus vulgaris*

Sur les parcelles témoins (traitement 1) sur 180 visites étudiées indépendamment des espèces d'insectes 98 avaient des contacts avec le stigmate de la fleur soit une moyenne de **54,44 %**. Sur les parcelles traitées (traitement 2) sur 180 visites étudiées, 139 étaient en contacts avec les anthères de fleur avec une moyenne de **72,22 %**.

De manière général le pourcentage total des visites avec contact stigmatiques est de **63,33 %**.

4.4.2. Impact de la pollinisation sur la fructification

4.4.2.1. Système de reproduction

➤ Sur les parcelles témoins (traitement 1)

L'indice de fructification moyen a été de 0,53 ($n = 30$) dans le sous traitement 1.1 et de 0,23 ($n = 30$) dans le sous traitement 1.2. TC (allogamie) = **43,39 %** et TA (autogamie) = **56,60 %**.

➤ Sur les parcelles traitées à la fiente

L'indice de fructification moyen a été de 0,23 ($n = 30$) dans le sous traitement 2.1 et de 0,36 ($n = 30$) dans le sous traitement 2.2. $TC = 43,47 %$ et $TA = 56,52 %$. De manière générale : $TC = 43,43$; $TA = 56,57$. Il en ressort que *Phaseolus vulgaris* a un régime de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'autogamie.

4.4.2.2. Impact des fertilisants sur les rendements

➤ Nombre de gousses par plantes dans les différents traitements

Le nombre moyen de gousses par plantes a été de 60,76 ($n = 30$; $s = 32,40$) dans le sous traitement 1-1 (témoins) et de 63,00 ($n = 30$; $s = 32,45$) dans le sous traitement 2-1 ayant. La différence entre nombre moyen des gousses dans les parcelles traitées et celles non traitées est significative ($t = 1,01$; $ddl = 58$; $P < 0,1$).

➤ Nombre de graines par gousses

Le nombre moyen de graines par gousse a été de 2,00 ($n = 30$; $s = 1,91$) dans le sous traitement 1-1 et de 3,62 ($n = 30$; $s = 1,59$) dans le sous traitement 2-1. La différence entre les nombres moyens des graines par gousse dans les différentes sous traitements est très hautement significative ($t = 13,59$; $ddl = 58$; $P < 0,001$).

➤ Pourcentage des graines normales

Le pourcentage des graines normales a été de 70,78 % dans la parcelle témoin et de 44,90 % dans la parcelle traitée à la fiente. La différence entre ces les pourcentages des graines normales dans les traitements est très hautement significative ($\chi^2 = 12,56$; $ddl = 1$; $P < 0,001$).

➤ Estimation quantitative

Le pourcentage de nombre de gousse par plante dû à l'action de la fiente est de : **3,55 %**. Le pourcentage

de nombre des graines par gousse dû à l'action de la fiente est de : **44,75 %**. Les parcelles traitées à la fiente ont eu une augmentation dans la formation des gousses, de nombre de graines par gousses dans les proportions comprises entre **3,55 à 44,75 %**.

3.4.2.3. Impact des insectes sur les rendements

➤ Taux de fructification

Le tableau 4 indique que le taux de fructification a été de 38,33 % dans les sous traitements aux fleurs laissées en libre pollinisation et de 36,52 % dans les sous traitements aux fleurs isolées des insectes. Une différence significative est observée entre les taux de fructification dans ces différents sous traitements ($X^2 = 9,23$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). De façon générale le taux de fructification des fleurs laissées en libre pollinisation est supérieur à ceux des fleurs isolées des insectes. Le pourcentage du taux de fructification dû aux insectes floricoles est de : **4,72 %**.

➤ Graines par gousse

Le nombre de graines pas gousse a été de 1,71 dans les sous traitements aux fleurs laissées en libre pollinisation et de 3,36 dans les sous traitements aux fleurs isolées des insectes (tableau 4). Une différence très hautement significative a été observée sur les nombre moyen des graines par gousse dans les différents traitements ($t = 5,36$; $ddl = 128$; $P < 0,001$). Le nombre moyen des graines par gousses issue des fleurs laissées en libre pollinisation est supérieure à ceux des fleurs isolées des insectes. Le pourcentage du taux de fructification dû aux insectes floricoles est de : **88,64 %**.

➤ Graines normales

Les pourcentages des graines normale a été de 45,01 % dans le traitement 1 et de dans le 70,67 % traitement 2 (tableau 4). Le pourcentage de graines normale des fleurs laissées en libre pollinisation est supérieur à ceux des fleurs isolées des insectes ($X^2 = 37,90$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). Le pourcentage du nombre des graines normales dues aux insectes floricoles est de **36,68 %**.

Tts	Sts	NFE	NGF	TF	Gr/Gs		Graines normales		
					<i>m</i>	<i>s</i>	T. de gr.	Gr. nor.	<i>P</i> (%)
1	Sts 1-1 (Fl)	30	16	53,33	2,00	1,91	35	23	65,71
2	Sts 2-1 (Fl)	30	11	36,67	3,62	1,59	58	44	75,86
Tot.		60	27	45	2,81	1,31	93	67	70,78
1	Sts 1-2 (Fi)	30	7	23,33	1,71	1,31	37	9	24,32
2	Sts 2-2 (Fi)	30	11	36,37	3,36	1,51	21	32	65,49

Tot.	60	18	29,85	2,53	1,39	58	41	44,90
<p>NFE : nombre de fleurs isolées ; NGF : nombre de gousses formés ; TF : taux de fructification ; FI : fleurs libres ; Fi : fleurs protégées des insectes à l'aide des sacs gaze ; Tts : traitements ; Sts : sous traitement ; T. de gr. : total des graines ; Gr. nor. : graines normales ; Tot : total.</p>								

5.

Discussion

5.1. Paramètres sur croissance de la plante

Une bonne croissance des plantes traitées aux fientes de poule a été observée. La corrélation positive et significative sur tous les paramètres étudiés indique que le haricot peut bien croître dans les sols ferrallitiques argileux du centre Cameroun. En général, les plantes ayant reçues la fiente de poule ont présenté un port et une floraison bien développée. Ces résultats peuvent être dus à la composition chimique initiale du sol qui a une concentration élevée en azote (favorisant la croissance végétative) et de celle de la fiente possédant les mêmes caractéristiques en ce qui concerne la concentration de l'azote. Les observations similaires ont été réalisées par Pharaon et al. (2018) dans la même région du centre Cameroun mais sur *Sésamun indicum*, cet auteur a obtenu les corrélations positives et significatives sur la croissance de cette Pédaliacée couplées d'une bonne productivité.

5.2. Inventaire des insectes floricoles

L'entomofaune floricole de *Phaseolus vulgaris* à Nkolfoulou pendant notre période d'étude présentait 6 espèces insectes floricoles, ce résultat paraît faible par rapport à ceux obtenus à Yaoundé, Ngaoundéré et Maroua par Pando et al. (2013), Kengni et al. (2015) et Djonwangwe et al., (2017) qui sont respectivement de 21, 12 et 14 espèces d'insectes signalé sur cette fabacée. Ces résultats confirment les travaux de Tchuenguem (2005) et Gallai et al. (2009) qui signalent que l'entomofaune floricole et la fréquence d'une espèce végétale peuvent varier dans le temps et dans l'espace. Les visites observées sur les parcelles traitées aux fientes pourraient être lié à une bonne disponibilité du pollen et ou du nectar sur ces fleurs pendant notre période d'observation ce qui s'expliquerait que la fiente contribuerait à une bonne sécrétion du nectar et une bonne maturation du pollen.

5.3. Activités des insectes floricoles

Les insectes floricoles prélèvent plus le nectar que le pollen. Cette préférence au nectar ne varie pas en fonction du traitement appliqué. Il a été observé une forte et bonne récolte du nectar sur les parcelles traitées et non traitées avec une moyenne de 74,82 %. Ces données sur le produit floral prélevé peuvent expliquer en partie le bon rendement obtenu, par le fait que lorsque les insectes butinent le nectar, ils transportent également de façon passive et inconsciente le pollen des organes mâles vers les

organes femelles de la fleur. L'abondance remarquable des insectes sur la fleur montre une bonne attractivité du nectar, pourrait s'expliquer en partie par une disponibilité en quantité et en qualitative des produits floraux de cette espèce végétale (Proctor et al., 1996).

5.4. Rendements

◆ Système de reproduction

Les résultats trouvés sur les rendements, montrent la dominance de l'autogamie. Ces données sont conformes à ceux de Magah (1986) qui a montré que les Fabacées ont un système de reproduction mixte avec prédominance de l'autogamie sur l'allogamie. Ainsi les insectes floricoles peuvent donc transporté les pollens d'une fleur à une autre fleur de la même plante ou d'une autre plante. Cet exercice permet ainsi d'avoir les plantes hybrides.

◆ Impact des insectes floricoles sur la pollinisation

Sur les différentes parcelles étudiées, en fonction des traitements appliqués, les insectes floricoles sont presque toujours en contact avec le stigmate lors de la récolte du nectar ou du pollen, ces pourcentages varient de 0 % pour les Pieridae à 93,33 % pour *Xylocopa olivacea* ces contacts stigmatiques pourraient provoquer une autopolinisation et une allopollinisation.

◆ Impact des fertilisants et des insectes floricoles sur les rendements

L'indice de fructification varie de 0,53 sur les parcelles non traitées à 0,23 sur les parcelles traitées à la fiente ; le nombre de graines par gousse varie de 2,00 à 3,62 et le pourcentage de graines normales varie de 65,71 % à 75,86 %. Ces résultats montrent que la fertilisation du sol associé aux insectes floricoles joue un rôle positif dans les rendements. L'impact élevé de la fiente sur les différents paramètres du rendement pourrait s'expliquer par la composition initiale du sol qui associé à celle de la fiente créant des conditions favorables pour la croissance de la plante comme indiqué au niveau des paramètres de croissance. Le taux de fructification, le nombre des graines par gousses et le pourcentage des graines normales dû à l'activité des insectes floricoles associés au fertilisant est de 4,72 %, 88,64 % et 36,68 % respectivement. Ces données sont la preuve que non seulement les insectes floricoles associés à un bon fertilisant améliorent effectivement les rendements en gousses par une

bonne pollinisation de cette plante, mais aussi qu'ils jouent un rôle très important sur le transport du pollen, de manière inconsciente les insectes transportent le pollen grâce aux poils, pattes et pièces buccales, ainsi ils participent à l'amélioration de la production des graines de bonne qualité. Pando *et al.* (2013) et Djonwangwe *et al.* (2017) ont aussi montré que la pollinisation par les insectes augmente le taux de fructification de Fabacées de 22,81 % et 48,5 %, respectivement.

Conclusion

Sur les sols ferrallitiques argileux du centre Cameroun, la croissance du Haricot est remarquable sur les parcelles traitées à la fiente de poule. En comparant les rendements des plantes aux fleurs laissées en libre pollinisation à ceux des plantes aux fleurs protégées des insectes, il apparaît que les fertilisants organiques associé aux insectes floricoles augmentent significativement la productivité de cette plante. L'utilisation des pesticides est proscrite pendant la période de floraison des plantes pour n'est pas détruire les insectes pollinisateurs.

Références

Dahn S. (1987) Wardley v. Ansett : an examination and analysis of a leading and influential equal opportunity case. minerva-access.unimelb.edu.au

Borror D.J., White R.E. (1991) Les insectes de l'Amérique du Nord (au nord du Mexique). Broquet (ed.), Laprairie, 408 p.

Delaplane K.S., Dag A., Danka G.R., Breno M., Freitas M.B., Garibaldi L., Goodwin R., Hormaza J. (2013) Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research* 52 (4): 1-18.

Douka C. (2015) Impact de *Apis mellifera adansonii*, *Lipotriches collaris* (Hymenoptera : Apoidea) et *Musca domestica* (Diptera : Muscidae) sur la pollinisation de *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) et de *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) à Mayel - Ibbé (Maroua, Cameroun). Thèse Ph.D, Université de Ngaoundéré, 159 p.

Douka C., Tchuenguem F. F.-N. (2013) Foraging and pollination Behavior of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on flowers of *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) at Maroua, Cameroon. *International Research Journal of Plant Science*, 4 (2): 45-54.

Dounia (2015) Activités de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera*, *Lipotriches collaris* et *Macronomia vulpina* (Hymenoptera : Apoidea) sur les fleurs de *Glycine max* L. (Fabaceae) et *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) à Mayel-Ibbé (Maroua, Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D., Université de Ngaoundéré, 173 p.

Djonwangwé D., Pando J. B., Kameni B. A. S., Bella M. M. A., Tchuenguem F. F. - N., Messi J. (2017) Impact des activités de butinage de *Xylocopa inconstans* Smith F. 1874 (Hymenoptera : Apidae) et *Megachile eurymera* Smith 1864 (Hymenoptera : Megachilidae) sur la pollinisation et les rendements fruitiers et grainiers de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 1843 (Fabaceae) à Maroua, Extrême-Nord, Cameroun. *Afrique Science* 13(5) : 1-17.

Eardley C. D., Kuhlmann M., Pauly A. (2010) Les genres et sous-genres d'abeilles de l'Afrique subsaharienne. *ABC Taxa* 9, 152 p.

Gallai N., Salles J-M., Settele J., Vaissière B. E., (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68 : 810-821.

Jean-Prost P. (1987) Apiculture : Connaître l'Abeille - Conduire le Rucher (6è éd.). Lavoisier: Paris.

Ibarra-Perez F. J., Barnhart D., Ehdaié B., Knio K. M., Waines J. G. (1999) Effects of insects tripping on seed yield of common bean. *Crop Science*, 39: 425-433.

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

MINADER (2010) Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2007 et 2008. Direction des Enquêtes et Statistiques AGRI-STAT CAMEROUN n° 16, 98 p.

Mutsaers M. (1991) Bees in their natural environment in south Western Nigeria. *The Nigerian Field*. 56: 3 - 18.

Kingha B. M. T., Tchuenguem F. F.-N., Ngakou A., Brückner D. (2012) Foraging and pollination activities of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera, Apidae) on *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) flowers at Dang (Ngaoundere-Cameroon). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 4(6): 330-339.

Kingha T. M. B. (2014) Entomofaune floricole et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Arachis hypogaea* L. et *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) à Dang (Ngaoundéré-Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D, Université de Ngaoundéré, 139 p.

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

Kengni B. S., Tchuenguem F. F.-N., Ngakou A. (2015) Impact of the foraging activity of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) and Bradyrhizobium fertilizer on pollination and yield components of *Glycine max* L. (Fabaceae) in the field. *International Journal of Biological Research*, 3 (2): 64-71.

Klein A. M., Vaissière B. E., Cane J. H., Steffan D. , Cunnigham S. A., Kremen C., Tscharntke T. (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for

world crops. *Proceedings of the Royal Society*. 274: 303-313.

Pando J. B., Tchuenguem F. F.-N., Tamesse J. L. (2013) Activité de butinage et de pollinisation de *Xylocopa olivacea* Fabricius 1787 (Hymenoptera: Apidae) sur les fleurs de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 1843 (Fabaceae) à Yaoundé - Cameroun. *faunistique - Faunistic Entomology*, 66 : 47 - 59.

Pharaon M. A., Dounia., Douka C., Otiobo A. E., Tchuenguem F. F.-N. (2018) Pollination Efficiency of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) on Flowers of *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) at Bilone (Obala, Cameroon) *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences* 4 (3), 12-20

Proctor M., Yeo P. & Lack A., (1996) *The natural history of pollination*. Corbet S.A., Walters S.M., Richard W. & Streeter D. (eds), Harper collings, 462 p.

Tchuenguem F. F. - N., Fameni T. S., Brückner D. (2014) Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) flowers at Ngaoundere (Cameroon). *International Journal of Tropical Insect Science*, 34 (2) : 127 - 137.

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

Segeren P., Mulder V., Beetsma J., Sommeijer R. (1996) Apiculture sous les tropiques. Agrodok 32, 5ème ed., Agromisa, Wageningen, 88 p.

Singh, S. P., Gepts, P., Debouck, D. G. (1991). Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 45(3), 379-396.

Splittstoesser W. E., George W. L., Scott, J. W. (1984) Parthenocarpy in tomato. *Hortic Rev* 6: 65-84.

Wortmann C.S. (1998) Atlas of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Africa CIAT 297 p