

Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* Linné (Hymenoptera: Apidae) sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) à Djamboutou (Garoua, Cameroun)

Emmanuel BASGA^{1, 2}, Sidonie FAMENI TOPE³, Esther Nadine OTIOBO ATIBITA⁴ et Fernand - Nestor TCHUENGUEM FOHOJO¹

¹ Laboratoire de Zoologie Appliquée, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, B.P. 454 Ngaoundéré, Cameroun.

² Laboratoire de Sciences de la Vie et de la Terre, Département de Sciences de la Vie et de la Terre, Ecole Normale Supérieure, Université de Maroua, B.P. 46 Maroua, Cameroun.

³ Laboratoire de Zoologie Appliquée, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Maroua, B.P. 814 Maroua, Cameroun.

⁴ Laboratoire des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Bamenda, B.P. 39 Bambili, Cameroun.
Auteur correspondant: Emmanuel BASGA, Tel: (00237) 699 99 80 97, E-mail: pastofils@gmail.com

Original submitted in on 1st April 2019. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th June 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v138i1.11>

RESUME

Objectif: L'activité de butinage et de pollinisation des fleurs de *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) par *Apis mellifera* Linné (Hymenoptera: Apidae) a été observée à Garoua (Nord, Cameroun), afin d'évaluer l'impact de cette abeille sur le rendement fruitier et grainier de la plante.

Méthodologie et résultats: De juin à novembre des années 2010 et 2011, 200 fleurs de *G. hirsutum* ont été étiquetées et deux traitements formés selon la présence ou l'absence de protection vis-à-vis de *Apis mellifera*. Le comportement de butinage de l'Apidé sur les fleurs, le taux de fructification, le nombre de graines par capsule et le taux de graines normales ont été évalués. Les résultats ont montré que *A. mellifera* butinait de 6 h à 17 h et pendant toute la période de floraison de *G. hirsutum*. A travers son efficacité pollinisatrice, *A. mellifera* a provoqué un accroissement significatif du taux de fructification de 20,55 %, du nombre de graines par capsule de 26,21 % et du pourcentage de graines normales de 25,01 %.

Conclusion et application des résultats: La pose des colonies de *A. mellifera* dans les plantations de *G. hirsutum* est recommandée pour augmenter la production des capsules et des graines. L'utilisation des pesticides est à éviter pendant la période de floraison de la Malvacée. En cas de nécessité, utiliser les pesticides les moins toxiques et à faible rémanence pour les abeilles, puis les appliquer en dehors des tranches horaires d'activité de *A. mellifera*.

Mots clés: *Apis mellifera*, *Gossypium hirsutum*, fleurs, pollinisation, rendements.

Pollination efficiency of *Apis mellifera* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) at Djamboutou (Garoua, Cameroon)

ABSTRACT

Objective: Foraging and pollination activity of flowers of *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) by *Apis mellifera* Linné (Hymenoptera: Apidae) have been observed in Garoua (North Cameroon), to determine the impact of worker bees on fruit and seed yields of this plant species.

Methodology and results: From June to November 2010 and 2011, for each year, 200 flowers were labeled and divided in to two treatments, differentiated according to the presence or absence of protection against insect's activities. The foraging behavior on flowers, the fructification rate, the number of seeds per pod and the normal seeds rate were evaluated. Results show that *A. mellifera* foraged on *G. hirsutum* flowers from 6 am to 17 pm and throughout the whole blooming period. Through its pollination efficiency, *A. mellifera* increased significant fructification rate in the order of 20.55 %, the number of seed yields per pod was 26.21 % and the percentage of the normal seeds was 25.01 %.

Conclusion and application of results: The installation of *A. mellifera* colonies close to *G. hirsutum* field could be recommended to improve its pods and seeds production.

Keywords: *Apis mellifera*, *Gossypium hirsutum*, flowers, pollination, yields.

INTRODUCTION

Malgré son fort potentiel agricole, l'Afrique subsaharienne continue d'être la région du monde où l'insécurité alimentaire est la plus grande (PAM, 2007). Ce continent est caractérisé notamment par une faible production agricole (Aby Sy et al., 2011). Pour résoudre les problèmes sus-évoqués, il est important que tous les facteurs pouvant concourir à l'augmentation des rendements soient intégrés dans les programmes de développement de l'agriculture dans les pays africains. Ces facteurs inclus les pratiques culturales (Kumar, 1991) et les pollinisateurs (Klein et al., 2007 ; Winfree et al., 2008). En effet, si les agriculteurs du continent connaissent bien les pratiques culturales (rotation des cultures, fertilisation des sols, sélection végétale), ils sont en général peu informés du rôle positif de certains insectes et principalement des abeilles dans la pollinisation des fleurs de nombreuses plantes. Ceux-ci ignorent bien souvent qu'en absence ou en présence d'un nombre insuffisant d'insectes pollinisateurs au cours de la floraison, les rendements peuvent être fortement diminués et parfois nuls (Philippe, 1991). Pourtant, il est connu qu'environ 70 % des principales productions agricoles dans le monde sont tributaires de la pollinisation entomophile (Abrol, 2012). Au

Cameroun l'agriculture est la principale activité du monde rural. Ce secteur est le principal pourvoyeur d'emplois, puisqu'elle emploie environ 60 % de la population active, essentiellement au sein d'exploitations familiales (MINADER, 2015). Dans ce pays, cinq zones agro écologiques porteuses de paysages et de climats variés sont identifiables, expliquant alors sa grande diversité des productions agricoles (MINADER, 2015). Malgré ces atouts énormes, la production agricole demeure faible devant sa population sans cesse croissante. En dépit des efforts du gouvernement visant à promouvoir une agriculture durable, moderne et compétitive à travers ses différents programmes et projets, il serait nécessaire d'intégrer les pollinisateurs dans ces programmes d'amélioration des rendements des cultures. *Gossypium hirsutum* est originaire de l'Amérique Centrale et du Nord et du Mexique (Jenkins, 2003). Les principaux pays producteurs au monde sont la Chine, l'Inde, le Moyen Orient, les Etats-Unis et l'Australie (Cotton Australia, 2005). Au Cameroun, sa production est estimée à 250000 tonnes par an, pour une demande évaluée à plus de 350000 tonnes (MINADER, 2010). La plante donne des fleurs de couleur blanche qui produisent du nectar et du pollen exploités par les insectes (Ahmed et

al., 1989). Le fruit contient des graines qui portent des fibres cellulósiques (David, 1971). Ces fibres constituent une matière première très importante pour les industries textiles, puisqu'elles entrent dans la fabrication des vêtements (Philippe, 1991). Les graines sont riches en huile alimentaire et son tourteau entre dans l'alimentation du bétail (Philippe, 1991). Avant nos travaux, l'étude des relations entre *G. hirsutum* et ses insectes a été faite en Australie (Richards et al., 2005), aux Etats – Unis d'Amérique (Llewelyn et al., 2007), au Soudan (Ahmed et al., 1989), en Russie (McGregor, 1976) et au Cameroun (Dounia & Tchuenguem, 2013, 2014; Mazi et al., 2013). Considérant le fait que l'entomofaune d'une plante varie d'une région à une autre (Roubik, 2000), il est nécessaire de mener d'autres études sur les

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude: Les travaux ont été réalisés de juin à novembre 2010 et 2011 à Djamboutou, quartier de la ville de Garoua, Arrondissement de Garoua 1^{er}, Département de la Bénoué, Région du Nord au Cameroun. La parcelle expérimentale était un champ de 440 m² de surface, centré au point d'altitude 207 m, de latitude 09 18,304'N et de longitude 13 20,629'E. La végétation était représentée par des espèces spontanées et des plantes cultivées.

Matériels biologiques: Le matériel animal était représenté par *Apis mellifera* et autres populations d'arthropodes naturellement présents dans l'environnement de la station d'étude. Le matériel végétal était représenté par *Gossypium hirsutum* dont les semences étaient gratuitement fournies par la SODECOTON.

Méthodes

Semis et entretien de la culture: Au début de chaque période d'investigation, du 20 au 25 mai, la parcelle expérimentale de 22 m sur 20 m a été défrichée, labourée et 12 sous - parcelles de 4,70 m de longueur sur 3,5 m de largeur ont été constituées. L'espace entre deux sous - parcelles successives étant de 1 m. Le 05 juin 2010 et 2011, le semis a été fait en lignes sur les sous - parcelles, à raison de 4 lignes par sous - parcelle. Les graines ont été semées en poquets, à raison de 10 grains par poquet, l'espacement entre les poquets était de 30 cm sur les lignes et de 1 m entre les lignes. La profondeur des poquets était de 4 cm

relations qui existent entre cette Malvacée et ses insectes anthophiles pour apporter un plus aux données existantes. La présente étude est une contribution à la maîtrise des relations entre *G. hirsutum* et *A. mellifera*, dans l'optique de leur gestion optimale au Cameroun. Les objectifs spécifiques visent à:

- déterminer le mode de reproduction de *G. hirsutum*;
- déterminer la place de *A. mellifera* dans l'entomofaune floricole de *G. hirsutum*;
- étudier l'activité de *A. mellifera* sur les fleurs de *G. hirsutum*;
- estimer la valeur apicole de la plante;
- évaluer l'efficacité pollinisatrice de *A. mellifera* sur *G. hirsutum*.

(MINADER, 2010). Deux semaines après la levée, le démarrage a été fait et seule une plante (celle qui était plus développée) a été conservée par poquet. De la levée (survenue le 15 juin 2010 et 2011) à l'ouverture de la première fleur (survenue le 18 juillet 2010, le 06 août 2011), le sarclage a été régulièrement réalisé à la houe, toutes les deux semaines. Du début de la floraison à la maturité des fruits (26 novembre 2010, 04 décembre 2011), le sarclage manuel a été régulièrement effectué.

Détermination du mode de reproduction: Du 24 juillet au 26 août 2010, 200 fleurs de *G. hirsutum* ont été étiquetées sur 100 plantes (réparties sur l'ensemble des sous-parcelles, à raison de deux fleurs par plante) et deux traitements constitués: traitement 1 fait de 100 fleurs libres et traitement 2 constitué de 100 fleurs protégées délicatement à l'aide des sachets en toile gaze (Figure 1). Du 13 au 15 septembre 2011, la même opération a été répétée et deux traitements constitués: traitement 4 fait de 100 fleurs libres et traitement 5 fait de 100 fleurs protégées délicatement à l'aide des sachets en toile gaze. Après la période de floraison, le nombre de capsules formées a été compté dans chacun des traitements 1, 2, 4 et 5. Pour chaque traitement, l'indice de fructification (*I_{fr}*) a été calculé selon la formule ci-après: $I_{fr} = (F_2 / F_1)$ où F_2 est le nombre de capsules formées et F_1 le nombre de fleurs viables initialement portées (Tchuenguem et al., 2001). Pour chaque saison d'observation, la différence entre

les indices de fructification des deux traitements nous a permis de calculer les taux d'alogamie (TC) et d'autogamie au sens large (TA), selon les formules ci-après (Demarly, 1977): $TC = \{[(lfrX - lfrY) / lfrX] * 100\}$,

où *lfrX* et *lfrY* sont les indices de fructification moyens dans le traitement en libre pollinisation (X) et dans le traitement protégé (Y) respectivement ; $TA = [100 - TC]$.



(A)



(B)

Figure 1 : Fleur de *Gossypium hirsutum* laissée en libre pollinisation (A) et celle protégée des insectes à l'aide d'un sachet en toile gaze (B).

Etude de l'activité de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* : Les observations ont été effectuées sur les fleurs de chacun des traitements 1 et 4 du 23 juillet au 20 août 2010 et du 10 août au 09 septembre 2011 pendant six tranches horaires journalières: 6 - 7 h; 8 - 9 h; 10 - 11 h; 12 - 13 h; 14 - 15 h et 16 -- 17h. Toutefois, après deux journées d'observation successives, une journée de repos avait été observée avant les deux autres suivantes. Au cours de chaque journée d'investigation, nous passons deux à trois fois sur chaque sous - parcelle du traitement libre pour chacune des tranches horaires journalières ci-dessus. A chaque passage, les différents insectes rencontrés sur les fleurs épanouies étaient identifiés et comptés. Les insectes n'étant pas marqués, les résultats cumulés ont été exprimés par le nombre de visites (Tchuenguem, 2005). Les données obtenues ont permis de déterminer la fréquence de chaque espèce d'insecte (*Fi*) sur les fleurs de *G. hirsutum*. Pour chaque saison d'étude, $Fi = \{[(Vi) / V] * 100\}$, avec *Vi* le nombre de visites de l'insecte *i* sur les fleurs du traitement libre et *V* le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs (Tchuenguem et al., 2001). Les produits floraux (nectar et/ou pollen) prélevés par *A. mellifera* ont été notés pendant les mêmes dates et tranches horaires que pour la fréquence des visites. L'abondance par fleur a été enregistrée à la suite d'un comptage direct. Pour l'abondance par 1000 fleurs, les ouvrières de *A. mellifera* ont été comptées sur un nombre connu de fleurs épanouies ; l'abondance par

1000 fleurs (A_{1000}) a ensuite été calculée à l'aide de la formule suivante: $A_{1000} = [(Ax / Fx) * 1000]$, où *Fx* et *Ax* 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 fréquence des visites. La durée de visite de *A. mellifera* par fleur a été enregistrée à l'aide d'un chronomètre pendant les mêmes dates et selon les mêmes tranches horaires journalières que celles de la fréquence des visites. Elle correspond au temps que met l'insecte pour prélever un produit (pollen et/ou nectar) sur une fleur (Tchuenguem, 2005). La vitesse de butinage (Tchuenguem et al., 2001) a été enregistrée aux mêmes dates et tranches horaires journalières que celles de la durée des visites à l'aide d'un chronomètre. Dès qu'une butineuse se posait sur une fleur, le chronomètre préalablement mis à zéro était mis en marche et le nombre de fleurs visitées était compté au fur et à mesure que l'insecte passait d'une fleur à l'autre. Le chronomètre était arrêté dès lors que l'insecte était perdu de vue ou s'il quittait la fleur de *G. hirsutum* pour une autre plante d'espèce différente. La vitesse de butinage (V_b) était calculée selon la formule: $V_b = [(Fi / di) * 60]$ où *di* est la durée donnée par le chronomètre (en secondes) et *Fi* le nombre de fleurs correspondant à *di* (Tchuenguem et al., 2004). L'influence de la faune (interruption des visites par des concurrents ou des prédateurs) et de la flore (passage des butineurs de la fleur du *G. hirsutum* à une autre

espèce végétale et vice versa) a été systématiquement noté lors du chronométrage de la durée des visites par fleur. Durant chaque journée d'observation, la température et l'hygrométrie de la station d'étude ont été enregistrées toutes les 30 minutes, de 6 h à 17 h à l'aide d'un thermo-hygromètre portable installé à l'ombre.

Evaluation de l'impact des insectes dont *Apis mellifera* sur les rendements de *Gossypium hirsutum*: Pour chaque année d'investigation, elle était basée sur l'impact des insectes anthophiles sur la pollinisation, l'effet de la pollinisation sur la fructification et la comparaison des rendements fruitiers et grainiers (taux de fructification, nombre moyen de graines par capsule, pourcentage des graines normales) des traitements X (fleurs laissées en libre pollinisation) et Y (fleurs protégées). Le taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles (Fr_i) était calculé à l'aide de la formule ci-après: $Fr_i = [Fr_x - Fr_y] / Fr_x * 100$ où Fr_x et Fr_y sont les taux de fructifications dans les traitements x et y respectivement. Pour un traitement, le taux de fructification (Fr) est: $Fr = (\text{nombre de capsules formées} / \text{nombre de fleurs viables initialement portées}) * 100$ (Tchuenguem et al., 2001). Le pourcentage du nombre de graines par capsule attribuable à l'influence des insectes floricoles (Pg_i) était calculé à l'aide de la formule ci-après: $Pg_i = [Pg_x - Pg_y] / Pg_x * 100$ où Pg_x et Pg_y sont les nombres moyens de graines par capsule dans les traitements x et y respectivement. Le pourcentage de graines normales attribuable à l'influence des insectes floricoles (Pgn_i) était calculé à l'aide de la formule ci-après: $Pgn_i = [Pgn_x - Pgn_y] / Pgn_x * 100$ où Pgn_x et Pgn_y sont les pourcentages de graines normales issues des traitements x et y respectivement.

RESULTATS

Système de reproduction: L'indice de fructification a été de 0,96, 0,71, 0,93 et 0,66 dans les traitements 1, 2, 4 et 5 respectivement. Ainsi, pour l'année 2010, TC = 26,04 % et TA = 73,96 %. Pour l'année 2011, les chiffres correspondant sont de TC = 29,03 % et TA = 70,97 %. Pour les deux années cumulées, TC = 27,53 % et TA = 72,47 %. Il apparaît que *G. hirsutum* a un régime de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'autogamie.

Place de *Apis mellifera* dans l'entomofaune floricole de *Gossypium hirsutum*: En 2010 et 2011 respectivement, 1181 et 876 visites de 20 et 15

Estimation de l'efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* sur *Gossypium hirsutum*: Parallèlement à la mise en place des traitements 1 et 2 (2010) puis 4 et 5 (2011), les traitements 3 et 6 ont été respectivement formés. Ils étaient constitués chacun de 40 boutons floraux étiquetés et protégés comme ceux des traitements 2 et 5, et dont les fleurs épanouies étaient destinées à la visite exclusive de *A. mellifera*. Pour chaque période d'observation, dès l'épanouissement de chaque bouton floral, la toile gaze était délicatement enlevée pendant la période d'activité optimale de *A. mellifera* et les fleurs laissées en libre pollinisation observées pendant 10 à 15 minutes pour noter la visite éventuelle de *A. mellifera*. Après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée. Pour chaque année d'étude, la contribution numérique directe de *A. mellifera* à la fructification (Fr_a) a été calculée suivant la formule: $Fr_a = [Fr_z - Fr_y] / Fr_z * 100$ où Fr_z et Fr_y sont les taux de fructification dans les traitements z (fleurs protégées et exclusivement visitées par *A. mellifera*) et y (fleurs protégées et non visitées). A la récolte, dans chacun des traitements 2, 3, 5 et 6, le nombre de graines a été compté. Le taux de fructification, le pourcentage du nombre de graines par capsule, le pourcentage de graines normales attribuables à *A. mellifera* ont été calculés de la même manière que ceux attribuables aux insectes floricoles.

Analyse des données: Le traitement des données a été fait 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 deux échantillons, du Coefficient de corrélation (*r*) de Pearson pour l'étude des relations linéaires entre deux variables, du test Chi carré (χ^2) pour la comparaison des pourcentages et du logiciel Excel 2010.

espèces d'insectes ont été enregistrées sur les fleurs de *G. hirsutum*. Le tableau 1 présente la liste de ces insectes avec leur pourcentage de visites. Il ressort de ce tableau que: en 2010, *A. mellifera* occupe le deuxième rang avec 19,39 % des visites; en 2011, cette abeille occupe le premier rang avec 27,39 % des visites; pour l'ensemble des deux années cumulées, *A. mellifera* occupe le deuxième rang avec 23,39 % des visites. La différence entre les pourcentages de visites de l'abeille en 2010 et en 2011 est très hautement significative ($\chi^2 = 39,58$; *ddl* = 1; *P* < 0,001).

Tableau 1: Insectes recensés sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* en 2010 et 2011 à Djamboutou, nombre et pourcentage des visites des différents insectes.

Ordre	Famille	Genre, espèce, sous-espèce	2010		2011		Total	
			n_1	P_1 (%)	n_2	P_2 (%)	n_T	P_T (%)
Coleoptera	Meloidae	<i>Coryna</i> sp. (Po)	45	3,81	6	0,68	51	2,47
	Coccinelidae	<i>Cheilomenes lunata</i> (Po)	201	17,01	114	13,01	315	15,31
Diptera	Muscidae	<i>Musca domestica</i> (Ne, Po)	6	0,84	7	0,79	13	0,63
	Syrphidae	1 sp. (Ne)	7	0,59	6	0,68	13	0,63
Heteroptera	Pentatomidae	1 sp. (Po)	4	0,33	-	-	4	0,19
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (ne, Po)	229	19,39	240	27,39	469	22,80
	Formicidae	<i>Camponotus</i> sp. (Ne)	61	5,16	27	3,08	88	4,27
		<i>Myrmecaria opaciventris</i> (Ne)	-	-	62	7,07	62	3,01
	Halictidae	<i>Macronomia vulpina</i> (Ne, Po)	377	31,92	171	19,52	548	26,64
		<i>Lasioglossum</i> sp. (Ne, Po)	35	2,96	42	4,71	77	3,74
		<i>Crocisaspidia chandleri</i> (Ne)	5	0,42	-	-	5	0,24
		1 sp. (Po)	4	0,33	3	0,34	7	0,34
	Megachilidae	<i>Chalicodoma kamerunensis</i> (Ne, Po)	133	11,26	158	18,03	291	14,14
		1 sp. (Ne, Po)	8	0,67	10	1,14	18	0,87
	Sphecidae	<i>Philanthus triangulum</i> (Pr)	1	0,08	-	-	1	0,04
		<i>Sceliphron spirifex</i> (Ne, Pr)	9	0,76	11	1,25	20	0,97
	Vespidae	<i>Belonogaster juncea</i> (Ne)	9	0,76	-	-	9	0,43
		(1 sp.) (Ne)	16	1,35	4	0,45	20	0,97
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Charaxes jasius</i> (Ne)	2	0,16	-	-	2	0,09
Orthoptera	Acridae	1 sp. (Po)	6	0,50	-	-	6	0,29
		<i>Tettigonia viridissima</i> (Po)	23	1,94	15	1,75	38	1,84
Total	Visites		1181	100,00	876	100,00	2057	100
	Espèces		(20 espèces)		(15 espèces)		21 espèces	

n_1 : nombre de visites sur 100 fleurs en 13 jours; n_2 : nombre de visites sur 100 fleurs en 12 jours; P_1 et P_2 : pourcentages de visites; $P_1 = (n_1 / 1181) \times 100$; $P_2 = (n_2 / 876) \times 100$; P_T : pourcentage total de visites; n_T = nombre total de visites; Ne: collecteur de nectar; Po: collecteur de pollen; sp.: espèce indéterminée; Pr: prédation.

Activité de butinage de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* : Produits floraux prélevés: Au cours de chacune des deux périodes de floraison de *G. hirsutum*, *A. mellifera* a récolté le nectar ou le pollen

(Figure 2). Sur les 469 visites enregistrées au cours des deux années, 439 (93,61 %) et 20 (6,39 %). ont été respectivement consacrées à la récolte du nectar et du pollen.



(A) (B)
Figure 2 : *Apis mellifera* prélevant le nectar (A) et récoltant le pollen (B) sur une fleur de *Gossypium hirsutum*

Rythme des visites de *Apis mellifera* en fonction du rythme d'épanouissement des fleurs de *Gossypium hirsutum*: Dans l'ensemble, les visites de *A. mellifera* sont plus nombreuses sur *G. hirsutum* lorsque le nombre de fleurs épanouies qu'il porte est plus élevé.

Nous avons trouvé une corrélation positive et hautement significative entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre de visites aussi bien en 2010 ($r = 0,91$; $ddl = 12$; $p < 0,001$) qu'en 2011 ($r = 0,87$; $ddl = 11$; $p < 0,001$) (Figures 3 et 4).

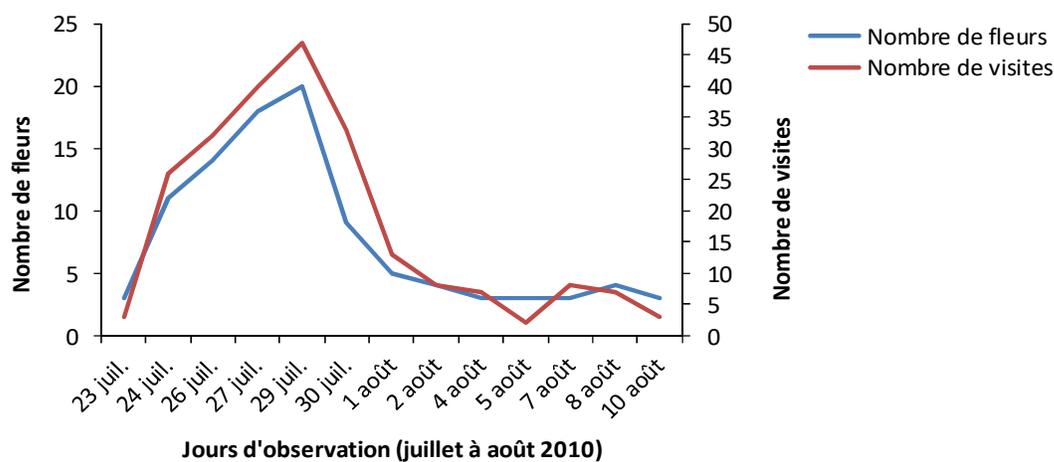


Figure 3: Rythme des visites de *Apis mellifera* sur *Gossypium hirsutum* en fonction du nombre de fleurs épanouies en 2010 à Djamboutou.

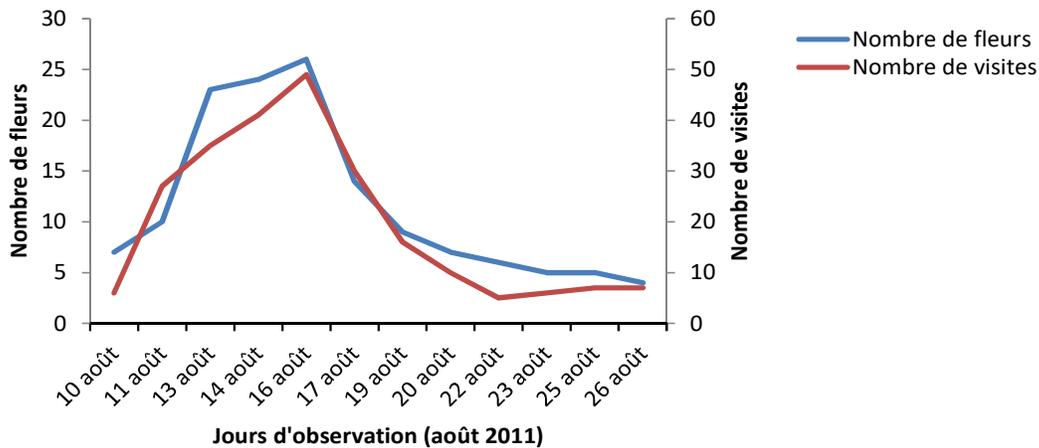


Figure 4: Rythme des visites de *Apis mellifera* sur *Gossypium hirsutum* en fonction du nombre de fleurs épanouies en 2011 à Djamboutou.

Rythme des visites de *Apis mellifera* en fonction des tranches horaires journalières d'observation:

Les figures 5 et 6 montrent la variation de la température, de l'hygrométrie atmosphérique et du nombre de visites de *A. mellifera* sur les fleurs de *G. hirsutum* selon les tranches horaires journalières d'observation. Il ressort de ces figures que l'activité de *A. mellifera* s'étale sur toutes les tranches horaires d'observation, avec un pic entre 10 - 11 h aussi bien en

2010 qu'en 2011. La corrélation s'est révélée positive et non significative entre le nombre de visites de *A. mellifera* et la température aussi bien en 2010 ($r = 0,31$; $ddl = 4$; $p > 0,05$) qu'en 2011 ($r = 0,08$; $ddl = 4$; $p > 0,05$). De même, elle s'est révélée positive et non significative entre le nombre de visites et l'humidité relative de l'air en 2010 ($r = 0,26$; $ddl = 4$; $p > 0,05$) et en 2011 ($r = 0,29$; $ddl = 4$; $p > 0,05$).

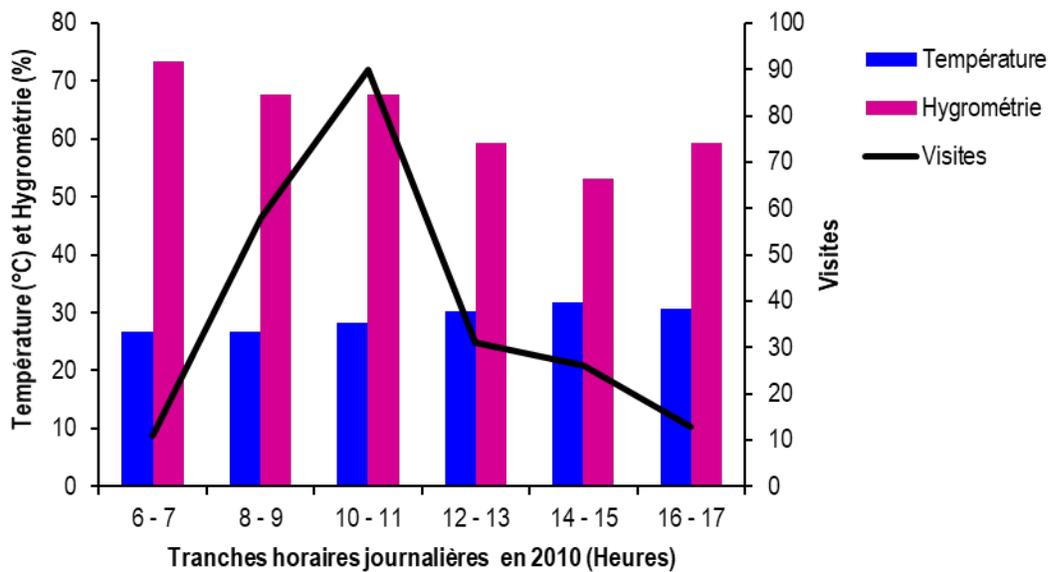


Figure 5: Variation journalière de la température, de l'humidité relative de l'air et du nombre de visites de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* en 2010 à Djamboutou.

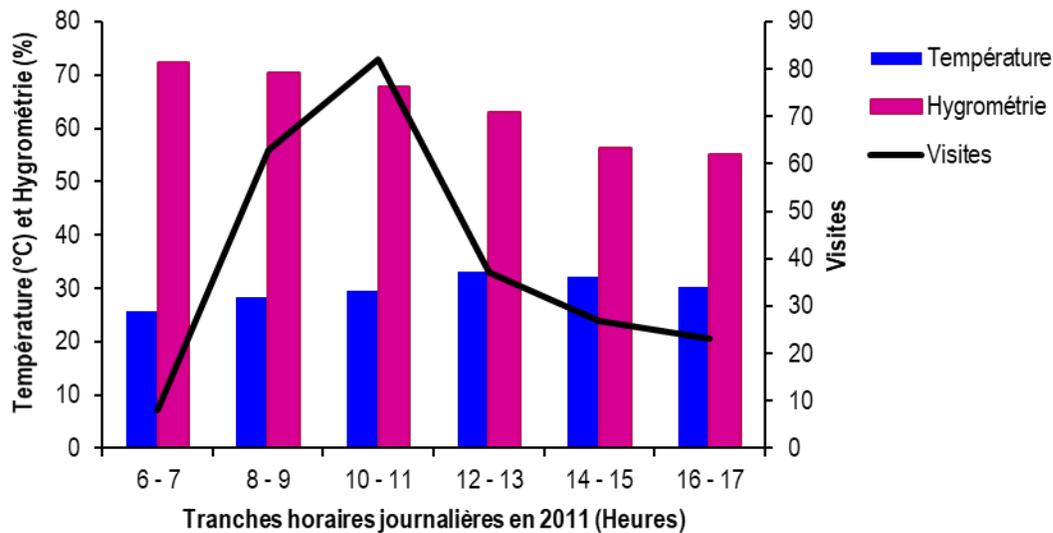


Figure 6: Variation journalière de la température, de l'humidité relative de l'air et du nombre de visites de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Gossypium hirsutum* en 2011 à Djamboutou.

Abondance des butineuses: En 2010, le plus grand nombre de *A. mellifera* simultanément en activité sur une fleur était de 1 en 2010 ($n = 377$; $s = 0$) et en 2011 ($n = 171$; $s = 0$). Les abondances par 1000 fleurs étaient de 273,33 en 2010 ($n = 60$; $s = 121,81$) et de 272,16 en 2011 ($n = 60$; $s = 96,11$). La différence entre les abondances par 1000 fleurs des deux années est non significative ($t = 0,31$; $ddl = 118$; $p > 0,05$).

Durée des visites par fleur: La durée moyenne d'une visite de *A. mellifera* par fleur de *G. hirsutum* varie avec le produit floral prélevé. En 2010, nous avons noté une durée de visite de 6,27 sec ($n = 50$; $s = 7,51$) pour le prélèvement du nectar et de 4,98 sec ($n = 50$; $s = 5,61$) pour la récolte du pollen. En 2011, les chiffres correspondants étaient de 8,64 sec ($n = 50$; $s = 6,73$) et de 7,37 sec ($n = 50$; $s = 7,24$). La différence entre les deux durées moyennes de visite est hautement significative aussi bien pour le prélèvement du nectar ($t = 8,22$; $ddl = 98$; $p < 0,001$) que pour la récolte du pollen ($t = 9,13$; $ddl = 98$; $p < 0,001$) en 2010 et 2011. La différence entre la durée moyenne d'une visite de prélèvement du nectar et celle de récolte du pollen est très hautement significative aussi bien en 2010 ($t = 4,81$; $ddl = 98$; $p < 0,001$) qu'en 2011 ($t = -4,49$; $ddl = 98$; $p < 0,001$).

Vitesse de butinage: Dans le champ de *G. hirsutum*, la vitesse moyenne de butinage de *A. mellifera* était de 5,13 fleurs par minutes ($n = 60$; $s = 3,34$; $mini = 1$; $maxi = 8$) en 2010 et de 6,15 fleurs par minute ($n = 60$; $s =$

2,33; $mini = 1$; $maxi = 5$) en 2011. La différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ($t = 10,53$; $ddl = 118$; $p < 0,001$).

Influence de la faune : L'activité de butinage de *A. mellifera* était interrompue par des individus de la même espèce ou d'espèce différente qui étaient soit des concurrents pour la récolte des produits floraux, soit des prédateurs. Sur les 229 visites étudiées en 2010, 1 (soit 0,43 %) était interrompue par *Philanthus triangulum*, 2 (soit 0,87 %) étaient interrompues par *A. mellifera* et 1 (soit 0,43 %) était interrompue par *Lasioglossum* sp. Les interruptions survenaient à la suite d'une tentative de capture (une visite, soit 25 %) ou de l'occupation de la fleur (3 visites, soit 75 %).

Influence de la flore avoisinante: Durant la période d'observation, plusieurs autres espèces végétales en fleurs en bordure de la parcelle expérimentale de *G. hirsutum* étaient visitées par *A. mellifera* pour leur nectar (Ne) ou leur pollen (Po). Parmi ces plantes, il y avait : *Abelmoschus esculentus* (Malvaceae, Ne), *Arachis hypogaea* (Fabaceae, Ne, Po), *Glycine max* (Fabaceae, Ne, Po), *Luffa cylindrica* (Cucurbitaceae, Ne), *Sesamum indicum* (Pedaliaceae, Ne), *Sida cordifolia* (Malvaceae, Ne, Po) et *Zea mays* (Poaceae, Po). Aucun passage des butineuses des fleurs de *G. hirsutum* aux fleurs d'autres espèces végétales et vice versa n'a été noté.

Impact des insectes floricoles dont *Apis mellifera* sur la pollinisation et les rendements de

Gossypium hirsutum: Pendant la récolte de nectar ou de pollen de *G. hirsutum*, les insectes étaient régulièrement en contact avec le stigmate et les anthères et transportaient le pollen. La fréquence de contact entre le stigmate de la fleur était de 73,49 % en 2010 et de 67,46 % en 2011. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative (χ^2

= 8,87; $ddl = 2$; $P < 0,001$). Ainsi, les insectes ont augmenté de façon significative les possibilités de pollinisation de *G. hirsutum*. Le tableau 2 résume les données concernant les taux de fructification, le nombre moyen de graines par capsule, le pourcentage de graines normales dans les différents traitements de *G. hirsutum*.

Tableau 2 : Taux de fructification, nombre moyen de graines par capsule, pourcentage des graines normales selon les traitements de *Gossypium hirsutum* en 2010 et 2011 à Djamboutou.

Années	Traitements	NFE	NFF	TF	NG/capsules		NTG	NGN	%GN
					m	s			
2010	1 (Fi)	100	96	96	26,36	3,14	2542	2137	84,06
	2 (Fi)	100	71	71	17,27	4,54	1228	775	63,11
	3 (Fva)	40	36	90	24,00	1,71	863	757	87,71
2011	4 (Fi)	100	93	93	29,62	2,76	2763	2584	93,52
	5 (Fi)	100	66	66	18,23	3,36	1205	836	69,37
	6 (Fva)	40	33	82,5	24,11	2,23	797	709	88,95

NFE: nombre de fleurs étudiées; NFF: nombre de gousses formés; TF: taux de fructification; NG/capsule: Nombre de graines par capsule; NTG: nombre total de graines; NGN: nombre de graines normales; %GN: pourcentage de graines normales; Fi: fleurs libres; Fi: fleurs protégées; Fva: fleurs isolées et visitées exclusivement par *A. mellifera*; m = moyenne; s = écart-type.

Il ressort de ce tableau que:

- En 2010, le taux de fructification a été de 96 % dans le traitement 1 et de 71 % dans le traitement 2. La différence entre ces taux est très hautement significative ($\chi^2 = 22,68$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). Le taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles (Fr_i) a été de 26,04 %. En 2011, le taux de fructification a été de 93 % dans le traitement 4 et de 66 % dans le traitement 5. La différence entre ces taux est très hautement significative ($\chi^2 = 22,37$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). Le taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles (Fr_i) a été de 29,03 %. Pour l'ensemble des deux années le taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles (Fr_i) a été de 27,53 %.

- En 2010, le nombre moyen de graines par capsule ont été de 26,36 dans le traitement 1 et de 17,27 dans le traitement 2. La différence entre ces moyennes est très hautement significative ($t = 97,07$; $ddl = 175$; $P < 0,001$). Le pourcentage du nombre de graines par capsule dû à l'influence des insectes floricoles (Pg_i) a été de 34,48 %. En 2011, le nombre moyen de graines par capsule a été de 29,62 dans le traitement 4 et de 18,23 dans le traitement 5. La différence entre ces moyennes est très hautement significative ($t = 144,50$; $ddl = 157$; $P < 0,001$). Le pourcentage du nombre

moyen de graines par capsule attribuable à l'influence des insectes floricoles (Pg_i) a été de 38,45 %.

En 2010, le pourcentage de graines normales (Pgn) a été de 84,01 % dans le traitement 1 et de 63,11 % dans le traitement 2. La différence entre ces taux est très hautement significative ($\chi^2 = 206,87$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). Le pourcentage de graines normales dû à l'influence des insectes floricoles (Pgn_i) a été de 24,92 %. En 2011, le pourcentage de graines normales (Pgn) a été de 93,52 % dans le traitement 4 et de 69,57 % dans le traitement 5. La différence entre ces pourcentages est très hautement significative ($\chi^2 = 410,91$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). Le pourcentage de graines normales dû à l'influence des insectes floricoles (Pgn_i) a été de 25,82 %. Pour l'ensemble des deux années cumulées, le pourcentage du nombre de graines normales dû à l'influence des insectes floricoles (Pg_i) a été de 25,37 %.

Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* sur *Gossypium hirsutum*: Il ressort du tableau 2 que:

- En 2010, le taux de fructification a été de 97,5 % dans le traitement 3. La différence entre le taux de fructification dans traitement le 2 et celui dans le traitement 3 est hautement significative ($\chi^2 = 5,73$; $ddl = 1$; $P < 0,01$). Le taux de fructification dû à l'influence de *A. mellifera* (Fr_a) a été de 21,11 %. En 2011, le taux de

fructification a été de 85 % dans le traitement 6. La différence entre le taux de fructification dans le traitement 5 et celui dans le traitement 6 est significative ($\chi^2 = 3,76$; $ddl = 1$; $P < 0,05$). Le taux de fructification dû à l'influence de *A. mellifera* (Fr_a) a été de 20,00 %. Pour l'ensemble des deux années, le taux de fructification dû à l'influence de *A. mellifera* (Fr_a) a été de 20,55 %. En 2010, le nombre moyen de graines par capsule a été de 24,00 dans le traitement 3. La différence entre le nombre moyen de graines par capsule dans le traitement 2 et celui dans le traitement 3 est très hautement significative ($t = 41,59$; $ddl = 105$; $P < 0,001$). Le pourcentage du nombre de graines par capsule dû à l'influence de *A. mellifera* (Pg_a) a été de 28,04 %. En 2011, le nombre moyen de graines par capsule a été de 24,11 dans le traitement 6. La différence entre le nombre moyen de graines par capsule dans le traitement 5 et celui dans le traitement 6 est très hautement significative ($t = 42,25$; $ddl = 97$; $P < 0,001$). Le pourcentage du nombre de graines par capsule dû à l'influence de *A. mellifera* (Pg_a) a été de

24,38 %. Pour l'ensemble des deux années d'études, le pourcentage du nombre de graines par capsule dû à l'influence de *A. mellifera* (Pg_a) a été de 26,21 %. En 2010, le pourcentage de graines normales a été de 87,71 % dans le traitement 3. La différence entre le pourcentage de graines normales dans le traitement 2 et celui dans le traitement 3 est très hautement significative ($\chi^2 = 156,67$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). Le pourcentage de graines normales dû à l'influence de *A. mellifera* (Pgn_a) a été de 28,01 %. En 2011, le pourcentage de graines normales a été de 88,95 % dans les traitements 6. La différence entre le pourcentage de graines normales dans le traitement 5 et celui dans le traitement 6 est très hautement significative ($\chi^2 = 104,41$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). La contribution numérique de *A. mellifera* dans le pourcentage de graines normales a été de 22,01 %. Pour l'ensemble des deux années d'études, le pourcentage du nombre de graines normales dû à l'influence de *A. mellifera* a été de 25,01 %.

DISCUSSION

Mode de reproduction de *Gossypium hirsutum*:

Gossypium hirsutum a un régime de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'autogamie. Nos résultats sont en accord avec ceux de Dounia & Tchuenguem (2013) à Maroua (Cameroun) qui ont signalé la prédominance de l'autogamie sur l'allogamie. Ils sont par contre contraires à ceux obtenus par Mazi et al. (2013) à Ngaoundéré (Cameroun) et par Llewellyn et al. (2007) en Australie. Ces auteurs ont signalé la prédominance de l'allogamie sur l'autogamie chez cette Malvacée.

Activité de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Gossypium hirsutum*:

A Djamboutou (Garoua, Cameroun), 21 espèces ont visité les fleurs de *G. hirsutum* pour des raisons alimentaires. Parmi elles, *A. mellifera* occupe le deuxième rang avec 22,80 % de 2057 visites recensées. Ce résultat est contraire à ceux obtenus par Dounia & Tchuenguem (2013) à Maroua et par Mazi et al. (2013) à Ngaoundéré. Pour ces auteurs, *Apis mellifera* occupe le premier rang parmi les insectes recensés sur la Malvacée. Il apparait que l'entomofaune floricole de *G. hirsutum* varie d'une région à une autre. *Apis mellifera* récoltait le nectar et le pollen sur les fleurs de *G. hirsutum*. Le pic d'activité des ouvrières situé dans la tranche horaire 10 - 11 h correspondrait à plus une grande disponibilité du nectar et/ou pollen au niveau des fleurs de la plante (Ter

Avanesian, 1978) et à l'accessibilité de ces produits floraux pour les insectes (Oosterhuis & Jonestedt, 1999). A Maroua, Dounia & Tchuenguem (2013) ont trouvé un pic d'activité situé entre 8 - 9 h pour cette espèce d'abeille sur la même plante ; ce pic journalier d'activité correspondrait au moment de la journée où les produits floraux sont disponibles en plus grandes quantité sur la plante dans cette région. La baisse du rythme d'activité à partir de 11 h se justifierait par l'augmentation de la température dans le champ expérimental. La forte abondance des ouvrières par 1000 fleurs de *G. hirsutum*, la corrélation positive et hautement significative entre le nombre de fleurs épanouies de *G. hirsutum* et le nombre de visites de *A. mellifera* mettent en évidence la forte attractivité des produits floraux de la plante pour cette espèce d'abeille (Dounia & Tchuenguem, 2014). Elles sont liées à la faculté que possèdent les abeilles mellifères de recruter un grand nombre de butineuses pour exploiter une ressource alimentaire intéressante (Abrol, 2012). La différence très hautement significative entre la durée moyenne d'une visite de récolte de nectar et celle du prélèvement du pollen serait liée à l'accessibilité de chacun de ces produits floraux. En effet, le pollen est produit par les anthères situées au-dessus des filets et, par conséquent, est facilement accessible à l'abeille. En revanche, le nectar se trouve dans le tube corollaire

entre la base du style et les étamines. Il est de ce fait difficilement accessible (Tchuenguem et al., 2014; Kegni et al., 2015; Otiobo et al., 2016; Tchuenguem & Népidé, 2018). Les perturbations des visites dues à la faune avaient pour conséquence la réduction de la durée de certaines visites de *A. mellifera* sur les fleurs de *G. hirsutum* ; ceci obligerait certaines butineuses à visiter un si grand nombre de fleurs lors d'un voyage de butinage afin d'obtenir leur charge de nectar ou de pollen. D'ailleurs, des observations similaires ont été faites sur *Entada africana* (Tchuenguem et al., 2007), *Croton macrostachyus* (Tchuenguem et al., 2008; Népidé & Tchuenguem, 2016), *Glycine max* (Tchuenguem & Dounia, 2014; Kegni et al., 2015; Taimanga & Tchuenguem, 2018), *Sesamum indicum* (Otiobo et al., 2016; Tchuenguem & Népidé, 2018). L'absence de passage des butineuses des fleurs de *G. hirsutum* à celle d'autres espèces végétales avoisinant le champ expérimental lors d'un voyage de butinage prouve que ces ouvrières sont fidèles aux fleurs de l'espèce végétale exploitée. Cette constance florale peut s'expliquer par le fait que chez *A. mellifera*, les ouvrières sont capables de mémoriser et de reconnaître la forme, la couleur et l'odeur des fleurs lors des voyages de butinage antérieurs (Backhaus, 1993;

CONCLUSION

Gossypium hirsutum est une plante nectarifère et pollinifère qui bénéficie de la pollinisation par les insectes. *Apis mellifera* est l'une des espèces d'insecte les plus fréquents qui visitent les fleurs cette plante. Cet hyménoptère récolte fortement le nectar et prélève faiblement le pollen de la Malvaceae. Le rythme des visites des butineuses est positivement corrélé au rythme d'épanouissement des fleurs de *G. hirsutum*.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la SODECOTON pour la semence de coton et l'aide financière accordée pour les travaux.

REFERENCES

- Abrol DP, 2012. *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production*. Springer Dordrecht Heidelberg, London, 792 pp.
- Aby Sy MT, Dieye CT, Diouf A, Fall CP, Mbengue MF, Seck E, 2011. Rapport annuel 2010, OMD +10: Quel bilan ? Enda tiers monde / Secrétariat Exécutif. Dakar, 80 pp.
- Ahmed HMM, Siddig MA, El-Sarrag MSA, 1989. Honeybee pollination of some cultivated crops

Wright et al., 2002). La fidélité de *A. mellifera* a été démontrée sur les fleurs de plusieurs autres plantes dont: *Combretum nigricans*, *Erythrina sigmoidea*, *Lansea kerstingii*, *Vernonia amygdalina* (Tchuenguem et al., 2010), *Callistemon rigidus* (Fameni et al., 2012), *Ageratum conyzoides*, *Sida rhombifolia* et *Stylosanthes guianensis* (Wékéré et al., 2018).

Impact de l'activité de *Apis mellifera* sur la pollinisation et les rendements de *Gossypium hirsutum*:

Le nombre élevé de fleurs visitées lors d'un voyage de butinage par une butineuse augmente la probabilité de contacts stigmatiques et, par conséquent, les possibilités de pollinisation. Lors de son voyage de butinage, *A. mellifera* transportait régulièrement le pollen de fleur en fleur à l'aide de la fourrure, des pattes et des pièces buccales. Cette abeille pouvait en conséquence jouer un rôle positif dans la géitonogamie, l'autogamie ou la xénogamie (Pesson & Louveaux, 1984; Philippe, 1991). Au cours de leur activité de butinage, les ouvrières agitent les fleurs. Cette action faciliterait la libération optimale de pollen pour l'occupation du stigmate. En effet, Segeren et al. (1996) ont montré qu'une pollinisation efficace permet l'accroissement des rendements.

Par son activité sur la pollinisation des fleurs visitées, *A. mellifera* a provoqué un accroissement significatif du taux de fructification de 20,55 %, du nombre moyen de graines par capsule de 26,21 %, et du pourcentage de graines normales de 25,01 %. La pose des colonies de *A. mellifera* dans les champs de *G. hirsutum* est conseillée pour améliorer les rendements en capsules et en graines de cette Malvaceae.

in Sudan. In: "Proceedings 4th International Conference on Apiculture in Tropical Climates", Cairo, 100 - 108.

Backhaus W, 1993. Colour vision and colour choice behaviour of the honey bee. *Apidologie*, 24, 309-331.

Cotton Australia, 2005. Annual Report 2004. Cotton Australia. 32 pp.

- David J, 1971. Le coton et l'industrie cotonnière. Presses Universitaires de France. Vendôme (France) EDIT. N° 31 736; 127pp.
- Demarly Y, 1977. *Genetic and amelioration of plants*. Masson, Paris. 577 pp.
- Dounia and Tchuenguem FF-N, 2013. Foraging and pollination activity of *Apis mellifera* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on flowers of *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) at Maroua, Cameroon. International Research Journal of Plant Science, 4 (2): 33 - 44.
- Dounia and Tchuenguem FF-N, 2014. Foraging and pollination activity of *Macronomia vulpina* (Gerstaecker, 1857) (Hymenoptera: Halictidae) on *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) flowers at Maroua, Cameroon. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 4 (3): 1 - 10.
- Fameni TS, Tchuenguem FF-N, Brückner D, 2012. Pollination efficiency of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on *Callistemon rigidus* (Myrtaceae) flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). International Journal of Tropical Insect Science, 32 (1): 2 - 11.
- Jenkins JN, 2003. Cotton. In: *Traditional crops breeding practices: An historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology*. OECD, 61 - 70.
- Kengni BS, Tchuenguem FF-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 AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan DI, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T, 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society, London (B), 274: 303 - 313.
- Kumar R, 1991. *La lutte contre les insectes ravageurs*. KARTHALA et CTA (eds), Wageningen, Paris, 309 pp.
- Llewellyn DJ, Tyson C, Constable GA, Duggan B, Beale S, Steel P, 2007. Containment of regulated genetically modified Cotton in the field. Agriculture Ecosystems and Environment, 121: 419 - 429.
- Mazi S, Tchuenguem FF-N, Brückner D, 2013. Foraging and pollination of *Apis mellifera* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). Journal of Agricultural Science and technology. 3: 267 - 280.
- McGregor SE, 1976. *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture, Agricultural Handbook, Washington, 496: 411.
- MINADER, 2010. Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2007 & 2008. Direction des Enquêtes et Statistiques, AGRI-STAT CAMEROUN 16: 98.
- MINADER, 2015. Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2012 & 2013. Direction des Enquêtes et Statistiques AGRI - STAT CAMEROUN, 18: 232 - 255.
- Népidé NC and Tchuenguem FF-N, 2016. Pollination efficiency of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) on *Croton macrostachyus* (Euphorbiaceae) flowers at Dang, Ngaoundéré, Cameroon. International Journal of Biosciences, 9 (3): 75 - 88.
- Oosterhuis DM and Jonestedt J, 1999. The origin and domestication of cotton. In: *Cotton: Origin, History, Technology and Production*. C. W. Smith & J. T. Cothren (eds). John Wiley and Sons Inc., New York, 175 - 206.
- Otiobo AEN, Tchuenguem FF-N and Djieto-Lordon C, 2016. Diversité de l'entomofaune floricole de *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers à Bambui (Nord - Ouest, Cameroun). International journal of Biological and Chemical Sciences, 10 (1): 106 - 119.
- PAM, 2007. *Ensemble vers la solution*. Stilgrafica, Rome, 48 pp.
- Pesson P and Louveaux J, 1984. *Pollinisation et productions végétales*. INRA, Paris, 663 pp.
- Philippe JM, 1991. La pollinisation par les abeilles : pose des colonies dans les cultures en floraison en vue d'accroître les rendements des productions végétales. EDISUD, La calade, Aix-en-Provence, 179 pp.
- Richards JS, Stanley JN, Gregg PC, 2005. Viability of cotton and canola pollen on the proboscis of *Helicoverpa armigera*: implication for spread of transgenes and pollination ecology. Ecological Entomology, 30: 327 - 333.

- Roubik DW, 2000. Pollination system stability in Tropical America. *Conservative Biology*, 14 (5): 1235 - 1236.
- Segeren P, Mulder V, Beetsma J, Sommeijer R, 1996. *Apiculture sous les tropiques*. Agrodok 32, 5ème ed., Agromisa, Wageningen, 88 pp.
- Taimanga and Tchuenguem FF-N, 2018. Diversité des insectes floricoles et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Glycine max* (Fabaceae) à Yassa (Douala, Cameroun). *International journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (1):141 – 156.
- Tchuenguem FF-N, 2005. Activité de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera* 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, 103 pp.
- Tchuenguem FF-N et Népédé 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 Biological and Chemical Sciences*, 12 (1): 446 - 461.
- Tchuenguem FF-N, Messi J, Pauly A, 2001. Activité de *Chalicodoma erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, 56: 179 - 188.
- Tchuenguem FF-N, Messi J, Brückner D, Bouba B, Mbofung G, Hentchoya HJ, 2004. Foraging and pollination behaviour of the African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) on *Callistemon rigidus* flowers at Ngaoundéré (Cameroun). *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, 4: 133 - 140.
- Tchuenguem FF-N, Djonwandwé D, Messi J, Brückner D, 2007. Exploitation des fleurs de *Entada africana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Psidium guajava* et *Trichillia emetica* par *Apis mellifera adansonii* à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 3: 50 - 60.
- Tchuenguem FF-N, Djonwandwé D, Brückner D, 2008. Foraging behaviour of the African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) on *Annona senegalensis*, *Croton macrostachyus*, *Psorospermum febrifugum* and *Syzygium guineense* var *guineense* flowers at Ngaoundéré (Cameroun). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11: 719 - 725.
- Tchuenguem FF-N, Fameni TS, Pharaon MA, Messi J, Brückner D, 2010. Foraging behaviour of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on *Combretum nigricans*, *Erythrina sigmoidea*, *Lannea kerstingii* and *Vernonia amygdalina* flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *International Journal of Tropical Insect Science*, 30 (1): 40 - 47.
- Tchuenguem FF-N, Kingha TBM, Brückner D, 2014. Diversité des insectes floricoles et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Arachis hypogaea* L. (fabaceae) à Dang (Ngaoundéré - Cameroun). *International journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (3): 983 - 997.
- Ter Avanesian DV, 1978. The effect of varying the number of pollen grains used in fertilization. *Theoretical and Applied Genetics* 52: 77 - 79.
- Wékéré C, Kingha TBM, Dongock ND, Djackbé DJ, Faïbawa E, Tchuenguem FF-N, 2018. Exploitation des fleurs de *Ageratum conyzoides*, *Sida rhombifolia* et *Stylosanthes guianensis* par *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Cameroon Journal of Experimental Biology*. 12 (1): 11-21.
- Winfrey R, Williams NM, Gaines H, Ascher JS, Kremen C, 2008. Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land - use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. *Journal of Applied Ecology*, 45: 793 - 802.
- Wright GA, Skinner BD, Smith BH, 2002. Ability of honeybee, *Apis mellifera*, to detect and discriminate odors of varieties of canola (*Brassica rapa* and *Brassica napus*) and snopgragon flowers (*Antirrhinum majus*). *Journal of Chemical Ecology*, 28 (4): 721 - 740.