

Diversité des Insectes sur les Panicules de *Zea mays* (Poaceae) et Leur Impact sur le Rendement Grainier à Maroua (Extrême - Nord, Cameroun)

Joseph Blaise Pando,

Denis Djonwangwé,

Université de Maroua, Ecole Normale Supérieure,
Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Cameroun

Fernand-Nestor Tchuenguem Fohouo,

Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences,
Département des Sciences Biologiques, Cameroun

Joseph Lebel Tamesse,

Université de Yaoundé I, Ecole Normale Supérieure,
Département des Sciences Biologiques, Cameroun

Doi: 10.19044/esj.2019.v15n9p460 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p460](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p460)

Résumé

A Maroua (Cameroun), 80 panicules de *Zea mays* L. (Poaceae) ont été observées du 30 août au 16 septembre 2015 et du 5 au 22 Septembre 2016 en vue de déterminer la diversité et la fréquence de visites d'insectes. 10782 visites de 19 espèces d'insectes regroupées dans cinq ordres ont été répertoriées sur les panicules de cette Poaceae. Les Hyménoptères ont été les plus prépondérants représentés principalement par *Amegilla* sp. avec 94,52 % de l'ensemble de visites. Les insectes butinaient les panicules du maïs de 6h à 11h avec le pic de l'activité de l'ensemble de visites des insectes situé entre 6h et 7h et pendant toute la période de forte floraison. Ces divers insectes développent un comportement très élaboré lors de la récolte du pollen de maïs. Ils ont un impact positif sur les rendements en grains du maïs, qui s'explique par une action complémentaire de celle du vent. Le rôle est indirect puisque ces insectes ne visitent pas les stigmates. Il s'explique par le fait que les insectes très abondants sur les panicules secouent les anthères, provoquent ainsi la libération du pollen dans l'air même en l'absence de vent. L'influence des insectes sur l'augmentation des rendements est estimée à 43,16 %, 49,17 % et 76,48 % sur le nombre de grains par épi, la masse des grains par épi et le pourcentage de grains normaux respectivement. Nous recommandons que pour une meilleure gestion intégrée des exploitations de maïs au Cameroun, de préserver les insectes floricoles non nuisibles dans les plantations en évitant les

traitements aux pesticides pendant la période de floraison lorsqu'ils ne se justifient pas.

Mots-clés: *Zea mays*, panicules, insectes, pollinisation, rendement, Maroua

Insect Diversity on the Panicles of *Zea mays* (Poaceae) and Their Impact on Seed Yield in Maroua (Far-North, Cameroon)

Joseph Blaise Pando,

Denis Djonwangwé,

Université de Maroua, Ecole Normale Supérieure,
Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Cameroun

Fernand-Nestor Tchuenguem Fohouo,

Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences,
Département des Sciences Biologiques, Cameroun

Joseph Lebel Tamesse,

Université de Yaoundé I, Ecole Normale Supérieure,
Département des Sciences Biologiques, Cameroun

Abstract

At Maroua (Cameroon), 80 panicles of *Zea mays* L.(Poaceae) were observed from the 30th August to 16th September 2015 and from 5th to 22th September 2016 to determine the diversity and frequency of insect visits. 10782 visits of 19 insect species grouped in five orders were recorded on the flowers of maize. The Hymenoptera were most dominant particularly *Amegilla* sp. with 94.52 % of the number of insect visits. The insects explored the panicle of maize during the morning from 6 am to 11 am with the peak activity is observed between 6 am and 7 am during the flowering period of the host plant. These insects developed an elaborated behaviour when they are collected the maize pollen. They have a positive impact on the grain yields of the maize, which can be justified by their complementary action to that of the wind. The action is indirect because the insects do not visit the female inflorescences. This can be explained by the fact that visit of insects on the flowers shook the anthers, thus inducing the pollen to be released in the air even in the absence of wind. The influence of the insects on the increasing of maize yields is estimated at 43.16 %, 49.17 % and 76.48 % for the number of seeds per spike, mass of seeds per spike and percentage of

normal seeds respectively. We recommend that, for a better integrated management of the maize exploitations into Cameroun, to preserve the flower-dwelling insects in the farm by avoiding pesticide treatments during the period of flowering when they are not justified.

Keywords: *Zea mays*, panicles, insects, pollination, yield, Maroua

Introduction

Le maïs constitue la première céréale cultivée dans le monde en termes de quantité et de surface, devant le blé et le riz (Marceau, 2010). Ses grains sont utilisés dans les aliments destinés à la consommation humaine et autres animaux, et comme matière première dans des produits industriels (Hamel & Dorff, 2014). La production mondiale de grains de maïs est estimée à 885,3 millions de tonnes (FAO, 2014). La production du Cameroun est évaluée à 1647767 tonnes et celle de la région de l'Extrême-Nord est de 144654 (MINADER, 2012). Cette production est insuffisante pour satisfaire la demande de ce pays qui est estimée à 3143116 tonnes (DSCE, 2009). Pour le fonctionnement de ses agro-industries, le Cameroun importe du maïs (FAO, 2014). Au regard de cette situation il est important de chercher dans quelle mesure on peut utiliser les insectes floricoles afin d'augmenter cette production dans ce pays. En effet il est connu que les insectes jouent une rôle important en agronomie (Klein *et al.*, 2007 ; Arem, 2011).

La pollinisation de *Z. mays* est tributaire de l'action du vent (Mc. Gregor, 1976 ; Pesson et Louveaux, 1984). En effet, le pollen du maïs très fin, lisse, sec et pulvérulent est parfaitement adapté à ce mode de transport et se prête mal à la récolte par les insectes (Vallardir, 1964 ; Zandonella, 1984). Néanmoins des études menées au Burkina-Faso par Pauly (1984), en Thaïlande par Phaya (1985) et en Ethiopie par Fichtl & Adi (1994) ont montré que les panicules de cette plante sont visitées par *Lipotriches rubella* et *Apis mellifera* pour récolter le pollen. Ces auteurs soulignent que ces insectes en contact avec les anthères lors de la récolte du pollen provoquent une vibration de ces derniers entraînant ainsi la libération de milliers de grains de pollens qui participent à la pollinisation de cette plante.

Au Cameroun, à l'exception des travaux faits par Michener (1969) à Bamenda, Tchuenguem *et al.* (2002) et Dounia *et al.* (2018) à Yaoundé, aucune autre production scientifique sur la pollinisation entomophile de *Z. mays* n'est disponible. Ces auteurs montrent que la visite de panicules par les insectes augmente le rendement en grains de cette Poaceae. L'abondance et la diversité des insectes floricoles d'une plante pouvant varier d'une région à une autre (Roubik, 2000), il serait important de mener des investigations supplémentaires à Maroua sur *Z. mays* pour compléter les données existantes au Cameroun.

Le présent travail est dont une contribution à la connaissance des relations entre *Z. mays* et les insectes anthophiles en vue de sa gestion optimale au Cameroun. Il s'agit spécifiquement : (a) de déterminer la diversité de l'entomofaune floricole de *Z. mays* ; (b) d'évaluer la fréquence de visites de ces insectes sur les panicules du maïs ; (c) d'évaluer l'impact des insectes sur la pollinisation et le rendement en grains de cette Poacée.

Matériel et méthodes

Site d'étude et matériel biologique

Les travaux se sont déroulés à Palar (10°36'16.7''N, 14°16'36.5''E et 416 m) en 2015 et à Wourndé (10°38'15.7''N, 14°18'40.4''E et 437 m) en 2016, deux quartiers de la ville de Maroua (Extrême – Nord ; Cameroun). Ces coordonnées ont été obtenues à l'aide d'un GPS de marque GARMIN etrex 10. Le matériel végétal est constitué des pieds de *Z. mays* de la variété blanche issus de la germination des graines fournies par l'IRAD de Maroua. Le matériel animal est constitué de l'ensemble des insectes naturellement présents dans l'environnement et qui visitaient les panicules de *Z. mays*.

Méthode

Préparation, semis et entretien de la parcelle expérimentale

La parcelle expérimentale était une aire rectangulaire de 21 m de long sur 13 m de large. Cette parcelle était subdivisée en quatre blocs de 9 m de longueur et 5 m de largeur chacun et séparés les uns des autres par des allées de 1 m. Le 13 juillet 2015 et le 15 juillet 2016, les opérations suivantes ont été successivement effectuées sur les parcelles expérimentales : défrichage, labour à la charrue et formation des blocs. Le 15 juillet 2015 et 17 juillet 2016, les semis ont été faits, en ligne sur les blocs, à raison de 10 lignes par bloc. Les graines étaient semées à raison de trois par poquet, l'espacement était de 80 cm entre les poquets et 50 cm entre les lignes et à 4 cm de profondeur. Le démariage a été fait lorsque les plantes portaient quatre feuilles et seules deux plantes du maïs ont été conservées par poquet. De la germination survenue (19 juillet 2015 et 21 juillet 2016) à l'apparition des premières inflorescences (30 août 2015 et 3 septembre 2016), les opérations de sarclage à la houe ont été effectuées régulièrement toutes les deux semaines. De la période de floraison jusqu'à la maturation des épis (30 août au 26 septembre 2015 et du 5 septembre au 2 octobre 2016), le désherbage était fait régulièrement à la main.

Détermination de la diversité et de la fréquence des insectes sur la panicule de *Zea mays*

Le 29 août 2015 et le 3 septembre 2016, 320 plants au stade de préfloraison ont été étiquetés et quatre lots constitués : lots 1(2015) et 1' (2016), constitués chacun de 40 plants non protégés, c'est-à-dire dont les panicules et les épis sont libres (Figure 1a) pour la mise en évidence de la pollinisation mixte (autopollinisation et pollinisation croisée) ; lots 2 (2015) et 2' (2016), constitués chacun de 40 plants protégés délicatement à l'aide des sacs en toile gaze (Figure 1b) pour la mise en évidence de l'autopollinisation ; lots 3 (2015) et 3' (2016), constitués chacun de 40 plants dont les panicules ont été supprimées et les épis ont été protégés à l'aide des papiers kraft (Figure 1c) pour la mise en évidence de la parthénocarpie; lots 4 (2015) et 4' (2016), constitués chacun de 40 plants dont les panicules ont été supprimées et les épis (soies) laissés en libre pollinisation (Figure 1d) pour la mise en évidence de la pollinisation croisée.



Figure 1 : Différents traitements appliqués sur *Zea mays* (a : plante à panicule et à épi non protégés ; b : pied protégé à l'aide de sac en toile gaze ; c : pied dont la panicule supprimée et épi protégé à l'aide du papier kraft ; d : pied dont la panicule supprimée et l'épi laissé en libre pollinisation).

Pour déterminer la diversité des insectes, durant la période d'étude, les insectes ont été capturés sur les panicules non protégées et ceci à la main et/ou au filet entomologique. Sur le terrain, les insectes capturés ont été conservés dans des flacons contenant de l'éthanol à 70 %. Sur chaque spécimen, il a été noté l'heure, la date et le lieu de capture. Pour les espèces non identifiées avec précision sur le terrain, il leur a été attribué un code et une description pour faciliter les observations. La détermination des spécimens a été faite au Laboratoire de Sciences Biologiques de Ecole

Normale Supérieure de l'Université de Maroua à l'aide des clés d'identification (Delvare et Arbelenc, 1989 ; Eardley *et al.*, 2010 ; Pauly, 2014).

Pour déterminer la fréquence de visites de chaque insecte, les observations ont été effectuées sur les panicules de chacun des plants des lots 1 et 1', tous les jours du 30 août au 16 septembre 2015 et du 5 au 22 septembre 2016 respectivement, pendant trois périodes journalières : 6h-7h, 8h-9h, 10h-11h. Au cours de chaque journée d'investigation, l'observateur passait une fois sur chaque panicule du lot non protégé, pour chacune des périodes journalières ci-dessus. A chaque passage, les différents insectes étaient comptés sur les panicules épanouies (c'est-à-dire celles pouvant offrir du pollen aux insectes). Les insectes n'étant pas marqués, les résultats cumulés sont exprimés par le nombre de visites (Tchuenguem *et al.*, 2001). Les données obtenues ont permis de déterminer la fréquence de chaque espèce d'insecte (Fi) sur les panicules de *Z. mays* selon la formule ci-après : $Fi = \{[(Vi)/VI] * 100\}$ (1), avec Vi le nombre de visite de l'insecte i sur les panicules du lot libre et VI le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes panicules (Tchuenguem *et al.*, 2001).

Détermination de l'impact des insectes sur la pollinisation de *Zea mays*

L'évaluation de l'impact des insectes sur la pollinisation de *Z. mays* a été faite tout au long de l'étude de la fréquence des visites. Il s'agissait de noter le nombre de fois où le corps de l'insecte entre en contact avec les anthères de la panicule visitée et que le pollen soit expulsé est tombé sur les stigmates. C'est ce qui a permis de mettre en évidence la participation des insectes dans l'autopollinisation et la pollinisation croisée (Tchuenguem *et al.*, 2001). Pour déterminer les différents catégories de pollinisateurs, l'indice de régularité (R) a été calculé à l'aide la formule : $R = [(P/100) * (f/100)]$ (Tchuenguem, 1993) (2), où P et f sont le pourcentage des visites de l'insecte et la fréquence relative des visites de l'insecte.

Détermination de l'impact des insectes sur les rendements de *Zea mays*

L'évaluation de l'impact des insectes pollinisateurs sur les rendements de *Z. mays* est basée sur la comparaison des rendements grainiers des lots 1 (panicules et épis non protégés) et 2 (panicules protégées des visites d'insectes). A la maturité, le nombre moyen de grains par épi, la masse moyenne des grains par épi et le nombre de grains normaux ont été déterminés.

Le pourcentage (Pg) du nombre de grains par épi attribuable aux insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule : $Pg = \{[(g1 - g2) / g1] * 100\}$ (3) où $g1$ et $g2$ sont les nombres moyens de grains par épi dans les lots 1 et 2 respectivement.

Le pourcentage (Pm) de masse moyenne des grains par épi attribuable aux insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule : $Pm = \{[(m1 - m2) / m1] * 100\}$ (4) où $m1$ et $m2$ sont les masses moyennes des grains par épi issus des lots 1 et 2 respectivement.

Le pourcentage (Pn) de grains normaux dû à l'influence des insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule : $Pn = \{[(gn1 - gn2) / gn1] * 100\}$ (5) où $gn1$ et $gn2$ sont les pourcentages de grains normaux issus des lots 1 et 2 respectivement.

Traitement des données

Le traitement des données a été fait à l'aide de la statistique descriptive: (calcul des moyennes, écart- types, pourcentages), du test Z pour la comparaison de deux moyennes, de l'ANOVA pour la comparaison de plus de deux moyennes, du Khi-carré (χ^2) pour la comparaison des pourcentages (Schwartz, 1984), et du logiciel SPSS 19.0.

Résultats et discussion

Diversité et fréquence de l'entomofaune floricole de *Zea mays*

Au cours des périodes de floraison en 2015 et en 2016, 5339 visites de 10 espèces d'insectes et 5443 visites de 16 espèces d'insectes ont été recensées sur les panicules de 40 pieds et 40 pieds de maïs en 18 jours et 18 jours respectivement (Tableau 1). Dans l'ensemble, 19 espèces insectes ont été inventoriées durant les deux investigations. Cette diversité spécifique est inférieure à celle obtenue à Yaoundé par Tchuenguem *et al.* (2002) qui était de 35 espèces d'insectes. Ceci pourrait s'expliquer par la différence écologique existant entre les deux zones d'études. En effet, Maroua est dans la zone sahélienne et Yaoundé dans la zone équatoriale. Ceci confirme les travaux de Roubik (2000) qui stipule que la diversité de l'entomofaune floricole d'une plante varie dans le temps et dans l'espace.

Tableau 1 : Insectes recensés sur les panicules de *Zea mays* en 2015 et en 2016 et leur fréquence de visites en 36 jours d'observation à Maroua

Insectes			Année 2015		Année 2016		Total	
Ordres	Familles	Genres et espèces	n_1	P_1	n_2	P_2	n_t	P_t
Hyménoptères	Apidae	<i>Amegilla</i> sp.	5088	95,30	5103	93,75	10191	94,52
		<i>Sphecodes albilabris</i>	37	00,69	54	00,99	91	00,84
	Halictidae	<i>Lipotriches collaris</i>	122	02,29	109	02,00	231	02,14
		<i>Lasioglossum albipes</i>	65	01,22	78	01,43	143	01,33
		<i>Lasioglossum</i> sp.	-	-	17	00,31	17	00,16
		<i>Seladonia tripartitus</i>	-	-	21	00,39	21	00,19
		<i>Larra</i> sp.	-	-	09	00,17	09	00,08
	Sphecidae	<i>Prionyx atratus</i>	-	-	03	00,06	03	00,03
		<i>Trichinothorax</i> sp.	06	00,11	09	00,16	15	00,14
	Vespidae	(Eumeninae) 1sp.	05	00,09	-	-	05	00,05
		<i>Belonogaster juncea</i>	-	-	05	00,09	05	00,05
		<i>juncea</i>	-	-	-	-	-	-
	Fourmicidae	<i>Camponotus</i>	05	00,09	11	00,20	16	00,15

flavomarginatus

Coléoptères	Coccinellidae	Isp.	06	00,11	07	00,13	13	00,12
	Scarabaeidae	<i>Trichius</i> sp.	02	00,04	-	-	02	00,02
Orthoptères	Acrididae	<i>Anacridium aegyptiacum</i>	03	00,06	-	-	03	00,03
Diptères	Syrphidae	<i>Paragus barbonicus</i>	-	-	05	00,09	05	00,05
	Drosophilidae	<i>Drosophila</i> sp.	-	-	02	00,04	02	00,02
Odonates	Libellulidae	<i>Corcothemis erythraeae</i>	-	-	07	00,13	07	00,06
		<i>Orthetrum</i> sp.	-	-	03	00,06	03	00,03
Total	07	19	5339	100	5443	100	10782	100

n_1 : nombre de visites sur les panicules en 18 jours en 2015 ; n_2 : nombre de visites sur les panicules en 18 jours en 2016 ; n_i : nombre de visites sur les panicules en 36 jours en 2015 et en 2016 ; P_1 : pourcentage de visite en 2015, P_2 : pourcentage de visite en 2016 ; P_i : pourcentage de visite en 2015 et en 2016 avec $P_1 = (n_1/5339) * 100$; $P_2 = (n_2/5443) * 100$; $P_i = (n_i/10782) * 100$

Il ressort de ce tableau que cinq ordres d'insectes visitent les panicules de maïs: Hyménoptères, Coléoptères, Orthoptères, Diptères et Odonates. L'ordre des Hyménoptères est le plus prépondérant avec 99,82 % des visites. Ils sont surtout représentés par les Apidae notamment *Amegilla* sp. avec 97,17 % (Figure 2), suivi des Halictidae parmi lesquels il y a *Lipotriches collaris* avec 01,17 %. Les autres insectes sont très peu rencontrés. Ces résultats sont similaires aux travaux de Tchuenguem (1993) à Yaoundé qui a signalé que les Hyménoptères étaient les visiteurs les plus communs des panicules de *Z. mays* avec 95,20 % des visites d'insectes représentés notamment par les Apidae et les Halictidae.

Du tableau 1, il ressort également que parmi les insectes recensés, *Drosophila* sp., *Trichius* sp., *Orthetrum* sp., *Prionyx atratus*, et *Paragus barbonicus* ont les plus faibles pourcentages des visites (0,02 %). Le pourcentage élevé des visites de *Amegilla* sp. pourrait être lié à la grande dépendance de cet insecte vis-à-vis du pollen de *Z. mays*. Par contre, Phaya (1985) en Thaïlande, Fichtl et Adi (1994) en Ethiopie ont signalé que c'est l'Abeille *Apis mellifera* qui était l'insecte butineur le plus actif sur les panicules de cette plante dans ces pays.



Figure 2 : *Amegilla* sp. récoltant du pollen sur une panicule de *Zea mays*

Dans l'ensemble, pendant 36 jours d'observation, les insectes sont rencontrés quotidiennement sur les panicules de *Z. mays* comme l'illustre le tableau 2.

Tableau 2 : Présence, en nombre et en pourcentage des jours, des différents insectes visitant les panicules de *Zea mays* en 2015 et en 2016 à Maroua

Insectes	Année 2015		Année 2016		Total	
	n_1	f_1 (%)	n_2	f_2 (%)	f_t	f_t (%)
<i>Amegilla</i> sp.	18	100	18	100	36	100
<i>Sphecodes albilabris</i>	12	66,67	09	50,00	21	58,33
<i>Lipotriches collaris</i>	11	61,11	16	88,89	27	75,00
<i>Lasioglossum albipes</i>	07	38,89	11	61,11	18	50,00
<i>Lasioglossum</i> sp.	-	-	07	38,89	7	19,44
<i>Seladonia tripartitus</i>	-	-	11	61,11	11	30,56
<i>Larra</i> sp.	-	-	03	16,67	3	08,33
<i>Prionyx atratus</i>	-	-	01	05,56	1	02,78
<i>Trichinothorax</i> sp.	02	11,11	04	22,22	6	16,67
(Eumeninae) sp.	04	22,22	-	-	2	05,56
<i>Belonogaster juncea juncea</i>	-	-	03	16,67	3	08,33
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	03	16,67	04	22,22	7	19,44
(Coccinellidae) sp.	02	11,11	02	11,11	4	11,11
<i>Anacridium aegyptiacum</i>	01	05,56	-	-	1	02,78
<i>Trichius</i> sp.	02	11,11	-	-	2	05,56
<i>Paragus barbonicus</i>	-	-	02	11,11	2	05,56
<i>Drosophila</i> sp.	-	-	01	05,56	1	02,78
<i>Corcothemis erythracae</i>	-	-	02	11,11	2	05,56
<i>Orthetrum</i> sp.	-	-	01	05,56	1	02,78

n_1 : Nombre de jours de présence d'insectes pendant N_1 jours d'observation en 2015 ; n_2 :

Nombre de jours de présence d'insectes pendant N_1 jours d'observation en 2016 ; n_2 :

Nombre de jours de présence d'insectes pendant N_t jours d'observation en 2015 et 2016 ; f_1

(%) : Fréquence relative des visites de l'insecte (n_1 / N_1)*100 ; f_1 (%) : Fréquence relative

des visites de l'insecte (n_2 / N_2)*100 ; f_1 (%) : Fréquence relative des visites de l'insecte ($n_2 /$

N_2)*100 ; $N_1 = N_2 = 18$, $N_t = 36$

Il ressort de ce tableau que *Z. mays* a des visiteurs plus ou moins fréquents. Ainsi, il y a: (a) les visiteurs très fréquents avec une fréquence des visites supérieure à 50 % du nombre total des jours d'observations (Tchuenguem, 1993): *Amegilla* sp., *Lipotriches collaris* et *Sphcodes albilabris*; (b) les visiteurs fréquents avec une fréquence des visites comprise entre 25 et 50 % du nombre total des jours d'observations (Tchuenguem, 1993): *Lasioglossum albipes* et *Seladonia tripartitus*; (c) les visiteurs rares qui ont une fréquence de visites inférieure à 25 % du nombre total des jours d'observation (Tchuenguem, 1993) qui sont représentés par les autres insectes. Ces résultats nous permettent de supposer que les panicules de *Z. mays* produisent importants grains de pollens ; ce qui fait que les insectes qui y sont rencontrés pendant sa période de floraison lui soient fidèles. Ces stimuli produits par les panicules de cette plante agiraient beaucoup plus sur les insectes pollinisateurs que sur les visiteurs occasionnels des panicules. Des observations similaires ont été faites par Dounia *et al.* (2018) à Yaoundé.

Il ressort également de ce tableau 2 que la fréquence de présence de *Amegilla* sp. en 36 jours d'observation est de 100 %. Ceci dénote de son bon attachement aux pollens de *Z. mays*. Par contre les travaux de Tchuenguem *et al.* (2002) et Dounia *et al.* (2018) à Yaoundé ont trouvé plutôt que c'est *Lipotriches andrei* et *Apis mellifera* respectivement qui étaient les abeilles les plus fréquentes sur les panicules (100 % du nombre total des jours d'observations) du maïs. Ceci peut être dû à l'absence ou à la faible présence de *Amegilla* dans cette localité.

Rythme de visites d'insectes selon les tranches horaires journalières

Les insectes visitaient les panicules de *Z. mays* de 6 heures à 11 heures comme l'indique le tableau 3 à Maroua. Ce résultat est en accord à celui de Pauly (1984) au Burkina Fasso. Il est contraire à ceux de Tchuenguem *et al.* (2002) à Yaoundé qui ont trouvé plutôt que les insectes sont actifs sur les panicules de cette Poaceae pendant toute la journée. Ceci serait dû aux faibles taux d'humidités relatives qui caractérise dans les après-midis en zone sahélienne qui ne permettent pas la collecte du pollen très pulvérulent de cette espèce végétale.

Tableau 3 : Variation du nombre de visites des insectes sur la panicule de *Zea mays* par tranche horaire en 36 jours d'observation en 2015 et en 2016 à Maroua.

Insectes	Nombres de visites par tranche horaire						Total
	6h-7h		8h-9h		10h-11h		
	NV ₁	P ₁ (%)	NV ₂	P ₂ (%)	NV ₃	P (%)	
<i>Amegilla</i> sp.	9888	97,03 ^a	289	02,84	14	00,13	10191
<i>Sphcodes albilabris</i>	28	30,77	48	52,74 ^a	15	16,49	91
<i>Lipotriches collaris</i>	197	85,28 ^a	28	12,12	6	02,60	231
<i>Lasioglossum albipes</i>	107	74,83 ^a	29	20,28	07	04,89	143

<i>Lasioglossum</i> sp.	11	64,71 ^α	05	29,41	1	05,88	17
<i>Seladonia tripartitus</i>	13	61,90 ^α	07	33,33	1	04,77	21
<i>Larra</i> sp.	09	100 ^α	-	-	-	-	09
<i>Prionyx atratus</i>	03	66,67 ^α	1	33,33	-	-	03
<i>Trichinothorax</i> sp.	15	100 ^α	-	-	-	-	15
(Eumeninae) sp.	05	100 ^α	-	-	-	-	05
<i>Belonogaster juncea juncea</i>	04	80,00 ^α	1	20,00	-	-	05
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	6	37,50	10	62,50 ^α	-	-	16
(Coccinellidae) sp.	4	30,77	7	53,84 ^α	2	15,39	13
<i>Anacridium aegyptiacum</i>	-	-	03	100 ^α	-	-	03
<i>Trichius</i> sp.	02	100 ^α	-	-	-	-	02
<i>Paragus barbonicus</i>	4	80,00 ^α	01	20,00	-	-	05
<i>Drosophila</i> sp.	02	100 ^α	-	-	-	-	02
<i>Corcothemis erythraeae</i>	5	71,42 ^α	1	14,29	1	14,29	07
<i>Orthetrum</i> sp.	1	33,33	2	66,67 ^α	-	-	3
Total	10304	95,57^α	431	09,99	47	00,44	10782

NV_1 : nombre de visites entre 6h et 7h ; NV_2 : nombre de visites entre 8h et 9h ;
 NV_3 : nombre de visites entre 10h et 11h ; P_1 (%) : pourcentage des visites entre 6h
et 7h ; P_2 (%) : pourcentage des visites entre 8h et 9h ; P_3 (%) : pourcentage des
visites entre 10h et 11h ; (^α) : pic d'activité de l'insecte

Il ressort également de ce tableau que la période journalière de butinage varie avec les insectes. Les visites de *Amegilla* sp., *Lipotriches collaris*, *Lasioglossum albipes*, *Lasioglossum* sp., *Seladonia tripartitus*, *Corcothemis erythraeae* s'étendent de 6h à 11h avec un pic d'activité situé entre 6h et 7h. Les visites de *Prionyx atratus*, *Belonogaster juncea juncea* et *Paragus barbonicus* s'étendent de 6h à 9h avec leur pic d'activité situé entre 6h et 7h. *Sphecodes albilabris* et le Coccinellidae 1sp. sont présent sur les panicules de 6h à 11h, avec le pic d'activité situé entre 8 et 9h. *Trichinothorax* sp., *Larra* sp., *Drosophila* sp., *Trichius* sp. et le Eumeninae 1sp. sont actifs sur les panicules de *Z. mays* uniquement entre 6h et 7h. *Orthetrum* sp., *Anacridium aegyptiacum* et *Camponotus flavomarginatus* visitent les panicules de cette plantes de 6h à 9h, avec un pic d'activité situé entre 8h et 9h.

Du tableau 3, il ressort en plus que la période d'activité intense de l'ensemble des insectes se situe entre 6h-7h, avec 95,57 % de visites. Ceci serait lié d'une part à la forte disponibilité du pollen de cette plante dans la matinée et d'autre part à l'humidité matinale qui sont favorables à l'accumulation du pollen dans les organes du transport de plusieurs insectes. En effet, au fur et à mesure que la température augmente et que l'hygrométrie baisse, le vent peut influencer la disponibilité du pollen sur les panicules de *Z. mays*. Les grains de pollen du maïs étant pulvérulents, ils sont facilement emportés par le vent au cours de la journée, rendant ainsi les panicules pauvres en pollen. C'est ce qui pourrait expliquer la diminution du

nombre de visites d'insectes au cours de la journée. Pour *Amegilla* sp., *Lipotriches collaris* et *Lasioglossum albipes*, ces résultats confirment celui de Tasei (1984) qui signalait que l'heure de butinage des Apoïdes solitaires dépend également des disponibilités du pollen à récolter. Le décalage des pics de visites de certains Hyménoptères tels que *Sphecodes albilabris* et *Camponotus flavomarginatus* serait une adaptation permettant à chacun d'eux de limiter l'effet de compétition interspécifique lors de la recherche du pollen de *Z. mays*. La période d'activité optimale de *Trichinothorax* sp. serait une adaptation permettant à ce prédateur d'accéder à sa proie *Amegilla* sp. d'où la coïncidence des pics de visites de ces Hyménoptères. En effet, cet insecte cherchait à capturer *Amegilla* sp. sur les panicules de *Z. mays*.

Impact des insectes sur la pollinisation de *Z. mays*

Le nombre et les pourcentages de visites de quelques insectes ayant été en contact permanent avec les anthères de *Z. mays* durant les 36 jours d'observation sont indiqués dans le tableau 4. Il ressort de ce tableau que tous les insectes ayant des contacts avec les anthères sont des Hyménoptères. Trois de ces insectes ont une fréquence de contacts avec les anthères de 100 %. Au cours des visites de panicules, ces insectes secouent celles-ci et favorisent l'ouverture des anthères, provoquant la libération du pollen dans l'air. Une fraction du pollen libéré dans l'air par l'action des insectes est transportée essentiellement par le vent et la gravité jusqu'aux stigmates comme l'avait déjà noté Tchuenguem (1993) à Yaoundé. Par conséquent, ces hyménoptères jouent un rôle positif et indirect sur la pollinisation comme l'avait signalé Phaya (1985). Ceci se comprend aisément puisque l'autogamie et l'allogamie existent chez le maïs. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Tchuenguem *et al.* (2002) qui ont signalés que l'activité de certains Apoïdes sur la panicule de *Z. mays* favorisait l'autogamie et l'allogamie de cette plante. De plus, l'activité de ces insectes est plus intense dans la matinée, période de déhiscence optimale des anthères et de réceptivité des stigmates du maïs (Tchuenguem *et al.*, 2002). Ces faits favorisent une pollinisation efficace pouvant conduire à une fécondation optimale gage d'un bon rendement en grains. Chaque insecte ayant visité la panicule de *Z. mays* a potentiellement eu un impact positif sur la pollinisation de cette plante. L'indice de régularité (tableau 4) et le comportement spécifique de chaque insecte sur la panicule ont permis de définir les insectes pollinisateurs de cette Poaceae. Ainsi, les différents insectes recensés sur les panicules de *Z. mays* sont définis en trois catégories de pollinisateurs par Tchuenguem (1993) :

- pollinisateurs majeurs caractérisés par l'indice de régularité (R) élevé ($R > 0,05$) ; doublé d'une bonne récolte du pollen : *Amegilla* sp. ($R = 0,95$) est le seul insecte qui remplis ces conditions..

Tableau 4 : Indice de régularité, nombres et pourcentages de visites des insectes en contact permanent avec les anthères de panicules de *Zea mays*

Insectes	2015	2016	Total	NPVCA		
	R_I	R_2	R_T	NVE	N	P (%)
<i>Amegilla</i> sp.	0,9530	0,93750	0,97000	19101	19101	100
<i>Sphcodes albilabris</i>	0,0046	0,00495	0,00270	91	88	96,70
<i>Lipotriches collaris</i>	0,0139	0,01778	0,00876	231	228	98,70
<i>Lasioglossum albipes</i>	0,0466	0,00873	0,00360	143	143	100
<i>Lasioglossum</i> sp.	-	0,00121	0,00015	17	13	76,47
<i>Seladonia tripartitus</i>	-	0,00238	0,00034	21	20	95,23
<i>Larra</i> sp.	-	0,00280	0,00003	09	2	22,22
<i>Prionyx atratus</i>	-	0,00003	0,00000	03	0	0
<i>Trichinothorax</i> sp.	0,00011	0,00355	0,00012	15	2	13,33
(Eumeninae) sp.	0,00022	-	0,00002	05	0	0
<i>Belonogaster juncea juncea</i>	-	0,00015	0,00003	05	0	0
<i>Camponotus flavomarginatus</i>	0,0001	0,00044	0,00013	16	16	100
(Coccinellidae) sp.	0,0001	0,00014	0,00010	13	5	38,46
<i>Anacridium aegyptiacum</i>	0,00003	-	0,00001	03	0	0
<i>Trichius</i> sp.	0,00004	-	0,00001	02	0	0
<i>Paragus barbonicus</i>	-	0,00009	0,00002	05	0	0
<i>Drosophila</i> sp.	-	0,00002	0,00000	02	0	0
<i>Corcothemis erythraeae</i>	-	0,00014	0,00002	07	2	28,57
<i>Orthetrum</i> sp.	-	0,00003	0,00001	03	2	66,67

$R = (P/100) * (f/100)$; P : pourcentage des visites de l'insecte (tableau I) ; f : Fréquence relative des visites de l'insecte ($N / 36$) * 100 ; NVE : nombre de visites étudiées ; $NPVCA$: nombre et pourcentage de visites avec contact des anthères, N' : nombre de visites avec contact ; P (%) : pourcentage de visites avec contact.

- pollinisateurs mineurs caractérisés par un indice de régularité faible ($0,05 \leq R < 0,001$) auquel s'ajoute la récolte du pollen : *Sphcodes albilabris*, *Lasioglossum albipes* et *Lipotriches collaris*.
- pollinisateurs occasionnels qui se caractérisés soit par l'indice de régularité très faible ($R < 0,001$) doublé d'une absence de comportement lié à la recherche du pollen, soit par leur capacité à détruire les organes de la panicule. Ce sont *Seladonia tripartitus*, *Trichinothorax* sp, *Lasioglossum* sp., *Larra* sp., *Prionyx atratus*, *Trichinothorax* sp., *Belonogaster juncea juncea*, *Camponotus flavomarginatus*, le Eumeninae 1sp., *Anacridium aegyptiacum*, *Trichius* sp., le Coccinellidae 1sp. *Paragus barbonicus*, *Drosophila* sp., et *Corcothemis erythraeae*. Environ 19 espèces d'insectes visitent

les panicules de *Z. mays* et jouent un rôle certains dans la pollinisation de la Poaceae. Parmi ces insectes, *Amegilla* sp. joue le rôle prépondérant. Ce résultat est différent de ceux de Tchuenguem (1993) et Dounia *et al.* (2018) à Yaoundé qui ont signalé que c'est plutôt l'abeille domestique *Apis mellifera* qui jouait ce rôle. Ceci serait dû à l'absence de la colonie de *Apis mellifera* dans notre site d'étude. En effet, d'après les travaux de Roubik (2000), les insectes pollinisateurs d'une plante donnée varient d'une région à l'autre.

Impact des insectes sur le rendement grainier de *Zea mays*

Le tableau 5 présente le nombre de grains par épi, la masse moyenne des grains par épi et le pourcentage de grains normaux obtenus dans les différents lots.

- ❖ Les différences entre les nombres moyens des grains par épi issus des quatre lots en 2015 ($F_{2015} = 57,85$; $ddl = 3$; $P < 0,001$) et en 2016 ($F_{2016} = 57,85$; $ddl = 3$; $P < 0,001$) se sont révélées hautement significatives. Les nombres moyens des grains par épi montre que les différences observées sont très hautement significatives entre les lots 1 et 2 ($Z_{2015} = 5,03$; $ddl = 88$; $P < 0,001$) et les lots 1' et 2' ($Z_{2016} = 7,23$; $ddl = 88$; $P < 0,001$). Le pourcentage du nombre moyen de grains par épi attribuable à l'influence des insectes floricoles est de 43,16 %. Ce chiffre est supérieur à celui obtenu par Tchuenguem *et al.* (2002) à Yaoundé sur la même plante qui était de 16,42 %. En analysant le tableau 5, il apparait que le nombre moyen de grains par épi dans les lots 4 et 4' est supérieur au nombre moyen de grains par épi trouvés dans les lots 2 et 2' respectivement. Ceci s'explique par le fait que la pollinisation croisée a un impact plus accentuée sur le nombre de grains par épi chez *Z. mays* que l'autopollinisation, comme l'a mentionné Poehlman (1959). Les nombres moyens de grains par épi dans les lots 3 et 3' sont inférieurs à ceux des lots 1, 2, 4, 1', 2' et 4'. Malgré l'absence de la parthénocarpie chez le maïs, il y a eu quelques grains dans ces lots (3, 3'). Ceci pourrait s'expliquer par la détérioration du papier kraft au cours de la manipulation. En effet, durant l'investigation, les violentes pluies régulières ont créé de petits trous sur le papier kraft qui a probablement laissé passer quelques de pollen.

Tableau 5 : Rendement grainier de *Zea mays* dans les différents traitements à Maroua

Traitement	année	NG/E			mG/E			NGT		
		n	m	s	n	m	s	NGA	NGN	P (%)
L ₁	2015	40	412,87	163,05	40	61,92	29,46	5842	10718	64,72
L ₂	2015	40	244,87	116,54	40	31,10	22,23	8435	1285	13,22

L ₃	2015	40	63,73	61,25	40	0,19	0,36	2549	0	00,00
L ₄	2015	40	265,57	134,07	40	34,31	24,11	1546	9094	85,47
L _{1'}	2016	40	418,56	60,95	40	62,47	27,56	5512	11248	67,27
L _{2'}	2016	40	230,25	67,84	30	32,13	19,47	7648	1592	17,23
L _{3'}	2016	40	71,18	38,56	40	0,17	0,13	2847	0	00,00
L _{4'}	2016	40	371,01	64,37	30	38,21	23,93	1910	12930	87,13

NG/E : nombre de grains par épi ; *mG/E* : masse de grains par épi ; *NGT* : nombre de grains total ; *P (%)* : pourcentage de grains normaux, *n* : nombre d'épi ; *NGA* : nombre de grains avortés ; *NGN* : nombre de grains normaux ; *m* : moyenne ; *s* : écart-type ; *L1, L2, L3, L4, L1', L2', L3'* et *L4'* : lots 1, 2, 3, 4, 1', 2', 3' et 4' respectivement.

- ❖ Les différences entre les masses moyennes des grains par épi issues des quatre lots sont hautement significatives en 2015 ($F_{2015} = 58,30$; $ddl = 3$; $P < 0,001$) et en 2016 ($F_{2016} = 61,25$; $ddl = 3$; $P < 0,001$). Les comparaisons entre les masses moyennes des grains par épi issus des lots 1 et 2 ($Z_{2015} = 5,05$; $ddl = 88$; $P < 0,05$) et des lots 1' et 2' ($Z_{2016} = 8,05$; $ddl = 88$; $P < 0,05$) révèlent des différences significatives. La contribution numérique de la masse moyenne des grains par épi attribuable aux insectes floricoles est de 49,17 %. En observant les masses moyennes des grains par épi des lots 4 et 4' et celles des lots 2 et 2', il apparaît que les masses moyennes des grains par épi issue des lots 4 et 4' sont plus élevées que ceux des lots 2 et 2'. Ceci montre que la pollinisation croisée influence plus sur la masse des grains chez le maïs que l'autopollinisation, comme l'a signalé Poehlman (1959). Du tableau 5, il ressort que les masses moyennes de grains par épi dans les lots 3 et 3' sont largement inférieures à celles des lots 1, 2, 4, 1', 2' et 4'. Cette masse moyenne des grains par épi insignifiante prouve que les quelques grains obtenus dans les lots 3 et 3' ne sont pas viable (Pitrat, 2015).
- ❖ Les différences entre les pourcentages des grains normaux dans les quatre lots montrent une différence très hautement significative en 2015 ($\chi^2_{2015} = 127,69$; $ddl = 3$; $P < 0,001$) et en 2016 ($\chi^2_{2016} = 127,69$; $ddl = 3$; $P < 0,001$). Les différences sont hautement significatives entre les lots 1 et 2 d'une part ($\chi^2_{2015} = 55,76$; $ddl = 1$; $P < 0,005$), puis entre les 1' et 2' d'autre part ($\chi^2_{2016} = 87,34$; $ddl = 1$; $P < 0,001$). La contribution numérique dans le pourcentage des grains normaux dû à l'influence des insectes floricoles est de 76,48 %. Ce chiffre est largement supérieur à celui trouvé par Tchuenguem *et al.* (2009) qui est de 31,51% sur *V. unguiculata*. Ceci serait dû au fait que le niébé a un système de reproduction à prédominance autogame. Le taux de grains normaux est plus élevé

dans les lots 4 et 4' que dans les lots 2 et 2' respectivement. Ceci s'explique par une prédominance de la pollinisation croisée sur l'autopollinisation, induisant de ce fait l'obtention de grains de bonne qualité chez le maïs (Marceau, 2010). L'absence de grain normal dans les lots 3 et 3' prouve ou confirme que la parthénocarpie n'existe pas chez *Z. mays*.

Conclusion

Dix neuf espèces d'insectes ont visité les panicules de *Z. mays* pour récolter le pollen à Maroua. Parmi ces insectes, *Amegilla* sp. était de loin le plus prépondérant et le plus fréquent avec 95,30 % des visites. Ces insectes butinaient les panicules de cette Poaceae dans la matinée entre 6h et 11h, avec un pic d'activité situé entre 6h et 7h, soit 89,44 % des visites observées à cette tranche horaire. En comparant les rendements des plantes à inflorescences non protégées à ceux des plantes à panicules protégées des insectes, il est apparu que: (a) les insectes floricoles ont un impact positif sur le rendement en grains de *Z. mays* sur les plans quantitatif et qualitatif; (b) la pollinisation croisée influence positivement la quantité et la qualité des grains chez le maïs par rapport à l'autopollinisation. Le traitement des plants de maïs aux pesticides chimiques est à éviter pendant la période de floraison afin de bénéficier du service écosystémique des insectes pollinisateurs.

Remerciements

Les auteurs remercient : (a) l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD) de Maroua pour avoir mis à notre disposition les Semences ; (b) M. Jacob Koue Kada et M. Justin Dessienbe pour leur aide physique lors de la préparation de la parcelle expérimentale.

References:

1. Arem, (2011). *Enjeux de la pollinisation pour la production agricole en Tarn-Et- Garonne*. INP. Toulouse. 106 p.
2. Borror D.J. et White RE., (1991). *Les insectes de l'Amerique du Nord (au nord du Mexique)*. Les guides Peterson, (éd.), Broquet, 408 p.
3. Delvare G. et Arbelenc HP., (1989). *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale*. Clés pour la reconnaissance des familles. CIRAD (ed.), Montpellier, 297 p.
4. Dounia, Amada B., Douka C., Elono ASP., Ningatoloum C., Belinga BR., Gagni AF., Fomekong F., Tamesse JL. et Tchuenguem FF-N., (2018). Foraging Activity of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) on Corn Panicles at Yaoundé, Cameroon. *Canadian Journal of Agriculture and Crops*, 3(2): 64- 71.

5. DSCE, (2009). Document de stratégie pour la croissance et l'emploi. MINEPAT, Cameroun, 112 p.
6. Eardley CD., Kuhlman M. et Pauly A., (2010). *Les genres et sous genres d'abeilles de l'Afrique sub saharienne*. ABC Taxa 9, 152 p.
7. FAO, (2014). FAOSTAT data 2014 Data available at <http://faostat3.fao.org;> Agricultural data/Agricultural production/Crops primary.
8. Fichtl R. et Adi A., (1994). *Honeybee flora of Ethiopia*. Weikersheim, Germany: Margraf Verlag, 510 p.
9. Gallai N., Salles JM., Settele J. et Vaissière BE., (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68 (3) : 810–821.
10. Hamel M-A. et Dorff E., (2014). *Le maïs : troisième culture en importance au Canada*. Statistique Canada, 17 p.
11. Klein AM., Vaissière BE., Cane JH., Steffan-Dewenter I., Cunningham SA., Kremen C. et Tscharntke T., (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for word crops. *Proceeding of the Royal society, London (B)*, 274: 303-313.
12. Kremen C., Williams NM. et Thorp RW., (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 99: 16812–16816.
13. Marceau A., (2010). Pollinisation inter-parcellaire chez le maïs: analyse et coupage des processus conditionnant la présence du pollen viable en fonction de la distance à la source. Thèse de doctorat. Institut des sciences et Industries du vivant et de l'environnement, Paris 143 p.
14. Michener CD., (1969). Notes on the nests and life histories of some African Halictid bees with description of a new species. *Trans. Am. Entomol.Soc.*, 94: 473–497.
15. MINADER, (2012). *Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2009 & 2010*. Direction des Enquêtes et Statistiques, AGRI-STAT CAMEROUN n° 17, 123 p.
16. Pando JB., Tchuenguem FF-N. et Tamesse JL., (2011). Foraging and pollination behavior of *Xylocopa calens* Lapeletier (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae) flower at Yaoundé (Cameroon). *Entomological Research*. 41: 185-193.
17. Pauly A., (1984). *Mission entomologique en Afrique occidentale (1979-80) : renseignements éco-biologiques concernant les Hyménoptères*. Notes Faun. Gembloux11, 43 p.
18. Pauly A., (2014). Les Abeilles des Graminées ou Lipotriches Gerstaecker, 1858, sensu stricto (Hymenoptera: Apoidea:

- Halictidae: Nominae) de l'Afrique subsaharienne. *Belgian Journal of Entomology*, 20: 1-393.
19. Pesson P. et Louveaux J., (1984). *Pollinisation et production végétale. In cultures à graines oléagineuses des régions tempérées*. INRA, Paris 363: 317-322.
 20. Phaya T., (1985). Gathering corn pollen behaviour of honeybee (*Apis mellifera* L.) and pollen grain distribution. M.S. Thesis, Kasetsart University of Bangkok, 144 p.
 21. Pitrat M., (2015). La parthénocarpie: des fruits sans graines. *Botanique-Jardins de France*, 633 :1-2.
 22. Poehlman J.M., (1959). *Breeding field crops*. New York: Holt, Rinehart & Winston, USA, 427 p.
 23. Schwartz D., (1984). *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes*. Flammarion Médecine-Science, 318 p.
 24. Taséi J.N., (1984). Cultures à graines oléagineuses des régions tempérées. In : *Pollinisation et productions végétales* (Pesson et Louveaux J., eds), Inra, Paris, 309-330 pp.
 25. Tchuenguem FF-N. (1993). *Activité des insectes anthophiles et son impact sur les rendements de deux plantes cultivées au Cameroun : Zea mays LINNE (Gramineae) et Arachis hypogaea LINNE (Papilionaceae)*. Thèse, Départ. Biol. Physiol. Anim., Univ. Yaoundé 1, 133 p.
 26. Tchuenguem FF-N., Messi J. et Pauly A., (2001). *Activité de Meliponula erythra sur les fleurs de Dacryodes edulis et son impact sur la fructification*. *Fruits*, 56 : 179-188.
 27. Tchuenguem FF-N., Messi J. et Pauly A., (2002). *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*. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, Gembloux*, 6 (2) : 87 - 98.
 28. Tchuenguem FF-N., Ngakou A. et Kegni BS., (2009). *Pollination and yields responses of cowpea (Vigna unguiculata L. walp) to the foraging activity of Apis mellifera adansonii (Hymenoptera: Apidae) at Ngaoundéré (Cameroon)*. *African Journal of Biotechnology*, 8: 1988- 1996.
 29. Vallardir F., (1964). *Encyclopédie du monde végétal*. Lidis (ed.), paris, Tome I, 568 p.
 30. Zandonella P., (1984). *Transport du pollen par les agents physiques : anémogamie et hydrogamie*. In Pesson P., Louveaux J. (eds.). *Pollinisation et productions végétales*. INRA, Paris : 91–95.