



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(4): 1897-1913, August 2018

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences

**Original Paper**

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

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

## **Influence de l'interaction mycorhizes-insectes floricoles sur les rendements de *Vigna subterranea* variété rouge (Fabaceae) à Dang (Ngaoundéré, Cameroun)**

Moussa MOHAMADOU<sup>\*</sup>, Albert NGAKOU et Fernand-Nestor Fohouo TCHUENGUEM

*Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Département des Sciences Biologiques, B.P. 454  
Ngaoundéré, Cameroun.*

*\*Auteur correspondant ; E-mail : mohamadoumoussa789@yahoo.fr; Tel : (+237) 697601282*

### **RESUME**

Une étude de l'influence des insectes et des mycorhizes sur les paramètres de croissance et les rendements en gousses et en graines de *Vigna subterranea* a été effectuée d'avril à septembre 2015 et 2016 à Ngaoundéré. L'expérience a été conduite selon un dispositif en blocs complets randomisés constitué des traitements PM et PN, formés des sous-parcelles ayant reçu des mycorhizes (PM) et des sous-parcelles témoins négatifs qui n'ont pas reçu les mycorhizes (PN). Deux autres traitements T1 et T2 étaient constitués des fleurs protégés avec des cages grillagées et des fleurs laissées en libre pollinisation respectivement. Les résultats indiquent qu'en 2015 et 2016, 1217 et 1168 visites de sept espèces d'insectes ont été recensés sur les fleurs de *Vigna subterranea* respectivement. Parmi ces cinq espèces, *Eurema eximia* et *Halictus* sp. étaient les espèces les plus fréquemment observées avec 37,63% et 36,64% respectivement. En comparant les rendements du traitement laissé en libre pollinisation et de celui protégé des insectes entre eux, il apparaît que les insectes floricoles ont entraîné un accroissement du taux de fructification et du nombre de graines par gousses de 23,40% et 25,93% respectivement. L'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles ont augmenté le nombre de graines par gousse et le pourcentage de graines normales de 39,65% et 44,2% respectivement. Ainsi, les traitements aux insecticides chimiques sont à éviter pendant la période de floraison pour sauvegarder les insectes pollinisateurs. Ces pesticides pourront être substitués par les mycorhizes pour une culture durable du voandzou.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** *Eurema eximia*, *Vigna subterranea*, mycorhize, pollinisation, fleur.

## **Influence of mycorrhizal-floricultural insect interaction on the yields of *Vigna subterranea* red variety (Fabaceae) in Dang (Ngaoundéré, Cameroon)**

### **ABSTRACT**

A study on the influence of insects and mycorrhiza and their impact on growth and pod and seed yield parameters of *Vigna subterranea* was conducted from April to September 2015 and 2016 at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). The experiment was set up in a complete randomized bloc design with two treatments: plots applied with mycorrhiza (PM) and negative control (PN). Two other treatments were formed by flowers protected against insects (T1) and free pollinated flowers (T2). The results indicate that in 2015 and 2016, 1217 and 1168 visits of seven insect species were recorded on *V. subterranea* flowers respectively.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

6026-IJBSC

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.30>

*Eurema eximia* and *Halictus* sp. were the most frequently insect species observed in the field, with 37.63% and 36.64% visits respectively. By comparing the yields of unprotected flowers to those of flowers protected from insects, 23.4% increase in fructification index and 25.93% increase in the number of seeds per pod due to insects were recorded. The synergistic activity of insects and mycorrhiza increased the number of seeds per pod by 39.65% and the percentage of normal seeds by 44.2%. Hence, treatments with the chemical pesticides should be avoided during flowering period to sustain insect pollinators, and could be replaced by mycorrhiza for a sustainable production of *V.subterranea*.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** *Vigna subterranea*, *Eurema eximia*, mycorrhiza, flowers, pollination.

## INTRODUCTION

Dans les pays sous-développés, il existe un besoin urgent de nouvelles plantes alimentaires pour satisfaire les besoins nutritionnels des populations sans cesse croissantes. La non satisfaction de ces besoins entraîne une baisse de la productivité agricole qui expose ainsi une importante proportion de la population de ces pays à la sous-alimentation et bien souvent à la malnutrition. Pourtant, l'un des objectifs clés de la recherche agronomique est l'optimisation des rendements (MINADER, 2010), afin de satisfaire les besoins alimentaires des populations. Pour remédier à ce problème, il s'avère nécessaire d'intégrer les facteurs qui vont d'une part améliorer l'approvisionnement des plantes en éléments minéraux (inoculants mycorrhiziens) et d'autre part augmenter la fructification (insectes pollinisateurs) dans les programmes d'amélioration des rendements des cultures (Tchuenguem, 2005 ; Ngakou et al., 2007).

Cependant, l'exploitation d'inoculum mycorrhizien et des insectes pollinisateurs figure rarement dans les programmes agricoles de plusieurs pays africains (Klein et al., 2002; Ngakou et al., 2007). Pourtant ces deux éléments jouent un rôle positif dans les productions agricoles de plusieurs pays dans le monde (Tchuenguem, 2005 ; Ngakou et al., 2007). Généralement, le faible rendement de certaines cultures est attribué à plusieurs facteurs parmi lesquels l'inefficacité des engrais, l'utilisation non contrôlée des pesticides, l'activité des insectes ravageurs, la mauvaise qualité du sol ainsi que les mauvaises herbes (Kumar, 1991 ; DSCE, 2009). Le voandzou, *Vigna subterranea* encore appelé pois de terre est une plante

appartenant à la famille des Fabaceae (Bamshaiye et al., 2011). C'est une légumineuse hautement calorifique (387 kcal/100 g), riche en vitamines, en éléments minéraux et en protéines (Amarteifio et al., 2006). Cette valeur nutritive constitue un complément nutritionnel pour de nombreuses populations locales qui ne peuvent faire face aux coûts élevés des protéines animales (Massawe et al., 2005). Le voandzou contribue à la fertilisation du sol à travers la fixation symbiotique de l'azote en association avec les bactéries du genre *Rhizobium* (Mukurumbira, 1985). En dépit de ces nombreux avantages, cette plante fait toujours partie des espèces négligées qui n'ont d'importance qu'au cours des périodes de soudure (Ndiang et al., 2012). Pourtant, cette plante pourrait offrir d'énormes potentialités dans la composition des aliments de relèvement de la dénutrition dans les zones de malnutrition chronique au Cameroun (WHO, 1998).

Au Cameroun, les quelques travaux effectués sur le pois de terre sont celles de Ngakou et al. (2012) sur l'amélioration durable du rendement de *V. subterranea* cultivé en champ sous l'effet des symbiotes microbiens ; Ndiang et al. (2012) sur l'étude de la variabilité morphologique de quelques variétés de voandzou et enfin Ngamo et al. (2016) sur Les bruches du voandzou et les outils de protection post récolte dans le Nord du Cameroun. A notre connaissance aucune étude n'a encore été effectuée sur l'effet des actions combinées des mycorrhizes d'une part et celles des insectes pollinisateurs d'autre part sur le rendement de cette plante.

Le présent travail est une contribution à la connaissance des interactions existant entre *Vigna subterranea*, les insectes

anthophiles et les inoculants mycorhiziens, pour leur gestion optimale au Cameroun. Plus spécifiquement, il s'agit de déterminer la diversité de l'entomofaune anthophile de *V. subterranea* ; d'étudier l'activité des insectes sur les fleurs de cette Fabaceae ; d'évaluer l'impact des insectes floricoles sur les rendements fruitiers et grainiers de cette plante et de déterminer l'influence de l'action combinée des mycorhizes et des insectes sur les rendements fruitiers et grainiers de cette espèce végétale.

## MATERIEL ET METHODES

### Site et matériel biologique

Les travaux ont été menés d'avril à septembre 2015 et 2016 à Dang, village de Ngaoundéré III<sup>ème</sup> dans la région de l'Adamaoua au Cameroun. Cette région appartient à la zone écologique dite des hautes savanes guinéennes (Djoufack-Manetsa, 2011). Le climat est de type soudano-guinéen, caractérisé par deux saisons: une saison des pluies (avril à octobre) et une saison sèche (novembre à mars). La station d'étude est une aire circulaire de 1500 m de rayon centré sur la maison des Abeilles (latitude: 7°42.264' N, longitude: 13°53.576' E, altitude: 1124 m) de l'Unité d'Apidologie Appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université de Ngaoundéré. En 2015, 53 et 56 colonies de *A. mellifera* étaient présentes dans la station d'étude en septembre et en novembre 2016, les chiffres correspondant étant de 62 et 67 colonies. L'inoculum mycorhizien nous a été fourni par le Centre de Biotechnologie de l'Université de Yaoundé I et était constitué des espèces du genre *Glomus* et *Gigaspora*. La végétation était représentée par les espèces naturelles de la savane et des galeries forestières, les plantes vivrières, les essences ornementales et les plantes de haie. Le matériel végétal était constitué des graines de *V. subterranea* variété Rouge fournies par l'IRAD (Institut de Recherche Agricole pour le Développement) de Wakwa (Ngaoundéré) (Figure 1).

### Préparation du champ expérimental, Semis et entretien de la culture

Du 23 avril au 11 mai 2015, puis du 28 avril au 17 mai 2016, une parcelle de 19,5 m de longueur sur 12 m de largeur soit 234 m<sup>2</sup> a

été défriché, labouré et neuf sous-parcelles de 4,5 m de longueur et 2 m de largeur ont été formées. Les espacements entre chaque sous-parcelle étaient de 1 m. Le 24 mai 2015 et le 31 mai 2016, le semis a été fait en ligne, à raison de quatre lignes par sous-parcelles et deux graines par poquet. Les espacements étaient de 40 cm sur les lignes et 20 cm entre les lignes, soit 50 poquets pour chaque sous-parcelle. Les sous-parcelles sans inoculum mycorhizien ni engrais chimique (PN) ont reçu la semence en première position pour éviter la contamination avec les mycorhizes (Ngakou et al., 2007). Deux semaines après la levée, le démariage a été effectué pour laisser les plants le plus vigoureux. De la germination à l'apparition des premières fleurs, le sarclage a été régulièrement effectué à la houe et manuellement pendant la floraison.

### Détermination du mode de reproduction de *Vigna subterranea*

Le 18 juillet 2015 puis le 21 juillet 2016, deux traitements ont été constitués (PM et PN) à raison de 50 plants par sous-parcelles:

- traitement 1 : trois sous-parcelles avec 150 plantes (PM, PE et PN) ont été protégés des insectes à l'aide des cages grillagées (mailles de 1 mm<sup>2</sup>) (Figure 2) ;

- traitement 2 : trois sous-parcelles avec 150 plantes (PM, PE et PN) ont été laissées en libre pollinisation et sur lesquels aucune capture d'insectes n'a été faite (Figure 3).

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

pollinisation (X) et dans le traitement aux fleurs protégées des insectes (Y) respectivement;  $TA = [100 - TC]$ .

### Etude de l'activité des insectes sur les fleurs de *Vigna subterranea*

Du 19 juillet au 31 août 2015 et du 22 juillet au 04 septembre 2016, les observations ont été effectuées tous les jours sur les fleurs du traitement 1, selon quatre tranches horaires journalières : 9 - 10 h, 11 - 12 h, 13 - 14 h et 15 - 16 h. Pour chacune de ces tranches horaires, les différents insectes rencontrés sur les fleurs épanouies étaient identifiés et comptés. Les insectes n'ayant pas été marqués, les résultats cumulés ont été exprimés par le nombre de visites (Tchuenguem et al., 2014a). Les données obtenues ont permis de déterminer la fréquence de chaque espèce d'insecte ( $Fi$ ) sur les fleurs de *V. subterranea*. Pour chaque saison d'étude,  $Fi = \{[(Vi) / VI] * 100\}$ , avec  $Vi$  le nombre de visites de l'insecte  $i$  sur les fleurs du traitement libre et  $VI$  le nombre de visites de tous les insectes sur ces mêmes fleurs (Tchuenguem et al., 2014b).

Les produits floraux (nectar et/ou pollen) prélevés par les insectes ont été notés pendant les mêmes dates et tranches horaires que pour la fréquence des visites. Un insecte qui enfonce sa trompe dans une fleur est un butineur de nectar, si à l'aide de ses pattes et de ses mandibules, il gratte les anthères, il s'agit d'un butineur de pollen (Tchuenguem, 2005).

Les abondances par fleur ont été enregistrées à la suite des comptages directs. Pour l'abondance par 1000 fleurs, les individus de chaque espèce ont été comptés sur un nombre connu de fleurs épanouies ; l'abondance par 1000 fleurs ( $A_{1000}$ ) a ensuite été calculée à l'aide de la formule suivante:  $A_{1000} = [(A_x / F_x) * 1000]$ , où  $F_x$  et  $A_x$  sont respectivement le nombre de fleurs et le nombre d'insectes butineurs effectivement comptés sur les fleurs laissées en libre pollinisation à l'instant  $x$  (Tchuenguem et al., 2004). Les données ont été enregistrées selon les tranches horaires suivantes: 10 – 11 h, 12 – 13 h et 14 – 15 h.

La durée des visites par fleur est le temps que met l'abeille pour prélever un produit (pollen et/ou nectar) sur une fleur (Tchuenguem, 2005). Les données ont été enregistrées selon les tranches horaires suivantes: 10 – 11 h, 12 – 13 h et 14 – 15 h.

La vitesse de butinage selon Jacob-Remacle (1989) correspond au nombre de fleurs visitées par minute. Elle a été calculée selon la formule suivante:  $V_b = (Fi/di)*60$ , où  $di$  est la durée donnée par le chronomètre (en secondes) et  $Fi$  est le nombre de fleurs correspondant à  $di$  (Tchuenguem, 2005).

Elle a été enregistrée aux mêmes dates et périodes journalières que pour la durée de visites. L'influence de la faune et de la flore avoisinante a été systématiquement enregistrée lors du chronométrage de la durée des visites par fleur.

La température et l'hygrométrie de la station d'étude ont été enregistrées toutes les 30 minutes, à l'aide d'un thermohygromètre portable de marque HT – 9227 installé à l'ombre tout au long de la période d'observation.

En dehors de *A. mellifera*, sur le terrain, les insectes en activité sur les fleurs de *V. subterranea* étaient capturés à l'aide d'un filet entomologique et conservés dans des flacons contenant de l'éthanol à 70%, à l'exception des Lépidoptères qui ont été conservés dans des papillotes. Au laboratoire, ils étaient ensuite épinglés, séchés, identifiés et conservés dans des boîtes entomologiques.

### Estimation de la valeur apicole

Comme pour d'autres plantes (Tchuenguem et al., 2004 ; Tchuenguem, 2005), la valeur apicole de *V. subterranea* a été évaluée à l'aide principalement des données sur son intensité de floraison et l'attraction du pollen de cette Fabaceae vis-à-vis des ouvrières de *A. mellifera*.

### Evaluation de l'impact des insectes anthophiles sur les rendements

Elle est basée sur l'impact des insectes anthophiles sur la pollinisation, l'impact de la pollinisation sur la fructification de *V. subterranea*, la comparaison des rendements

fruitiers et grainiers (taux de fructification, nombre moyen de graines par gousse et pourcentage de graines normales) des traitements T1 et T2 des sous-parcelles témoins.

Le taux de fructification ( $F_i$ ) dû à l'influence des insectes floricoles a été calculé à l'aide de la formule :  $F_i = \{[(F_1 - F_2) / F_1] * 100\}$  où  $F_1$  et  $F_2$  sont les taux de fructification dans les traitements T2 (fleurs libres) et T1 (fleurs protégées) respectivement. Pour un traitement  $x$ , le taux de fructification ( $F_x$ ) est :  $F_x = [(\text{nombre de fruits}/\text{nombre de fleurs}) * 100]$  (Tchuenguem, 2005).

Le pourcentage ( $P_g$ ) du nombre de graines par gousse attribué à l'influence des insectes floricoles a été calculé à l'aide de la formule :  $P_g = \{[(g_1 - g_2) / g_1] * 100\}$  où  $g_1$  et  $g_2$  sont les nombres moyens de graines par gousse dans les traitements T1 et T2 respectivement (Tchuenguem, 2005).

Le pourcentage ( $P_n$ ) de graines normales dû à l'influence des insectes floricoles a été calculé à l'aide de la formule :  $P_n = \{[(P_{n1} - P_{n2}) / P_{n1}] * 100\}$  où  $P_{n1}$  et  $P_{n2}$  sont les pourcentages de graines normales issus des

traitements T1 et T2 respectivement (Tchuenguem, 2005).

### Estimation de l'action cumulée des mycorhizes et des insectes sur les rendements de *Vigna subterranea*

Elle était basée sur la comparaison des rendements fruitiers et grainiers (Taux de fructification, nombre moyen de graines par gousse et pourcentage de graines normales) du traitement T2 des sous-parcelles PM et du traitement T1 des sous-parcelles PN.

### Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide de la statistique descriptive (calcul des moyennes, écart-types et pourcentages), du test-t de student pour la comparaison de deux moyennes, de l'ANOVA pour la comparaison de plus de deux moyennes, du coefficient de corrélation ( $r$ ) a été utilisé pour l'étude des relations linéaires entre deux variables, le chi-carré ( $\chi^2$ ) a été utilisé pour la comparaison des pourcentages et des logiciels Microsoft Excel 2010 et R 2.13.0.



**Figure 1:** Graines de *Vigna subterranea* variété Rouge.



**Figure 2:** Sous-parcelle de *Vigna subterranea* protégée des insectes à l'aide de cages grillagées.



**Figure 3:** Sous-parcelle de *Vigna subterranea* laissée en libre pollinisation.

## RESULTATS

### Système de reproduction

L'indice de fructification a été de 0,62; 0,49 ; 0,63 et 0,47 dans les traitements 1, 2, 3 et 4 respectivement. Ainsi en 2015,  $TC = 20,96\%$  et  $TA = 79,04\%$ . Pour l'année 2016,  $TC = 25,39\%$  et  $TA = 74,61\%$ . Pour ces deux années cumulées,  $TC = 23,18\%$  et  $TA = 76,82\%$ . Ainsi *V. subterranea* a donc un mode de reproduction mixte allogame-autogame, avec prédominance de l'autogamie.

### Diversité et abondance des insectes floricoles

En 2015 et 2016 respectivement, 1217 et 1168 visites de 7 espèces d'insectes appartenant à 5 familles ont été respectivement dénombrées sur 20143 fleurs et 15175 fleurs de *V. subterranea*. Le Tableau 1 présente la liste de ces insectes avec leur taux de visites.

D'après les données du Tableau 1, les Lépidoptères constituent l'ordre le plus important avec 37,63% des visites en 2015 et les Hyménoptères 36,64% en 2016. Ils sont principalement représentés par les Pieridae et les Halictidae, notamment *Eurema eximia* et *Halictus* sp. en 2015 et 2016 respectivement. Les autres ordres ont été rarement observés, il s'agit, des Apidae et des Lycaenidae avec moins de 10% des visites chacun, en 2015 comme en 2016.

Les conditions climatiques ne semblent pas influencer l'activité de butinage des

insectes sur les fleurs de *V. subterranea* (Figure 2). En 2015, la corrélation s'est révélée négative et non significative entre le nombre de visites des insectes et la température sur les sous-parcelles avec mycorhizes ( $r = - 0,46$  ;  $ddl = 2$  ;  $p > 0,05$ ) et ( $r = - 0,29$ ;  $ddl = 2$  ;  $p > 0,05$ ) sur les sous-parcelles témoins, positive et non significative entre l'humidité relative et le nombre de visites sur les sous-parcelles avec mycorhizes ( $r = 0,74$ ;  $ddl = 2$  ;  $p > 0,05$ ) et ( $r = 0,51$  ;  $ddl = 2$ ;  $p > 0,05$ ) sur les sous-parcelles témoins. En 2016, la corrélation s'est révélée négative et non significative entre le nombre de visites des insectes et la température sur les sous-parcelles avec mycorhizes ( $r = - 0,09$  ;  $ddl = 2$  ;  $p > 0,05$ ) et ( $r = - 0,11$  ;  $ddl = 4$  ;  $p > 0,05$ ) sur les sous-parcelles témoins ; positive et non significative entre le nombre de visites des insectes et l'humidité relative de l'air ( $r = 0,37$  ;  $ddl = 2$  ;  $p > 0,05$ ) sur les sous-parcelles avec mycorhizes et ( $r = 0,34$  ;  $ddl = 2$ ;  $p > 0,05$ ) sur les sous-parcelles témoins.

### Produits floraux récoltés

Sur les fleurs de *V. subterranea*, les insectes récoltent le nectar et le pollen (Figure 4 et 5). Sur 1614 et 2601 visites enregistrées en 2015 et en 2016, 2687 étaient consacrées à la récolte du nectar et 1528 étaient consacrées à la récolte du pollen pour les deux années cumulées.

### Rythme des visites en fonction de l'épanouissement des fleurs

En général, les visites sont plus fréquentes sur les plantes lorsque le nombre de fleurs épanouies qu'elles portent est plus élevé et que la floraison de la flore de bord est en baisse. Nous avons trouvé une corrélation positive et hautement significative entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre de visites d'insectes sur les sous-parcelles avec mycorhizes ( $r = 0,74$  ;  $ddl = 42$  ;  $p < 0,01$ ) et les sous-parcelles témoins ( $r = 0,50$  ;  $ddl = 42$  ;  $p < 0,01$ ) en 2015. En 2016, une corrélation positive et hautement significative a été observée entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre de visites d'insectes sur les sous-parcelles avec mycorhizes ( $r = 0,60$  ;  $ddl = 43$  ;  $p < 0,01$ ) et les sous-parcelles témoins ( $r = 0,40$  ;  $ddl = 43$  ;  $p < 0,01$ ).

### Rythme journalier des visites en fonction des plages horaires d'observation

L'activité des insectes débute le matin vers 9 h avec l'épanouissement des fleurs et diminue progressivement jusqu'à s'annuler aux environs de 16 h. La période journalière d'activité optimale des insectes se situait entre 11 h - 12 h en 2015 comme en 2016 (Tableau 2).

### Abondance des insectes

Le plus grand nombre d'individus simultanément en activité sur une fleur était de 1 en 2015 et en 2016. Pour les abondances par 1000 fleurs, celles-ci variaient de 29,79 ( $n = 276$ ,  $s = 23,04$ ) chez *Eurema eximia* à 34,02 ( $n = 140$ ,  $s = 28,13$ ) chez *Paragus borbonicus* en 2015 et de 96,74 ( $n = 363$ ,  $s = 67,39$ ) chez *Halictus* sp. à 80,2 ( $n = 328$ ,  $s = 46,58$ ) chez *Paragus borbonicus* en 2016.

### Durée de visites par fleur

La durée moyenne d'une visite d'insecte par fleur de *V. subterranea* variait de 2,04 sec ( $n = 618$  ;  $s = 1,22$ ) chez *Eurema eximia* à 7,88 sec ( $n = 266$  ;  $s = 5,79$ ) chez *Paragus borbonicus* en 2015 et de 1,86 sec ( $n = 593$  ;  $s = 0,91$ ) chez *Halictus* sp. à 18,7 sec ( $n = 529$  ;  $s = 9,89$ ) chez *Paragus borbonicus* en 2016.

### Vitesse de butinage

La vitesse moyenne de butinage des fleurs de *V. subterranea* variait de 27,08

fleurs/min ( $n = 449$  ;  $s = 21,04$ ) chez *Eurema eximia* à 25,36 fleurs/min ( $n = 114$  ;  $s = 20,73$ ) chez *Paragus borbonicus* en 2015 et de 35,48 fleurs/min ( $n = 493$  ;  $s = 17,73$ ) chez *Halictus* sp. à 10,96 fleurs/min ( $n = 351$  ;  $s = 6,86$ ) chez *Paragus borbonicus* en 2016.

### Valeur apicole

Pendant les périodes de floraison de *V. subterranea*, il a été noté une très faible activité des ouvrières de *A. mellifera* au niveau des fleurs de cette fabaceae. Seulement 94 visites ont été enregistrées sur toutes les parcelles et ceci en 2015, soit 7,73% des visites d'insectes. En 2016, aucune visite de *A. mellifera* n'a été enregistrée. Ces données mettent en évidence la faible attractivité du nectar de *V. subterranea* vis-à-vis de *A. mellifera*. Elles permettent de classer cette espèce végétale parmi les plantes apicoles faiblement nectarifères.

### Impact des insectes floricoles sur la pollinisation et les rendements en gousses et en graines

Pendant la récolte du nectar ou du pollen dans une fleur de *V. subterranea*, les insectes se trouvaient fréquemment en contact avec les anthères et le stigmate aussi bien en 2015 qu'en 2016. Ainsi sur 1217 et 1168 visites des fleurs par les insectes, 687 (58,81%) et 203 (17,39%) étaient accompagnées de contact avec le stigmate, 244 (20,05%) et 332 (28,42%) avec les anthères en 2015 et en 2016 respectivement. Ils augmentaient donc fortement les possibilités de pollinisation de cette Fabaceae.

Le Tableau 3 résume les données des rendements dans les différents traitements de *V. subterranea*. Il ressort de ce tableau que dans l'ensemble, le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage de graines normales ont été significativement plus élevés dans les traitements en libres pollinisation (1 et 2) par rapport aux traitements protégés (3 et 4).

### Taux de fructification

En 2015, le taux de fructification a été de 62,02% dans le traitement 1 et de 49,02% dans le traitement 2. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 168,09$  ;  $p < 0,001$ ). Le

pourcentage ( $P_i$ ) du taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles a été de 20,96%.

En 2016, le taux de fructification a été de 63,97% dans le traitement 3 et de 47,44% dans le traitement 4. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 225,85$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage ( $P_i$ ) du taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles a été de 25,84%.

Pour l'ensemble des deux années d'études, le pourcentage ( $P_i$ ) du taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles a été de :

$$P_i = \{[(P_i \text{ pour } 2015) + (P_i \text{ pour } 2016)] / 2\} = 23,4\%$$

La différence global entre les taux de fructification est très hautement significative ( $X^2 = 290,29$  ;  $p < 0,001$ ). En conséquence, le nombre de gousses produit en 2016 a été plus élevé que celui de 2015. L'influence des insectes anthophiles sur la fructification de *V. subterranea* a donc été positive.

#### Nombre moyen de graines par gousse

En 2015, le nombre moyen de graines par gousse dans le traitement 1 a été de 1,63 ( $n = 3517$  ;  $s = 0,48$ ) et de 1,08 ( $n = 2113$  ;  $s = 0,28$ ) dans le traitement 2. La différence entre ces moyennes est très hautement significative ( $t = 1743,34$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage ( $P_g$ ) du nombre de graines par gousse attribué à l'influence des insectes floricoles a été de 33,75%.

En 2016, le nombre moyen de graines par gousse dans le traitement 3 a été de 1,38 ( $n = 3017$  ;  $s = 0,49$ ) et de 1,13 ( $n = 1685$  ;  $s = 0,34$ ) dans le traitement 4. La différence entre ces moyennes est très hautement significative ( $t = 915,46$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage ( $P_g$ ) du nombre de graines par gousse dû à l'influence des insectes floricoles a été de 18,11%.

Pour l'ensemble des deux années d'études, le nombre moyen de graines par gousse dû à l'influence des insectes floricoles a été de :

$$P_g = \{[(P_g \text{ pour } 2015) + (P_g \text{ pour } 2016)] / 2\} = 25,93\%$$

La différence globale entre les nombres moyens de graines par gousse est très hautement significative ( $F = 138,86$  ;  $df_1 = 3$ ,  $df_2 = 2150$  ;  $p < 0,001$ ). En conséquence, le nombre de graines par gousse produit en 2015 a été plus élevé que celui de 2016. L'influence des insectes anthophiles sur l'augmentation du nombre de graines par gousse de *V. subterranea* a donc été positive.

#### Pourcentage de graines normales

En 2015, le pourcentage de graines normales a été de 60,58% dans le traitement 1 et de 53,98% dans le traitement 2. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 27,20$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage des graines normales dû à l'influence des insectes floricoles a été de 10,89%.

En 2016, le pourcentage de graines normales a été de 54,94% dans le traitement 3 et de 26,69% dans le traitement 4. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 516,24$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage des graines normales attribué à l'influence des insectes floricoles a été de 51,41%.

Pour l'ensemble des deux années d'études, le pourcentage de graines normales dû à l'influence des insectes floricoles a été de :

$$P_n = \{[(P_n \text{ pour } 2015) + (P_n \text{ pour } 2016)] / 2\} = 31,15\%$$

La différence globale du pourcentage de graines normales est très hautement significative ( $\chi^2_{Global} = 761,37$  ;  $p > 0,001$ ). L'influence des insectes anthophiles sur la réduction du nombre de graines abortives par gousse de *V. subterranea* a donc été positive.

#### Action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles sur les rendements de *Vigna subterranea*

Le Tableau 4 résume les données des rendements dans les différents traitements de *V. subterranea*. Il ressort de ce tableau que dans l'ensemble, le taux de fructification, le nombre moyen de graines par fruit et le pourcentage de graines normales sont significativement plus élevé dans les

traitements en libres pollinisation (5 et 2) par rapport aux traitements protégés (6 et 4) :

### Taux de fructification

En 2015, le taux de fructification a été de 68,98% dans le traitement 5 et de 49,02% dans le traitement 2. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 467,28$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage ( $P_i$ ) du taux de fructification dû à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de 28,94%.

En 2016, le taux de fructification a été de 68,66% dans le traitement 6 et de 47,44% dans le traitement 4. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 354,57$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage ( $P_i$ ) du taux de fructification dû à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de 30,90%.

Pour l'ensemble des deux années d'études, le pourcentage ( $P_i$ ) du taux de fructification dû à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de :

$$P_i = \{[(P_i \text{ pour } 2015) + (P_i \text{ pour } 2016)] / 2\} = 29,92\%.$$

La différence global entre les taux de fructification est très hautement significative ( $X^2 = 740,81$  ;  $p < 0,001$ ). En conséquence, le nombre de gousses produit en 2016 a été plus élevé que celui de 2015. L'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles sur la fructification de *V. subterranea* a donc été positive.

### Nombre moyen de graines par gousse

En 2015, le nombre moyen de graines par gousse dans le traitement 5 a été de 1,90 ( $n = 5351$  ;  $s = 0,30$ ) et de 1,08 ( $n = 2113$  ;  $s = 0,28$ ) dans le traitement 2. La différence entre ces moyennes est très hautement significative ( $t = 4217,63$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage ( $P_g$ ) du nombre de graines par gousse dû à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de 43,15%.

En 2016, le nombre moyen de graines par gousse dans le traitement 6 ( $n = 4445$  ;  $s = 0,30$ ) a été significativement ( $t = 2509,88$  ;  $p < 0,001$ ) plus grand que dans le traitement 4 ( $n = 1685$  ;  $s = 0,34$ ). Le pourcentage ( $P_g$ ) du

nombre de graines par gousse attribué à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de 36,16%.

Pour l'ensemble des deux années d'études, le nombre moyen de graines par gousse dû à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de :

$$P_g = \{[(P_g \text{ pour } 2009) + (P_g \text{ pour } 2010)] / 2\} = 39,65\%.$$

En conséquence, le nombre de graines par gousse produit en 2015 a été significativement plus élevé ( $F = 335,94$  ;  $df 1 = 3$ ,  $df 2 = 5203$  ;  $p < 0,001$ ) que celui de 2016. L'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles sur l'augmentation du nombre de graines par gousse de *V. subterranea* a donc été positive.

### Pourcentage de graines normales

En 2015, le pourcentage de graines normales a été de 69,15% dans le traitement 5 et de 53,98% dans le traitement 2. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 188,66$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage des graines normales attribué à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de 21,93%.

En 2016, le pourcentage de graines normales a été de 79,58% dans le traitement 6 et de 26,69 % dans le traitement 4. La différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $X^2 = 2049,56$  ;  $p < 0,001$ ). Le pourcentage des graines normales dû à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de 66,47%.

Pour l'ensemble des deux années d'études, le pourcentage de graines normales dû à l'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles a été de :

$$P_n = \{[(P_n \text{ pour } 2009) + (P_n \text{ pour } 2010)] / 2\} = 44,2\%.$$

La différence globale du pourcentage de graines normales est très hautement significative ( $\chi^2_{Global} = 2294,86$  ;  $p > 0,001$ ).

L'action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles sur la réduction du nombre de graines abortives par gousse de *V. subterranea* a donc été positive.

**Tableau 1:** Nombre et pourcentage de visites des différents insectes recensés sur les fleurs de *Vigna subterranea* en 2015 et 2016 à Dang.

Insectes			2015					2016				
			Sous-parcelle			Total		Sous-parcelle			Total	
Ordre	Famille	Genre, espèce	PM	PE	PN	n <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> (%)	PM	PE	PN	n <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> (%)
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (nectar)	30	27	37	94	7,73	-	-	-	-	-
	Halictidae	<i>Halictus</i> sp. (pollen)	-	-	-	-	-	184	163	81	428	36,64
	<b>Total Hymenoptera</b>		<b>30</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>94</b>	<b>7,73</b>	<b>184</b>	<b>163</b>	<b>81</b>	<b>428</b>	<b>36,64</b>
Diptera	Syrphidae	<i>Episyrphus</i> sp. (pollen)	50	32	44	126	10,36	-	-	-	-	-
		(1 sp.) (nectar)	-	-	-	-	-	102	85	26	213	18,24
		<i>Paragus borbonicus</i> (pollen)	127	59	28	214	17,58	89	104	35	228	19,52
	<b>Total Diptera</b>		<b>177</b>	<b>91</b>	<b>72</b>	<b>340</b>	<b>27,94</b>	<b>191</b>	<b>189</b>	<b>61</b>	<b>441</b>	<b>37,76</b>
Lepidoptera	Pieridae	<i>Eurema eximia</i> (nectar)	171	143	144	458	37,63	88	65	32	185	15,83
	Lycanidae	(1 sp.) (nectar)	132	102	91	325	26,7	84	66	24	114	9,76
	<b>Total Lepidoptera</b>		<b>303</b>	<b>245</b>	<b>235</b>	<b>783</b>	<b>64,33</b>	<b>172</b>	<b>131</b>	<b>56</b>	<b>299</b>	<b>25,6</b>
<b>Total</b>		<b>7 espèces</b>	<b>510</b>	<b>363</b>	<b>344</b>	<b>1217</b>	<b>100</b>	<b>547</b>	<b>483</b>	<b>198</b>	<b>1168</b>	<b>100</b>

**PM:** sous-parcelles avec mycorhizes; **PE:** sous-parcelles avec engrais chimique; **PN:** sous-parcelles sans mycorhizes ni engrais chimique; sp : espèces indéterminées ; n<sub>1</sub> et n<sub>2</sub> : nombre de visites sur 20143 fleurs et 15175 fleurs en 44 jours et 45 jours respectivement ; P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> : pourcentages des visites, P<sub>1</sub> = (n<sub>1</sub>/1217) x 100 ; P<sub>2</sub> = (n<sub>2</sub>/1168) x 100. Comparaison globale des pourcentages de visites des insectes pour les deux années:  $\chi^2_{global} = 171,44$  ;  $ddl = 5$  ;  $P > 0,001$ .

**Tableau 2 :** Distribution des visites des différents insectes sur les fleurs de *Vigna subterranea* en fonction des plages horaires journalières en 2015 et 2016 à Dang.

Insectes	Sous-parcelles	Périodes journalières (heures)																	
		2015									2016								
		09 - 10		11 - 12		13 - 14		15 - 16		A	09 - 10		11 - 12		13 - 14		15 - 16		A
		<i>n</i>	<i>p</i> (%)	<i>n</i>	<i>p</i> (%)	<i>n</i>	<i>p</i> (%)	<i>n</i>	<i>p</i> (%)		<i>n</i>	<i>p</i> (%)							
<i>Apis mellifera</i>	PM	3	9,09	12	48*	10	30,3	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PE	13	40,62*	10	31,25	8	25	1	3,12	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PN	5	14,70	17	50*	12	35,29	-	-	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Halictus sp.</i>	PM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	10,86	65	35,33	90	48,92*	9	4,9	184
	PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	23,93	63	38,65*	50	30,63	11	6,75	163
	PN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	14,29	37	40,66	41	45,05*	-	-	91
<i>Episyrphus sp.</i>	PM	2	3,44	24	41,37	28	48,28*	4	6,89	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PE	-	-	23	62,17*	12	32,43	2	5,4	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PN	-	-	14	41,18	18	52,95*	2	5,88	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Syrphidae (1sp.)	PM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	12,5	30	41,67*	24	33,33	9	12,5	72
	PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	22	47,83*	17	36,95	2	4,35	46
	PN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	10	32,25	15	48,39*	4	12,9	31
<i>Eurema eximia</i>	PM	27	15,52	130	69,15*	26	14,94	5	2,88	188	18	20,45	37	42,04*	20	22,72	13	14,78	88
	PE	29	20,28	70	48,95*	42	29,37	2	1,4	143	15	25,87	23	39,65*	13	22,41	7	12,06	58
	PN	20	13,89	49	34,03	70	48,61*	5	3,47	144	6	12,25	20	40,81*	15	30,62	8	16,32	49
<i>Paragus borbonicus</i>	PM	9	7,08	44	34,65	70	55,11*	4	3,15	127	9	10	57	63,33*	22	24,44	2	2,22	90
	PE	18	30,51	17	28,81	21	35,59*	3	5,08	59	16	23,53	21	30,88	26	38,23*	5	7,36	68
	PN	7	25	15	53,58*	5	17,86	1	3,57	28	7	20	16	45,71*	6	17,14	6	17,14	35
Lycaenidae (1 sp.)	PM	20	15,15	86	68,25*	18	13,63	2	1,51	126	10	11,91	41	48,8*	26	30,95	7	8,33	84
	PE	14	13,72	51	50*	33	32,36	4	3,93	102	15	20,83	32	44,44*	21	29,17	4	5,56	72
	PN	4	5	38	47,5	36	45*	2	2,5	80	5	13,51	19	51,35	10	27,02	3	8,11	37
<b>T</b>		171	14,05	600	<b>49,30*</b>	409	33,61	37	3,04	<b>1217</b>	189	16,18	493	<b>42,2*</b>	396	33,91	90	7,7	<b>1168</b>

*n* : nombre de visites en 44 et 45 jours d'observation, *P* : Pourcentage de visites = (*n*/*A*) x 100, *A* : Nombre total des visites d'insectes en 44 et 45 jours d'observation, \* : Pic journalier des visites,

T : Tous les insectes.

**Tableau 3 :** Taux de fructification, nombre moyen des graines par gousse et pourcentage de graines normales de *Vigna subterranea* dans les traitements aux fleurs laissées en libre pollinisation et les traitements aux fleurs protégées des insectes en 2015 et 2016 à Dang.

Années	Traitements	NFE	NgF	TF (%)	Gaines/Gousses		NTG	NGN	%GN
					<i>m</i>	<i>s</i>			
2015	1 (Fleurs laissées en libre pollinisation)	5671	3517	62,02	1,63	0,48	3296	1997	60,58
	2 (Fleurs protégées des insectes)	4310	2113	49,02	1,08	0,28	2818	1521	53,98
2016	3 (Fleurs laissées en libre pollinisation)	4716	3017	63,97	1,38	0,49	3775	2074	54,94
	4 (Fleurs protégées des insectes)	3552	1685	47,44	1,13	0,34	2738	731	26,69

NFE: Nombre de fleurs étudiées ; NgF : Nombre de gousses formés ; TF : Taux de fructification ; NTG Nombre total de graines ; NGN : Nombre de graines normales ; %GN : Pourcentages de graines normales ; *m* : Moyenne ; *s* : Ecart-type

**Tableau 4:** Taux de fructification, nombre moyen des graines par gousse et pourcentage de graines normales de *Vigna subterranea* dans les traitements mycorhizés aux fleurs laissées en libre pollinisation et les traitements témoins aux fleurs protégées des insectes en 2015 et 2016 à Dang.

Années	Traitements	NFE	NgF	TF (%)	Graines/Gousses		NTG	NGN	%GN
					<i>m</i>	<i>s</i>			
2015	5 (Fleurs laissées en libre pollinisation sur les sous-parcelles mycorhizées)	7758	5351	68,98	1,90	0,30	5671	3922	69,15
	2 (Fleurs protégées des insectes sur les sous-parcelles témoins)	4310	2113	49,02	1,08	0,28	2818	1521	53,98
2016	6 (Fleurs laissées en libre pollinisation sur les sous-parcelles mycorhizées)	6474	4445	68,66	1,77	0,30	4855	3864	79,58
	4 (Fleurs protégées des insectes sur les sous-parcelles témoins)	3552	1685	47,44	1,13	0,34	2738	731	26,69

NFE: Nombre de fleurs étudiées ; NgF : Nombre de gousses formés ; TF : Taux de fructification ; NTG Nombre total de graines ; NGN : Nombre de graines normales ; %GN : Pourcentages de graines normales ; *m* : Moyenne ; *s* : Ecart-type



**Figure 4:** *Eurema eximia* prélevant du nectar sur une fleur de *Vigna subterranea*



**Figure 5:** *Paragus borbonicus* prélevant du pollen sur une fleur de *Vigna subterranea*

## DISCUSSION

### Activité des insectes sur les fleurs de *V. subterranea*

Dans la région de l'Adamaoua (Dang), les principaux insectes anthophiles de *V. subterranea* appartiennent à l'ordre des Lépidoptères et des Hyménoptères, avec les familles des Pieridae et des Halictidae qui sont les plus abondantes en 2015 et 2016 respectivement. A Yaoundé, Djonwangwé et al. (2017) ont montré que les principaux insectes anthophiles de *V. unguiculata* appartenaient à l'ordre des Hyménoptères. Ces résultats confirment l'idée selon laquelle la diversité de l'entomofaune floricole d'une plante varie d'une région à une autre (Roubik, 2000).

Dans l'ensemble, les insectes visitent les fleurs de 9 h à 16 h avec un pic d'activité situé entre 11 h et 12 h. Cette période journalière correspondrait au moment de la journée où les produits floraux de *V. subterranea* sont disponibles en grande quantité.

La faible abondance des butineurs par fleur et par 1000 fleurs met en évidence la faible attractivité du nectar et/ou du pollen de cette plante vis-à-vis des différents insectes. La faible attractivité de *A. mellifera* sur *V.*

*subterranea* serait liée à la présence d'une source alimentaire plus intéressante et facilement accessible pour cette abeille domestique dans l'environnement de la plantation de *V. subterranea* pendant la période d'étude. A Ngaoundéré, les mêmes résultats ont été rapportés sur *Arachis hypogaea* par Kingha et al. (2012).

La durée moyenne d'une visite de récolte de pollen et du nectar varie avec l'insecte et ceci d'une année à une autre. La durée des visites semble être liée à l'accès difficile des produits floraux de cette plante. Chez *V. subterranea*, les anthères sont cachées par la corolle et se dressent plus ou moins à l'extrémité du filet. Ainsi, pour récolter le pollen, les insectes écartent les pétales afin d'entrer en contact avec les anthères. L'interruption d'une visite a lieu à la suite des pluies violentes, des collisions entre les visiteurs, des tentatives de capture du visiteur par un prédateur ou de l'approche de la fleur déjà occupée par un premier visiteur. Il faut également noter que l'interruption des visites chez les Halictidés peut entraîner la réduction de la durée d'une visite par fleur et la perte d'une partie du pollen transporté. Ceci a pour conséquence de prolonger l'activité

exploratrice de l'Halictidé lors d'un voyage de butinage.

Chacun des insectes butineurs pouvait passer de *V. subterranea* à une plante avoisinante. Ainsi, nous avons observé *Apis mellifera* qui passait des fleurs de *Cosmos sulphureus* aux fleurs de *V. subterranea* et vice versa. Ceci serait dû au fait que le pollen et le nectar de cette plante sont difficilement accessibles du fait de la complexité de la fleur des Fabaceae, ce qui réduit sa valeur apicole.

### **Impact de l'activité des insectes sur la pollinisation et les rendements de *V. subterranea***

Au cours de leur récolte de pollen et/ou du nectar dans une fleur de cette plante, les insectes rentrent fréquemment en contact avec les anthères et le stigmate. Ils peuvent intervenir directement dans l'autopollinisation, en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate de celle-ci. Ceci est d'autant plus probable que l'autogamie est prépondérante chez *V. subterranea* (Djè et al., 2005).

Les insectes (principalement les Halictidae) transportent le pollen de fleur en fleur et peuvent ainsi jouer un rôle positif dans la geitogamie, en mettant le pollen d'une fleur sur le stigmate d'une autre fleur de la même plante. Les insectes qui passent de fleur en fleur sur différentes plantes peuvent transporter le pollen d'une plante à une autre. Ils peuvent favoriser la xénogamie, en mettant le pollen d'une plante sur le stigmate d'une fleur d'une autre plante.

Les insectes secouent les fleurs pendant leurs visites. Ce mouvement faciliterait la libération optimale de pollen pour l'occupation du stigmate. La charge optimale de pollen sur le stigmate serait favorable à la formation des gousses et des graines. En effet, une pollinisation efficace permet l'augmentation des rendements et la qualité du fruit (Segeren et al., 1996). A cet effet, Kengni et al. (2015) ont d'ailleurs montré que les fleurs de *Glycine max* encagées et non

manipulées produisaient moins de gousses (64,13 %) que les fleurs laissées en libre pollinisation (85,74 %).

### **Action cumulée des mycorhizes et des insectes floricoles sur les rendements de *Vigna subterranea***

Pour cette plante, nous avons montré que par leur action cumulée, les mycorhizes et les insectes floricoles augmentent le taux de fructification, le nombre de graines par gousse et le nombre de graines normales. En effet, lorsque les mycorhizes colonisent la plante-hôte, ils prolifèrent dans les racines en améliorant la nutrition minérale et hydrique de celle-ci grâce au réseau d'hyphe développé dans le sol, et reçoit en retour les produits issus de la photosynthèse nécessaires à son développement (Strullu, 1991). Ainsi, les légumineuses satisferont dans les bonnes conditions de symbiose, l'essentiel de leur besoin pour assurer leur croissance, leur floraison et augmenter leur production (Ngakou et al., 2012). Par ailleurs, les insectes, lors de leur déplacement de fleur en fleur entraineraient un effet positif sur la pollinisation de plusieurs légumineuses (Klinhamer & Jong, 1993), et donc sur l'augmentation des rendements en gousses et/ou en graines (Djonwangwé et al., 2017).

### **Conclusion**

Au Cameroun, *V. subterranea* est une plante nectarifère et pollinifère qui bénéficie de la pollinisation par les insectes. En comparant le rendement des plantes non protégées à celui des plantes protégées des insectes, il apparaît que les insectes anthophiles augmentent le taux de fructification, le nombre moyen de graines par gousse ainsi que le pourcentage de graines normales en 2015 et 2016. L'action combinée des mycorhizes et des insectes floricoles ont augmenté le taux de fructification, le nombre moyen de graines par gousse ainsi que le pourcentage de graines normales en 2015 et

2016. La grande majorité des insectes inventoriés sur les fleurs du voandzou sont des pollinisateurs. Les plus intéressants d'entre eux sont les Lépidoptères de la famille des Pieridae et les Abeilles de la famille des Halictidés qui sont de bons récolteurs de nectar et du pollen de cette Fabacée respectivement. Le traitement des plants du voandzou aux pesticides chimiques est à éviter pendant la période de floraison, pour sauvegarder les insectes pollinisateurs. Ces pesticides pourront être substitués par les mycorhizes pour une culture durable du voandzou.

### CONFLIT D'INTERETS

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

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

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

### REFERENCES

- Amarteifio JO, Tibe O, Njogu RM. 2006. The mineral composition of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) grown in Southern Africa. *African Journal of Biotechnology*, **5**(23): 2408-2411. DOI: <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Bamshaiye OM, Adegbol JA, Bamishaiye EI. 2011. Bambara groundnut: an under-utilized nut in Africa. *Advances in Agricultural Biotechnology*, **1**: 60-72. DOI: [www.woaj.org/AAB](http://www.woaj.org/AAB)
- Demarly Y. 1977. *Génétique et amélioration des plantes*. Masson, Paris ; p. 577.
- Djè Y, Béket SB, Zoro Bi IA. 2005. Observations préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc., Fabaceae] de Côte d'Ivoire. *Biology Agronomy and Society*, **9**(4): 249-258. DOI: <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507>
- Djonwangwe D, Pando JB, Kameni BAS, Bella MMA, Tchuenguem FFN, Messi J. 2017. Impact des activités de butinage de *Xylocopa inconstans* (Hymenoptera : Apidae) et *Megachile eurymera* (Hymenoptera : Megachilidae) sur la pollinisation et les rendements fruitiers et grainiers de *Vigna unguiculata* (L.) (Fabaceae) à Maroua (Extrême-Nord, Cameroun). *Afrique Science*, **13**(5) :1-17. DOI: <http://www.afriquescience.info>
- Djoufack-Manetsa V. 2011. Étude multi-échelle des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : Analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du Normalized Différence Végétation Index. Thèse de Doctorat d'État, Université de Yaoundé I- Université de Bourgogne, Bourgogne ; p.322.
- DSCE. 2009. Document de stratégie pour la croissance et l'emploi. MINEPAT, Cameroun ; p. 167.
- Jacob-Remacle A. 1989. Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, **20** : 217-285. DOI: Elsevier/INRA/DIB/AGIB
- Kengni BS, Tchuenguem FFN, Ngakou A. 2015. Pollination and yield attributes of (cowpea) *Vigna unguiculata* L. Walp. (Fabaceae) as influenced by the foraging activity of *Xylocopa olivacea* Fabricius (Hymenoptera: Apidae) and inoculation with *Rhizobium* in Ngaoundere, Cameroon. *International Journal of*

- Agronomy and Agricultural Research*, **6**(2): 62-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.14419/ijbr.v3i2.5211>
- Kingha TMB, Tchuengem FFN, Ngakou A, Bruckner D. 2012. Foraging and pollination activities of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) flowers at Dang (Ngaoundere - Cameroon). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, **4**: 330 - 339. DOI: 10.5897/JAERD11.151
- Klein AM, Steffan-Dewenter I, Tschardt T. 2002. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society, London*, **270**: 955-961. DOI: 10.1098/rspb.2002.2306
- Kumar R. 1991. La lutte contre les insectes ravageurs: la situation de l'agriculture africaine. CTA/Karthala (eds.), Wageningen, Paris; p. 310.
- Massawe FJ, Mwale SS, Azam-Ali S.N, Roberts JA. 2005. Breeding in Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.]: Strategic considerations. *African Journal of Biotechnology*, **4**(6): 463-471.
- MINADER. 2010. Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2007 & 2008. AGRI-STAT N°16: p. 98.
- Mukurumbira LM. 1985. Effects of rate of fertilizer nitrogen and previous grain legume crop on maize yields. *Zimbabwe Agriculture Journal*, **82**(6): 177-179.
- Ndiang Z, Bell JM, Missoup AD, Fokam PE, Amougou A. 2012. Etude de la variabilité morphologique de quelques variétés de voandzou au Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, **60**: 4394-4409. DOI: [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org)
- Ngakou A, Nwaga D, Nebane CLN, Ntonifor NN, Tamò M, Parh IA. 2007a. Arbuscular-mycorrhizal fungi, rhizobia and *Metarhizium anisopliae* enhance P, N, and Mg, K, and Ca accumulations in fields grown cowpea. *Journal of Plant Science*, **2**(5): 518-529. DOI: 10.3923/jps.2007.518.529
- Ngakou A, Laurette NN, Gomoung D, Souleymanou A. 2012. Mycorrhiza-Rhizobium *Vigna subterranea* dual symbiosis: impact of microbial symbionts for growth and sustainable yield improvement. *International Journal of Agriculture and Biology*, **14**(6): 915-921. DOI: <http://www.fsublishers.org>
- Ngamo TSL, Augustin G, Watching D, Chantal M. 2016. Les bruches du voandzou *Vigna subterranea* (L.) et les outils de protection post récolte dans le Nord du Cameroun. *Entomologie Faunistique*, **69**: 83-89.
- Roubik DW. 2000. Pollination system stability in Tropical America. *Conservation biology*, **14**(5): 1235-1236.
- Segeren P, Mulder V, Beetsma J, Sommeijer R. 1996. *Apiculture sous les Tropiques*. Agrodok 32, 5<sup>ème</sup> edn, Agromisa : Wageningen ; p. 88.
- Strullu DG. 1991. La relation entre les plantes et les champignons. In *Les Mycorrhizes des Arbres Cultivés. Techniques et Développement*. Lavoisier ; 9-49.
- Tchuengem FFN, Messi J, Pauly A. 2001. Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, **56**: 179-188.
- Tchuengem FFN. 2005. Activité de butinage et de pollinisation d'*Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun) : *Callistemon rigidus* (Myrtaceae), *Syzygium guineense* var. *macrocarpum* (Myrtaceae) et *Voacanga africana* (Apocynaceae). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, 103 p.
- Tchuengem FFN, Messi J, Brückner D, Bouba B, Mbofung G. 2004. Foraging

- and pollination behaviour of the African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) on *Callistemon rigidus* flowers at Ngaoundere (Cameroun). *Journal of Cameroon Academy of Sciences*, **4**: 133-140.
- Tchuenguem FFN, Fameni TS, Brückner D. 2014a. Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) flowers at Ngaoundere (Cameroon). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **34**(2): 127-137. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742758414000241>
- Tchuenguem FFN, Kingha TBM, Brückner D. 2014b. Diversité des insectes floricoles et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Arachis hypogaea* L. (Fabaceae) à Dang (Ngaoundéré Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(3): 983-997. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.14>
- WHO. 1998. Complementary feeding of young children. Report of a technical consultation supported by WHO, UNICEF, University of California/Davis and ORSTOM. 28-30 November 1995, Montpellier France. WHO/NUT/96.9. Geneva, World Health Organization.