

LES SERVICES DE POLLINISATION DES ABEILLES SAUVAGES, LA QUALITÉ ET LE RENDEMENT EN FRUITS DE LA TOMATE (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) DANS LA COMMUNE DE KÉTOU AU SUD BÉNIN

Hermann Cyr TONI^{1*}, Bruno Agossou DJOSSA^{1,2},
Oscar S. TEKA¹ et Hounnankpon YÉDOMONHAN³

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

²Ecole de Foresterie et Ingénierie du Bois, Université Nationale
d'Agriculture, Bénin

³Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

* Correspondance, e-mail : tonihermann9@gmail.com

RÉSUMÉ

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est un légume très largement utilisé dans l'alimentation des ménages dans le monde en général et au Bénin en particulier. La production des fruits de tomate dépend essentiellement des abeilles qui pollinisent ses fleurs. Les abeilles impliquées dans la pollinisation de cette culture au Bénin restent encore peu connues. La présente étude a été conduite dans le but de les recenser dans la commune de Kétou et d'évaluer leur contribution au rendement et à la qualité des fruits de la tomate. Dans ce cadre, les expérimentations ont été conduites pendant deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. Au cours de chaque expérimentation, 136 pieds de tomate ont été cultivés dont la moitié sous une enceinte faite de toile antimoustique pour empêcher l'accès des insectes pollinisateurs (traitement 1), et l'autre moitié à l'air libre (traitement 2). 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. Les suivis ont été faits deux jours consécutifs suivis d'un jour de pause. Le taux de fructification, les caractéristiques des fruits (poids, volume, diamètre médian et nombre de graines) et les rendements ont été rapportés au niveau de chaque traitement puis comparés. Les résultats ont montré que les abeilles sauvages *Xylocopa olivacea*, *Amegilla sp.*, *Halictus sp.* et *Hylaeus sp.* pollinisent la tomate. Les visites de ces abeilles ont amélioré le taux de fructification de 6 à 29 %. La pollinisation a également amélioré le poids de

26,36 ± 0,95 à 28,53 ± 0,47 g et le diamètre médian de 3,55 ± 0,04 à 3,66 ± 0,02 cm. Quant au nombre de graines par fruit, il a connu une augmentation de 39 ± 2,1 à 61 ± 1,04 graines. L'amélioration du taux de fructification et des caractéristiques a augmenté les rendements du simple au quintuple. Ces résultats montent l'importance des abeilles sauvages dans la production de tomate au Bénin. Ceci suggère que des pratiques agricoles non préjudiciables aux insectes soient adoptées pour assurer leur conservation dans les agro-écosystèmes.

Mots-clés : *abeilles sauvages, pollinisation, tomate, fructification, rendement.*

ABSTRACT

Wild bees' pollination services and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit quality and yield of in the district of Kétou in southern Benin

Tomato (*Lycopersicon esculentum*) is a vegetable widely used in human nutrition around the world and especially in Benin. The production of tomato fruits depends mainly on bees which pollinate its flowers. Bees involved in the pollination of this crop in Benin are still little studied. This aimed at identifying the bees pollinating this crop in the district of Kétou and assessing their contribution to the yield and quality of tomato fruits. For this purpose, 136 plants of tomato 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 tomato 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 fruiting rate, fruit characteristics (weight, volume, median diameter and seed number) and yields were reported for each treatment and compared. Results showed that wild bees *Xylocopa olivacea*, *Amegilla* sp., *Halictus* sp. and *Hylaeus* sp. pollinate tomato flowers. The visits of these bees improved the fruiting rate from 6 to 29 %. Pollination also improved the weight from 26.36 ± 0.95 to 28.53 ± 0.47 g and the median diameter from 3.55 ± 0.04 to 3.66 ± 0.02 cm. The number of seeds per fruit was increased from 39 ± 2.1 to 61 ± 1.04. The improvement of the fruiting rate and fruit characteristics increased the yields from single to fivefold. These results demonstrated the importance of wild bees in tomato production in Benin, suggesting that harmless agricultural practices should be adopted to ensure their conservation in agro-ecosystems.

Keywords : *wild bees, pollination, tomato, fruiting, yield.*

I - INTRODUCTION

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est une plante annuelle de la famille des Solanaceae. Originaires du Sud-Ouest de l'Amérique [1], elle est aujourd'hui cultivée dans le monde entier pour ses fruits qui jouent un rôle important dans l'alimentation humaine. L'importance nutritionnelle du fruit de tomate tient à sa richesse en éléments nutritifs tels que les acides aminés essentiels, la vitamine C, le lycopène et le β -carotène. La tomate est une plante à fleurs hermaphrodites et auto-fertiles. Ces fleurs ont besoin d'être secouées ou vibrées afin que le pollen soit libéré des anthères [2]. Chez les tomates cultivées en plein champs, les fleurs sont naturellement secouées par le vent et certaines abeilles de la famille des Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae et Megachilidae [3, 4]. Différentes abeilles ont été identifiées comme pollinisateurs de la tomate suivant les différentes régions du monde. Ainsi des abeilles telles que *Amegilla chlorocyanea* et *A. holmesi* en Australie [5, 6], *Bombus ephippiatus* au Mexique [7], *Bombus pascuorum*, *B. terrestris*, *B. lapidarius* en Europe Centrale [3], *Centris tarsata* et *Bombus morio* au Brésil [4, 8] pollinisent la tomate plantée en plein champ. Au Bénin, l'inventaire de l'entomofaune des champs de tomate a rapporté la présence des abeilles *Xylocopa sp.* et *Apis mellifera* [9]. Au Kenya, *Xylocopa calens* et *Halictus spp.* pollinisent également la tomate [10]. Quant à la tomate cultivée sous abris (serre, tunnels, etc.), elle est pollinisée par l'utilisation des vibreurs [11].

Mais en raison des coûts élevés et de la destruction des fleurs qu'engendre cette technique, la plupart des producteurs de tomate sous abris font recours aux colonies d'abeilles du genre *Bombus* (*Bombus impatiens*, *B. occidentalis*, *B. terrestris*). Ces bourdons sont élevés et commercialisés pour assurer la pollinisation de la tomate sous abris en Europe, en Asie et en Amérique [12]. Elles assurent la libération du pollen par vibration de leur thorax, suite à la contraction des muscles pectoraux. Cette forme de pollinisation est appelée "buzz pollination" ou "sonication" [13]. En absence des bourdons d'élevage (*Bombus spp.*), des colonies d'abeilles mellifères (*Apis mellifera*) sont parfois utilisées pour assurer la pollinisation, même si elles ne constituent pas un pollinisateur assez efficace de la tomate [11]. La pollinisation de la tomate par les insectes améliore les caractéristiques des fruits et le rendement [2, 4]. Étant donné les différences de composition entre les communautés de pollinisateurs des diverses régions et des différences de comportement de butinage des pollinisateurs, il est nécessaire d'identifier les pollinisateurs dans différentes régions [14] et en particulier en Afrique, où peu de travaux sont disponibles sur la pollinisation des cultures, celle de la tomate en particulier [10, 15]. Au Bénin, la production de tomate a augmenté ces dernières années passant de 127.397 tonnes en 2007 à 335.412 tonnes en 2016 [16]. Majoritairement

cultivée en plein champ et rarement sous abris, la production de tomate constitue une source de revenus substantiels pour les producteurs béninois. Cette production de tomate au Bénin étant faite surtout par des petits producteurs aux pouvoirs d'achat limités, il nous paraît irréaliste de vouloir promouvoir l'utilisation des colonies de pollinisateurs connus et utilisés avec succès sous d'autres cieux pour améliorer les rendements de la tomate. Ainsi, les abeilles sauvages ayant largement été rapportées contribuant efficacement à l'amélioration des productions de tomate [4, 17], il nous paraît utile d'évaluer leurs impacts sur cette culture au Bénin afin de proposer comment profiter au mieux de ces services dans les exploitations des petits producteurs. Cette étude a été donc conduite dans la commune de Kétou, au Sud Bénin, afin de: (i) recenser les abeilles pollinisatrices de la tomate suivant les saisons de l'année ; (ii) évaluer l'effet de ces abeilles pollinisatrices sur les caractéristiques des fruits de tomate et (iii) déterminer l'effet de ces abeilles sur les rendements de tomate.

II - MÉTHODOLOGIE

II-1. Milieu d'étude



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

L'étude a été conduite sur une ferme agricole 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 équatorial caractérisé par deux saisons de pluies d'inégales durées (mars à juillet et août 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 [18]. La population de la commune a été évaluée à 157.352 habitants en 2013 [19]. L'agriculture constitue la principale activité des populations de la commune. On y produit des spéculations telles que le manioc, le maïs, le niébé, la tomate, le gombo et l'igname.

II-2. Dispositif expérimental

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) de variété Mongal a été utilisée pour l'étude. La tomate a été mise en pépinière sur une planche fumée avec des matières organiques faites de déjections animales (bouse de vache décomposée) à la dose de 2 kg/m² et l'application du fongicide Topsin-M à la dose de 5 g/m². Les plants ont été repiqués après 28 jours en pépinière. Le repiquage a été fait à des écartements de 80 cm entre lignes et 50 cm entre pieds après traitement du sol au Topsin-M et apport du NPK (14-23-14) à la dose de 400 kg par hectare. A la floraison, puis à la fructification, il y a eu un apport de l'urée et du sulfate de potassium à la dose de 50 kg à l'hectare. Les plants ont été supportés par des tuteurs en fil pour maintenir les tiges debout et éviter la pourriture des fruits en contact avec le sol. Pendant les saisons sèches, les plantes ont été arrosées les matins et les soirs par apport de 0,4 Litre d'eau. Pendant les saisons pluvieuses, les plantes ont été arrosées après trois jours sans pluie. Les plants ont été traités avec du Lamda Super 2,5EC (Lambda-cyhalothrin) et du Pacha 25EC (Lambda-cyhalothrin+Acetamipride) pour éviter les attaques des pestes. Les adventices ont été arrachées toutes les deux semaines. Deux traitements expérimentaux ont été appliqués : (i) Traitement 1 (Control): 68 pieds de tomate 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 quatre lignes de 17 pieds chacune ; (ii) Traitement 2 (Pollinisé): 68 pieds de tomate (17 pieds x 4 lignes) ont été cultivés en plein champs et leurs fleurs ont été accessibles aux pollinisateurs. L'expérimentation a été conduite pendant deux saisons sèches (octobre 2016 à février 2017 puis décembre 2017 à avril 2018) et deux saisons pluvieuses (avril à août 2017 puis mai à septembre 2018). Ainsi, suivant les

répétitions, les huit variables suivantes ont été obtenues : Saison Sèche Pollinisé 1 (SP1) ; Saison Sèche Control 1 (SC1) ; Saison Sèche Pollinisé 2 (SP2) ; Saison Sèche Control 2 (SC2) ; Saison Pluvieuse Pollinisé 1 (PP1) ; Saison Pluvieuse Control 1 (PC1) ; Saison Pluvieuse Pollinisé 2 (PP2) ; Saison Pluvieuse Control 2 (PC2).

II-3. Recensement des abeilles pollinisatrices de la tomate

Pour recenser les insectes intervenant dans la pollinisation de la tomate, 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 suivi pendant 5 min [20, 2], suivi de 10 min de pause avant de passer au quadrat suivant, et ainsi de suite, totalisant au moins 15 mn 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 de la tomate pendant 35 jours (91 heures) au cours de la première saison sèche et 31 jours (81 heures) au cours de la première saison pluvieuse. Pendant la deuxième répétition, les pollinisateurs ont été recensés pendant 23 jours (60 heures) en saison sèche et 29 jours (75 heures) en saison pluvieuse. Ces différences de durées d'observations s'expliquent par la disponibilité des fleurs et la durée de floraison de la tomate 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 entrés en contact avec le stigmate ou ont vibré les muscles pectoraux lors des visites ont été considérés comme des pollinisateurs [21, 22]. Les espèces non identifiées sur le terrain ont été collectées et conservées dans de l'alcool à 70 %, puis envoyées au laboratoire pour identification. Les données collectées lors du suivi des fleurs ont été analysées dans le tableur Excel pour ressortir l'abondance moyenne des visites de chaque pollinisateur aux différentes heures de la journée.

II-4. Evaluation de l'effet des abeilles sauvages sur le succès de fructification, les caractéristiques des fruits et les rendements

Au cours de la période de floraison, 180 fleurs ont été choisies de manière aléatoire, marquées 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 marquées. Les taux de fructification ont été comparés entre les fleurs qui ont reçu la visite des insectes pollinisateurs et ceux des fleurs cultivés dans l'enceinte anti-moustiques au cours des différentes saisons. Cette comparaison a été faite avec un test de khi-carré [22].

Les fruits ont été récoltés dès qu'ils ont mûri (35 à 45 jours après l'apparition des fleurs) et les paramètres de taille ont été mesurés. Le poids a été mesuré avec une balance (Soehnle, précision de 1 g). Le diamètre médian des fruits a été mesuré suivant deux directions orthogonales avec un pied à coulisse (Maurer ; précision 1mm) et la moyenne a été calculée. La hauteur des fruits a été mesurée avec le même pied à coulisse. Quant au volume, il a été mesuré par la méthode de déplacement d'eau avec une éprouvette graduée (neoLab, précision 1 mL). Les fruits ont été sectionnés et les graines ont été comptées par fruit. Les mesures ont été prises sur tous les fruits de tomate récoltés. Les différents paramètres ont été comparés avec une ANOVA à trois facteurs (saison, type de pollinisation et répétition). Des post hoc tests de Holm-Sidak ont été réalisés pour situer les différences. A partir des rendements obtenus sur les surfaces expérimentales, les rendements à l'hectare ont été calculés par extrapolation. Afin de vérifier si l'enceinte faite de toile anti-moustique n'a pas affecté le développement des plants, la hauteur totale des plants a été mesurée à 90 jours après le repiquage, avec un ruban gradué de précision 1mm au niveau de chaque traitement. De même, la température et l'humidité relative ont été relevées dans l'enceinte et en dehors avec un thermo-hygromètre (TFA, modèle KLIMALOGGPRO, précision 1 % pour l'humidité relative et 0,1°C pour la température) à des intervalles de deux heures entre 8 heures et 18 heures, ceci une fois par semaine. La hauteur des plants, la température et l'humidité relative ont été également comparés entre les traitements avec une ANOVA à trois facteurs. Les analyses ont été faites avec le logiciel SigmaStat 3.5 à un seuil de signification de 5 %.

III - RÉSULTATS

III-1. Activité journalière de butinage des abeilles pollinisatrices de tomate

Le rythme d'activité des insectes pollinisateurs sur les fleurs de la tomate suivant les saisons est présenté sur les *Figures 2a* et *2b* ci-dessous.

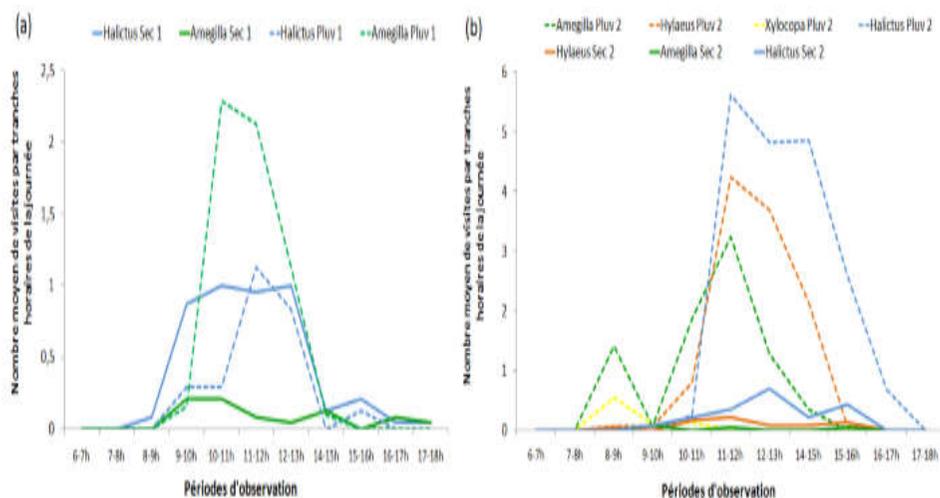


Figure 2 : Évolution du patron d'activité des pollinisateurs par tranches horaires suivant les saisons sèches et pluvieuses au cours de la première répétition (a) et la deuxième répétition (b)

Les quatre abeilles sauvages (hyménoptères) qui suivent : *Amegilla sp.* (Apidae), *Halictus sp.* (Halictidae) et *Hylaeus sp.* (Colletidae) ont butiné les fleurs aussi bien pendant les saisons sèches que les saisons pluvieuses et *Xylocopa olivacea* (Megachilidae) a butiné les fleurs en saison pluvieuse seulement. Les espèces *Hylaeus sp.* et *Xylocopa olivacea* ont été observées uniquement pendant la deuxième répétition. La presque totalité des insectes étaient actifs durant les heures chaudes de la journée, mais seule *Halictus sp.* était demeurée active jusque tard dans la soirée (vers 18 h). Les pollinisateurs ont été plus actifs pendant les saisons pluvieuses que pendant les saisons sèches.

III-2. Succès de fructification

Les taux de fructification des fleurs de tomate pollinisées ou non suivant les saisons sèches et pluvieuses sont présentés comme ci-après (**Figure 3**)

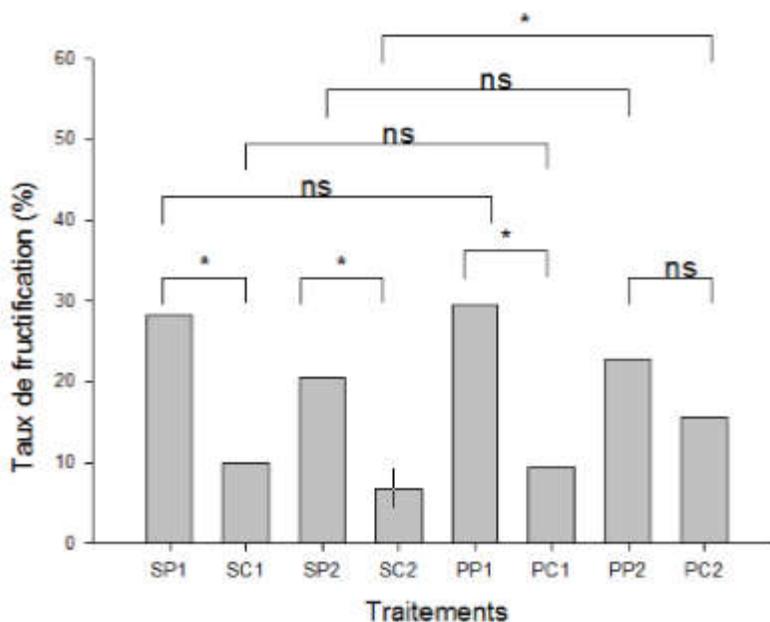


Figure 3 : Succès de fructification comparé de la tomate entre plants pollinisés et non pollinisés par les abeilles et entre les saisons sèches et pluvieuses

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 ; ns = non significatif.

Une différence significative a été détectée entre le succès de fructification des différents traitements ($\chi^2 = 79,515$; dd 1 = 7 ; $p < 0,001$). De meilleurs taux de fructification ont été obtenus au niveau des plantes pollinisées (SP1 vs. SC1 : $z = 2,637$; $p = 0,008$; SP2 vs. SC2 : $z = 3,689$; $p < 0,001$; PP1 vs. PC1 : $z = 4,661$; $p < 0,001$) excepté la deuxième saison pluvieuse (PP2 vs. PC2 : $z = 1,607$; $p = 0,108$). Il n'y a pas eu non plus de différences entre les saisons (SP1 vs. PP1 : $z = 0,116$; $p = 0,91$; SP2 vs. PP2 : $z = 0,953$; $p = 0,70$; SC1 vs. PC1 : $z = 1,139e-15$; $p = 1$) excepté entre SP2 et PP2 ($z = 2,516$; $p = 0,012$).

III-3. Effet des abeilles pollinisatrices sur les caractéristiques des fruits de tomate

Les poids et volume des fruits de tomate issus de pieds pollinisés ou non suivant les saisons sont présentés sur les **Figures 4** et **5** suivantes :

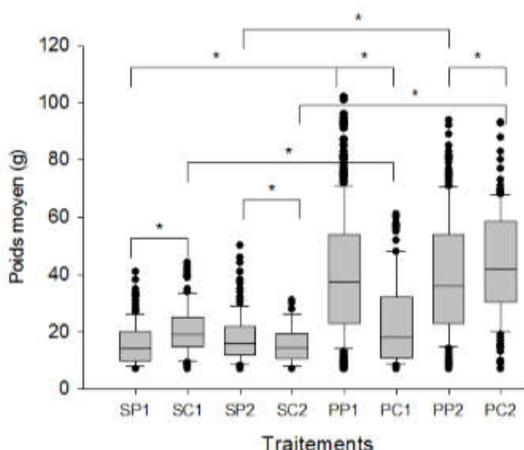


Figure 4 : Comparaison du poids des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

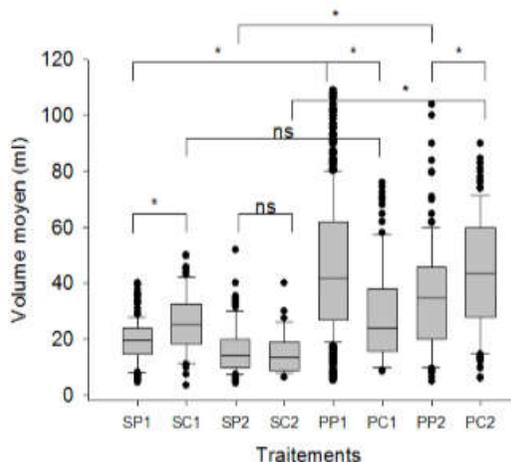


Figure 5 : Comparaison du volume des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

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 ; ns = non significatif

Les fruits pollinisés ont été globalement plus lourds que ceux non pollinisés ($F = 4,136$; $p = 0,042$), excepté pendant la première saison sèche (test de Holm-Sidak ; $t = 5,256$; $p < 0,001$) et la deuxième saison pluvieuse (test de Holm-Sidak ; $t = 2,94$; $p = 0,003$) où les fruits non pollinisés ont été plus lourds. Les fruits de saisons pluvieuses ont également été significativement plus lourds que ceux de saisons sèches ($F = 350,762$; $p < 0,001$). Les fruits de la deuxième répétition ont pesé plus que ceux de la première ($F = 13,56$; $p < 0,001$). Quant au volume, l'effet de la pollinisation sur le volume n'a pas été globalement significatif ($F = 0,049$; $p = 0,823$) même si des améliorations ont été observées pendant la première saison pluvieuse (test de Holm-Sidak ; $t = 2,68$; $p = 0,007$). Les fruits de saisons pluvieuses ont été plus volumineux ($F = 260,247$; $p < 0,001$). L'interaction de la saison et du mode de pollinisation a également augmenté le volume des fruits, notamment en saison pluvieuse ($F = 10,336$; $p = 0,001$). Il y a eu de différences entre les répétitions ($F = 3,89$; $p = 0,049$) ; les fruits de la première répétition ayant été plus volumineux. Les comparaisons des diamètres médians et des nombres moyens de graines des fruits pollinisés et non pollinisés suivant les saisons, sont présentés respectivement sur les **Figures 6** et **7** ci-dessous.

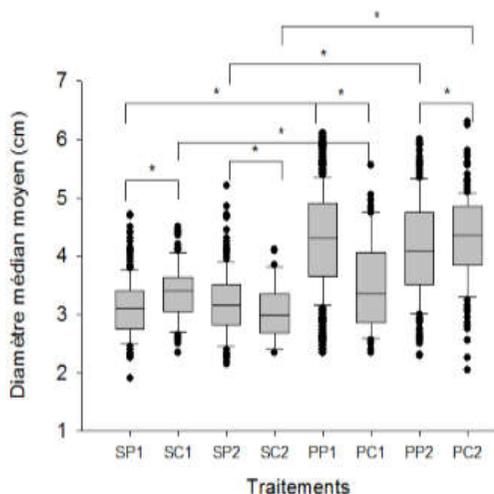


Figure 6 : Comparaison du diamètre médian des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

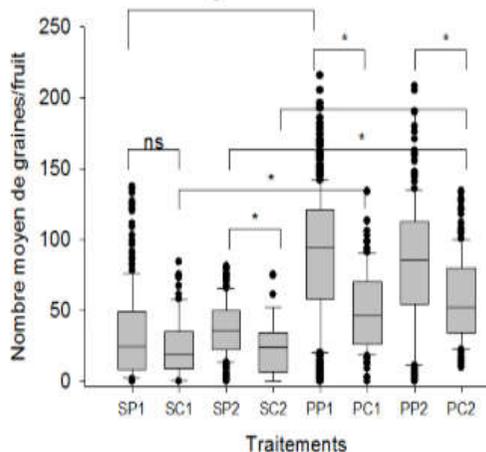


Figure 7 : Comparaison du nombre de graines des fruits des fleurs pollinisées ou non et entre saisons sèches et pluvieuses

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 ; ns = non significatif

La pollinisation par les abeilles a contribué globalement à l'amélioration du diamètre moyen des fruits ($F = 8,839$, $p = 0,003$), exception faite de première saison sèche (test de Holm-Sidak ; $t = 2,562$; $p = 0,01$) et la deuxième saison pluvieuse (test de Holm-Sidak ; $t = 2,69$; $p = 0,007$) où les fruits non pollinisés ont été plus larges. Les fruits des saisons pluvieuses ont également été plus larges que ceux des saisons sèches ($F = 389,90$; $p < 0,001$). Aucune différence significative n'a été observée entre les répétitions ($F = 4,017$; $p = 0,05$). En ce qui concerne le nombre moyen de graines par fruit, la pollinisation par les abeilles a globalement contribué à une augmentation significative ($F = 82,755$; $p < 0,001$). De même, les fruits des saisons pluvieuses avaient plus de graines que ceux des saisons sèches ($F = 286,72$; $p < 0,001$). Il n'y a pas eu de différences entre les répétitions ($F = 0,404$; $p = 0,52$).

III-4. Corrélation entre le nombre de graines et le diamètre médian des fruits

La corrélation entre le nombre de graines et le diamètre médian des fruits de tomate est présentée sur la **Figure 8** ci-dessous.

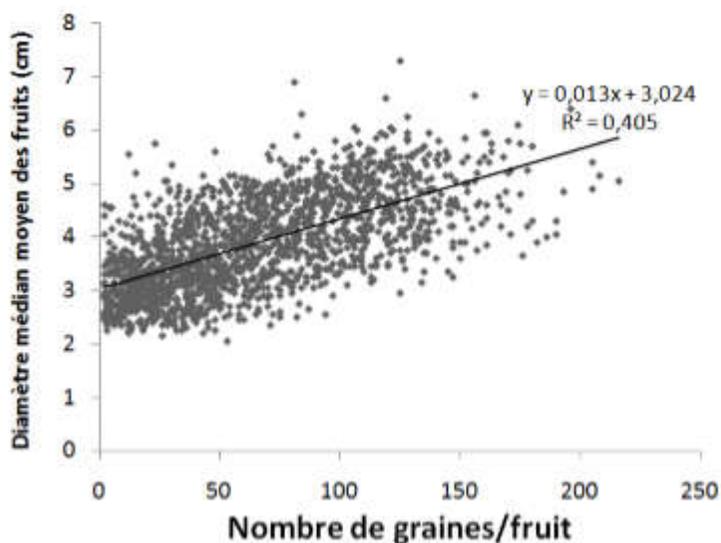


Figure 8 : *Corrélation entre le nombre de graines et le diamètre médian des fruits*

III-5. Effet des pollinisateurs sur le rendement

Les rendements en fruits de tomate sous l'effet de la pollinisation ou non et suivant les saisons sont présentés ci-dessous (**Figure 9**).

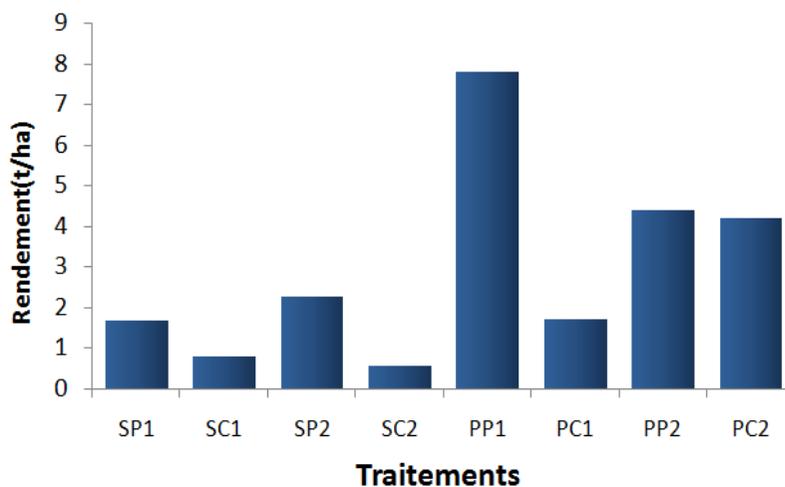


Figure 9 : *Comparaison des rendements de la tomate sous l'effet de la pollinisation ou non et suivant les saisons*

Les meilleurs rendements ont été obtenus au niveau des plantes accessibles aux pollinisateurs. Des améliorations de rendements du simple au quintuple (PP1 vs. PC1) ont été observées. Cependant, la même tendance n'a pas été obtenue au cours de la deuxième saison pluvieuse (PP2 vs PC2).

III-6. Hauteur des plants expérimentaux

Les hauteurs moyennes des plants de tomate sous l'enceinte anti-moustiques et en dehors au cours des saisons pluvieuses et sèches sont présentées sur la *Figure 10* suivante.

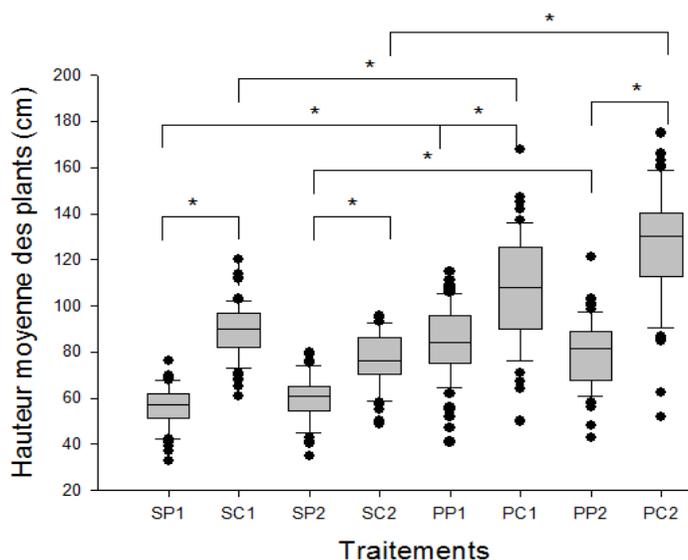


Figure 10 : Hauteurs des plants de tomate dans et hors enceinte pendant les saisons sèches et pluvieuses

Légende : SP1= Saison Sèche Pollinisé 1 ; SC1= Saison Sèche Control 1 ; SP2 = Saison Sèche Pollinisé 2 ; SC 2= Saison Sèche Control 2 ; PP1 = Saison Pluvieuse Pollinisé 1 ; PC1 = Saison Pluvieuse Control 1 ; PP2 = Saison Pluvieuse Pollinisé 2 ; PC2 = Saison Pluvieuse Control 2, ns = non significatif

Une différence significative a été détectée entre la hauteur des plants cultivés sous enceinte et ceux cultivés en dehors ($F = 441,89$; $p < 0,001$) ; les plants sous enceinte ont été plus hauts. De même, les plants de saisons pluvieuses ont été plus hauts que ceux de saisons sèches ($F = 415,57$; $p < 0,001$).

IV - DISCUSSION

IV-1. Activités de pollinisation des abeilles sauvages

La présente étude a permis de recenser quatre abeilles sauvages pollinisatrices de la tomate dans la commune de Kétou. Il s'agit de *Amegilla sp.*, *Halictus sp.*, *Hylaeus sp.* et de *Xylocopa olivacea*. Des abeilles du genre *Amegilla* notamment *A. holmesii*; *A. zonata* et *A. chlorocyanea* ont été également identifiées comme pollinisateurs de la tomate en Australie [6, 5] et en Inde [23]. Ces abeilles vibrent les fleurs et sont reconnues comme efficaces dans la pollinisation de la tomate. L'espèce *Halictus sp.* vibre également les fleurs de tomate lors du butinage et a contribué à la pollinisation de la tomate comme rapporté au Kenya [10]. Le xylocope (*Xylocopa olivacea*) contribue à la pollinisation de la tomate en secouant les fleurs avec ses membres postérieures surtout sous l'effet de son important poids. Des xylocoques ont été également observés dans les champs de tomate dans la commune de Djakotomey au Bénin [9] et ont été impliqués dans la pollinisation de la tomate au Kenya [10]. Quant à *Hylaeus sp.*, elle ne vibre pas les fleurs, mais pourrait contribuer à la pollinisation croisée en assurant le transfert de pollens recouvrant sa tête à d'autres fleurs. Ces abeilles sont assez actives sur les fleurs entre la fin de matinée et le début de l'après-midi.

A l'exception de *Xylocopa olivacea* qui butine les fleurs matinalement, la période d'intense activité des autres pollinisateurs couvrent assez bien la période de forte réceptivité des stigmates qui se situe entre 10 et 16 heures [24, 25]; ce qui permet de maximiser le succès de la pollinisation. Le xylocope (*X. olivacea*) qui constitue un important pollinisateur des légumineuses [26] a également été le moins abondant sur les fleurs de la tomate au cours de nos essais. L'observation de l'espèce et de *Hylaeus sp.* uniquement pendant la deuxième répétition serait due à une recherche de ressources en raison de l'absence de légumineuses notamment *Cajanus cajan* et de certaines espèces comme le goussi (*Cucumeropsis mannii*) et *Cleome viscosa* qui ont été butinées par ces espèces lors de la première répétition- [pers. com. ; 27]. Au cours des premiers essais, environ 2 hectares de *Cajanus cajan* et 0,25 ha de *Cucumeropsis mannii* ont été cultivés à proximité du site d'essai, alors que pendant la deuxième répétition, la grande partie de cet espace (~2 ha) n'a pas été exploitée et a été envahie par *Imperata cylindrica*. Le reste de l'espace a été planté de manioc. L'abondance des pollinisateurs pendant les saisons pluvieuses comparativement aux saisons sèches pourrait être également due aux variations saisonnières du paysage entourant le site d'expérimentation [28]. La saison pluvieuse est caractérisée par une meilleure disponibilité de plantes à fleurs et donc de ressources florales (nectar et pollen). En effet,

pendant les saisons sèches, la végétation du site d'expérimentation a été dominée par des graminées telles que *Cyperus spp.*, et *Imperata cylindrica* qui sont des plantes peu attirantes pour les abeilles [39]. La rareté des ressources florales est exacerbée par les troupeaux de bœufs transhumants [30] de même que les feux de végétation pratiqués par les agriculteurs pour mettre au propre leurs champs ainsi que par les chasseurs de petits gibiers. Il n'est pas non plus à exclure une saisonnalité de l'activité des insectes pollinisateurs [31].

IV-2. Pollinisation, production et rendement de la tomate

Les abeilles identifiées ont contribué à l'augmentation des rendements des fruits de la tomate. Cet effet des pollinisateurs sur le rendement est dû à une amélioration du taux de fructification et des caractéristiques des fruits de la tomate. En effet, la pollinisation par les abeilles a amélioré sensiblement le succès de fructification au cours des essais. Ces résultats corroborent ceux des travaux précédents sur la tomate [32]. Des résultats similaires ont été aussi obtenus par d'autres auteurs sur la tomate [6, 11]. Cependant, l'amélioration obtenue durant la deuxième saison pluvieuse, (16 % vs. 22 %) n'a pas été significative en raison des fortes pluies qui auraient contribué à la chute des fleurs y compris celles marquées [33 - 35]. Cette situation n'est pas liée à un déficit de pollinisation parce que les pollinisateurs ont été tout aussi abondants et plus diversifiés que durant les autres saisons ; en témoigne le nombre de graines significativement élevé des fruits. La tomate est une plante autogame qui fructifie sans l'intervention des pollinisateurs. Cependant, le butinage des fleurs a contribué à améliorer les caractéristiques des fruits que sont le poids, le diamètre médian et le nombre de graines. Ces résultats confirment ceux de [4, 35] qui ont aussi démontré que les pollinisateurs améliorent les caractéristiques des fruits de tomate. Les abeilles sauvages ont assuré la libération des grains de pollens par la vibration des fleurs (autopollinisation) et par apport d'allopollens d'autres plantes (pollinisation croisée). Cette intervention des pollinisateurs se traduit par l'amélioration significative du nombre moyen de graines par fruit, entre les fruits pollinisés et ceux non pollinisés. Une forte corrélation positive a été également détectée entre la pollinisation (nombre de graines) et le diamètre médian des fruits. Ce résultat justifie que la pollinisation contribue à l'amélioration des caractéristiques des fleurs. Des corrélations positives ont été aussi rapportées entre le poids et le nombre de graines [8]. Bien que les pollinisateurs aient globalement amélioré le poids, le diamètre médian et le nombre de graines, il a été observé que ces paramètres ont été plus importants chez les fruits non pollinisés au cours de la première saison sèche et la deuxième saison pluvieuse. Le résultat de la première saison sèche serait dû à la forte présence de *Cyperus rotundus* sur l'espace occupé par la tomate cultivée hors de l'enceinte. Il a été démontré que

cet herbacé invasif réduit le rendement de la tomate de 44 % [36]. En effet, l'espèce développe un système racinaire assez densifié qui favorise la repousse quelques jours après l'entretien et compéte pour les ressources minérales du sol disponibles. Pour limiter cette compétition, elles ont été arrachées manuellement tous les dix à quatorze jours. Les résultats de la deuxième saison pluvieuse pourraient aussi être attribués aux fortes pluies qui auraient lessivé les engrais appliqués, à la fructification notamment [37]. L'effet érosif des fortes pluies a été surtout observé hors de l'enceinte où des buttages ont été réalisés à trois reprises. L'effet global de la pollinisation sur le volume des fruits de tomate n'a pas été significatif, tel que rapporté par [22]. L'effet de la saison sur les caractéristiques des fruits a été également ressorti lors de cette étude, la saison pluvieuse étant plus favorable à la production de la tomate [38]. Les fruits de la saison pluvieuse ont de même porté plus de graines, comparativement à ceux de la saison sèche. Cette situation pourrait s'expliquer par la faible abondance des pollinisateurs durant les saisons sèches, et aussi une limitation de ressources telles que l'eau [39]. Mieux, les températures plus élevées pendant les saisons sèches pourraient altérer la viabilité des pollens de tomate [40]. L'amélioration du taux de fructification et des caractéristiques des fruits a abouti à une amélioration des rendements en fruits. Les améliorations du simple au quintuple ont été observées au cours des différents essais. Cependant, au cours de la deuxième saison pluvieuse, la faible amélioration (0,18 tonnes) a été obtenue en raison de la chute des fleurs suites aux fortes pluies et avec pour conséquence le lessivage des engrais, tel que mentionné plus haut. Les pollinisateurs ont amélioré les caractéristiques des fruits et les rendements. Toutefois, ces résultats pourraient avoir été affectés par la culture de certaines plantes sous l'enceinte faite de toile anti-moustiques. Les plantes cultivées sous enceinte ont été plus hautes que celles cultivées en dehors. Des résultats similaires ont été observés chez les plants de *Salvia officinalis* soumis à une réduction de luminosité de 25 % [41]. Cette différence de croissance pourrait être due à la recherche de lumière par les plants, provoquant une croissance en hauteur. Outre les agents biotiques, le vent contribue à l'autopollinisation de la tomate [42] en secouant les plantes et les fleurs. Le vent pourrait avoir mieux influencé la pollinisation des plantes hors enceinte que sous enceinte, les filets anti-moustiques pouvant limiter dans une certaine mesure son intensité sous l'enceinte.

V - CONCLUSION

La pollinisation de la tomate est assurée par des abeilles sauvages dans la commune de Kétou. Ces abeilles ont amélioré les rendements à travers la réduction des avortements de fleurs et l'amélioration des caractéristiques des

fruits. Ces résultats montrent combien les abeilles sauvages sont importantes dans la production de la tomate. Les effets des pollinisateurs sur la production contribuent sans doute à l'amélioration des revenus des producteurs. Pour cela, il est nécessaire de sensibiliser les acteurs agricoles sur les effets bénéfiques des abeilles et des pratiques agricoles à adopter pour les conserver. De même, les producteurs de tomate sous abris devraient désormais prendre en compte l'action de ces abeilles pour l'obtention de meilleurs rendements. Par ailleurs, il serait important d'approfondir les études afin d'identifier les pollinisateurs les plus efficaces qui pourraient être valorisés pour la pollinisation dans les zones de production en milieux périurbains où les habitats naturels sont très perturbés ou quasi inexistantes.

REMERCIEMENTS

Nous remercions messieurs AHOUDJI Pélé, GOLOU Oscar et PIERRIDIS Arnaud pour leur assistance lors de la conduite des travaux.

RÉFÉRENCES

- [1] - N. RANC, Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate, recherche d'associations gènes/QTL, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier-Supagro, (2010) 5263 p.
- [2] - L. A. MORANDIN, T. M. LAVERTY et P. G. KEVAN, Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses, *Journal of Economic Entomology*, 94 (2001) 462 – 467
- [3] - H. TEPPNER, Pollinators of tomato *Solanum lycopersicum* (Solanaceae) in Central Europe, *Phyton*, 45 (2005) 217 - 235
- [4] - C. SILVA-NETO, F. G LIMA, B. B. GONÇALVES, L. B. LIMA, B. A. R BERGAMINI, M. A. S ELIAS et E. V. FRANCESCHINELLI, Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production, *Journal of Pollination Ecology*, 11 (2013) 41 – 45
- [5] - K. HOGENDOORN, C. L. GROSS, M. SEDGLEY et M. A. KELLER. Increased tomato yield through pollination by native Australian *Amegilla chlorocyanea* (Hymenoptera: Anthophoridae), *Journal of Economic Entomology*, 99 (2006) 829 – 833
- [6] - M. C. BELL, R. N. SPOONER-HART et A. M. HAIGH, Pollination of greenhouse tomatoes by the Australian blue banded bee *Amegilla (Zonamegilla) holmesi* (Hymenoptera: Apidae), *J. Econ. Entomol.*, 99 (2006) 437- 442

- [7] - C. H. VERGARA et P. FONSECA-BUENDIA, Pollination of greenhouse tomatoes by the Mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae), *Journal of Pollination Ecology*, 7 (2012) 27 – 30
- [8] - C. M. SILVA-NETO, L. L. BERGAMINI, M. A. S. ELIASC, G. L. MOREIRAC, J. M. MORAISC, B. A. R. BERGAMINI et E. V. FRANCESCHINELLI, High species richness of native pollinators in Brazilian tomato crops, *Braz. J. Biol.*, 77 (2017) 506 – 513
- [9] - D. CHOUGOUROU, A. AGBAKA, J. ADJAKPA, R. EHINNOU, G. KOUTCHIKA, U. KPONHINTO, E. ADJALIAN, Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la Commune de Djakotomey au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (2012) 1798 – 1803
- [10] - J. M. KASINA, Bee pollinators and economic importance of pollination in crop production: case of Kakamega, western Kenya, Ph.D dissertation, University of Bonn, Bonn, Germany, (2007) 150p.
- [11] - 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). *Genet. Mol. Res.*, 8 (2009) 751 – 757
- [12] - H. H. W. VELTHUIS et A. VAN DOORN, A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination, *Apidologie*, 37 (2006) 421 - 451
- [13] - S. L. BUCHMANN, Buzz pollination in Angiosperms, In: C. E. JONES et R. J. LITTLE, eds. *Handbook of experimental pollination biology*, Brussel: Scientific and Academic Editions, (1983) 558 p.
- [14] - 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
- [15] - J. G. RODGER, K. BALKWILL et B. GEMMILL, African pollination studies: where are the gaps, *International Journal of Tropical Insect Science*, 24 (2004) 5 - 28
- [16] - FAOSTAT, 2017: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, consulté le 9 septembre 2018
- [17] - R. VINICIUS-SILVA, D. PARMA, R. TOSTES, V. ARRUDA et M. WERNECK. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil, *Hoehnea* 44 (2017) 349 – 360
- [18] - G. BANI, Monographie de la Commune de Kétou, Afrique Conseil, (2006) 46p.
- [19] - INSAE (Institut national de la Statistique et de l'Analyse Economique), RGPH4 : Que retenir des effectifs de population en 2013, (2015) 33p.
- [20] - 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

- [21] - 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
- [22] - M. S. DEPRÁ, G. C. G. DELAQUA, L. FREITAS et M. C. GAGLIANONE, Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, southeast Brazil, *Journal of Pollination Ecology*, 12 (2014) 1 – 8
- [23] - U. AMALA et T. M. SHIVALINGASWAMY, Role of native buzz pollinator bees in enhancing fruit and seed set in tomatoes under open field conditions, *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (2017) 1742 – 1744
- [24] - A. LEVY, H. D. RABINOWITCH et N. KEDAR, Morphological and physiological characters affecting flower drop and fruit set of tomatoes at high temperatures, *Euphytica*, 27 (1978) 211 - 218
- [25] - M. C. L. DEL SARTO, R. C. PERUQUETTI et L. A. O. CAMPOS, Evaluation of the neotropical bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes, *J. Econ. Entomol.*, 98 (2005) 260–266
- [26] - L. NDAYIKEZA, B. NZIGIDAHERA, A. MPAWENIMANA et B. HABONIMANA, Abondance et distribution des abeilles du genre *Xylocopa* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea) du Burundi, *Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat.*, 11 (2014) 38 – 48
- [27] - M. AZO'O et J. MESSI, Yield responses of *Cucumeropsis mannii* (Cucurbitaceae) to the presence or the absence of the insect foraging activity at Nkolbisson in Cameroon, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 13 (2012) 1791 – 1799
- [28] - B. MEYER, V. GAEBELE et 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
- [29] - F. F. N. TCHUENGUEM, 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 tropicales, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 6 (2002) 87 – 98
- [30] - M. EVANS, Influences of grazing and landscape on bee pollinators and their floral resources in rough fescue prairie, Master of Science thesis, Department of biological sciences, University of Calgary-Canada. (2013) 119 p.
- [31] - S. ABRAHAMCZYK, J. KLUGE, Y. GARECA, S. REICHLE et M. KESSLER., The influence of climatic seasonality on the diversity of different tropical pollinator groups, CHAVE J., ed. PLoS ONE, 6 (2011), e27115. doi:10.1371/journal.pone.0027115
- [32] - S. Y. A. AL-ABBADI, Open pollination efficiency on field grown tomato compared with isolated under similar condition, *Sarhad J. Agric.*, 26 (2010) 361 – 364
- [33] - W. A. P. WEERAKKODY, B. C. N. PEIRIS et S. J. B. A. JAYASEKARA, Yield and quality of tomato as affected by rainfall

- during different growth stages, *Tropical Agricultural Research*, 9 (1997) 158 - 167
- [34] - T. O. OLADITAN et F. M. AKINSEYE, Influence of weather elements on phenological stages and yield components of tomato varieties in forest ecological zones of rainforest, *Journal of Natural Sciences Research*, 4 (2014) 19 – 23
- [35] - P. NUNES-SILVA, M. HNR CIR, L. SHIPP, V. L. IMPERATRIZ-FONSECA et G. P. KEVAN, The behaviour of *Bombus impatiens* (Apidae, Bombini) on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., solanaceae) flowers: pollination and reward perception. *Journal of Pollination Ecology*, 11 (2013) 33 – 40
- [36] - J. P. MORALES-PAYAN, B. M. SANTOS, W. M. STALL et T. A. BEWICK, Effects of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) on tomato (*Lycopersicon esculentum*) and bell pepper (*Capsicum annuum*) vegetative growth and fruit yield, *Weed Technology*, 11 (1997) 672 – 676
- [37] - P. G. TUNG, M. K. YUSOFF, N. M. MAJID, G. K. JOO et G. H. HUANG, Effect of N and K fertilizers on nutrient leaching and groundwater quality under mature oil palm in Sabah during the monsoon period, *Am. J. Appl. Sci.*, 6 (2009) 1788 - 1799
- [38] - S. SORO, M. DOUMBIA, D. DAO, A. TSCHANNEN et O. GIRARDIN, Performance de six cultivars de tomates *Lycopersicon esculentum* Mill. contre la jaunisse en cuillère des feuilles, le flétrissement bactérien et les nématodes à galles. *Sciences & Nature* 4 (2) : (2007) 123 – 130
- [39] - CHEN et ZUO, Pollen limitation and resource limitation affect the reproductive success of *Medicago sativa* L. *BMC Ecol.*, 18 (2018) 28, <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0184-x>
- [40] - E. PRESSMAN, M. M. PEET, D. M. PHARR, The effect of heat stress on tomato pollen characteristics associated with changes in carbohydrate concentration in the developing anthers, *Ann. Bot.*, 90 (2002) 631 – 636
- [41] - G. ZERVOUDAKIS, G. SALAHAS; G. KASPIRIS; E. KONSTANTOPOULOU, Influence of light intensity on growth and physiological characteristics of common sage (*Salvia officinalis* L.), *Braz. arch. biol. Technol*, 55 (2012) 89 - 95
- [42] - J. B. FREE, *Insect Pollination of Crops*, 2nd edn. Academic Press, London, (1993)