

## Abeilles pollinisatrices et production de la pastèque (*Citrullus lanatus*) dans la Commune de Kétou au Sud Bénin

Hermann TONI<sup>1\*</sup>, Bruno Agossou DJOSSA<sup>1,2</sup>, Oscar TEKA<sup>1</sup> et Hounnankpon YÉDOMONHAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

<sup>2</sup> Laboratoire de Foresterie et de Conservation des Bioressources (LaFCBio), Ecole de Foresterie Tropicale, Université Nationale d'Agriculture, Bénin

<sup>3</sup> Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

\* Correspondance, courriel : [tonihermann9@gmail.com](mailto:tonihermann9@gmail.com)

### Résumé

La pastèque (*Citrullus lanatus* L.) est une culture de grande consommation produite au Bénin. Sa pollinisation est assurée essentiellement par les abeilles. Au Bénin, les études sur les pollinisateurs de cette culture sont presque inexistantes. La présente étude a été conduite pour recenser les pollinisateurs de la pastèque dans cette région tout en évaluant leur contribution au rendement et à la qualité des fruits produits. Pour ce faire, 154 pieds de pastèque ont été cultivés dont la moitié sous enceinte faite de toile anti-moustiques pour empêcher l'accès des insectes pollinisateurs (traitement 1) et l'autre moitié à l'air libre avec accès des pollinisateurs (traitement 2). Les essais ont été conduits 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, le diamètre médian moyen, la hauteur, le volume et le nombre de graines des fruits récoltés ont été rapportés et comparés entre les traitements. Les volumes ont été mesurés par la méthode déplacement d'eau. Il ressort de cette étude que les abeilles *Apis mellifera*, *Hylaeus sp.* et *Anthophora sp.* pollinisent la pastèque. *Apis mellifera* a été le principal pollinisateur et son activité sur les fleurs était toujours élevée durant les périodes de basses températures (22,61 - 27,49 °C) et de fortes humidités relatives (81,19 - 90,58 %). Les pollinisateurs ont amélioré le volume (2754,57 ± 939 mL vs 1608,33 ± 508 mL) et le poids des fruits de pastèque (2428,58 ± 924 g vs 1402,17 ± 420 g) pendant la saison pluvieuse de même qu'en saison sèche (1002,24 ± 286 g vs 761,75 ± 256 g et 1019,71 ± 293 mL vs 806,25 ± 315 mL). Le nombre de graines par fruit a été aussi amélioré pendant la saison pluvieuse (171,94 ± 81 vs 54,5 ± 25). L'amélioration de ces caractéristiques ont induit une augmentation du rendement pendant la saison sèche (10,77 T/Ha vs 1,21 T/Ha) et la saison pluvieuse (36,96 T/Ha vs 1,71 T/Ha). Ces résultats ont démontré le rôle capital des pollinisateurs dans la production de la pastèque. Les producteurs doivent être sensibilisés afin d'adopter des pratiques agricoles moins préjudiciables aux insectes pollinisateurs, à défaut de faire une association apiculture et culture de la pastèque.

**Mots-clés :** pollinisation, fruits, qualité, rendement, Bénin.

## Abstract

### Pollinating bees and production of watermelon (*Citrullus lanatus*) in the Municipality of Ketou in South Benin

Watermelon (*Citrullus lanatus* L.) is a staple crop produced in Benin. Its pollination is mainly ensured by bees. In Benin, research works on pollination of this crop are almost inexistent. This study aimed at identifying pollinators of watermelon in this country and assessing their contribution to the yield and fruit quality. For that purpose, 154 plants of watermelon were grown. Half of plants were grown under a mosquito net cage to prevent pollinators' visits (treatment 1) and the other half was grown in open field allowing pollinators' visit (treatment 2). The experiment was conducted during two dry seasons and two rainy seasons. Insects foraging on watermelon 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. Fruits' weight, height, median diameter, volume and number of seeds were reported and compared between the treatments. This study showed that the bees *Apis mellifera*, *Hylaeus sp.* and *Anthophora sp.* pollinate the watermelon. The honeybee *Apis mellifera* was the main pollinator and its activity on flowers was favored by low temperatures (22.61 - 27.49 ° C) and high relative humidity (81.19 - 90.58 %). Pollinators improved the volume (2754.57 ± 939 mL vs 1608.33 ± 508 mL) and weight of watermelon fruit (2428.58 ± 924g vs 1402.17 ± 420 g) during the rainy season as well as in the dry season (1002.24 ± 286 g vs 761.75 ± 256 g and 1019.71 ± 293 mL vs 806.25 ± 315 mL). The number of seeds per fruit was also improved during the rainy season (171.94 ± 81 vs 54.5 ± 25). The improvement of these characteristics resulted in an increase of yield during the dry season (10.77 T / Ha vs 1.21 T / Ha) and the rainy season (36.96 T / Ha vs 1.71 T / Ha). Results of this study demonstrated the crucial role of pollinators in the watermelon production. Producers must be sensitized to adopt agricultural practices that are less harmful to pollinator insects even if they could not associate beekeeping to watermelon cultivation.

**Keywords :** *pollination, fruits, quality, yield, Benin.*

## 1. Introduction

La pastèque ou melon d'eau (*Citrullus lanatus* L.) est une plante appartenant à la famille des Cucurbitacées et à l'ordre des cucurbitales. D'après certains auteurs, elle serait originaire de l'Afrique du Nord [1] tandis que d'autres situent son origine en Afrique de l'Ouest [2]. La pastèque a été domestiquée depuis des siècles pour ses fruits [3]. En effet, les fruits de pastèques sont comestibles, désaltérantes et riches en éléments nutritifs tels que le potassium, le phosphore, le magnésium et les vitamines A et C [4]. La pulpe constitue également une importante source d'énergie (30 kcal/100 g). La pastèque est aujourd'hui produite dans différentes régions du monde. Plusieurs variétés produites sont remarquables de par leur poids et volume assez importants. Contrairement à la majorité des variétés qui contiennent naturellement assez de graines, des variétés sans graines et de petit volume ont été développées dans les années 2000 et satisfont une partie des consommateurs [5]. La production mondiale de pastèque a été évaluée à 117.022.560 tonnes en 2016 [6]. La Chine est de loin le premier producteur mondial de pastèque avec une production de 79.043.138 tonnes suivie de la Turquie (3.928.892 tonnes) et du Brésil (3.813.850 tonnes). Au Bénin, la production de pastèque a été évaluée à 28.324,81 tonnes pendant la campagne agricole 2015-2016 par le Service des Etudes Statistiques et Economiques du Ministère de l'Agriculture. La pastèque est produite abondamment dans la partie méridionale du pays. La pastèque figure parmi les cultures maraichères les plus produits par les maraichers du sud-Bénin notamment dans le département de l'Atlantique [7]. Elle constitue une source substantielle de

revenus pour les producteurs. Toutefois, la production de pastèque au Bénin ne se fait pas sans difficultés. Les producteurs connaissent des problèmes d'écoulement de leur production, de conservation des fruits récoltés et de manque de retenues d'eau pour l'arrosage [8]. La pastèque est monoïque et porte des fleurs mâles et femelles de couleur jaune pâle de 2 cm à 3,5 cm de diamètre [3]. Elles sont allogames et nécessitent l'intervention des pollinisateurs pour la fructification [9]. Les abeilles constituent les principaux pollinisateurs de la culture. En 1966 déjà, [10] avait démontré que huit visites de l'abeille mellifère *Apis mellifera* sont nécessaires pour une bonne pollinisation de la pastèque. Ce nombre de visites permettrait d'assurer le transport de 500 à 1000 grains de pollens indispensables à la pollinisation de la fleur femelle. Aux Etats-Unis d'Amérique, les abeilles telle que *Apis mellifera*, *Halictus spp.*, *Bombus spp.*, *Peponapis pruinosa*, *Hylaeus rudebeckiae*, *Agapostemon texanus*, *Melissodes spp.*, *Lasioglossum spp.* et *Dialictus spp.* ont contribué à la pollinisation de la pastèque [11, 12]. A l'instar des Etats-Unis d'Amérique, l'abeille mellifère *Apis mellifera* a été également identifiée comme le principal pollinisateur de la pastèque en Israël en Asie [13]. D'autres abeilles sauvages telles que *Lasioglossum politum atomarium*, *Lasioglossum malachurum*, *Hylaeus taeniolatus*, pollinisent également la pastèque dans ce pays. En Afrique, notamment au Kenya et au Cameroun, l'abeille mellifère, *Apis mellifera* a été reconnue comme le principal pollinisateur de la pastèque [14, 15]. Les abeilles du genre *Xylocopa*, *Hypotrigona* ont contribué à la pollinisation de cette culture aussi [14]. La pollinisation de la pastèque contribue à améliorer le taux de fructification, le poids des fruits, le nombre de graines et par conséquent le rendement [12, 16]. A ce jour, la pollinisation de la pastèque au Bénin reste encore non documentée. Compte tenu des différences de composition observées entre les communautés de pollinisateurs suivant les différentes régions et des différences de comportement de butinage des insectes, leur effet sur le rendement varie en fonction des zones. Il est alors nécessaire d'évaluer la contribution des pollinisateurs au rendement dans les différentes régions [9] et en Afrique surtout, où peu de recherches ont été conduites sur les relations plantes-pollinisateurs [17, 18]. La présente étude s'inscrit dans cette logique et a pour objectif de : (i) recenser les pollinisateurs de la pastèque suivant les saisons de l'année dans la commune de Kétou et (ii) évaluer l'effet de ces pollinisateurs sur les caractéristiques des fruits et le rendement de la pastèque. Les résultats permettront de faire des recommandations pour une agriculture durable utilisant les services écosystémiques comme la pollinisation.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite sur une ferme à Akpabaou (latitude 7°18'26N, longitude 2°36'28E) dans la Commune de Kétou au Sud Est du Bénin (**Figure 1**). La Commune de Kétou est située dans la zone agro-écologique cotonnière du Centre du Bénin. Le climat est de type subéquatorial caractérisé par deux saisons de pluies d'inégales durées (mars à juillet et 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 de la commune sont essentiellement de type ferrallitiques faiblement dessaturés et par endroit de type ferrugineux tropicaux bien drainés. La végétation rencontrée dans la Commune de Kétou est constituée de savanes arborées et de forêts [19]. La population de la Commune a été évaluée à 157 352 habitants en 2013 [20]. L'agriculture constitue la principale activité des populations de la Commune qui produit des spéculations telles que le manioc, l'igname, le maïs, le pois d'angle, la tomate, le gombo et le niébé.



Figure 1 : Carte de la commune de Kétou avec localisation du site d'expérimentation

## 2-2. Dispositif expérimental

La pastèque (*Citrus lanatus*) de variété *Kaolack* a été installée sur sept billons distants de 80 cm. Un écartement de 80 cm entre pied a été adopté. Trois graines ont été semées par poquet ; les plants malvenus ont été supprimés deux semaines après le semis pour garder un plant par poquet. Pendant la saison sèche, les plants ont été arrosés les matins et les soirs avec un apport de 0,5 L d'eau par plant à chaque fois. Pendant la saison pluvieuse, les plants ont été arrosés après trois jours sans pluie. La fertilisation a consisté à apporter, avant le semis, du NPK à la dose de 100 kg/ha et de l'urée à la dose de 50 Kg/ha. A la nouaison, du NPK (100 Kg/ha), de l'urée (50 kg/ha) et du nitrate de potassium (300 kg/ha) ont été appliqués. Les plants ont été traités avec du Lamda Super 2.5 EC (Lambda-cyhalothrin) et du Pacha 25 EC (Lambda-cyhalothrin+Acetamipride) toutes les deux semaines pour éviter les attaques des pestes. Les adventices ont été arrachés toutes les deux semaines. Deux traitements expérimentaux ont été appliqués : (i) Traitement 1 (Control) : 77 pieds de pastèque 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. Ces pieds ont été répartis sur sept lignes de onze pieds chacune ; (ii) Traitement 2 (Pollinisé) : 77 pieds de pastèque (11 pieds x 7 lignes) ont été cultivés en plein champs et leur fleurs ont été accessibles aux pollinisateurs. L'expérimentation a été conduite sur deux saisons sèches (Novembre 2016 à Janvier 2017 et de Janvier à Mars 2018) et deux saisons pluvieuses (Avril à Juin 2017 et de Mai à Juillet 2018). Ainsi, suivant les répétitions, les huit variables suivants ont été obtenus : saison sèche 1 Pollinisé (SP1), saison sèche 2 Pollinisé (SP2), saison sèche 1 Control (SC1), saison sèche 2 Control (SC2), saison pluvieuse 1 Pollinisé (PP1), saison pluvieuse 2 Pollinisé (PP2), saison pluvieuse 1 Control (PC1), saison pluvieuse 2 Control (PC2). Une ruche d'abeille, *Apis mellifera adansonii* a été installée sur la ferme de l'expérimentation.

## 2-3. Recensement des insectes pollinisateurs de la pastèque

Afin de recenser les insectes intervenant dans la pollinisation de la pastèque, 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 [21, 22] suivi de 10 min de pause avant de passer au quadrat suivant ainsi de suite totalisant au moins 15 mn par tranche de 1 heure. Les suivis ont été faits pendant la période de floraison de 6 h 30 à 18 h avec une pause entre 13 h et 14 h. 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 de la pastèque sur 27 jours (70 heures) et 26 jours (68 heures) respectivement pendant la première et la deuxième saison sèche. Les pollinisateurs ont été suivis pendant 22 jours (57 heures) et 25 jours (65 heures) respectivement au cours de la première et la deuxième saison pluvieuse. Ces différences de durées d'observations sont liées à la disponibilité des fleurs et à la durée de floraison de la culture durant chaque essai. Au cours des suivis, le nombre de visites de chaque espèce d'insecte a été rapporté ainsi que les produits floraux collectés. Seuls les insectes qui ont collecté le pollen et sont entré en contact avec le stigmate ont été considérées comme des pollinisateurs [23]. Les espèces non identifiées sur le terrain ont été collectées et conservées dans de l'alcool, puis envoyées au laboratoire pour identification. La température et l'humidité relative de l'air ont été relevées chaque tranche horaire de suivi des fleurs avec un thermo-hygromètre (TFA, modèle KLIMALOGGPRO) de précision 1 % pour l'humidité relative et 0,1°C pour la température. Les données collectées lors du suivi des fleurs ont été analysées dans le tableur Excel pour ressortir l'abondance des visites de chaque pollinisateur. La corrélation de Spearman a été calculée pour évaluer la corrélation entre l'abondance des pollinisateurs et la température et l'humidité relative.

## 2-4. Évaluation de l'effet des pollinisateurs

### 2-4-1. Succès de fécondation

Au cours de la période de floraison, 180 fleurs femelles ont été marquées avec des étiquettes et suivies jusqu'à la fructification. Le taux de fructification a été calculé en divisant le nombre de fruits formés par le nombre de fleurs épanouies marquées. Le taux de fructification a été comparé entre les traitements en utilisant un test de Chi-carré. Des tests de comparaison de proportions deux à deux (z-test) ont été ensuite utilisés pour situer les différences. Les analyses ont été faites dans le logiciel SigmaStat 3.5.

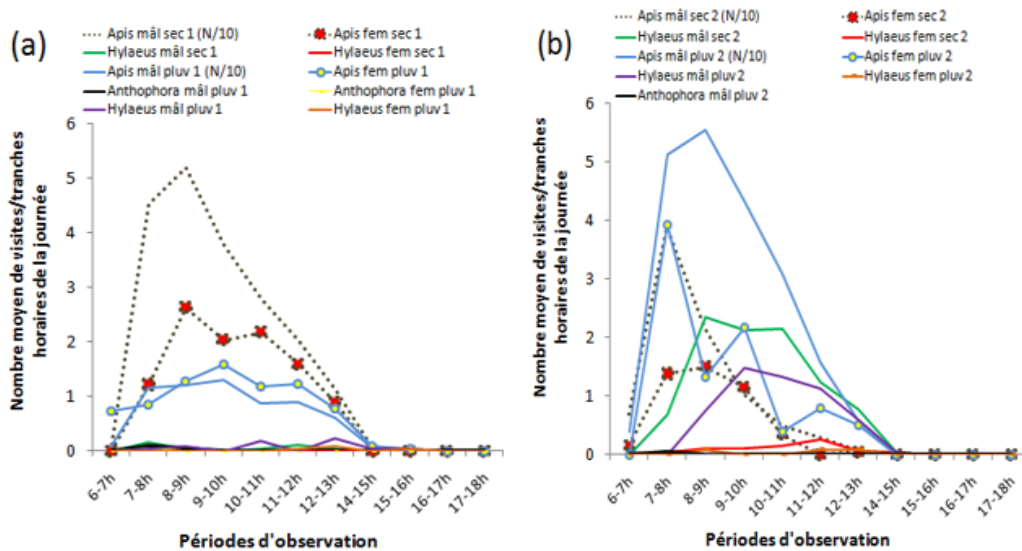
### 2-4-2. Caractéristiques et rendement

Les fruits de pastèque ont été récoltés dès qu'ils sont arrivés à maturité (vrille à la base du pédoncule sèche). Ils ont été pesés avec la balance (Soehnle, précision 1 g), la hauteur a été mesurée avec un pied à coulisse (Maurer ; précision 1mm), puis le volume a été mesuré par la méthode de déplacement d'eau dans une éprouvette graduée (Bürkle, précision 10 mL). Le fruit a été ensuite coupé transversalement en son milieu et le diamètre médian a été mesuré suivant deux directions orthogonales avec un centimètre de précision 1mm. Le diamètre médian moyen a été ensuite calculé. Enfin, l'endocarpe a été fouillé pour compter le nombre de graines formées. Les différents paramètres mesurés sur les fruits de pastèque des traitements (SP1, SP2, SC1, SC2, PP1, PP2, PC1, PC2) ont été comparés en réalisant une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Des post hoc tests de Dunn ont été réalisés pour situer les différences. Le poids des fruits récolté a été cumulé afin de calculer le rendement de chaque traitement. A partir du rendement obtenu sur la superficie de l'essai, une extrapolation est 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

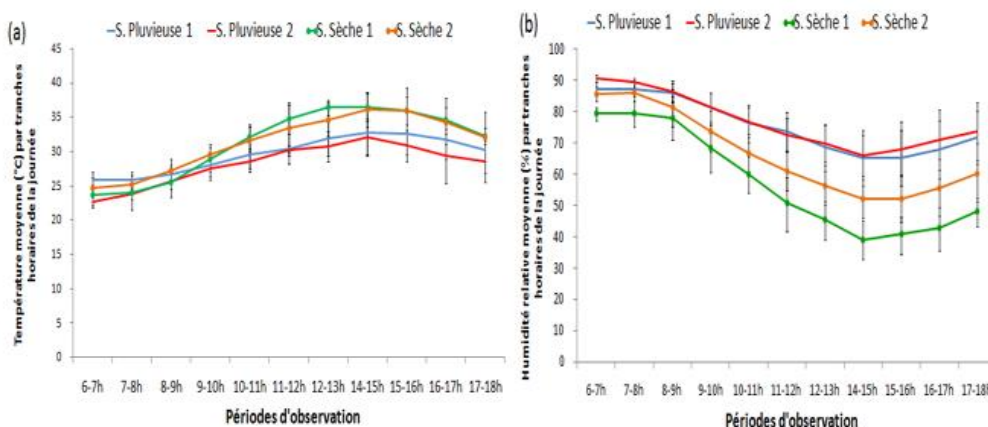
#### 3-1. Activité journalière de butinage des pollinisateurs de la pastèque

Le patron d'activité des insectes pollinisateurs de la pastèque au cours de la première et la deuxième répétition est présenté sur la **Figure 2** ci-dessous.



**Figure 2 :** Évolution de l'intensité d'activité des pollinisateurs dans la journée pendant les saisons sèches et pluvieuses au cours de la première (a) et la deuxième (b) répétition  
Légende : sec = saison sèche ; pluv = saison pluvieuse ; fem = fleurs femelles ; mâl : fleurs mâles

Trois insectes pollinisateurs ont été identifiés notamment *Apis mellifera* (Hyménoptère, Apidae), *Hylaeus sp.* (Hyménoptère, Colletidae) et *Anthophora sp.* (Hyménoptère, Apidae). Les abeilles *Apis mellifera*, *Hylaeus sp.* ont pollinisé pendant toutes les saisons tandis que *Anthophora sp.* n'a été observée que pendant la première saison pluvieuse. Ces pollinisateurs sont assez actifs dans la matinée (7h à 10h) et leurs activités s'estompent en fin de matinée. L'abeille mellifère (*Apis mellifera*) a été de loin la plus abondante des pollinisateurs. Ses visites ont été corrélées avec la température et l'humidité relative (**Figures 3a et 3b**).

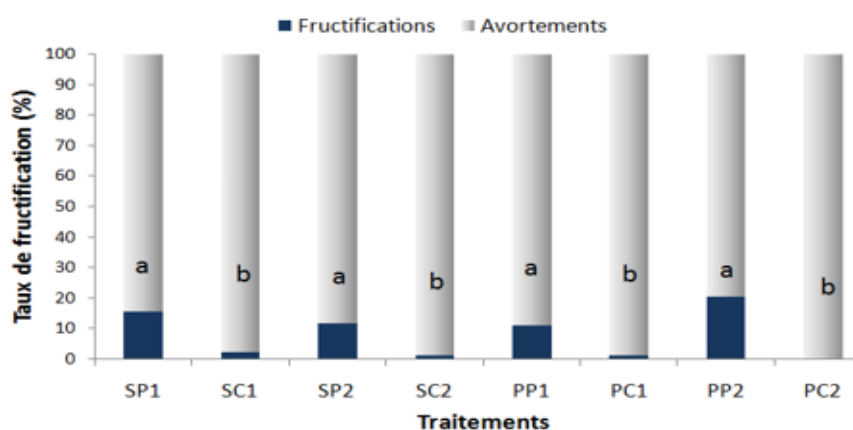


**Figure 3 :** Évolution de la température (a) et de l'humidité relative (b) par tranche horaire dans la journée pendant les saisons sèches et pluvieuses

Les heures moins chaudes ont été favorables pour le butinage des fleurs en saisons sèches (saison sèche 1 :  $\rho = -0,28$ ;  $p = 1,56e-30$  ; saison sèche 2 :  $\rho = -0,30$  ;  $p = 1,69e-40$ ) et en saisons pluvieuses (pluvieuse 1 :  $\rho = -0,21$  ;  $p = 9,04e-14$  ; saison pluvieuse 2 :  $\rho = -0,23$ ;  $p = 3,46e-25$ ). Par contre de fortes humidités relatives ont favorisé le butinage des fleurs en saisons sèches (saison sèche 1 :  $\rho = 0,34$ ;  $p = 3,1e-45$  ; saison sèche 2 :  $\rho = 0,33$ ;  $p = 9,95e-50$ ) et en saisons pluvieuses (saison pluvieuse 1 :  $\rho = 0,15$  ;  $p = 2,6e-7$ ; saison pluvieuse 2 :  $\rho = 0,25$ ;  $p = 1,5e-29$ ).

### 3-2. Succès de fructification

L'effet des pollinisateurs sur le succès de fructification de la pastèque suivant les saisons est présenté comme ci-après (*Figure 4*).



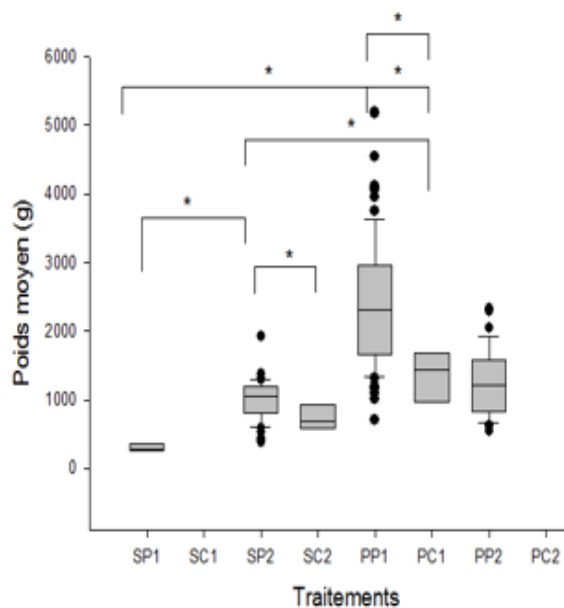
**Figure 4 :** Succès de fructification comparé de la pastèque entre plants pollinisés et non pollinisés par les abeilles et entre les saisons sèches et pluvieuses

*Légende : SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Control 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Control 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Control 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Control 2*

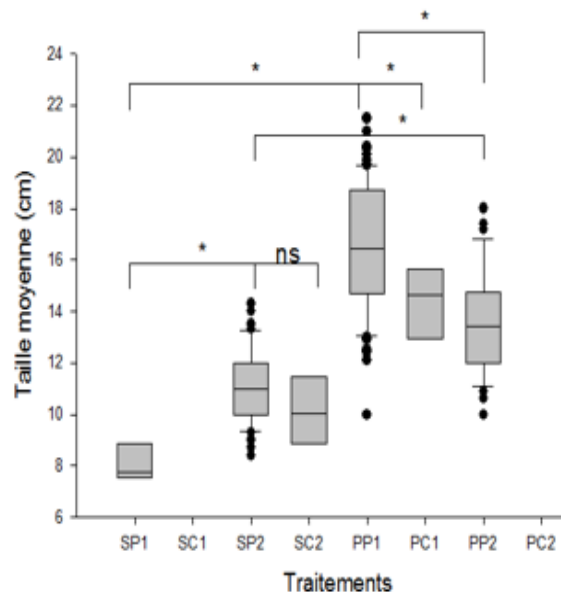
Les fleurs femelles pollinisées par les abeilles ont mieux fructifié en toute saison (Chi-carré = 106,197 ;  $df = 7$  ;  $p < 0,001$ ).

### 3-3. Caractéristiques des fruits de pastèque

L'effet des pollinisateurs sur le poids et la taille des fruits de pastèque suivant les saisons sont présentés sur les *Figures* suivantes (*Figures 5 et 6*):



**Figure 5 :** Comparaison des poids des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

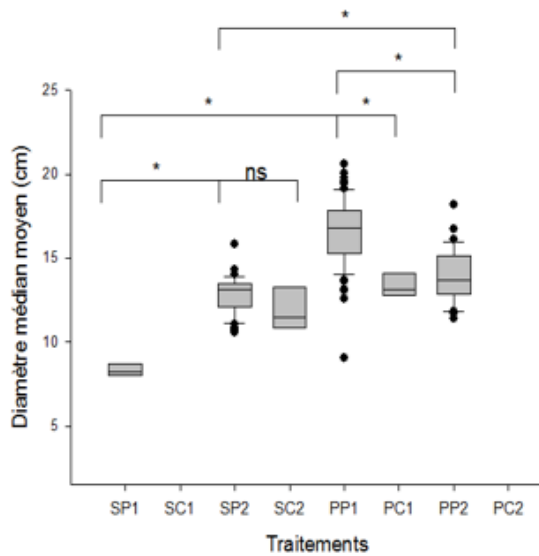


**Figure 6 :** Comparaison des hauteurs des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

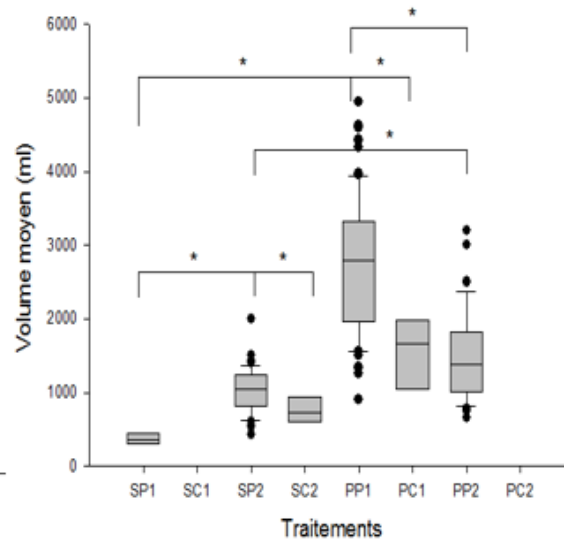
*Légende : SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Control 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Control 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Control 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Control 2*

Une différence hautement significative a été détectée entre le poids moyen des fruits issus des différents traitements (Kruskal-Wallis,  $H = 111,86$  ;  $df = 5$  ;  $p < 0,001$ ). Les fruits pollinisés ont été plus lourds que ceux non pollinisés en toute saison (test de Dunn ;  $PP1$  vs  $PC1$  :  $Q = 2,122$  ;  $p = 0,009$  ;  $SP2$  vs  $SC2$  :  $Q = 1,21$  ;  $p = 0,029$ ). De plus, les fruits de saisons pluvieuses étaient plus lourds (test de Dunn ;  $SP2$  vs  $PP2$  :  $Q = 1,70$  ;  $p = 0,027$  ;  $SP1$  vs  $PP1$  :  $Q = 5,962$  ;  $p < 0,05$ ). Une différence hautement significative a été également détectée entre la hauteur moyenne des fruits issus des traitements (Kruskal-Wallis,  $H = 118,02$  ;  $df = 5$  ;  $p < 0,001$ ). Pendant la saison sèche, il n'y a pas eu de différence entre la hauteur des fruits pollinisés et non pollinisés (test de Dunn ;  $SP2$  vs  $SC2$ ,  $Q = 0,60$  ;  $p = 0,17$ ) tandis que pendant la saison pluvieuse, une différence significative a été détectée (test de Dunn ;  $PP1$  vs  $PC1$  :  $Q = 1,47$  ;  $p = 0,029$ ). La comparaison du diamètre médian et du volume des fruits pollinisés et non pollinisés suivant les saisons sèches et pluvieuses sont présentés respectivement sur les **Figures 7 et 8** ci-dessous.





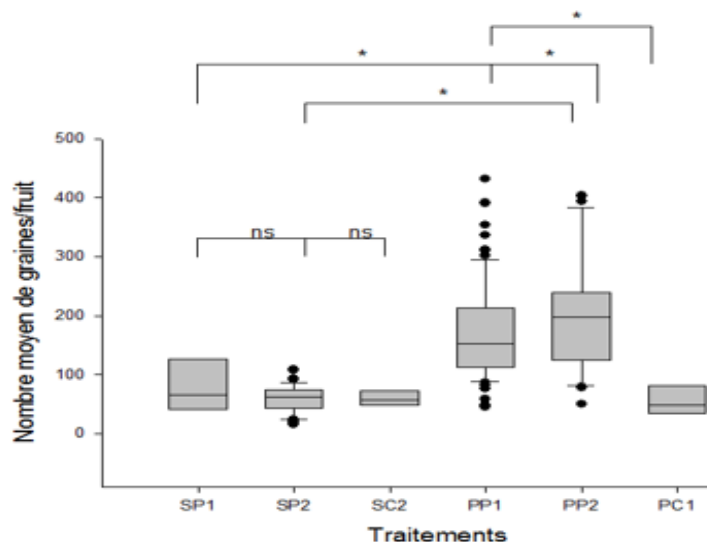
**Figure 7 :** *Comparaison des diamètres médians des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses*



**Figure 8 :** *Comparaison des volumes des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses*

*Légende : SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Control 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Control 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Control 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Control 2*

Une différence hautement significative a été également détectée entre le diamètre médian des fruits issus des traitements (Kruskal-Wallis,  $H = 103,26$  ;  $df = 5$  ;  $p < 0,001$ ). Pendant la saison sèche, il n'y a pas eu de différence entre la hauteur des fruits pollinisés et non pollinisés (SP2 *vs* SC2,  $Q = 0,210$  ;  $p = 0,72$ ) tandis que pendant la saison pluvieuse, une différence significative a été détectée (PP1 *vs* PC1 :  $Q = 2,17$  ;  $p = 0,007$ ). Quant au volume, Une différence hautement significative a été détectée entre les différents traitements (Kruskal-Wallis,  $H = 111,92$  ;  $df = 5$  ;  $p < 0,001$ ). Les fruits pollinisés ont été plus volumineux que ceux non pollinisés au cours des saisons sèches et pluvieuses (test de Dunn ; PP1 *vs* PC1 :  $Q = 1,95$  ;  $p = 0,01$  ; SP2 *vs* SC2 :  $Q = 1,03$  ;  $p = 0,04$ ). De plus, les fruits de saisons pluvieuses ont été plus volumineux que ceux de saisons sèches (test de Dunn ; SP2 *vs* PP2 :  $Q = 2,876$  ;  $p < 0,001$  ; SP1 *vs* PP1 :  $Q = 5,878$  ;  $p < 0,05$ ). La comparaison du nombre moyen de graines par fruits pollinisés et non pollinisés suivant les saisons sont présentés sur la **Figure 9** ci-dessous.



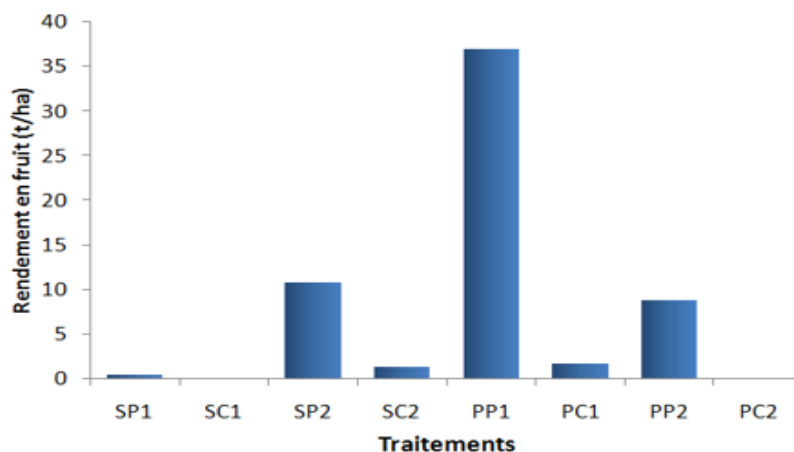
**Figure 9 :** Comparaison du nombre moyen de graines dans les fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

*Légende :* SP1 = Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1 = Saison Sèche Control 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC2 = Saison Sèche Control 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Control 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Control 2

Une différence hautement significative a été observée entre le nombre de graines par fruits des différents traitements (Kruskal-Wallis,  $H = 85,91$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,001$ ). Pendant la saison sèche, il n'y a pas eu de différence entre les nombres de graines des fruits pollinisés et non pollinisés (test de Dunn ; SP2 vs SC2,  $Q = 0,036$ ;  $p = 0,89$ ) tandis que pendant la saison pluvieuse, une différence significative a été détectée (test de Dunn ; PP1 vs PC1 :  $Q = 3,15$ ;  $p < 0,05$ ). Aussi, les fruits de saisons pluvieuses avaient plus de graines que ceux des saisons sèches (test de Dunn ; SP2 vs PP2 :  $Q = 7,349$ ;  $p < 0,05$ ; SP1 vs PP1 :  $Q = 2,49$ ;  $p < 0,001$ ).

### 3-4. Rendement en fruits

Les rendements en fruits de pastèque sous l'effet de la pollinisation et suivant les saisons sont présentés ci-après (Figure 10).



**Figure 10 :** Comparaison des rendements de la pastèque sous effet de la pollinisation et suivant les saisons

Les meilleurs rendements ont été obtenus au niveau des plantes pollinisées par les abeilles. De plus, les rendements ont été plus élevés pendant les saisons pluvieuses.

## 4. Discussion

### 4-1. Activité de butinage

La présente étude a permis d'identifier trois pollinisateurs de la pastèque au niveau du site expérimental dans la commune de Kétou. L'abeille mellifère *Apis mellifera* et *Hylaeus sp.* ont pollinisé les fleurs de pastèque aussi bien pendant les saisons sèches que la saisons pluvieuses. L'abeille *Anthophora sp.* quant à elle a pollinisé la pastèque seulement pendant une seule saison pluvieuse. Elle a également été moins abondante comparativement aux deux premières espèces et peut être considéré comme un pollinisateur occasionnel de cette culture [24]. Les pollinisateurs observés sont fortement actifs dans la matinée entre 6h30 et 10h. Cette période de fort butinage des fleurs par les pollinisateurs couvre la période de forte réceptivité des fleurs de pastèque (fleurs réceptives) et de disponibilité de pollen viables [25, 26] permettant de maximiser la pollinisation. Durant les saisons sèches et pluvieuses, les abeilles mellifères (*Apis mellifera*) ont été les plus abondantes sur les fleurs de la pastèque. Cette forte abondance de l'espèce est due à l'attraction de la pastèque et des cucurbitacées en général pour les abeilles de par leur pollen et leur nectar [27], mais aussi à la présence d'une ruche d'abeilles sur le site d'expérimentation. En effet, la plante développe des stratégies pour attirer les insectes pollinisateurs (syndromes de pollinisation) telles que la couleur jaune des pétales, la production de nectar riche en sucres (fructose, glucose, sucrose et polysaccharides) et l'émission de volatiles attirant les abeilles [28, 29]. Ce résultat pourrait être également dû à la fidélité de l'espèce aux sources de pollens et de nectars [30]. *Apis mellifera* est assez active sur les fleurs dans les trois premières heures de la journée. L'activité de l'espèce sur les fleurs dans la matinée est favorisée par les basses températures combinée avec les fortes humidités relatives. Ces résultats corroborent ceux de [31] qui ont remarqué que la température ambiante affecte l'activité de pollinisation des abeilles mellifères sur la pastèque. Toutefois, à ces températures basses dans la matinée (18-20°C), si les fleurs de pastèque ne s'épanouissent pas il n'y a pas de visites d'abeilles. L'abondance de butinage des fleurs femelles par les abeilles mellifères est suffisante pour assurer une bonne pollinisation, car huit visites de ces abeilles assurent une bonne pollinisation [10]. Plusieurs travaux ont également identifiée l'abeille mellifère, *A. mellifera* comme principal pollinisateur de la pastèque au Kenya [14], au Cameroun [35], aux Etats-Unis [32] et en Egypte [16]. L'activité de l'espèce est favorisée par de basses températures et de fortes humidités relatives comme l'avait démontré [33]. Les abeilles *Hylaeus spp.* ont également butiné les fleurs de pastèque en Israël et aux Etats-Unis [11, 13]. Outre les trois principaux pollinisateurs identifiés, quelques rares visites pollinisantes de *Xylocopa olivacea* et *Ceratina veridis* ont été observées. Les résultats suggèrent que les colonies d'abeilles mellifères, *Apis mellifera adansonii* peuvent être associées à la production de la pastèque comme c'est le cas d'autres sous espèces d'abeilles dans plusieurs pays industrialisés [34]. De plus, les producteurs devraient éviter de pulvériser les champs de pastèque dans la matinée pour la conservation des pollinisateurs.

### 4-2. Pollinisation, production et rendement

Les pollinisateurs identifiés ont contribué à améliorer les caractéristiques physiques des fruits de pastèque. Ils ont améliorés aussi bien le poids que la taille des fruits. Les améliorations ont été obtenues aussi bien pendant les saisons sèches que les saisons pluvieuses. Ces résultats adhèrent à ceux de [12, 16, 35] qui ont démontré que la pollinisation permet d'obtenir des fruits plus lourds et plus volumineux. En plus de l'amélioration des caractéristiques, les pollinisateurs ont assuré une meilleure fructification comme rapporté

par [12]. Ces améliorations sont dues au transport des grains de pollen des fleurs mâles vers les fleurs femelles qui se justifie par la formation d'un nombre important de graines au niveau des fruits pollinisés. Les pollinisateurs à la recherche de nectar pollinisent les fleurs femelles avec les grains de pollen provenant aussi bien du même pied (*geitonogamie*) que d'autres pieds (*xénogamie*). Puisque la pastèque est une plante auto-compatible [3], les pollens issus de la même plante aussi bien que d'autres contribuent à sa pollinisation. L'amélioration des caractéristiques et du taux de fructification a augmenté significativement le rendement de la pastèque. Cependant au cours de la première saison sèche, un faible rendement a été obtenu au niveau des plants pollinisés. Ce résultat s'explique par l'éclatement d'un grand nombre de fruits avant la maturité en raison des fortes variations de températures entre la journée et la nuit pendant la période d'harmattan. L'effet de la saison sur le rendement a été remarqué comme [37] qui mentionnaient que les conditions climatiques plus favorables à la production de la pastèque étaient réunies en saison des pluies comparée à la saison sèche. L'effet des conditions climatiques combinées à la qualité de la pollinisation (moins de graines) pourrait aussi être une des raisons de cette différence. Contrairement à [35] qui n'ont pas obtenu des fruits au niveau des fleurs protégées, nos travaux ont permis d'obtenir quelques fruits pendant certaines saisons (saison sèche 2 et saison pluvieuse 1). Etant donné que les fleurs mâles sont distinctes des fleurs femelles, il ne saurait se former des fruits sous l'enceinte anti-moustiquaire. Ces différences sont dues au fait que ces auteurs ont protégés individuellement les fleurs femelles avec des sacs. Les quelques fruits obtenus pendant certaines saisons (saison sèche 2 et saison pluvieuse 1) au cours de nos expérimentations sont donc le résultat de l'intervention d'agents pollinisateurs. La fourmi *Camponotus flavomarginatus* (**Figure 11**) a été observée sur quelques fleurs mâles et femelles sous l'enceinte anti-moustiquaire. De plus, le déplacement des tiges rampantes de la pastèque pour assurer l'entretien du site d'expérimentation pourrait avoir contribué au transfert de pollens vers quelques fleurs femelles. [12] qui ont utilisé des cages pour protéger les plants ont également obtenu des fruits sous l'effet de la visite de certains insectes.



**Figure 11** : Fourmi *Camponotus flavomarginatus* recouvert du pollen de pastèque

Les caractéristiques des fruits améliorés par les pollinisateurs notamment la taille (volume) constituent des paramètres d'appréciation de qualité de la pastèque [38]. Ce résultat implique que les pollinisateurs améliorent la valeur marchande la pastèque. Cet avantage combiné à l'augmentation du rendement améliore les revenus des producteurs.

## 5. Conclusion

La pollinisation de la pastèque est assurée par les abeilles dans la commune de Kétou. Elles améliorent le taux de fructification, les caractéristiques physiques des fruits et par conséquent le rendement de cette culture. Les améliorations dues à l'intervention des pollinisateurs augmentent la valeur marchande des fruits et amélioreront les revenus des producteurs. L'utilisation de colonies d'abeilles mellifères (*Apis mellifera adansonii*) pourrait être une alternative pour maximiser la production de la pastèque surtout dans les zones urbaines et périurbaines où les habitats naturels de ces pollinisateurs sont en constante dégradation. Par ailleurs, les producteurs de pastèque doivent adopter des périodes de pulvérisation des pesticides appropriées pour conserver les pollinisateurs.

## Références

- [1] - H. S. PARIS, Origin and emergence of the sweet dessert watermelon, *Citrullus lanatus*. *Ann. Bot.*, 116 (2015) 133 - 48, doi : 10.1093/aob/mcv077
- [2] - G. CHOMICKI, S. S. RENNER, Watermelon origin solved with molecular phylogenetics including Linnaean material: another example of museomics. *New Phytol.*, 205 (2015) 526 - 32
- [3] - H. A. M. VAN DER VOSSSEN, O. A. DENTON, I. M. EL TAHIR, *Citrullus lanatus*. In : Vegetables eds. G. J. H GRUBBEN, O. A. DENTON, Wageningen and Leiden : Plant Resources of Tropical Africa 2 (2004), Backhuys Publishers/CTA
- [4] - USDA (U.S. Department of Agriculture), national nutrient database for standard reference legacy release, basic report: 09326, Watermelon, raw. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09326> consulté le 04 septembre 2018
- [5] - S. A. WALTERS, Influence of plant density and cultivar on mini triploid watermelon yield and fruit quality. *Hort. Technology*, 19 (2009) 553 - 557
- [6] - FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>, (consulté le 15 septembre 2018)
- [7] - R. ASSOGBA, Déterminants du choix et du dimensionnement des spéculations en production maraîchère au Sud-Bénin, Mémoire de soutenance d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2008)
- [8] - F. KAKPOVI, Contraintes techniques et socio-culturelles liées à la production de la pastèque *Citrullus lanatus* (Thunb) au Bénin : cas de la Commune de Ouidah, Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme de la licence professionnelle en sciences et techniques agricoles, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, (2017) 39 p
- [9] - A. M. KLEIN, B. VAISSIERE, J. H. CANE, I. STEFFAN-DEWENTER, S. A. CUNNINGHAM, C. KREMEN, 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
- [10] - W. C. ADLERZ, Honey bee numbers and watermelon pollination. *Journal of Economic Entomology*, 59 (1966) 28 - 30
- [11] - C. KREMEN, N. M. WILLIAMS, R. W. THORP, Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99 (2002) 16812 - 16816
- [12] - J. W. CAMPBELL, J. DANIELS, J. D. ELLIS, Fruit set and single visit stigma pollen deposition by managed bumble bees and wild bees in *Citrullus lanatus* (Cucurbitales: Cucurbitaceae). *Journal of Economic Entomology*, 111 (2018) 989 - 992

- [13] - G. PISANTY, O. AFIK, E. WAJNBERG, Y. MANDELIK, Watermelon pollinators exhibit complementarity in both visitation rate and single-visit pollination efficiency. *Journal of Applied Ecology*, 53 (2016) 360 - 370
- [14] - G. N. NJORGE, B. GEMMILL, R. BUSSMANN, L. E. NEWTON, V. W. NGUMI, Pollination ecology of *Citrullus lanatus* at Yatta, Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 24 (2004) 73 - 77
- [15] - M. AZO'O, F. N. TCHUENGUEM, J. MESSI, Biological diversity of the entomofauna associated with *Citrullus lanatus* (Cucurbitaceae) flowers and assessment of its impact on yields. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (2017) 810 - 815
- [16] - E. A. TAHA, A. Y. BAYOUMI, The value of honey bees (*Apis mellifera*, L.) as pollinators of summer seed watermelon (*Citrullus lanatus colothynthoides* L.) in Egypt. *Acta Biologica Szegediensis*, 53 (2009) 33 - 37
- [17] - J. G. RODGER, K. BALKWILL, B. GEMMILL, African pollination studies: where are the gaps. *International Journal of Tropical Insect Science*, 24 (1) (2004) 5 - 28
- [18] - J. M. KASINA, Bee pollinators and economic importance of pollination in crop production: case of Kakamega, western Kenya, PhD dissertation, University of Bonn, Bonn, Germany, (2007) 150 p.
- [19] - G. BANI, Monographie de la Commune de Kétou, Afrique Conseil, (2006)
- [20] - INSAE, RGP4, Que retenir des effectifs de population en 2013. [www.insae-bj.org/recensement-population.html?...recensements/.../RGP4/.../Résultats](http://www.insae-bj.org/recensement-population.html?...recensements/.../RGP4/.../Résultats), (consulté le 18 septembre 2018)
- [21] - M. AOUAR-SADLI., K. LOUADI, 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
- [22] - R. LONG, L. MORANDIN, Low hybrid onion seed yields relate to honey bee visits and insecticide use. *California Agriculture*, 65 (2011) 155 - 159
- [23] - 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
- [24] - E. CAMARGO, L. C. RODRIGUES, 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
- [25] - M. S. STANGHELLINI, J. T. AMBROSE, J. R. SCHULTHEIS, Seed production in watermelon: a comparison between two commercially available pollinators. *HortScience*, 33 (1998) 28 - 30
- [26] - S. W. KWON, M. J. JASKANI, B. R. KO, J. L. CHO, Collection, germination and storage of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) pollen for pollination under temperate conditions. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4 (2005) 44 - 49
- [27] - United States Department of Agriculture (USDA), Attractiveness of agricultural crops to pollinating bees for the collection of nectar and/or pollen. (2015) ([https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/OPMP/Attractiveness%20of%20Agriculture%20Crops%20to%20Pollinating%20Bees%20ReportFINAL\\_Web%20Version\\_Jan%202018.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/OPMP/Attractiveness%20of%20Agriculture%20Crops%20to%20Pollinating%20Bees%20ReportFINAL_Web%20Version_Jan%202018.pdf))
- [28] - K. S. DELAPLANE, D. F. MAYER, Crop pollination by bees. New York, Oxon (CABI Publishing), (2000) 352, zahlr. s/w Fotos. ISBN 0-85199-448-2
- [29] - S. F. PERNAL, R. W. CURRIE, Discrimination and preferences for pollen-based cues by foraging honeybees, *Apis mellifera* L. *Anim. Behav.*, 63 (2002) 369 - 390
- [30] - A. J. WATKINS, Pollen fidelity of *Apis mellifera* L. during pollination of *Limnanthes alba* Hartw. ex Benth. ssp. *alba*, Limnanthaceae, Honors Baccalaureate of Science in BioHealth Sciences thesis. Oregon State University, (2017) 35 p.
- [31] - J. T. AMBROSE, J. R. SHULTHEIS, S. B. BAMBARA, W. MANGUM, An evaluation of selected commercial bee attractants in the pollination of cucumber and watermelon. *Amer. Bee J.*, 135 (1995) 267 - 271
- [32] - C. S. HENNE, E. RODRIGUEZ, J. J. ADAMCZYK Jr, A survey of bee species found pollinating watermelons in the lower Rio Grande valley of Texas. *Psyche*, 2012 (2012) 1 - 5

- [33] - L. MAYNARD, Cucurbit crop growth and development. Department of Horticulture and Landscape Architecture, Purdue University. *Indiana Certified Crop Adviser Conference Proceedings*, 83 (2007) 495 - 505
- [34] - H. C. TONI, B. A. DJOSSA, H. YEDOMONHAN, E. T. ZANNOU, G. A. MENSAH, Western honey bee *Apis mellifera* management for crop pollination. *African Crop Science Journal*, 26 (2018) 1 - 17
- [35] - E. M. AZO'O, J. MESSI, F. F. N. TCHUENGUEM, J. L. TAMESSE, S. KEKEUNOU, J. B. PANDO, Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* and its impact on pollination, fruit and seed yields of *Citrullus lanatus* at Nkolbisson, Yaoundé, Cameroon. *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 6 (2010) 41 - 48
- [36] - M. H. DOGTEROM, M. L. WINSTON, A. MUKAI, Effect of pollen load size and source (self, outcross) on seed and fruit production in highbush blueberry cv. 'Bluecrop' (*Vaccinium corymbosum*; Ericaceae). *American Journal of Botany*, 87 (2000) 1584 - 1591
- [37] - E. MREMA, A. P. MAERERE, Growth and yield performance of watermelon during dry and wet seasons under tropical conditions, *International Journal of Vegetable Science*. (2018), DOI: 10.1080/19315260.2018.1439554
- [38] - I. B. ADEOYE, O. L. BALOGUN, Consumer preference for watermelon varieties in urban environment of Ibadan metropolis, Oyo state, Nigeria. *Food*, 6 (2012) 93 - 96