



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) sur *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) var. Graine Blanche et Lisse à Dang (Ngaoundéré, Cameroun)

Fernand-Nestor TCHUENGUEM FOHOUCO¹ et Ndobadé Carine NEPIDE^{1*}

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

*Auteur correspondant, E-mail: nepidecarine@gmail.com, Tel: (+237) 676441116

RESUME

Pour évaluer l'impact de *Apis mellifera* sur les rendements en gousses et en graines de *Sesamum indicum*, les activités de butinage et de pollinisation des fleurs par les butineuses ont été étudiées à Dang. En septembre 2013 et en juillet 2014, les expériences ont porté sur 440 fleurs divisées en trois traitements: deux traitements différenciés selon la présence ou l'absence de protection des fleurs vis-à-vis des visites de *A. mellifera* et d'autres insectes; le troisième protégé puis ouvert quand les fleurs sont épanouies, pour permettre les visites exclusives des ouvrières de *A. mellifera*. Le comportement de butinage de cette abeille sur les fleurs, son efficacité pollinisatrice, le taux de fructification, le pourcentage du nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage de graines normales ont été évalués. Les résultats montrent que sur quatre espèces d'insectes recensées sur les fleurs de *S. indicum*, *A. mellifera* vient en première position avec 60,38% de visites et récolte fortement le nectar et faiblement le pollen. La vitesse moyenne de butinage est de 8,53 fleurs/minute. Via son efficacité pollinisatrice, cette abeille a provoqué un accroissement significatif du taux de fructification de 28,05%, du pourcentage du nombre moyen de graines par gousse de 28,13% et du pourcentage de graines normales de 6,24%. *Sesamum indicum* est une plante apicole fortement nectarifère et faiblement pollinifère. L'installation des colonies de *A. mellifera* à proximité des champs de *S. indicum* est recommandée pour améliorer les rendements en gousses et en graines de cette Pedaliaceae.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: *Apis mellifera*, fleurs, pollinisation, rendements, *Sesamum indicum*, Ngaoundéré.

Pollination efficiency of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) on *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) White and Smooth Seed variety flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon)

ABSTRACT

To evaluate the impact of *Apis mellifera* on pod and seed yields of *Sesamum indicum*, the foraging and pollination activities of worker bees were studied in Dang. In September 2013 and July 2014, the experiments were carried out on 440 flowers divided into three treatments: two treatments differentiated according to the presence or absence of protection of flowers regarding *A. mellifera* and other insects visits; the third protected

and uncovered when flowers were open, to allow exclusively honeybee visits. The foraging behaviour on flowers of this bee, its pollination efficiency, the podding rate, the percentage of mean number of seeds per pod and the percentage of normal seeds were evaluated. Results show that, on four insect species recorded on *S. indicum* flowers, *A. mellifera* ranked first with 60.38% of visits and highly harvested nectar and slightly collected pollen. The mean foraging speed is 8.53 flowers/minute. Through its pollination efficiency, the bee provoked a significant increase in the podding rate by 28.05% as well as the mean of number of seeds per pod by 28.13% and the percentage of normal seeds by 6.24%. The installation of *A. mellifera* colonies close to *S. indicum* fields could be recommended to improve pod and seeds production of this Pedaliaceae.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Apis mellifera*, flowers, pollination, yields, *Sesamum indicum*, Ngaoundéré.

INTRODUCTION

Sesamum indicum est une Pedaliaceae originaire d'Asie et d'Afrique (Andrade et al., 2014). C'est une plante oléagineuse cultivée dans les régions tropicales et subtropicales (Mahmoud, 2012) depuis plus de 4300 années (Andrade et al., 2014). Les graines contiennent 50% d'huile; elles sont consommées et utilisées dans les industries pharmaceutiques et chimiques (Andrade et al., 2014).

L'agriculture en Afrique subsaharienne est caractérisée par une faible productivité. Il est donc nécessaire que les programmes de développement de l'agriculture dans cette partie du monde intègrent les facteurs pouvant concourir à l'augmentation des rendements. Ces facteurs incluent les insectes pollinisateurs (Winfree et al., 2008). Ces derniers contribuent à la production de 70% des espèces végétales cultivées et consommées directement par l'humain (Klein et al., 2007). En absence des insectes pollinisateurs ou en présence d'un nombre insuffisant de ces arthropodes au cours de la floraison, les rendements peuvent être fortement réduits ou nuls (Vaughton et al., 2010). Dans certaines régions du monde, l'activité des insectes pollinisateurs et particulièrement celle des Apoïdes est judicieusement exploitée, du fait qu'elle est bien connue (Klein et al., 2007).

Au Cameroun, la production en graines de sésame qui est de 43498 tonnes/an est faible pour satisfaire la forte demande estimée à 75000 tonnes (MINADER, 2012). D'ailleurs ce pays importe environ 50000 tonnes de sésame tchadien par an (Terra, 2015). Dans

l'optique d'améliorer de façon durable les productions agricoles au Cameroun pour satisfaire une population de plus en plus croissante (3^e RGPH, 2010), il est judicieux d'intensifier les recherches sur la pollinisation entomophile. Les informations obtenues sur l'interaction entre les fleurs de sésame et les insectes pourront permettre aux agriculteurs d'élaborer des plans de gestion pouvant permettre l'amélioration du rendement de cette plante (Otiobo et al., 2016).

Les quelques résultats publiés au terme des études approfondies menées sur la pollinisation de *S. indicum* par les insectes floricoles dont *A. mellifera* sont ceux livrés par les investigations effectuées en Égypte (Mahmoud, 2012; Mahfouz et al., 2012; Kamel et al., 2013a,b), en Tanzanie (Ngongolo et al., 2015) et au Nord-Ouest Cameroun (Otiobo et al., 2016). Ces auteurs ont rapporté que les principaux pollinisateurs du sésame sont des Hyménoptères dont *A. mellifera*. Aucune de ces recherches n'étudie l'efficacité pollinisatrice de *A. mellifera* sur la Pedaliaceae.

En outre, au Cameroun, la demande en produits de la ruche, notamment le miel et le pollen est élevée et les rendements apicoles sont faibles (Tsafack et al., 2011). Cette mauvaise production apicole est en partie liée à l'absence de données approfondies sur plusieurs plantes butinées par les abeilles mellifères dans le pays (Tchuenguem, 2005).

Le présent travail est une contribution à la maîtrise des relations entre *S. indicum* et les abeilles mellifères, pour leur gestion optimale au Cameroun. Plus spécifiquement, il s'agit de déterminer la place de *A. mellifera*

dans l'entomofaune floricole de *S. indicum*, d'étudier l'activité de cet Hyménoptère sur les fleurs de la Pedaliaceae, d'estimer la valeur apicole de ladite plante, d'évaluer l'impact des insectes floricoles dont *A. mellifera* sur les rendements en gousses et en graines de cette essence et de déterminer l'efficacité pollinisatrice de *A. mellifera* sur *S. indicum*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

Site d'étude

Les investigations ont été menées au sein du campus de l'Université de Ngaoundéré, en septembre 2013 et en juillet 2014, périodes de floraison de *S. indicum*. La parcelle expérimentale est centrée sur la maison des abeilles de l'Unité d'Apiculture Appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université de Ngaoundéré dont les coordonnées géographiques sont les suivantes: latitude: 7°42'26,12''N; longitude: 1°35'37,92''E; altitude: 1060 m. Ces données ont été enregistrées à l'aide d'un «Global Positioning System» de marque Garmin II+. Le climat de Ngaoundéré est de type soudano-guinéen, doux et frais, caractérisé par deux saisons: une saison des pluies (avril à octobre) et une saison sèche (novembre à mars).

Matériel biologique

Le matériel végétal était constitué des graines de *S. indicum* variété Graine Blanche et Lisse achetées au petit marché de Ngaoundéré. Le matériel animal était constitué principalement des insectes naturellement présents dans l'environnement et de 28 à 35 colonies de *A. mellifera* inventoriées sur le site d'étude, entre juin 2013 et octobre 2014.

Méthodes

Semis et entretien de la culture

Du 18 au 25 juillet 2013 et du 10 au 16 avril 2014, la parcelle expérimentale rectangulaire de 437 m² a été défrichée, labourée et divisée en huit sous-parcelles de 8 m de longueur sur 4,5 m de largeur et 20 cm de hauteur chacune. Le semis a été fait le 28 juillet 2013 et le 03 mai 2014 en ligne, à raison de neuf lignes par sous-parcelle et 20

poquets par ligne. Les graines ont été semées par poquet. L'espacement était de 40 cm sur les lignes et 50 cm entre les lignes. Deux semaines après la germination, certains plants ont été arrachés et deux plants les plus vigoureux ont été maintenus par poquet. De la levée (survenue le 08 août 2013 et le 12 mai 2014) à l'épanouissement de la première fleur, le champ a été régulièrement sarclé à la houe. Du début de l'épanouissement des fleurs à la maturité des gousses, le désherbage se faisait manuellement.

Détermination du mode de reproduction de *Sesamum indicum*

Le 13 septembre 2013, 240 boutons floraux ont été étiquetés sur 120 plantes (à raison de 15 plantes par sous-parcelle) et deux traitements constitués:

- traitement 1: 120 boutons floraux étiquetés et laissés en libre pollinisation;
- traitement 2: 120 boutons floraux étiquetés et protégés des insectes à l'aide des sachets en toile gaze (maille de 1 mm²) (Tchuenguem et al., 2001).

Le 13 juillet 2014, 240 boutons floraux ont été étiquetés sur 120 plantes (à raison de 15 plantes par sous-parcelle) et deux traitements constitués:

- traitement 4: 120 boutons floraux étiquetés et laissés en libre pollinisation;
- traitement 5: 120 boutons floraux étiquetés et protégés comme ceux du traitement 2.

Pour chaque saison d'observation et au terme de la floraison, le nombre de gousses formées a été compté dans chacun des traitements. Pour chaque traitement, l'indice de fructification (*Ifr*) a été calculé à l'aide de la formule ci-après: $Ifr = (F_2 / F_1)$, où F_2 est le nombre de gousses formées et F_1 le nombre de fleurs viables initialement portées (Tchuenguem et al., 2001). La différence entre les indices de fructification des deux traitements a permis d'apprécier les taux d'allogamie (*TC*) et d'autogamie (*TA*) selon les formules ci-après (Demarly, 1977): $TC = [(Ifr_X - Ifr_Y) / Ifr_X] * 100$, où Ifr_X et Ifr_Y sont les indices de fructification moyens dans le traitement aux fleurs laissées en libre pollinisation (X) et dans le traitement aux

fleurs protégées des insectes (γ) respectivement; $TA = [100 - TC]$.

Détermination de la place de *Apis mellifera* dans l'entomofaune floricole de *Sesamum indicum*

Du 17 au 27 septembre 2013 et du 17 au 28 juillet 2014, les observations ont été effectuées tous les jours sur les fleurs des traitements 1 et 4 respectivement, selon six tranches horaires journalières: 6 - 7 h, 8 - 9 h, 10 - 11 h, 12 - 13 h, 14 - 15 h et 16 - 17 h. Pour chacune de ces tranches horaires, 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 et al., 2014a). Les données sur la fréquence des visites des différents insectes floricoles recensés ont permis de déterminer la place de *A. mellifera* dans l'entomofaune anthophile de *S. indicum*. La fréquence des visites de l'insecte i sur les fleurs de *S. indicum* (F_i) a été calculée à l'aide de la formule ci-après: $F_i = [(V_i) / V_T] * 100$, où V_i est le nombre de visites de l'insecte i sur les fleurs du traitement aux fleurs libres et V_T le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs (Tchuenguem et al., 2014b).

Les insectes hormis *A. mellifera* en activité sur les fleurs de *S. indicum* étaient capturés (1 à 5 individus par espèce), à l'aide d'un filet entomologique ou des pinces, conservés dans des flacons contenant de l'éthanol à 70%, puis épinglés, séchés et identifiés.

Étude de l'activité de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Sesamum indicum*

Les produits floraux (nectar ou pollen) prélevés par *A. mellifera* ont été notés pendant les mêmes dates et tranches horaires que pour la durée de visites. Une ouvrière qui plonge sa trompe ou sa tête dans une fleur est une récolteuse de nectar; si à l'aide de ses pattes et de ses mandibules, elle gratte les anthères, il s'agit d'une récolteuse de pollen (Tchuenguem, 2005).

Les durées de visites de récolte du pollen et celles de prélèvement du nectar ont été enregistrées séparément, aux mêmes dates que pour la fréquence des visites, pendant les

tranches horaires journalières suivantes: 7 - 8 h, 9 - 10 h, 11 - 12 h, 13 - 14 h, 15 - 16 h et 17 - 18 h. Le chronomètre ramené à zéro est mis en marche dès qu'une butineuse se pose sur une fleur et arrêté dès le départ de celle-ci. La durée de la visite ainsi effectuée correspond à la valeur lue sur le chronomètre (Tchuenguem, 2005). Les abondances des butineuses (plus grand nombre d'individus simultanément en activité sur une fleur et sur 1000 fleurs épanouies) (Tchuenguem et al., 2004) et la vitesse de butinage (nombre de fleurs visitées par minute) ont été enregistrées aux mêmes dates et tranches horaires que pour les durées de visites. Dès qu'une butineuse se pose sur une fleur, le chronomètre préalablement mis à zéro est déclenché et le nombre de fleurs visitées compté au fur et à mesure qu'elle passe d'une fleur à l'autre. Le chronomètre est arrêté dès que la butineuse est perdue de vue ou qu'elle quitte la fleur de *S. indicum*. La vitesse de butinage (V_b) a été calculée selon la formule suivante: $V_b = (F_i / d_i) * 60$ (Tchuenguem et al., 2004), où d_i est la durée donnée par le chronomètre (en secondes) et F_i est le nombre de fleurs correspondant à d_i .

L'influence de la faune (interruption des visites de fleurs par des concurrents ou des prédateurs) et de la flore (passage des butineuses de la fleur de sésame à une autre espèce végétale et vice versa) a été systématiquement enregistrée 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 18 h, à l'aide d'un thermo-hygromètre portable installé à l'ombre.

Détermination de la valeur apicole de *Sesamum indicum* et mesure de la concentration en sucres totaux du nectar

Comme dans d'autres travaux concernant d'autres espèces végétales (Tchuenguem et al., 2004, 2008a, 2008b), la valeur apicole de *S. indicum* est évaluée à l'aide des données sur son intensité de floraison et l'attractivité des ouvrières de *A.*

mellifera vis-à-vis de son nectar et de son pollen.

La mesure de la concentration en sucres totaux du nectar de *S. indicum* a été faite à l'aide d'un réfractomètre portable (0 - 90% Brix). Des butineuses de *A. mellifera* en pleine activité de prélèvement du nectar sur les fleurs ont été capturées. Les individus ainsi récoltés ont été anesthésiés par leur introduction dans un flacon contenant du coton imbibé de chloroforme. Ensuite, par des pressions exercées sur l'abdomen placé entre le pouce et l'index, le nectar du jabot était expulsé et sa concentration en sucres totaux mesurée à l'aide du réfractomètre muni d'un thermomètre. Les valeurs obtenues sont corrigées en fonction de la température ambiante, à l'aide d'un tableau qui accompagne le réfractomètre (Tchuenguem et al., 2007). Les données obtenues permettent de mieux apprécier l'activité de *A. mellifera* sur les fleurs de *S. indicum*.

Évaluation de l'impact des insectes anthophiles dont *Apis mellifera* sur les rendements de *Sesamum indicum*

Pour chaque année d'investigation, cette évaluation est basée sur l'impact des insectes anthophiles sur la pollinisation, l'impact de la pollinisation sur la fructification de *S. indicum* et la comparaison des rendements en gousses et en graines (taux de fructification, nombre moyen de graines par gousse et pourcentage de graines normales ou bien développées) 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) est 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 fructification dans les traitements x et y respectivement. Pour un traitement, le taux de fructification (Fr) est: $Fr = (\text{nombre de gousses formées} / \text{nombre de fleurs viables initialement portées}) * 100$ (Tchuenguem, 2005).

Le pourcentage du nombre de graines par gousse attribuable à l'influence des insectes floricoles (Pg_i) a été calculé à l'aide de la formule: $Pg_i = [(g_x - g_y) / g_x] * 100$, où

g_x et g_y sont les nombres moyens de graines par gousse dans les traitements x et y respectivement (Tchuenguem, 2005).

Le pourcentage de graines normales attribuable à l'influence des insectes floricoles (Pgn_i) a été calculé à l'aide de la formule: $Pgn_i = [(Pgn_x - Pgn_y) / Pgn_x] * 100$, où Pgn_x et Pgn_y sont les pourcentages de graines normales issues des traitements x et y respectivement (Tchuenguem, 2005).

Estimation de l'efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* sur *Sesamum indicum*

Parallèlement à la mise en place des traitements 1, 2, 4 et 5, les traitements 3 (2013) et 6 (2014) ont été formés. Ils étaient constitués chacun de 200 boutons floraux, étiquetés et protégés comme ceux des traitements 2 et 5, et dont les fleurs épanouies étaient destinées à la visite exclusive des ouvrières 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 des ouvrières de *A. mellifera* et les fleurs laissées en libre pollinisation observées pendant 1 à 20 minutes, pour noter la visite éventuelle par une ouvrière de *A. mellifera*. Après cette manipulation, la fleur était de nouveau protégée et n'était plus manipulée (Fameni et al., 2012).

Pour chaque année d'étude, la contribution numérique directe (Fr_x) de *A. mellifera* à la fructification a été calculée suivant la formule: $Fr_x = [(Fr_z - Fr_y) / Fr_z] * 100$ (Tchuenguem et al., 2001), 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). À maturité, les gousses issues de chacun des traitements 2, 3, 5 et 6 ont été récoltées et le nombre de graines compté. Le taux de fructification, le pourcentage du nombre de graines par gousse et 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

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 de deux moyennes, de l'ANOVA pour la comparaison de plus de deux moyennes, du coefficient de corrélation (*r*) pour l'étude des relations linéaires entre deux variables, du chi-carré (χ^2) pour la comparaison des pourcentages aux seuils de 5%, 1% et 1%. Les logiciels Microsoft Excel 2010 et R 2.13.0 ont été utilisés à cet effet.

RÉSULTATS

Mode de reproduction de *Sesamum indicum*

L'indice de fructification a été de 0,88, 0,58, 0,76 et 0,56 dans les traitements 1, 2, 4 et 5 respectivement. Ainsi pour l'année 2013, *TC* = 34,09% et *TA* = 65,91%; pour l'année 2014, *TC* = 26,32% et *TA* = 73,68%. Pour ces deux années cumulées, *TC* = 30,21% et *TA* = 69,80%.

Sesamum indicum variété Graine Blanche et Lisse a donc un mode de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'autogamie.

Place de *Apis mellifera* dans l'entomofaune anthophile de *Sesamum indicum*

En 2013 et en 2014 respectivement, 250 et 121 visites de trois et quatre espèces d'insectes ont été enregistrées sur les fleurs de *S. indicum*. Le Tableau 1 présente la liste de ces insectes, avec leurs pourcentages de visites. Il ressort de ce tableau que *A. mellifera* occupe le premier rang avec 60,40% de visites en 2013 et 60,33% en 2014.

La différence entre ces deux pourcentages n'est pas significative ($\chi^2 = 1,6 * 10^{-4}$; *ddl* = 1; *P* > 0,05) (Tableau 1).

Activité de butinage de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Sesamum indicum*

Produits floraux prélevés

Durant chaque période de floraison, les ouvrières de *A. mellifera* visitaient les fleurs de *S. indicum* et y récoltaient le nectar (Figure 1) et le pollen (Figure 2). Le prélèvement du nectar était intense (73,77% des visites) alors

que la récolte du pollen était faiblement observée (26,23% des visites).

Rythme des visites de *Apis mellifera* en fonction du rythme d'épanouissement des fleurs de *Sesamum indicum*

La Figure 3 présente la variation du nombre de fleurs de *S. indicum* épanouies et celle du nombre de visites de *A. mellifera* selon les dates d'observation. Il ressort de cette figure que dans l'ensemble, le nombre de visites de *A. mellifera* est proportionnel au nombre de fleurs épanouies sur *S. indicum*. La corrélation entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre de visites est positive et hautement significative aussi bien en 2013 (*r* = 0,82; *ddl* = 8; *P* < 0,01) qu'en 2014 (*r* = 0,94; *ddl* = 8; *P* < 0,01).

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

La Figure 4 montre les variations de la température ambiante moyenne, de l'hygrométrie ambiante moyenne et du nombre de visites de *A. mellifera* sur les fleurs de *S. indicum* selon les tranches horaires journalières d'investigation. Il ressort de cette figure que l'activité de *A. mellifera* sur les fleurs de *S. indicum* s'effectue de 9 h à 16 h, avec un pic situé entre 11 h et 12 h. La corrélation entre la température et le nombre de visites de *A. mellifera* n'est pas significative en 2013 (*r* = 0,35; *ddl* = 4; *P* > 0,05) comme en 2014 (*r* = 0,44; *ddl* = 4; *P* > 0,05). De même, la corrélation entre ce nombre de visites et l'hygrométrie n'est pas significative en 2013 (*r* = 0,39; *ddl* = 4; *P* > 0,05) comme en 2014 (*r* = - 0,48; *ddl* = 4; *P* > 0,05).

Abondance des butineuses

En 2013, le plus grand nombre moyen de butineuses de *A. mellifera* simultanément en activité était de 1 par fleur (*n* = 909; *s* = 0) et de 151,44 par 1000 fleurs (*n* = 354; *s* = 103,07; *maxi* = 667). En 2014, les chiffres correspondants étaient de 1 par fleur (*n* = 781; *s* = 0) et de 146,46 par 1000 fleurs (*n* = 249; *s* = 100,98; *maxi* = 667).

La différence entre les abondances moyennes par 1000 fleurs des deux années est

très hautement significative ($t = 7,11$; $ddl = 601$; $P < 0,001$).

Durée des visites par fleur

La durée moyenne d'une visite de *A. mellifera* par fleur de *S. indicum* variait avec le produit floral prélevé. En 2013, elle était de 10,18 sec ($n = 1601$; $s = 5,30$; $maxi = 35$) pour le prélèvement du nectar et de 4,42 sec ($n = 1245$; $s = 2,88$; $maxi = 19$) pour la récolte du pollen. En 2014, les valeurs correspondantes étaient de 10,19 sec ($n = 1468$; $s = 5,30$; $maxi = 35$) pour le prélèvement du nectar et de 4,58 sec ($n = 1012$; $s = 2,77$; $maxi = 11$) pour la récolte du pollen.

La différence entre la durée moyenne d'une visite de prélèvement du nectar et celle de récolte du pollen est très hautement significative en 2013 ($t = 914,86$; $ddl = 2844$; $P < 0,001$) comme en 2014 ($t = 755,73$; $ddl = 2478$; $P < 0,001$).

La différence entre les deux durées moyennes de visite pour le prélèvement du nectar n'est pas significative ($t = 1,44$; $ddl = 3067$; $P > 0,05$). La différence entre les deux durées moyennes de visite pour la récolte du pollen est très hautement significative ($t = 31,53$; $ddl = 2255$; $P < 0,001$).

Vitesse de butinage

Dans le champ de *S. indicum*, une ouvrière de *A. mellifera* visitait entre 1 et 27 fleurs par minute en 2013 comme en 2014. La vitesse moyenne de butinage était de 8,39 fleurs par minute ($n = 513$; $s = 4,76$) en 2013 et de 8,67 fleurs par minute ($n = 381$; $s = 4,85$) en 2014.

La différence entre ces deux moyennes est très hautement significative ($t = 12,74$; $ddl = 892$; $P < 0,001$).

Influence de la faune

L'activité de butinage de *A. mellifera* était interrompue par des individus de la même espèce ou par d'autres insectes qui étaient soit des concurrents pour la récolte du nectar ou du pollen, soit des prédateurs. Ainsi en 2013, sur 1601 visites de *A. mellifera*, 31 (1,93%) étaient interrompues par des insectes, soit 1,62% par *A. mellifera* et 0,31% par *Ceratina* sp. En 2014 sur 1468 visites, 30 (2,04%) étaient interrompues, soit 1,70% par *A. mellifera* et 0,34% par *Ceratina* sp. Les

interruptions survenaient à la suite des collisions entre les visiteurs ou de l'occupation des fleurs.

Influence de la flore avoisinante

Durant la période d'observation, plusieurs autres espèces végétales en fleurs en bordure de la parcelle expérimentale de *S. indicum* étaient visitées par les ouvrières de *A. mellifera*, pour leur nectar (ne) et/ou pour leur pollen (po). Parmi ces plantes, il y avait: *Cajanus cajan* (Fabaceae; ne et po), *Cosmos sulphureus* (Asteraceae; ne et po), *Lantana camara* (Verbenaceae; ne), *Mimosa invisa* (Fabaceae; po), *Sida rhombifolia* (Malvaceae; ne et po), *Tithonia diversifolia* (Asteraceae; ne et po) et *Zea mays* (Poaceae; po).

Aucun passage des butineuses des fleurs de *S. indicum* aux fleurs d'autres espèces végétales et vice versa n'a été noté.

Valeur apicole de *Sesamum indicum*

Pendant toute la période de floraison de *S. indicum*, une activité très élaborée des ouvrières de *A. mellifera* au niveau des fleurs de cette plante a été notée: fréquence journalière des visites élevée, très fort prélèvement de nectar dont la concentration moyenne en sucres est de 29,67% ($n = 35$; $s = 5,60$; $mini = 15,37$; $maxi = 44,14$), faible récolte de pollen, fidélité des butineuses aux fleurs. Ces données mettent en évidence la forte attractivité du nectar et la faible attractivité du pollen de cette Pedaliaceae vis-à-vis de *A. mellifera*. Elles permettent de classer *S. indicum* parmi les plantes apicoles très fortement nectarifères et faiblement pollinifères.

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

Pendant la récolte de nectar ou de pollen dans une fleur de *S. indicum*, les insectes étaient toujours en contact avec les anthères et transportaient le pollen. Pour les deux années d'expérimentation, la fréquence des contacts entre les insectes et le stigmate de la fleur était de 100%, tout comme la fréquence des contacts entre les insectes et les anthères. Ainsi, les insectes augmentent fortement les possibilités de pollinisation de *S. indicum*.

Le Tableau 2 résume les données concernant le taux de fructification, le nombre moyen de graines par gousse et le pourcentage des graines normales dans les différents traitements de *S. indicum*. Il ressort de ce tableau que:

- les taux de fructification ont été de 87,50%, 57,50%, 79,50%, 75,83%, 55,83% et 78,00% dans les traitements 1, 2, 3, 4, 5 et 6 respectivement. La différence entre ces six pourcentages est très hautement significative ($\chi^2 = 788,825$; $ddl = 5$; $P < 0,001$). La comparaison deux à deux de ces pourcentages montre que la différence est très hautement significative entre les traitements 1 et 2 ($\chi^2 = 27,08$; $ddl = 1$; $P < 0,001$) et hautement significative entre les traitements 4 et 5 ($\chi^2 = 10,67$; $ddl = 1$; $P < 0,01$);

- les nombres moyens de graines par gousse ont été de 49,24, 31,91, 44,54, 41,45, 31,46 et 43,63 dans les traitements 1, 2, 3, 4, 5 et 6 respectivement. La différence entre ces six moyennes est très hautement significative ($F = 10,95$; $ddl_1 = 5$; $ddl_2 = 874$; $P < 0,001$). La comparaison deux à deux de ces moyennes montre que la différence est très hautement significative entre les traitements 1 et 2 ($t = 30,81$; $ddl = 172$; $P < 0,001$), puis entre les traitements 4 et 5 ($t = 14,76$; $ddl = 156$; $P < 0,001$);

- les pourcentages de graines normales ont été de 62,55%, 56,83%, 60,56%, 62,26%, 56,32% et 60,11% dans les traitements 1, 2, 3, 4, 5 et 6 respectivement. La différence entre ces six pourcentages est très hautement significative ($\chi^2 = 3842,19$; $ddl = 5$; $P < 0,001$). La comparaison deux à deux de ces pourcentages montre que la différence est très hautement significative entre les traitements 1 et 2 ($\chi^2 = 31,75$; $ddl = 1$; $P < 0,001$), puis entre les traitements 4 et 5 ($\chi^2 = 31,54$; $ddl = 1$; $P < 0,001$).

Les taux de fructification dus à l'influence des insectes floricoles dont *A. mellifera* ont été de 34,29% en 2013, 26,37% en 2014 et 30,33% pour les deux années d'expérimentation cumulées. Les pourcentages du nombre moyen de graines par

gousse attribuables à l'influence des insectes floricoles ont été de 35,19% en 2013, 24,10% en 2014 et 29,65% pour ces deux années cumulées. Les pourcentages de graines normales attribuables à l'influence des insectes floricoles ont été de 9,14% en 2013, 9,54% en 2014 et 9,34% pour les deux années cumulées.

Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* sur *Sesamum indicum*

Le Tableau 2 présente les résultats de la comparaison des taux de fructification, des nombres moyens de graines par gousse et des pourcentages de graines normales des traitements aux fleurs protégées des insectes (2 et 5) à ceux aux fleurs protégées et visitées exclusivement par *A. mellifera* (3 et 6). Il ressort de ce tableau que:

- la différence du taux de fructification est très hautement significative entre les traitements 2 et 3 ($\chi^2 = 17,72$; $ddl = 1$; $P < 0,001$), puis entre les traitements 5 et 6 ($\chi^2 = 17,45$; $ddl = 1$; $P < 0,001$);

- la différence du nombre moyen de graines par gousse est très hautement significative entre les traitements 2 et 3 ($t = 24,37$; $ddl = 226$; $P < 0,001$), puis entre les traitements 5 et 6 ($t = 22,47$; $ddl = 221$; $P < 0,001$);

- la différence du pourcentage de graines normales est très hautement significative entre les traitements 2 et 3 ($\chi^2 = 15,45$; $ddl = 1$; $P < 0,001$), puis entre les traitements 5 et 6 ($\chi^2 = 15,70$; $ddl = 1$; $P < 0,001$).

Les taux de fructification dus à l'activité de *A. mellifera* ont été de 27,67% en 2013, 28,42% en 2014 et 28,05% pour les deux années d'étude cumulées. Les pourcentages du nombre moyen de graines par gousse attribuables à l'impact de *A. mellifera* ont été de 28,36% en 2013, 27,89% en 2014 et 28,13% pour les deux années d'expérimentation cumulées. Les pourcentages de graines normales attribuables à l'influence de *A. mellifera* ont été de 6,16% en 2013, 6,31% en 2014 et 6,24% pour les deux années d'investigation cumulées.

Tableau 1: Nombre et pourcentage de visites des différents insectes recensés sur les fleurs de *Sesamum indicum* en 2013 et 2014 à Dang.

Insectes			2013		2014		Total _{2013/2014}	
Ordre	Famille	Genre et espèce	n_1	p_1 (%)	n_2	p_2 (%)	n_T	p_T (%)
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (ne, po)	151	60,40	73	60,33	224	60,38
		<i>Ceratina</i> sp. (ne, po)	45	18,00	11	9,09	56	15,09
		<i>Xylocopa olivacea</i> (ne, po)	-	-	8	6,61	8,00	2,16
		Total Apidae	196	78,40	92	76,03	288	77,63
	Formicidae	<i>Polyrachis</i> sp. (ne)	54	21,60	29	23,97	83	22,37
Total	Visites		250	100	121	100	371	100
	Espèces		3		4		4	

n_1 : nombre de visites sur 120 fleurs en 10 jours; n_2 : nombre de visites sur 120 fleurs en 10 jours; p_1 et p_2 : pourcentages de visites; $p_1 = (n_1 / 250) * 100$; $p_2 = (n_2 / 121) * 100$; n_T = nombre total de visites; p_T = pourcentage total de visites; sp.: espèce indéterminée; ne: récolte de nectar; po: récolte du pollen.

Comparaison des pourcentages de visites de *Apis mellifera* pour deux années d'étude: $\chi^2 = 0,00$; $ddl = 1$; $P > 0,05$.

Tableau 2: Taux de fructification, nombre moyen de graines par gousse et pourcentage de graines normales selon les traitements de *Sesamum indicum* en 2013 et 2014 à Dang.

Traitements	Années	NFE	NGF	TF(%)	NG/G		NTG	NGN	%GN
					m	s			
1 (Fleurs libres)	2013	120	105	87,50	49,24	19,66	5909	3696	62,55
2 (Fleurs protégées)		120	69	57,50	31,91	27,91	3829	2176	56,83
3 (Fla.)		200	159	79,50	44,54	23,37	8907	5394	60,56
4 (Fleurs libres)	2014	120	91	75,83	41,45	24,12	4974	3097	62,26
5 (Fleurs protégées)		120	67	55,83	31,46	28,24	3775	2126	56,32
6 (Fla.)		200	156	78,00	43,63	23,88	8725	5245	60,11

Fla: Fleurs protégées et exclusivement visitées par *Apis mellifera*; NFE: Nombre de fleurs épanouies; NGF: Nombre de gousses formées; TF: Taux de fructification; NG/G: Nombre de graines par gousse; NTG: Nombre total de graines; NGN: Nombre de graines normales; %GN: Pourcentage de graines normales; m : moyenne; s : écart-type.

Comparaison globale des taux de fructification: $\chi^2 = 788,825$ ($ddl = 5$; $P < 0,001$),

Comparaison globale des pourcentages de graines normales: $\chi^2 = 3842,19$ ($ddl = 5$; $P < 0,001$),

Comparaison globale des nombres moyens de graines/gousse: $F = 10,95$ ($ddl_1 = 5$; $ddl_2 = 874$; $P < 0,001$).



Figure 1: Ouvrière de *Apis mellifera* récoltant le nectar dans une fleur de *Sesamum indicum* à Dang en 2014.



Figure 2: Ouvrière de *Apis mellifera* récoltant le pollen dans une fleur de *Sesamum indicum* à Dang en 2014.

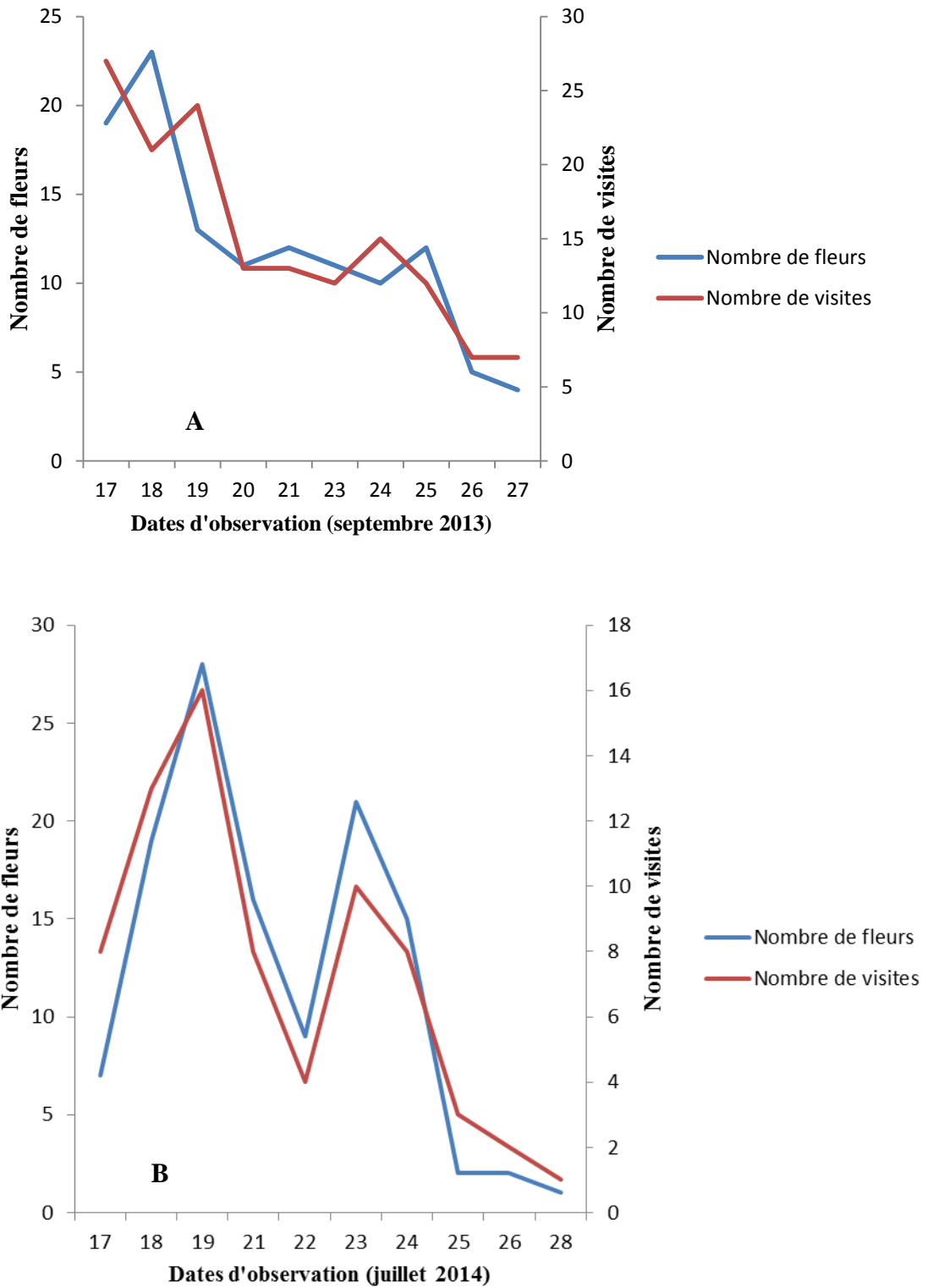


Figure 3: Variation du nombre de fleurs épanouies de *Sesamum indicum* et du nombre de visites de *Apis mellifera* sur ces organes selon les dates d'observation en 2013 (A) et 2014 (B) à Dang.

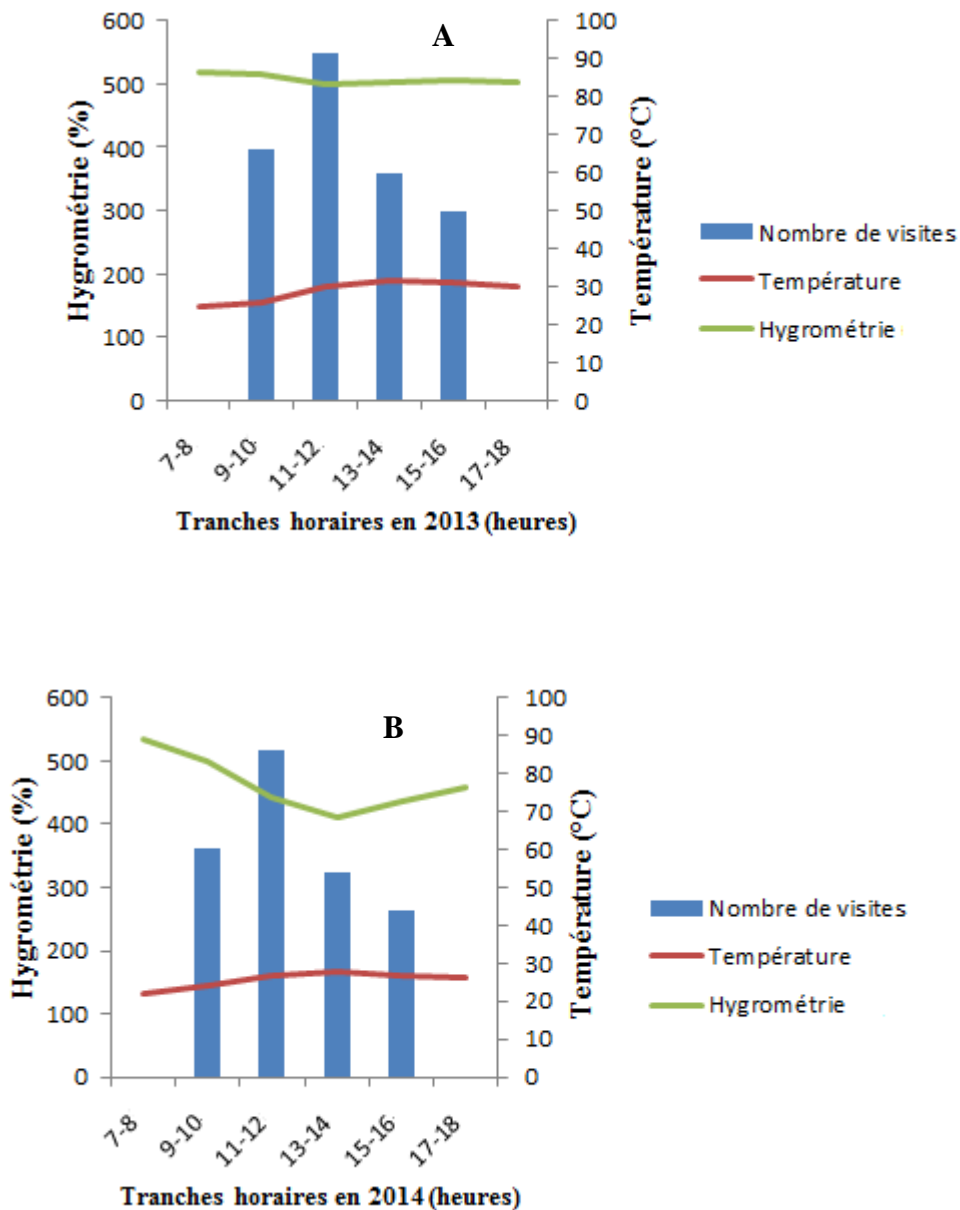


Figure 4: Variation de la température, de l'hygrométrie et du nombre de visites de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Sesamum indicum* selon les tranches horaires d'observation en 2013 (A) et 2014 (B) à Dang.

DISCUSSION

Activité de *Apis mellifera* sur les fleurs de *Sesamum indicum* et valeur apicole de la Pedaliaceae

A Dang, *A. mellifera* est le principal insecte floricole du sésame. Ce résultat est similaire à ceux obtenus en Égypte

(Mahmoud, 2012; Mahfouz et al., 2012; Kamel et al., 2013a,b). En revanche au Nord-Ouest Cameroun, *Amegilla* sp. en est le principal et occupe le premier rang, suivi de *Camponotus flavomarginatus*, puis de *A. mellifera* (Otiobo et al., 2016). Ainsi, le principal insecte floricole du sésame varie

d'une région à l'autre. *Apis mellifera* récolte le nectar et le pollen sur les fleurs de *S. indicum* comme l'ont également signalé Kamel et al. (2013b) en Égypte, puis Otiobo et al. (2016) à Bamenda au Cameroun. Le pic d'activité de *A. mellifera* situé entre 11 h et 12 h serait lié à la période de plus grande disponibilité du nectar et/ou du pollen au niveau de la fleur de *S. indicum*.

La forte abondance des ouvrières par 1000 fleurs de sésame serait liée à la faculté que possèdent les abeilles domestiques de recruter un nombre élevé de butineuses pour exploiter une source de nourriture intéressante (Tchuenguem, 2005). La corrélation positive et hautement significative entre le nombre de visites de *A. mellifera* et le nombre de fleurs épanouies de *S. indicum* met en évidence la bonne attractivité du nectar de cette Pedaliaceae vis-à-vis des butineuses de *A. mellifera*. Cette attractivité pourrait s'expliquer par la concentration moyenne en sucres totaux du nectar de *S. indicum* (29,67%) qui est élevée, vue la gamme de 15% à 75% dans laquelle se situent plusieurs espèces végétales (Abrol, 2012).

La différence très hautement significative entre la durée moyenne d'une visite de récolte de nectar et celle de récolte de pollen serait liée à l'accessibilité de chacun de ces produits floraux; en effet le pollen, produit par les anthères situées au-dessus des filets, est facilement accessible à l'abeille. En revanche, le nectar se trouve dans le tube corollaire entre la base du style et les étamines et est de ce fait difficilement accessible (Otiobo et al., 2016).

Les perturbations de visites dues à la faune avaient pour conséquence la réduction de la durée de certaines visites de *A. mellifera* sur les fleurs de *S. indicum*; ceci obligeait certaines butineuses à visiter un plus grand nombre de fleurs lors d'un voyage de butinage, afin d'obtenir leur charge de pollen ou de nectar, comme l'ont signalé Tchuenguem et al. (2007) sur *Entada africana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Psidium guajava* et *Trichilia emetica*, Tchuenguem et al. (2008a) sur *Croton macrostachyus* et *Syzygium guineense* var. *guineense*, Népidé et

Tchuenguem (2016) sur *Croton macrostachyus* à Ngaoundéré.

L'augmentation du nombre de fleurs visitées par une ouvrière accroît la probabilité des contacts stigmatiques et, par conséquent, les possibilités de pollinisation. L'absence de passage des butineuses des fleurs de *S. indicum* à celles d'autres espèces végétales avoisinantes prouvent que lors d'un voyage de butinage, les ouvrières de *A. mellifera* sont fidèles aux fleurs de l'espèce végétale exploitée. Au Cameroun, la fidélité de l'abeille domestique a été également signalé sur les fleurs de: *Voacanga africana* (Tchuenguem, 2005), *Callistemon rigidus* (Fameni et al., 2012), *Vitellaria paradoxa* (Tchuenguem et al., 2008b), *Helianthus annuus* (Tchuenguem et al., 2009a), *Vernonia amygdalina* (Tchuenguem et al., 2010a) et *Daniellia oliveri* (Tchuenguem et al., 2010b). Cette fidélité s'explique par le fait que chez l'abeille domestique, la butineuse est en général capable de mémoriser et de reconnaître la forme, la couleur et l'odeur de fleurs visitées lors des voyages de butinage antérieurs (Wright et al., 2002). En tant que plante apicole fortement nectarifère et faiblement pollinifère, la Pedaliaceae *S. indicum* peut être cultivée dans l'Adamaoua Camerounais pour accroître la production du miel et contribuer à la stabilisation des colonies de *Apis mellifera* pendant la saison pluvieuse.

Impact de *Apis mellifera* sur la pollinisation et les rendements de *Sesamum indicum*

Lors de la récolte du nectar ou du pollen sur les fleurs de *S. indicum*, les ouvrières de *A. mellifera* rentrent régulièrement en contact avec le stigmate et les anthères. Elles peuvent de ce fait intervenir directement dans l'autopollinisation, en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate de celle-ci. Ceci est d'autant plus probable que l'autogamie est prépondérante chez *S. indicum*.

Les ouvrières de *A. mellifera* transportent le pollen de fleur en fleur à l'aide notamment de leur fourrure, des pattes et des pièces buccales. Elles peuvent en conséquence

jouer un rôle positif dans la geitonogamie, en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate d'une autre fleur de la même plante (Annelise et al., 2011). Les butineuses qui passent de fleur en fleur sur différentes plantes peuvent transporter le pollen d'une plante à une autre. Elles peuvent de ce fait favoriser la xénogamie, en mettant le pollen d'une plante sur le stigmate d'une fleur d'une autre plante (Annelise et al., 2011). Cette dernière forme de pollinisation est d'autant plus probable que l'allogamie existe chez *S. indicum*.

La contribution positive et significative de *A. mellifera* dans les rendements en gousses et en graines de *S. indicum* se justifierait par l'action des butineuses sur la pollinisation des fleurs visitées. L'impact positif et significatif de *A. mellifera* sur les rendements grainiers via son efficacité pollinisatrice a été également démontré au Cameroun chez *Callistemon rigidus* (Fameni et al., 2012), *Gossypium hirsutum* (Mazi et al., 2013), *Brachiaria brizantha* (Adamou et Tchuenguem, 2014), *Physalis micrantha* (Otiobo et al., 2015), *Glycine max* (Kengni et al., 2015b) et au Brésil chez *Brassica napus* (Emerson et al., 2014).

Conclusion

À Dang, *S. indicum* var. Graine Blanche et Lisse est une plante allogame-autogame avec prédominance l'autogamie et qui bénéficie fortement de la pollinisation entomophile. Parmi les insectes qui visitent les fleurs de cette Pedaliaceae, *A. mellifera* est le plus fréquent. Cet Hyménoptère récolte fortement le nectar et prélève faiblement le pollen de *S. indicum*. Le rythme des visites des ouvrières de *A. mellifera* est positivement corrélé au rythme d'épanouissement des fleurs de *S. indicum*. Par son action positive sur la pollinisation des fleurs visitées, *A. mellifera* a provoqué un accroissement significatif du taux de fructification de 28,05%, du nombre moyen de graines par gousse de 28,13% et du pourcentage de graines normales de 6,24%. La conservation des colonies de *A. mellifera* autour des champs de *S. indicum* est conseillée pour améliorer les rendements en gousses et graines de cette Pedaliaceae,

accroître la production du miel et stabiliser les populations d'abeilles pendant la saison des pluies.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

F-NTF a conçu le projet et l'a supervisé; il a contribué à la recherche bibliographique, à l'identification des insectes et à l'analyse statistique des données. NCN a collecté les données sur le terrain; elle a contribué à la recherche bibliographique, à la détermination préliminaire des insectes et à l'analyse des données. Chacun de ces auteurs a participé à la rédaction du manuscrit.

REFERENCES

- Abrol DP. 2012. *Pollination Biology. Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. Springer Dordrecht Heidelberg: London; 792.
- Adamou M, Tchuenguem FFN. 2014. Foraging and pollination behavior of *Apis mellifera adansonii* L. (Hymenoptera, Apidae) on *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf. 1919 flowers at Dang (Ngaoundere-Cameroon). *Int. J. Agro. Agric. Res.*, **6**(4): 62-74.
- Andrade PB, Breno MF, Epifânia EMR, José AL, Leonardo LR. 2014. Floral biology and pollination requirements of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Acta Sci., Anim. Sci.*, **36**(1): 93-99. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i1.21838>
- Annelise SR, Betina B, Diego KL. 2011. Honey bee contribution to canola pollination in Southern Brazil. *Sci. Agric.*, **68**(2): 255-259 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000200018>
- Demarly Y. 1977. *Génétique et Amélioration des Plantes*. Masson: Paris ; 577.
- Emerson DC, Newton TE, Regina CG, José BDJ, Maria CCRT, Vagner AT. 2014. Pollination of rapeseed (*Brassica napus*)

- by africanized honeybees (Hymenoptera: Apidae) on two sowing dates. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **86**(4): 2087-2100. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201420140134>
- Fameni TS, Tchuenguem FFN, Brückner D. 2012. Pollination efficiency of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) on *Callistemon rigidus* (Myrtaceae) flowers at Dang (Ngaoundere, Cameroon). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **32**(1): 2-11. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758412000033>
- Kamel SM, Hatem MM, Abd EHB, Maysa SAEW, Mahmoud FM. 2013a. Foraging activity of four bee species on sesame flowers during two successive seasons in Ismailia Governorate, Egypt. *Pestic. Phytomed.*, **28**(1): 39-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.2298/PIF1301039K>
- Kamel SM, Blal AH, Mahfouz HM, Said M. 2013b. The most common insect pollinator species on sesame crop (*Sesamum indicum* L.) in Ismailia Governorate, Egypt. *Arthropods*, **2**(2): 66-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10298-012-0083-9>
- Kengni BS, Tchuenguem FFN, Ngakou A. 2015b. 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. *Int. J. Biol. Res.*, **3**(2): 64-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.14419/ijbr.v3i2.5211>
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2007. *Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops*. Proceedings of the Royal Society: London (B); 303-313.
- Mahfouz HM, Kamel SM, Belal AH, Said M. 2012. Pollinators visiting sesame (*Sesamum indicum* L.) seed crop with reference to foraging activity of some bee species. *Cercetări Agronomice în Moldova*, **45**(2): 49-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10298-012-0014-9>
- Mahmoud FM. 2012. Insects associated with sesame (*Sesamum indicum* L.) and the Impact of insect pollinators on crop production. *Pestic. Phytomed.*, **27**(2): 117-129. DOI: <http://dx.doi.org/10.2298/PIF1202117M>
- Mazi S, Tchuenguem FFN, Brückner D. 2013. Foraging and pollination behaviour of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera, Apidae) on *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *J. Agric. Sci. Tech.*, **3**: 267-280.
- MINADER (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) 2012. *Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2009 et 2010*. Bulletin n° 17, p. 132.
- Népidé NC, Tchuenguem FFN. 2016. Pollination efficiency of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on *Croton macrostachyus* (Euphorbiaceae) flowers at Dang, Ngaoundéré, Cameroon. *Int. J. Biosci.*, **9**(3): 75-88. DOI: <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/9.3.75-88>
- Ngongolo K, Mtoka S, Rubanza DC. 2015. Floral visitors and pollinators of sesame (*Sesamum indicum* L.) from Kichi forest to the adjacent local communities' farms. *Entomol. Appl. Sci. Lett.*, **2**(2): 32-39.
- Otiobo EN, Tchuenguem FFN, Djiéto CL. 2015. Foraging and pollination behavior of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) on *Physalis micrantha* (Solanales: Solanaceae) flowers at Bambui (Nord-West, Cameroon). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **3**(6): 250-256.
- Otiobo EN, Tchuenguem FFN, Djiéto CL. 2016. Diversité de l'entomofaune floricole de *Sesamum indicum* (L.) 1753 (Pedaliaceae) et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers à Bambui (Nord-Ouest, Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(1): 106-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.8>

- 3^e RGPH. 2010. Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat. La population du Cameroun en 2010, p. 10.
- Tchuenguem FFN. 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'Etat, Université de Yaoundé I, p. 103.
- Tchuenguem FFN, Messi J, Pauly A. 2001. Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, **56**(3): 179-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/fruits:2001121>
- Tchuenguem FFN, Messi J, Brückner D, Bouba B, Mbofung G, Hentchoya HJ. 2004. Foraging and pollination behavior of the African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) on *Callistemon rigidus* flowers at Ngaoundéré (Cameroon). *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, **4**: 133-140.
- Tchuenguem FFN, Djonwangwé 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, Cameroon). *Cam. J. Exp. Biol.*, **3**(2): 50-60.
- Tchuenguem FFN, Djonwangwé D, Brückner D. 2008a. Foraging behaviour of the African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) on *Annona senegalensis*, *Croton macrostachyus*, *Psorospermum febrifugum* and *Syzygium guineense* var. *guineense* flowers at Ngaoundere (Cameroon). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **11**: 719-725. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2008.719.725>
- Tchuenguem FFN, Djonwangwé D, Messi J, Brückner D. 2008b. Exploitation of *Dichrostachys cinerea*, *Vitellaria paradoxa*, *Persea americana* and *Securidaca longepedunculata* flowers by *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **28**: 225-233. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758408201694>
- Tchuenguem FFN, Djonwangwé D, Messi J, Brückner D. 2009a. Activité de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera adansonii* sur les fleurs de *Helianthus annuus* (Asteraceae) à Ngaoundéré (Cameroun). *Cam. J. Exp. Biol.*, **5**(1): 1-9.
- Tchuenguem FFN, Fameni TS, Pharaon MA, Messi J, Brückner D. 2010a. Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) on *Combretum nigricans*, *Erythrina sigmoidea*, *Lansea kerstingii* and *Vernonia amygdalina* flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **30**(1): 40-47. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758410000019>
- Tchuenguem FFN, Fameni TS, Pharaon MA, Messi J, Brückner D. 2010b. Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) on *Daniellia oliveri*, *Delonix regia*, *Hymenocardia acida* and *Terminalia mantaly* flowers in Ngaoundere (Cameroon). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(4): 1180-1190.
- Tchuenguem FFN, Fameni TS, Brückner D. 2014a. Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) flowers at Ngaoundere (Cameroon). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **34**(2): 127-137. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758414000241>
- Tchuenguem FFN, Kingha TBM, Brückner D. 2014b. Diversité des insectes floricoles et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Arachis hypogaea* L. (Fabaceae) à Dang (Ngaoundéré-Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(3):

- 983-997. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.14>
- Terra S. 2015. Rapport d'étude de faisabilité du renforcement de la chaîne de valeurs sésame au Tchad. Terra S, SAS (ed.), Paris, p. 109.
- Tsafack MAS, Muluh AG, Kamajou F, Ingram V, Vabi BM. 2011. Etude comparative de la rentabilité de deux types d'apiculture au nord ouest Cameroun. *Tropicultura*, **29**(1): 3-7.
- Vaughton G, Ramsey M, Johnson, SD. 2010. Pollination and late-acting self-incompatibility in *Cyrtanthus breviflorus* (Amaryllidaceae): implications for seed production. *Ann. Bot.*, **106**: 547-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcq149>
- Winfree 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01418.x>
- 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 snapdragon flowers (*Antirrhinum majus*). *J. Chem. Ecol.*, **28**(4): 721-740. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015232608858>.