

Rôle des insectes pollinisateurs dans qualité des fruits et le rendement du gombo (*Abelmoschus esculentus*) dans la Commune de Kétou au Sud Bénin

Hermann Cyr TONI^{1*}, Bruno Agossou DJOSSA^{1,2}, Oscar TEKA¹ et Hounnankpon YEDOMONHAN³

¹ Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 06 BP 3529, Cotonou, Bénin

² Laboratoire de Foresterie et de Conservation des Bioressources (LaFCBio), Ecole de Foresterie Tropicale, Université Nationale d'Agriculture, BP 43, Kétou, Bénin

³ Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 4521, Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : tonihermann9@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette étude est de recenser les pollinisateurs du gombo et d'évaluer l'effet de la pollinisation sur les caractéristiques des fruits et le rendement du gombo dans la Commune de Kétou. L'expérimentation a consisté à cultiver 162 pieds de gombo dont moitié sous enceinte faite de toile anti-moustiques pour empêcher l'accès des pollinisateurs (traitement 1) et l'autre moitié à l'air libre (traitement 2). L'étude a été conduite pendant deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. Les insectes qui butinent les fleurs ont été suivis dans trois quadrats installés chaque jour de suivi. Les trois quadrats ont à chaque fois été suivi pendant 15 minutes au total par heure et ceci de 6h30 à 18h durant chaque jour de suivi. Les suivis sont faits deux jours consécutifs suivis d'un jour de pause. Le poids, la longueur, le nombre de graines et le diamètre des fruits récoltés ont été rapportés et comparés entre les deux traitements. Il ressort de cette étude que les abeilles *Ceratina viridis*, *Eucara macrogantha*, *Lasioglossum sp.* et le diptère *Drasophila sp.* ont pollinisé le gombo. Les pollinisateurs ont amélioré le poids ($17,36 \pm 0,45$ vs $11,43 \pm 2,01$ g), le diamètre ($1,92 \pm 0,02$ vs $1,63 \pm 0,07$ cm), la longueur ($9,65 \pm 0,14$ vs $8,31 \pm 0,63$ cm) et le nombre de graines par fruit ($47,42 \pm 1,22$ vs $27,97 \pm 5,39$ graines). Les pollinisateurs ont également amélioré le taux de fructification de 46 à 91 %. Ces améliorations ont augmenté le rendement du gombo. Il est donc nécessaire de prendre désormais en compte les pollinisateurs comme des intrants agricoles au même titre que les autres afin de mieux considérer leur conservation comme une nécessité.

Mots-clés : *pollinisateurs, gombo, abeilles, services écosystémiques, Bénin.*

Abstract

Importance of insect pollinators in fruit quality and fruit set of okra (*Abelmoschus esculentus*) in the district of Kétou in Southern Benin

This study aimed to census pollinators of okra and to assess their contribution to yield of this crop in the district of Kétou. A total of 162 plants were grown for this experiment. Half of these plants was grown in a mosquito net cage to avoid insect pollinator visits (treatment 1) and the remaining half was grown in open fields (treatment 2). The study was conducted during two dry seasons and two rainy seasons. Insects foraging on okra flowers were surveyed in three quadrats installed each monitoring day. The three quadrats were

observed for 15 minutes per hour from 6.30 am to 6 pm. The insect monitoring was conducted two consecutive days followed by a day for rest. The weight, length and diameter of fruits and the number of seeds per fruit were reported and compared between the two treatments. We found that the bees *Ceratina viridis*, *Eucara macrognatha*, *Lasioglossum sp.* and the diptera *Drosophila sp.* pollinated okra. Pollinators improved the weight (17.36 ± 0.45 vs 11.43 ± 2.01 g), the diameter (1.92 ± 0.02 vs 1.63 ± 0.07 cm), the length (9.65 ± 0.14 vs 8.31 ± 0.63 cm) and the seed number per fruit (47.42 ± 1.22 vs 27.97 ± 5.39 seeds). Moreover, pollinators have improved the fruit set from 46 to 91 %. These improvements resulted in an increase of the okra yield. Pollinators should therefore be considered as an important input in agricultural production like others and then be conserved.

Keywords : *pollinators, okra, bees, ecosystem services, Benin.*

1. Introduction

Le gombo est un légume de la Famille des Malvaceae. L'espèce est produite à des fins commerciales et de consommation en Afrique, en Asie, en Amérique et en Europe [1]. Plusieurs variétés sont produites essentiellement pour leurs fruits. En effet, le fruit du gombo contient assez d'éléments nutritifs tels que les protéines, les glucides, la vitamine C, le fer, le calcium, le cuivre et le zinc [2, 3]. Le gombo est un légume assez consommé au Bénin [4]. Il est consommé sous différentes formes, séchée ou fraîche. La consommation annuelle de gombo par habitant au Bénin a été estimée à 5 kg [5]. Les feuilles sont également consommées dans certaines régions du Bénin. Comparativement à la tendance mondiale, la production de gombo a connu une importante augmentation au Bénin depuis les années 1990 à nos jours. En 2016, la production nationale de gombo s'élevait à 42244 tonnes pour une superficie de 13115 hectares [6], faisant du Bénin le treizième producteur mondial. Malgré cette importante production, le rendement est nettement inférieur à celui au plan mondial. Le gombo est produit aussi bien dans les milieux ruraux qu'en périphérie des villes du Bénin. Il est essentiellement produit en saison pluvieuse et quelques fois, en saison sèche dans la vallée de l'Ouémé et les milieux urbains et périurbains [4]. La production de gombo constitue une source de revenus non négligeable pour les producteurs locaux. Les fleurs de gombo sont solitaires et hermaphrodites. Elles comprennent une corolle formée de 5 pétales de couleur jaune qui attirent les insectes [7]. Elles s'ouvrent à l'aube et se referment dans l'après-midi.

Les fleurs sont auto-compatibles mais présentent un taux d'allogamie variable de 0 à 60 % [8, 9]. Le gombo fructifie donc sans les pollinisateurs, mais les visites de ceux-ci contribuent à l'amélioration du rendement [10]. Plusieurs insectes, notamment les abeilles, sont impliquées dans la pollinisation croisée du gombo [11]. [12] a rapporté que les abeilles mellifères, *Apis mellifera* et *A. cerana indica* sont les pollinisateurs majeurs du gombo dans le Punjab en Inde. Ces abeilles collectent essentiellement du nectar en visitant les fleurs. Les abeilles mellifères (*Apis spp.*) et les fourmis *Lasius niger* et *Solenopsis invicta* ont été également identifiées comme pollinisateurs du gombo en Inde [13]. A Maroua (Cameroun), *A. mellifera* visite de même les fleurs de gombo, mais ne contribue pas à la pollinisation de la culture. Les abeilles sauvages, *Eucara macrognatha* et *Tetralonia fraterna* ont été identifiées comme pollinisateurs du gombo dans cette localité [14]. *Halictus sp.* et *Megachile sp.* ont aussi pollinisé le gombo au Cameroun [10]. Toutefois, les abeilles mellifères constitueraient des pollinisateurs peu efficaces du gombo [15]. L'intervention des pollinisateurs améliorent non seulement la qualité (quantité de carbone et d'azote), mais aussi les caractéristiques des fruits de gombo telles que le poids et la longueur des fruits [9, 10, 14]. Dès lors, l'effet des pollinisateurs sur le rendement des cultures dépend d'une part, de l'efficacité des espèces pollinisatrices, et d'autre part, des conditions écologiques [16, 17]. A l'instar d'autres cultures, peu d'études se sont intéressées à la pollinisation du gombo en Afrique [18]. Au

Bénin, les pollinisateurs du gombo ainsi que la contribution de ceux-ci à son rendement restent encore non documentés. Pour corriger ce déficit de connaissance sur le gombo, il est nécessaire non seulement de recenser les pollinisateurs de cette culture dans les conditions écologiques du pays, mais aussi et surtout, d'évaluer leurs effets sur les caractéristiques des fruits, puis le rendement [19]. La présente étude s'inscrit dans cette logique. Les résultats permettront donc, de démontrer l'importance des pollinisateurs et la nécessité de les intégrer comme intrants agricoles au même titre que les autres.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans une ferme à Akpabaou (latitude 7°18'26 N, longitude 2°36'28 E) dans la Commune de Kétou au sud-est du Bénin. La Commune de Kétou est située dans la zone agro-écologique de production cotonnière du centre du Bénin. Le climat est de type subéquatorial caractérisé par deux saisons de pluies d'inégales durées (mars à juillet puis septembre à novembre), intercalées par deux saisons sèches. La pluviométrie moyenne annuelle de la zone varie entre 900 et 1100 mm et les températures moyennes varient entre 25° et 29°C. L'humidité relative mensuelle moyenne de la Commune de Kétou varie entre 78 et 95 %. Les sols sont essentiellement de type ferrallitique faiblement dessaturés, et par endroit de type ferrugineux tropicaux bien drainés. La végétation rencontrée dans la Commune est constituée de savanes arborées et de forêts [20]. La population de la Commune de Kétou a été évaluée à 157352 habitants en 2013 [21]. L'agriculture constitue la principale activité des populations de la Commune qui s'adonnent à la production des spéculations telles que le pois d'angole, le niébé, l'igname, la tomate, le gombo, le maïs et le manioc.

2-2. Dispositif expérimental

La variété "Clemson spinless" de gombo a été utilisée pour l'étude. Les graines ont été mises en terre sur des billons suivant des écartements de 75 cm entre lignes et 30 cm entre pieds. Trois graines ont été semées par poquet, et les plants malvenus ont été supprimés deux semaines après la germination. L'engrais minéral NPK (14-23-14) a été apporté aux plants en fumure de fond à la dose de 250 kg/ha. Un mois après le semis, l'urée a été apportée à la dose de 250 kg/ha. Les engrais ont été apportés aux cultures par application directe au sol au cours de la saison pluvieuse et par l'eau d'arrosage durant la saison sèche. Pendant la saison sèche, les plantes ont été arrosées les matins et les soirs par apport de 0,4 litre d'eau. Pendant la saison pluvieuse, elles ont été arrosées après trois jours sans pluie. Les plants ont été traités avec du Lambda Super 2,5 EC (Lambda-cyhalothrin) et du Pacha 25 EC (Lambda-cyhalothrin + Acetamipride) pour éviter les attaques des pestes aussi bien sous l'enceinte qu'en dehors. Les adventices ont été arrachées manuellement toutes les deux semaines. Deux traitements expérimentaux ont été appliqués par rapport au type de pollinisation : (i) Traitement 1 (Contrôle) : 81 pieds de gombo ont été cultivés dans une enceinte faite de toile anti-moustique de 15 x 18 x 2,5 m afin d'éviter la visite des fleurs par les insectes pollinisateurs. Les 81 pieds ont été répartis sur trois lignes de 27 pieds chacune ; (ii) Traitement 2 (Pollinisé) : 81 pieds de gombo (27 pieds x 3 lignes) ont été cultivés en plein champ et leur fleurs ont été accessibles aux pollinisateurs. L'expérimentation a été répétée en deux essais pendant la saison sèche (de novembre 2016 à février 2017 puis de décembre 2017 à mars 2018) et la saison pluvieuse (de mai 2017 à août 2017 puis d'avril 2018 à juillet 2018). Ainsi, suivant les répétitions, les huit modalités suivantes ont été considérées : saison sèche 1 Pollinisé (SP1), saison sèche 2 Pollinisé (SP2), saison sèche 1 Contrôle (SC1), saison sèche 2 Contrôle (SC2), saison pluvieuse 1 Pollinisé (PP1), saison pluvieuse 2 Pollinisé (PP2), saison pluvieuse 1 Contrôle (PC1), saison pluvieuse 2 Contrôle (PC2). Une ruche de l'abeille mellifère, *Apis mellifera adansonii* a été installée sur la ferme de l'expérimentation.

2-3. Recensement des insectes pollinisateurs du gombo

Afin de recenser les insectes intervenant dans la pollinisation du gombo, trois quadrats de 1 x 1 m distants d'au moins 1,5 m ont été installés chaque jour de suivi. Chaque quadrat a été observé pendant 5 min [22, 23], suivi de 10 min de pause avant de passer au quadrat suivant, ainsi de suite totalisant au moins 15 min par tranche de 1 heure. Les suivis ont été faits pendant la période de floraison de 6h30 à 18h avec une pause entre 13h et 14h. Les suivis ont été faits deux jours consécutifs, suivis d'une journée de pause. La méthodologie ainsi décrite a permis de recenser les insectes pollinisateurs du gombo sur 15 jours (39 heures) pendant la première saison sèche, et 15 jours (39 heures) pendant la deuxième saison sèche. Les insectes ont été suivis pendant 25 jours (65 heures) et 15 jours (39 heures) respectivement durant la première et la deuxième saison pluvieuse. Au cours des suivis, le nombre de visites de chaque type d'insecte a été rapporté ainsi que les produits floraux collectés. Les insectes qui collectent le pollen et entrent en contact avec le stigmate ont été considérés comme pollinisateurs [24]. Les espèces non identifiées sur le terrain ont été collectées et conservées dans de l'alcool à 70 %, puis envoyées au laboratoire pour l'identification.

2-4. Évaluation de l'effet des pollinisateurs sur le taux de fructification, les caractéristiques des fruits et le rendement

Au cours de la période de floraison, les fleurs épanouies ont été comptées quotidiennement. Le taux de fructification a été calculé en divisant le nombre de fruits formés par le nombre de fleurs épanouies. Les taux de fructification ont été comparés entre les traitements en réalisant un test de chi-carré. Les différences ont été situées en comparant les taux de fructification deux à deux avec les tests de comparaison de proportions (z-test). Les fruits de gombo ont été récoltés 10 jours après la floraison. Tous les fruits collectés ont été pesés avec une balance (Soehnle, précision de 1 g). La longueur et le diamètre de base des fruits ont été mesurés avec un pied à coulisse (Maurer ; précision de 1 mm). Les fruits ont été séchés à la température ambiante jusqu'à déshydratation. Ensuite, ils ont été ouverts pour compter les graines par fruit. Les différents paramètres mesurés sur les fruits de gombo ont été comparés en réalisant une analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs ; le premier facteur étant la saison avec les modalités Sèches et Pluvieuses, le deuxième étant le type de pollinisation (modalités Pollinisé et Contrôle) et le troisième étant la répétition avec deux modalités (essai initial : première saison sèche et pluvieuse et répétition : deuxième saison sèche et pluvieuse). Des post hoc tests de Holm-Sidak ont été réalisés pour ressortir les différences. Le poids des fruits récoltés a été cumulé afin de calculer le rendement de chaque traitement. A partir du rendement obtenu sur la superficie de l'essai, une extrapolation a été faite pour obtenir le rendement à l'hectare. Les analyses ont été faites dans le logiciel SigmaStat version 3.5 à un seuil de signification de 5 %.

3. Résultats

3-1. Activité journalière de butinage des pollinisateurs recensés sur les fleurs du gombo

Le patron d'activité des insectes pollinisateurs des fleurs du gombo suivant les saisons sèches et pluvieuses (**Figure 1**) montre que quatre insectes ont pollinisé les fleurs de gombo. Il s'agit des abeilles, *Ceratina viridis* (Apidae), *Eucara macrogantha* (Apidae), *Lasioglossum sp.* (Halictidae) et du diptère *Drosophila sp.* (Drosophilidae). Les insectes pollinisateurs émergent relativement tôt le matin (7h-8h) et s'estompent en milieu d'après-midi (15h-16h). L'abeille *Lasioglossum sp.* a été active uniquement en saison sèche pendant que *Drosophila sp.* et *E. macrogantha* ont été actives seulement en saison pluvieuse. *Drosophila sp.* a été la plus fréquente sur les fleurs de gombo avec des pics de 25 visites/m² à 107 visites/m²/15 min.

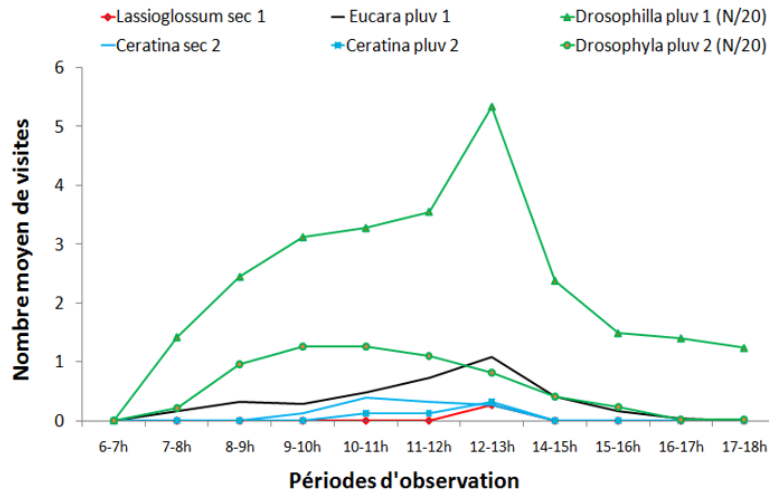


Figure 1 : Patron d'activité des pollinisateurs par tranches horaires suivant les saisons sèches et pluvieuses
sec 1 = saison sèche 1 ; sec 2 = saison sèche 2 ; pluv 1 = saison pluvieuse 1 ; pluv 2 = saison pluvieuse 2

3-2. Effet des insectes pollinisateurs sur le taux de fructification

L'évaluation de l'effet des pollinisateurs sur le taux de fructification du gombo et suivant les saisons sèches et pluvieuses (**Figure 2**) a révélé une différence significative entre les différents traitements ($\chi^2 = 173,74 ; df = 7 ; p < 0,001$). Les fleurs pollinisées par les insectes ont mieux fructifié que les fleurs non pollinisées par les insectes. Des améliorations de 46 % (SP2 vs. SC2) à 91 % (SP1 vs. SC1) ont été observées.

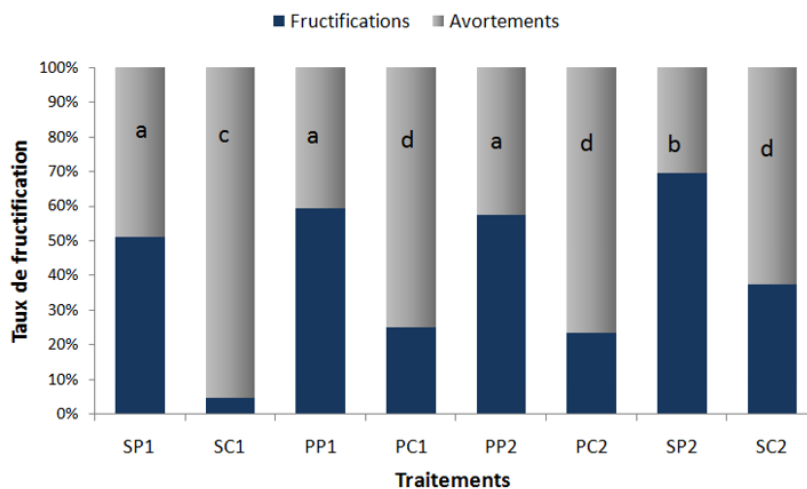


Figure 2 : Taux de fructification comparé du gombo entre plants pollinisés et non pollinisés et entre saisons

SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Contrôle 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Contrôle 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Contrôle 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Contrôle 2 ; les lettres indiquent les différences statistiques entre les taux de fructification

3-3. Effet des insectes pollinisateurs sur les caractéristiques des fruits de gombo

- Poids et longueur des fruits de gombo

La comparaison des poids moyens des fruits de gombo issus des fleurs pollinisées par les insectes et non pollinisées par les insectes suivant les saisons (**Figure 3a**) a révélé que les fruits pollinisés ont été

globalement plus lourds que ceux non pollinisés ($F = 8,21$; $p = 0,004$) bien qu'il n'y ait pas eu de différence entre les fruits pollinisés et non de la première saison pluvieuse (test de Holm-Sidak ; $t = 1,37$; $p = 0,17$). De même, une différence significative a été rapportée entre les fruits de saison sèche et ceux de saison pluvieuse ($F = 35,21$; $p < 0,001$), les fruits de saison sèche ayant pesé moins. Les fruits pollinisés ont été globalement plus longs que ceux non pollinisés ($F = 4,32$; $p = 0,038$) quand bien même des différences n'aient pas été obtenues entre les fruits pollinisés et ceux non pollinisés lors de certains essais (*Figure 3b*). Par ailleurs, les fruits de la saison sèche ont été plus petits que ceux de la saison pluvieuse ($F = 14,538$; $p < 0,001$).

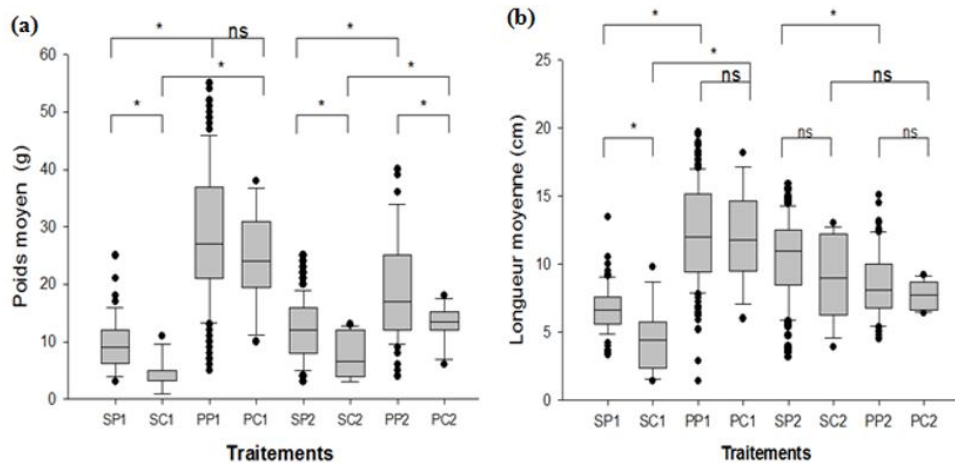


Figure 3 : Comparaison du poids (a) et de la longueur (b) des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

*SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Contrôle 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Contrôle 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Contrôle 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Contrôle 2 ; ns = différence non significative ; * = différence significative*

- *Diamètre de base et nombre de graines par fruit de gombo*

La comparaison des fruits obtenus après pollinisation par les insectes et sans les insectes suivant les saisons sèche et pluvieuse a révélé des différences statistiques entre le diamètre moyen (*Figure 4a*) ($F = 15,56$; $p < 0,001$) et le nombre moyen de graines (*Figure 4b*) ($F = 12,39$; $p < 0,001$).

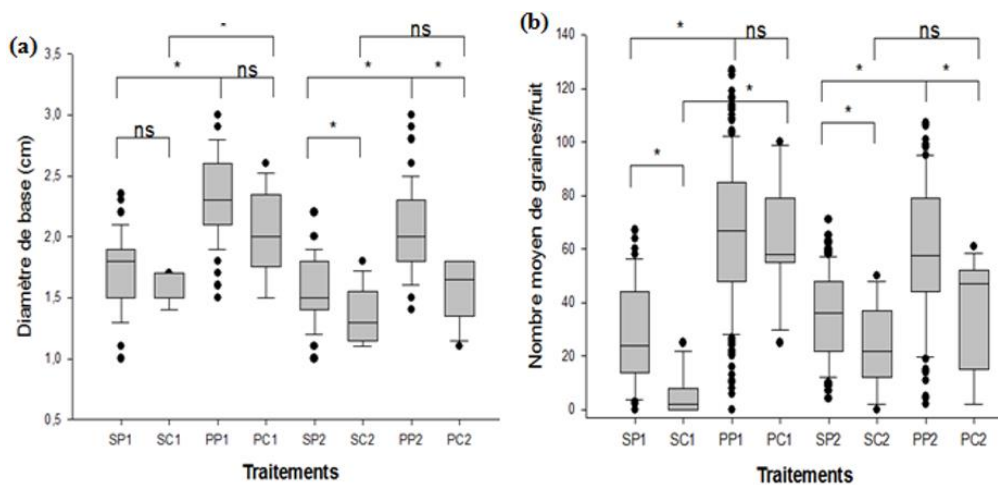


Figure 4 : Comparaison du diamètre de base (a) et du nombre de graines (b) des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

*SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Contrôle 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Contrôle 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Contrôle 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Contrôle 2 ; ns = différence non significative ; * = différence significative*

Les fruits pollinisés par les insectes ont été plus larges que ceux obtenus sans leur intervention. Les fruits des saisons pluvieuses ont été également plus larges que ceux des saisons sèches ($F = 34,40 ; p < 0,001$). Les fruits pollinisés par les insectes contenaient plus de graines que ceux pollinisés sans l'intervention des pollinisateurs. De plus les fruits des saisons pluvieuses ont porté plus de graines que ceux des saisons sèches ($F = 27,574 ; p < 0,001$).

3-4. Corrélation entre le nombre de graines, le poids et la longueur des fruits de gombo

Des corrélations positives ont été rapportées entre le nombre de graines et le poids (*Figure 5a*) puis entre le nombre de graines et la longueur des fruits (*Figure 5b*). Une forte corrélation a été observée entre le poids et le nombre de graines ($R^2 = 0,63$), tandis qu'elle a été plus faible entre la longueur et le nombre de graines ($R^2 = 0,39$).

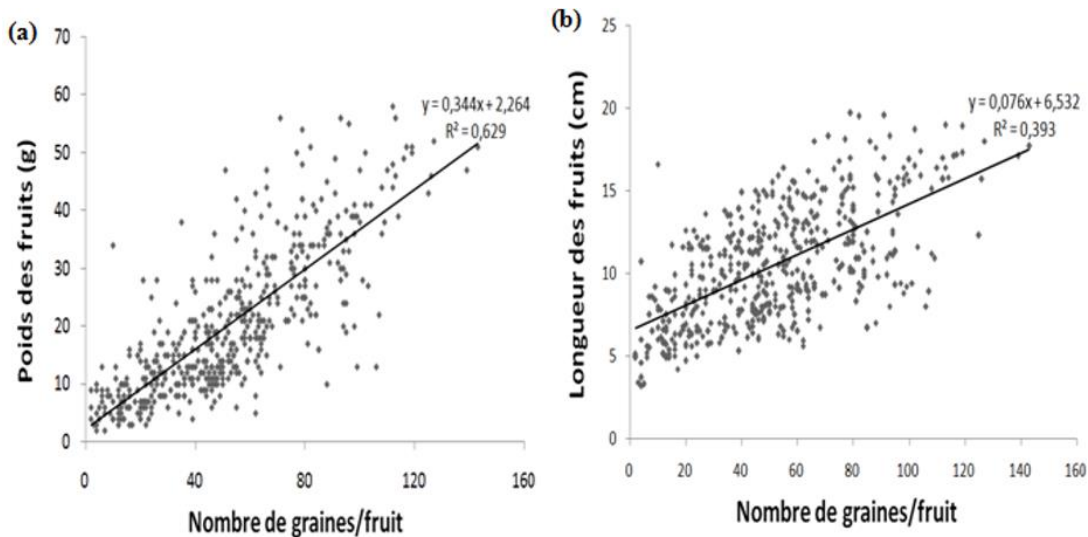


Figure 5 : *Corrélation entre le poids et le nombre de graines / fruit (a) et entre la longueur et le nombre de graines / fruit (b) du gombo*

3-5. Rendement en fruits

Les meilleurs rendements ont été obtenus au niveau des plantes pollinisées par les insectes et ceci pendant tous les essais (*Figure 6*). Des améliorations du rendement de 82 % (126,59 vs 1274,37 kg/ha) à 98 % (67,36 vs 2706,19 kg/ha) ont été nettement obtenues.

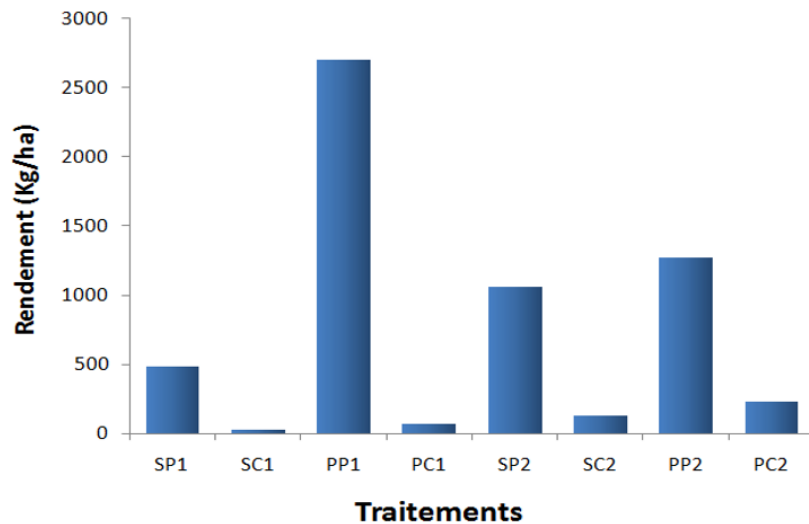


Figure 6 : Rendements du gombo sous effet de la pollinisation ou non et suivant les saisons

SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Contrôle 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Contrôle 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Contrôle 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Contrôle 2

3-6. Caractéristiques des plants expérimentaux

La comparaison de la taille (hauteur totale) et du diamètre au collet des plants sous enceinte anti-moustiques et en dehors suivant les saisons sèche et pluvieuse a révélé des différences statistiques (**Figures 7a et 7b**). En effet, les plants cultivés sous l'enceinte anti-moustiques ont été globalement moins hauts que ceux cultivés en plein air ($F = 18,05$; $p < 0,001$). De même, les plants cultivés sous l'enceinte ont eu un diamètre au collet plus petit que les plants hors enceinte ($F = 51,77$; $p < 0,001$).

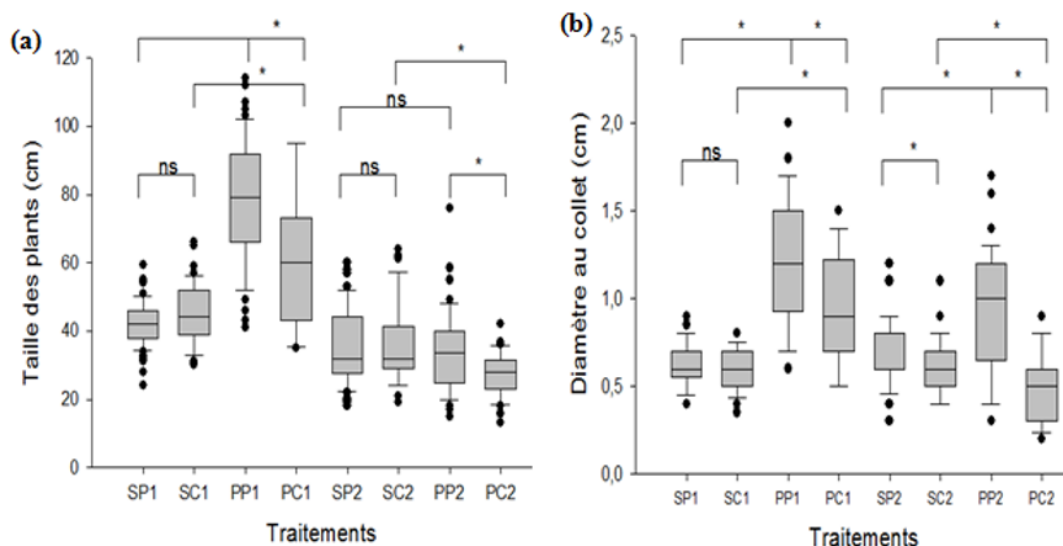


Figure 7 : Comparaison de la taille (a) et du diamètre (b) des plants sous enceinte et en dehors entre saisons sèches et pluvieuses

*SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Contrôle 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Contrôle 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Contrôle 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Contrôle 2 ; ns = différence non significative ; * = différence significative*

4. Discussion

4-1. Activités de pollinisation

Cette étude a permis de recenser quatre insectes pollinisateurs du gombo dans la Commune de Kétou. Trois abeilles pollinisatrices (*Lasioglossum sp.*, *Ceratina viridis* et *Eucara macrognatha*) et un diptère (*Drosophila sp.*) ont été recensés. *Lasioglossum sp.* était active uniquement pendant la saison sèche, tandis que *Drosophila sp.* et *E. macrognatha* ont été actives seulement en saison pluvieuse. De plus, les pollinisateurs ont été plus diversifiés en saison pluvieuse. Cette différence serait liée à la saisonnalité d'activité des insectes [25]. Aussi, cette différence pourrait être due à la variation du paysage environnant le site de l'expérimentation [26] qui a connu des modifications entre la saison sèche et la saison pluvieuse. En effet, durant la saison sèche, le paysage a été dominé par des herbacées graminées, notamment *Cyperus spp.* et *Imperata cylindrica* qui constituent des plantes envahissantes du milieu d'étude. Ces espèces végétales étant surtout pollinisées par le vent [27], sont peu attractives pour les pollinisateurs. Par contre, pendant la saison pluvieuse, les cultures vivrières et de rente telles que le maïs (*Zea mays*), le goussi (*Cucumeropsis mannii*), l'arachide (*Arachis hypogaea*), le coton (*Gossypium hirsutum*), ont été cultivées pendant que plusieurs herbacées à fleurs (*Tridax procumbens*, *Cleome viscosa*) se sont installées autour du site d'expérimentation. Les fleurs de ces cultures constituent une source d'aliments et des habitats pour les pollinisateurs. Par ailleurs, la pression de pâturage par les troupeaux de bœufs dans la zone d'expérimentation, surtout en saison sèche, laisse moins de chance aux tapis graminéens pour atteindre la floraison, limitant ainsi la disponibilité de ressources florales pour les pollinisateurs [28, 29].

La différence de disponibilité des ressources alimentaires due à l'utilisation du milieu durant les saisons pourrait donc avoir contribué à cette différence observée entre les pollinisateurs. Les visites de *Drosophila sp.* ont été les plus abondantes. L'espèce découpe essentiellement les pollens du tube staminal au fond de la fleur de gombo, facilitant la collecte du pollen par d'autres pollinisateurs à la recherche de nectar. Elle assure également le déplacement de quelques pelotes de pollen vers le stigmate. Le comportement de cette espèce nous permet d'affirmer qu'elle contribue dans une certaine mesure, à la pollinisation du gombo. Des drosophiles similaires ont été également observés sur les fleurs de gombo au Brésil [30] et au Cameroun [31] sans que leur rôle dans la pollinisation puisse être clairement défini. Les visites d'*E. macrognatha* ont été également abondantes. Ces résultats montrent que *E. macrognatha* est assez attiré par les fleurs de gombo et en constitue de ce fait, un pollinisateur de choix comme l'avaient rapporté [14, 31] au Cameroun. Aussi, faut-il signaler que *E. macrognatha* avait une période d'activité journalière plus étendue, presque toute la journée, que *C. viridis* et *Lasioglossum sp.* Cette amplitude d'activité permet de maximiser le succès de la pollinisation, car la période de fertilité maximale des pollens est de deux heures après l'épanouissement des fleurs [32]. Cette espèce est donc active assez longtemps pour valoriser autant de pollens utiles que possible. Comparé aux autres pollinisateurs rapportés, *Lasioglossum sp.* pourrait être considéré comme un pollinisateur occasionnel du gombo [33]. Des espèces du genre *Ceratina*, notamment, *C. sexmaculatus* a été rapportée comme pollinisatrice confirmée du gombo en Inde [34] ainsi que des espèces du genre *Lasioglossum* ont été observées sur les fleurs de gombo en Afrique de l'Est [35].

4-2. Pollinisation et rendement

La pollinisation a certainement permis d'accumuler plus de biomasse en induisant des fruits de plus grande taille et plus lourds autant en saison sèche qu'en saison des pluies. Les améliorations en taille étaient significatives comme l'avaient déjà rapporté des études similaires [14, 34] et en poids, souvent du simple ($24,07 \pm 2,26$ vs $28,53 \pm 0,77$ g) au double ($4,58 \pm 0,74$ vs $9,79 \pm 0,54$ g) dans le cas de la présente étude. Les améliorations de ces différentes caractéristiques des fruits de gombo pourraient être dues à l'intervention

des abeilles pollinisatrices qui assurent la pollinisation croisée de l'espèce [11]. Comme l'ont révélé nos résultats, bien que le gombo soit une plante auto fertile, l'intervention des pollinisateurs est utile pour améliorer les rendements. En effet, la provenance et la quantité des pollens intervenant dans la pollinisation sont des facteurs déterminants de la qualité de la pollinisation [36]. [37] a démontré avec la mandarine, que l'allopollen améliore la qualité de la pollinisation comparativement à l'autopollen. Chez *Passiflora vitifolia*, 25 à 50 grains de pollen sont indispensables pour la formation de fruit, tandis qu'avec 450 pollens, la production de graines est améliorée [38]. L'abondance des visites des pollinisateurs augmente les pollens sur les stigmates et améliore les rendements [39]. Par conséquent, les pollinisateurs du gombo assurent certes la pollinisation croisée, mais apportent aussi la quantité de pollen nécessaire pour, non seulement former des fruits, mais également pour former de gros fruits conduisant ainsi à l'amélioration du rendement. C'est ce qui explique la présence d'un plus grand nombre de graines au niveau des fruits pollinisés [9, 40]. Le service de pollinisation est d'autant si important que [14] avaient rapporté qu'une seule visite des pollinisateurs *E. macrognatha* et *T. fraterna* suffit pour une meilleure pollinisation et l'amélioration des caractéristiques des fruits issus des fleurs pollinisées. Mieux, plus la visite du pollinisateur sur la fleur de gombo dure, meilleure est la pollinisation [41]. Ainsi, la pollinisation a un bénéfice net en ce qu'elle améliore les rendements des cultures [42], chez le gombo en particulier [40]. L'effet, saison a aussi été remarqué comme [43], qui a démontré que les conditions climatiques plus favorables à la production du gombo étaient réunies en saison des pluies, comparée à la saison sèche.

Toutefois, il faut souligner que d'autres facteurs semblent avoir joué, en dehors de l'action de la pollinisation sur les caractéristiques des fruits et le rendement entre les traitements à l'air libre et celui sous l'enceinte. En effet, la culture du gombo dans l'enceinte faite en toile anti-moustiques a affecté la croissance des plants de par la réduction de la luminosité [44]. Les différences de croissance des plants pourraient avoir affecté la taille des fleurs [45] et par conséquent, les caractéristiques des fruits [46, 47]. Un meilleur taux de fructification avait été obtenu par [31] qui avaient protégé uniquement les fleurs de gombo, laissant les autres parties du plant à l'air libre, comparativement à [40] qui avaient protégé les plants entièrement pour éviter les visites des pollinisateurs. Cette réduction du taux de fructification diminue le rendement du gombo, comme il a été démontré chez la tomate produite sous des filets anti-insectes au Bénin [48]. A la lumière des résultats de la présente étude, la conservation des services de pollinisation fournis par les abeilles sauvages en particulier, et les insectes en général, s'avère nécessaire. Malgré qu'elle soit limitée à une seule spéculation agricole, l'étude montre à suffisance que l'utilisation des services écologiques du genre en agriculture, a besoin d'être considérée dorénavant comme des intrants d'importance, au même titre que les intrants classiques. A notre avis, l'intégration de l'agro-écologie dans les politiques agricoles recèle de potentiels inestimables qui pourront, si elle est bien planifiée, booster les performances de l'agriculture et même générer des emplois, dans les pays en développement comme le Bénin. C'est pourquoi on ne saurait continuer de la minimiser.

5. Conclusion

Le service de pollinisation rendu par les abeilles a contribué indubitablement à améliorer le taux de fructification, la qualité des fruits ainsi que les rendements. Il est alors important de conserver les écosystèmes naturels autour des champs de production de gombo afin de tirer profit de cet important service rendu par les abeilles sauvages. Une bonne valorisation des services de pollinisation des abeilles sauvages pourrait en effet contribuer à l'amélioration du rendement déjà relativement faible de cette culture au Bénin. Par ailleurs, des études du genre doivent être conduites dans d'autres zones agro-écologiques du pays afin d'élargir les connaissances sur l'entomofaune pollinisatrice du gombo.

Références

- [1] - S. BENCHASRI, Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) as a valuable vegetable of the world. *Ratar. Povrt.*, 49 (2012) 105 – 112
- [2] - O. K. OWOLARAFE et H. O. SHOTONDE, Some physical properties of fresh okra fruit. *J. Food Engin.*, 63 (2004) 299 – 302
- [3] - J. B. KOUASSI, M. CISSE-CAMARA, D. E. SESS, G. G. TIAHOU et F. Y. DJOHAN, Détermination des teneurs en magnésium, potassium, manganèse et sodium de deux variétés de gombo. *Journal of Applied Biosciences*, 67 (2013) 5219 - 5227
- [4] - E. G. ACHIGAN-DAKO, M. W. PASQUINI, F. ASSOGBA-KOMLAN, S. N'DANIKOU, H. A. YÉDOMONHAN et B. AMBROSE-OJI, *Traditional vegetables in Benin*. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. Imprimeries du CENAP, Cotonou, (2010)
- [5] - A. M. SOULEMANA et T. H. AYANOU, Inventaire des acteurs de la filière maraichage et leurs besoins en services d'affaires des départements de l'Atacora/Donga et du Borgou/Alibori. Rapport définitive, (2016) 52 p.
- [6] - FAOSTAT, FAO statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, (2018). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, consulté le 25 avril 2018
- [7] - S. HAMON et A. CHARRIER, *Les gombo*. In: *l'amélioration des plantes tropicales*. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), Montpellier, France, (1997) 313 - 333 p.
- [8] - S. HAMON et J. KOECHLIN, The reproductive biology of okra. Self-fertilization kinetics in the cultivated okra (*Abelmoschus esculentus*), and consequences for breeding. *Euphytica*, 53 (1991) 49 - 55
- [9] - A. M. AL GHZAWI, S. T. ZAITTOUN, I. MAKADMEH et A. R. M. AL TAWAHA, The impact of wild bee on the pollination of eight okra genotypes under semi-arid Mediterranean conditions. *Int. J. Agric. Biol.*, 5 (2003) 409 - 411
- [10] - T. N. MOSES, D. WITLMANN et M. SCHINDLER, Effect of bee pollination on seed set and nutrition on okra (*Abelmoschus esculentus*) in Cameroon. Deutscher Tropentag in Stuttgart Hohenheim, The global food and product chain-dynamics innovation, conflicts, strategies, (2005)
- [11] - S. E. MCGREGOR, Insect pollination of cultivated crop plants. Agriculture Handbook No. 496, *Agricultural Research Service*, USDA, Washington, DC, (1976)
- [12] - A. S. TANDA, Floral biology, pollen dispersal, and foraging behaviour of honeybees in okra (*Abelmoschus esculentum*). *Journal of Apicultural Research*, 24 (1985) 225 - 227
- [13] - E. NANDHINI, K. PADMINI, R. VENUGOPALAN, M. ANJANAPPA et H. B. LINGAIAH, Flower - visiting insect pollinators of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.)) Moench in Bengaluru region. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7 (2018) 1406 - 1408
- [14] - E. M. AZO'O, A. MADI, F. F. N. TCHUENGUEM et J. MESSI, The importance of a single visit of *Eucara macrognatha* and *Tetralonia fraterna* (Hymenoptera : Apidae) in the pollination and the yields of *Abelmoschus esculentus* in Maroua (Cameroon). *African Journal of Agricultural Research*, 7 (2012) 2853 - 2857
- [15] - D.W. ROUBIK, Pollination of cultivated plants in the tropics. FAO Bulletin of Agricultural Services, 118 (1995) 194 p.
- [16] - M. S. STANGHELLINI, J. T. AMBROSE et J. R. SCHULTHEIS, Stigmatic pollen grain deposition by honey bees and bumble bees after single bee visits to pistillate watermelon flowers. *Hort. Science*, 33 (1998) 484 - 484
- [17] - A. BISPO DOS SANTOS, A. C. ROSELINO, M. HRNCIR et L. R. BEGO, Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, 8 (2009) 751 - 757

- [18] - J. G. RODGER, K. BALKWILL et B. GEMMILL, African pollination studies: where are the gaps. *Internat. Insect Science*, 24 (2004) 5 - 28
- [19] - A. M. KLEIN, B. VAISSIERE, J. H. CANE, I. STEFFAN-DEWENTER, S. A. CUNNINGHAM, C. KREMEN et T. TSCHARNTKE Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London: Series B. Biological Sciences*, 274 (2007) 303 - 313
- [20] - G. BANI, *Monographie de la Commune de Kétou*. Afrique Conseil, (2006) 46 p.
- [21] - INSAE, RGPH4 : *Que retenir des effectifs de population en 2013*, (2015). www.insae-bj.org/recensement-population.html?...recensements/.../RGPH4/.../Résultats. Consulté le 20 avril 2018
- [22] - M. AOUAR-SADLI, K. LOUADI et S. E. DOUMANDJI, Pollination of the broad bean (*Vicia faba* L. var. major) (Fabaceae) by wild bees and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *Afr. J. Agric. Res*, 3 (2008) 266 - 272
- [23] - R. LONG et L. MORANDIN, Low hybrid onion seed yields relate to honey bee visits and insecticide use. *California Agriculture*, 65 (2011) 155 - 159
- [24] - B. M. FREITAS, Number and distribution of Cashew (*Anacardium occidentale*) pollen grains on the bodies of its pollinators, *Apis mellifera* and *Centris tarsata*. *J. Apic. Res.*, 36 (1997) 15 - 22
- [25] - S. ABRAHAMCZYK, J. KLUGE, Y. GARECA, S. REICHLER et M. KESSLER, The influence of climatic seasonality on the diversity of different tropical pollinator groups. *Plos One*, 6 (2001) e27115. doi:10.1371/journal.pone.0027115
- [26] - B. MEYER, V. GAEBELE et I. STEFFAN-DEWENTER, Patch size and landscape effect on pollinators and seed set of the Horsehoes Vetch, *Hippocrepis comosa* in an agricultural landscape of Central Europe. *Entomol. Gener.*, 30 (2007) 173 - 185
- [27] - F. N. TCHUENGUEM FOHOUE, J. MESSI et A. PAULY, L'activité de butinage des Apoïdes sauvages (Hymenoptera Apoidea) sur les fleurs de maïs à Yaoundé (Cameroun) et réflexions sur la pollinisation des graminées tropicale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 6 (2002) 87 - 98
- [28] - N. E. SJODIN, J. BENGSSON et B. EKBOM, The influence of grazing intensity and landscape composition on the diversity and abundance of flower-visiting insects. *Journal of Applied Ecology*, 45 (2008) 763 - 772
- [29] - C. A. KEARNS et D. M. OLIVERAS, Environmental factors affecting bee diversity in urban and remote grassland plots in Boulder, Colorado. *Journal of Insect Conservation*, 13 (2009) 655 - 665
- [30] - D. T. MALERBO-SOUZA, V. A. A. TOLEDO, A. C. STUCHI et J. O. A. TOLEDO, Estudo sobre a polinização do quiabeiro, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Acta Scientiarum*, 23 (2001) 1281 - 1285
- [31] - E. M. AZO'O, F. N. TCHUENGUEM FOHOUE et J. MESSI, Influence of the foraging activity of the entomofaune on Okra (*Abelmoschus esculentus*) seed yields. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13 (2011) 761 - 765
- [32] - L. S. SRIVASTAVA et P. C. SACHAN, Study on floral biology on okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Allahabad Farmer*, 47 (1973) 63 - 65
- [33] - E. CAMARGO, L. C. RODRIGUES et A. C. ARAUJO, Pollination biology and reproduction of *Seemannia sylvatica* (Kunth) Hanstein (Gesneriaceae) in the Serra da Bodoquena National Park, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotrop.*, 11 (2011) 125 - 130
- [34] - R. C. MISHRA, J. KUMAR et J. K. GUPTA, Effect of mode of pollination on fruit characteristics of okra. *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Proc. Indian. Nat. Sci. Acad. B*, 53 (1987) 157 - 160
- [35] - https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/bee_genera/key/african_bee_genera/Media/Html_eafrica/Lasioglossum_bees.htm. Consulté le 20 décembre 2018
- [36] - M. AIZEN et L. HARDER, Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. *Ecology*, 88 (2007) 271 - 281
- [37] - H. M. WALLACE et L. S. LEE, Pollen source, fruit set and xenia in mandarins. *Journal of Horticultural Science*, 74 (1999) 82 - 86

- [38] - A. A. SNOW, Pollination intensity and potential seed set in *Passiflora vitifolia*. *Oecologia*, 55 (1982) 231 - 237
- [39] - C. R. ELLIS, H. FELTHAM, K. PARK, N. HANLEY et D. GOULSON, Seasonal complementary in pollinators of soft-fruit crops. *Basic and Applied Ecology*, 19 (2017) 45 - 55
- [40] - M. A. ANGBANYERE, P. K. BAIDOO, The effect of pollinators and pollination on fruit set and fruit yield of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) in the forest region of Ghana. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4 (2014) 985 - 995
- [41] - M. AZO'O, P. DJENATOU et J. MESSI, Repercussions of *Eucara macrognatha* (Hymenoptera: Apidae) duration of visit on the pollination rate and yields of *Abelmoschus esculentus*. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 32 (2017) 5203 - 5211
- [42] - I. BARTOMEUS, S. G. POTTS, I. STEFFAN-DEWENTER, B. E. VAISSIÈRE, M. WOYCIECHOWSKI, K. M. KREWENKA, T. TSCHULIN, S. P. M. ROBERTS, H. SZENTGYÖRGYI, C. WESTPHAL et R. BOMMARCO, Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*, 2 (2014) e328
- [43] - O. D. ADEJOYE, J. O. AWOKOYA et E. OLUSEYI, Effect of seasonal changes on growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus*) (L) Moench. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5 (2009) 940 - 943
- [44] - E. KITTA, A. BAILLE et M. GONZALEZ-REAL, Effect of shading and insect proof nets on screen house light environment. *Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10 july, (2014)*
- [45] - M. MÉNDEZ et A. TRAVESET, Sexual allocation in single-flowered hermaphroditic individuals in relation to plant and flower size. *Oecologia*, 137 (2003) 69 - 75
- [46] - H. KANG et R. B. PRIMACK, Temporal variation of flower and fruit size in relation to seed yield in Celandine Poppy (*Chelidonium majus*, Papaveraceae). *American Journal of Botany*, 78 (1991) 711 - 722
- [47] - H. Y. WETZSTEIN, Y. WEIGUANG et J. A. PORTER, Flower position and size impact ovule number per flower, fruitset, and fruit size in pomegranate. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138 (2013) 159 - 166
- [48] - www.divecosys.org/content/download/4509/33356/version/1/file/DVS+2015+S3+C29+Poster+MENSAH+V2.pdf. Consulté le 16 novembre 2018