

Contrôle biologique de la chenille mineuse des épis de mil *Heliocheilus albipunctella* de Joannis par les lâchers du parasitoïde *Habrobracon hebetor* Say au Nord du Burkina Faso

Hubert Eloi A. S. BAMBA^{1,3*}, N. Malick. BA²,
Antoine SANON³, L. C. BINSO DABIRÉ²

Résumé

Heliocheilus albipunctella de Joannis est en zone sahélienne, le Lépidoptère Noctuidae qui cause les plus importants dégâts sur le mil en culture *Pennisetum glaucum*. L'importance que revêt le mil et la place de choix qu'il occupe pour une sécurité alimentaire, ont suscité notre intérêt pour la recherche de moyens de lutte efficaces contre son ravageur. A cet effet, une étude conduite en 2006 et en 2007 dans la province du Soum a concerné l'impact de la lutte biologique par les lâchers invasifs du parasitoïde *Habrobracon hebetor* à partir des greniers paysans. Des sacs en jute (15 cm x 25 cm) contenant chacun 500g de grains de mil, 50 larves de *Corcyra. Cephalonica* et 5 couples du parasitoïde ont servi de kits de lâcher. Les observations ont porté sur le parasitisme et les dégâts du ravageur. A l'issue de ces lâchers, 93 % de parasitisme a été relevé, ce qui a permis de réduire les dégâts de la mineuse des épis de mil (MEM). *H. Hebetor* est donc un bon auxiliaire de lutte biologique et le problème de la MEM connaît un début de solutionnement.

Mots-clés : *Pennisetum glaucum*, *Heliocheilus albipunctella*, *Habrobracon hebetor*, Lutte biologique, parasitoïde.

Abstract

The millet head miner (MHM) moth, *Heliocheilus Albipunctella* De Joannis is in Sahelian zone the Lepidopterous Noctuidae that causes the most important damages on the millet, *Pennisetum glaucum* in the field. The importance that revealed and the place of choice that it occupies for a food security excited our interest to work out means in order to control this pest. Indeed, a study was carried out in 2006 and 2007 in the district of Soum on the biological control impact by releasing the parasitoid *Habrobracon hebetor* Say using kits consisting of 15 cm x 25 cm jute bags containing 500 g of millet grains, 50 *Corcyra cephalonica* larvae and 5 mated *H. hebetor* females in farmers' fields to increase the delivery of the parasitoid. The observations were focused on the parasitism rates and the damages of the pest. Our results revealed that, 93% parasitism were recorded which induced the reducing of the damages of MHM. Therefore *H. Hebetor* is a good biologic control auxiliary.

Keywords: *Pennisetum glaucum*, *Heliocheilus albipunctella*, *Habrobracon hebetor*, biological control, parasitoid.

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) Burkina Faso. DRREA-Ouest/ Programme Coton : 01 BP 208 Bobo-Dioulasso 01.

² Laboratoire d'Entomologie Agricole de Kamboinsé, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) Burkina Faso : 01 BP 476 Ouagadougou 01.

³ Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (LEFA), UFR/SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

* Hubert Eloi A. S. Bamba, Tel : +226 61666109 / +225 89345591 ; mail : bheas2000@yahoo.fr

Introduction

La sécurité alimentaire demeure une préoccupation dans la plupart des pays en voie de développement notamment dans ceux de l'Afrique subsaharienne dont l'économie repose pour l'essentiel sur l'agriculture. En ce sens, le mil pénicillaire (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), en raison de sa forte valeur énergétique (3410 Kcal/Kg) (Latham, 2001), pourrait contribuer à la sécurité alimentaire dans les pays sahéliens. De toutes les céréales cultivées, le mil est le plus résistant à la sécheresse (Mohamed *et al.*, 2002 ; Gnanou, 2006). Les graines contiennent des protéines (6 à 21 %) de bonnes qualités dont une forte teneur en lysine et constituent également une bonne source de lipides (Chantereau *et al.*, 2002 ; ICRISAT 2012 ; Amadou *et al.*, 2013). Au Burkina Faso, après le sorgho, le mil occupe le deuxième rang des céréales aussi bien en superficies cultivées qu'en production. Il représente le quart (1/4) de la consommation totale de céréales alimentaires au Burkina Faso (FAO, 2014) notamment pour environ 50 % de la population rurale et 30 % des citadins (DPSAA, 2010).

Cependant, depuis les sécheresses récurrentes survenues dans les années 1970, la production du mil n'a cessé de se dégrader (Ndoye, 1988) en raison de la faiblesse des rendements (< 1 tonne/ha). De 2003 à 2013, sa production moyenne annuelle est passée de 1 184 283 à 1 078 570 tonnes, soit une baisse de 9 % en onze (11) ans (PAM, 2014). Cette dégradation se traduit par l'incapacité de la plupart des pays sahéliens à couvrir leurs besoins céréaliers à partir de leur propre production. La faiblesse des rendements est liée entre autres, à la faible fertilité des sols, au stress hydrique, mais aussi à différentes contraintes biotiques (Nwanze et Harris 1992). Parmi les contraintes, celles liées aux insectes ravageurs sont de loin les plus importantes. Ainsi, Youm et Kumar, 1995 situe entre 81 et 150 espèces d'insectes ravageurs sur le mil, dépendant du pays et de la localité. Parmi ces insectes, ceux qui attaquent les épis occupent une place prépondérante (Touré et Yehouénou, 1995). La chenille mineuse des épis de mil, *Heliocheilus albipunctella* de Joannis (*Lepidoptera: Noctuidae*), est reconnue comme l'un des principaux ravageurs des chandelles du mil dans tous les pays sahéliens (Ndoye, 1979 ; Guèvremont, 1983 ; Gahukar 1984 ; Payne, 2006).

Au Burkina Faso, cette noctuelle constitue un des grands fléaux de la culture dans la partie Nord du pays. Les jeunes larves perforent la glume et dévorent l'intérieur de la fleur empêchant la formation des grains. Les larves âgées coupent les pédoncules floraux entraînant ainsi leur dessèchement et faisant tomber également les grains (Ndoye 1991 ; Nwanze and Harris 1992). Les pertes de rendement dues à *H. albipunctella* sont de l'ordre de 40 à 85 % dans tous les pays sahéliens (Gahukar *et al.*, 1986 ; Nwanze and Sivakumar 1990 ; Krall *et al.*, 1995 ; Youm et Owusu 1998).

Le retardement de la date de semis (Youm and Gilstrap, 1993), le labour profond en fin de cycle cultural pour exposer les chrysalides (en diapause) aux prédateurs, la coupure de l'apex des épis en début de ponte (Vercambre, 1978 ; Guèvremont, 1982), la gestion de la densité des semis (Gahukar 1989 ; 1990a,b, 1992), l'usage d'engrais (Tanzubil *et al.*, 2004) ainsi que la lutte chimique sont des méthodes efficaces de luttés (Vercambre, 1978, 1982 ; Nwanze and Sivakumar 1990 ; Baoua *et al.*, 2009). Malheureusement ces méthodes sont difficiles d'application dans le contexte sahélien, compte tenu des contraintes socio-économiques et surtout des aléas climatiques (Payne *et al.*, 2011). De ce fait, la lutte biologique (Guèvremont, 1983 ; Gahukar *et al.*, 1986 ; Ndoye *et al.*, 1986 ; Bhatnagar 1987 ; Youm and Gilstrap 1993) pourrait constituer une alternative de lutte à exploiter. La lutte biologique bien que d'application difficile présente des

avantages certains pour l'environnement (Cock *et al.*, 2010) du fait de l'existence d'un potentiel naturel de régulation des populations de ce ravageur par *Habrobracon hebetor* Say, un ectoparasitoïde larvaire (Youm and Gilstrap 1993 ; Ghimire and Phillips, 2010a.b ; Rabie *et al.*, 2010 ; Dabhi *et al.*, 2011). Ainsi au Niger, des lâchers à grande échelle de *H. hebetor* dans la nature ont permis de réduire l'incidence de la mineuse (Garba 2000 ; Baoua *et al.*, 2002, 2013).

L'objectif de cette étude a été de contribuer à l'augmentation de la production du mil par la réduction des pertes dues à *Heliocheilus albipunctella* de Joannis, grâce aux lâchers invasifs du parasitoïde *Habrobracon hebetor* Say en milieu paysan, à partir des greniers.

Matériel et méthodes

Site expérimental

L'expérimentation a été conduite au Nord du Burkina Faso dans la province du Soum dans 13 villages autour de la localité de Pobé-Mengao. Cette localité est située à 13°54' de latitude nord et 1°44' de longitude ouest. Une hauteur d'eau de 627,5 mm a été enregistrée dans ladite localité au cours de la campagne agricole 2007.

Les lâchers ont été effectués dans dix villages tests (Pobé-Mengao, Pobé-village, Gargaboulé, Mamassirou, Bougué, Débééré, Débééré-Baoudou, Donébéné, Bouli, Petelbaongo). Les trois autres villages (Gankouna, Kourfayel et Djibo) ont servi de témoin dans lesquels aucun lâcher n'a été effectué. Une distance d'au moins 5 km a été observée entre les sites témoins et les sites de lâchers, afin d'éviter une contamination des villages témoins par les parasitoïdes issus des lâchers (Garba and Gaoh 2008).

Production de *Habrobracon hebetor* (Say) au laboratoire

Les lâchers de l'ecto-parasitoïde *H. hebetor* au moment opportun supposent sa production en masse. *Heliocheilus albipunctella* de Joannis une espèce univoltine (Gahukar *et al.*, 1986) avec une diapause nymphale alors que *H. hebetor* a un développement continu. Par conséquent, il n'est pas possible d'assurer l'élevage continu du parasitoïde sur la chenille mineuse. Ainsi nous avons fait recours à un hôte de substitution, *Corcyra cephalonica* (Stainton), pour assurer le développement continu du parasitoïde. *C. cephalonica* est un lépidoptère nuisible des céréales stockées. La technique d'élevage ci-dessous décrite a été inspirée des travaux de Bal *et al.*, 2002.

Des stocks de mil déjà attaqués par *C. cephalonica* obtenus chez les paysans de la localité de Pobé-Mengao ont servi à la production d'un élevage de *C. cephalonica*. Le mil est conservé dans des seaux plastiques recouverts d'une toile mousseline fine. Les adultes sont collectés au fur et à mesure qu'ils émergent puis introduits dans des cages de pontes où ils s'accouplent. A l'intérieur de ces cages sont accrochés des tampons sucrés (miel ou eau sucrée diluée à 10 %) qui servent à alimenter les adultes. Pendant la durée de leur vie imaginale qu'elles passent dans les cages, les femelles pondent leurs œufs. Ces œufs sont récupérés et utilisés pour infester les boîtes d'alimentation des larves. Ces boîtes sont remplies aux 3/4 selon les proportions suivantes : 2/4 correspondent aux grains entiers de mil et les 1/4 constitués du mélange grains de mil concassés plus farine. La farine et les grains concassés favorisent la prise de nourriture des jeunes larves qui ne peuvent s'alimenter directement sur les grains entiers.

Vingt (20) larves saines de *C. Cephalonica* de 4^e et 5^e stades sont prélevées des élevages de cette espèce et introduites dans les boîtes de parasitisme (boîtes de Pétri). On ajoute dans ces boîtes 05 couples d'adultes de *Habrobracon hebetor*. La souche de *H. hebetor* a été importée du Niger. Pendant leur séjour d'au moins 24 heures dans les boîtes de parasitisme, les femelles déposent leurs œufs sur les larves. Après éclosion des œufs, les larves passent tout leur développement en s'alimentant sur la même chenille. Au terme de leur développement, les larves se nymphosent autour de la dépouille de la chenille, chacune dans un cocon soyeux et blanc (Garba and Gaoh, 2008) qu'elle tisse et d'où émergera plus tard l'adulte.

En partant du cycle biologique de *H. hebetor* (8 – 12 jours) (Garba and Gaoh 2008 ; Farag *et al.*, 2012) on a organisé l'élevage plus tôt (dès le mois d'avril) afin d'obtenir une quantité importante de parasitoïdes pour les lâchers.

Lâcher des parasitoïdes

La technique de lâcher utilisée a été inspirée des travaux de Baoua *et al.*, 2002 ; Nathan *et al.*, 2006. Des larves L4 ou L5 de *C. Cephalonica* issues de l'élevage de masse conduit au laboratoire ont été introduites par lot de 50 dans des boîtes de Pétri. Puis 5 couples nouvellement émergés du parasitoïde *H. hebetor* ont été introduits dans les boîtes. Une fois devant les greniers où devait être effectué le lâcher, le contenu de la boîte de Pétri a été transféré dans un sac en jute de 15 cm x 25 cm préalablement préparé contenant 500 g de graines de mil. Les insectes sont soigneusement introduits dans le sac de telle sorte qu'aucun n'échappe puis le sac refermé à l'aide d'une ficelle. Ces sacs sont ensuite suspendus à la toiture des greniers.

Les sacs de lâchers ont été déposés dans 10 villages chez 5 producteurs par villages à raison de 2 sacs par grenier. Au bout de quelques jours, les parasitoïdes qui ont la capacité de sortir du sac après leur émergence, diffusent non seulement dans les greniers où ils infestent certaines chenilles des céréales stockées, mais aussi dans les champs de mil à la recherche de chenille de la mineuse à infester. Ces larves infestées contribueront à multiplier les parasitoïdes.

Observations

Les observations ont porté sur les dégâts et le parasitisme de la chenille mineuse. Ces observations ont commencé dans les champs paysans de chaque localité bien avant d'effectuer les lâchers et ont été reconduites 10, 20 et 30 jours après les lâchers. Trois (03) champs paysans par village de lâcher et par village témoin ont été observés soit un total de 39 champs.

Ces observations consistaient à dénombrer dans 02 parcelles d'un mètre carré choisies au hasard dans chaque champ, le nombre total d'épis et celui d'épis attaqués par *H. albipunctella*. Dans une troisième parcelle autre que les deux premières, 05 épis de mil hébergeant les chenilles de la mineuse ont été prélevés et rapportés au laboratoire afin de noter le parasitisme.

Le choix des trois parcelles (Garba, 2000 ; Baoua *et al.*, 2002) s'est opéré de la manière suivante : on pénètre dans le champ choisi en faisant 20 m et on délimite la première parcelle d'un mètre carré. Les parcelles 2 et 3 sont délimitées de la même manière mais en changeant non seulement de direction, mais aussi en observant la même distance de 20 m.

L'estimation du taux de parasitisme par *H. hebetor* a été faite sur 195 épis (15 épis par village). Ces épis ont été disséqués pour noter les variables suivantes par épi : (i) le nombre total de larves,

(ii) le nombre de larves mortes tuées par *H. hebetor*, (iii) le nombre de larves mortes pour d'autres raisons, (iv) le nombre et (v) la longueur des mines par épi. En cas de doute sur le statut des larves, celles-ci sont conservées dans des boîtes de Pétri jusqu'à l'émergence des parasitoïdes.

Expression des résultats

A partir des observations réalisées au cours de l'étude, les paramètres suivants ont été calculés :

- Le taux de parasitisme des larves de *H. albipunctella* (Baoua *et al.*, 2002, 2013) est déterminé par la formule (1) :

$$Tp(\%) = \frac{N_p}{N_t} \times 100 \quad (1)$$

Où $Tp(\%)$ désigne le taux de parasitisme, N_p le nombre total de larves de *H. albipunctella* parasitées et mortes, et N_t le nombre total de larves de la mineuse.

- Le taux d'épis attaqués par les larves est déterminé par la formule (2)

$$Ta(\%) = \frac{N_{et}}{N_{ei}} \times 100 \quad (2)$$

Où $Ta(\%)$ désigne le taux d'épis attaqués, N_{et} est le nombre total d'épis présentant des galeries de la mineuse, et N_{ei} le nombre total d'épis prélevés.

Analyses statistiques

Pour chacune des variables mesurées des moyennes ont été calculées par site et par date d'observation. Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance par le logiciel SAS version 8 puis séparées par le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Résultats

Dégâts de la mineuse de l'épi du mil

Le taux d'épis présentant des mines dues à *H. albipunctella* a évolué au cours de la saison. Dès la période de pré-lâcher, le pourcentage moyen d'épis attaqués était sensiblement le même pour l'ensemble des sites témoins et ceux de lâcher.

Dans les villages témoins, le taux moyen d'épis attaqués est passé de 57,95 % au début de l'épiaison à 47 % en fin de cycle (figure 1). Par contre, dans les villages tests, ce taux a varié de 56,90 % en début d'épiaison à 39,91 % en fin de cycle. En effet, on constate une réduction d'épis attaqués d'environ 17 % dans les villages tests comparativement aux villages témoins avec une différence significative au 20^e ($p = 0,04$) et 30^e jours après les lâchers (JAL) ($p = 0,02$).

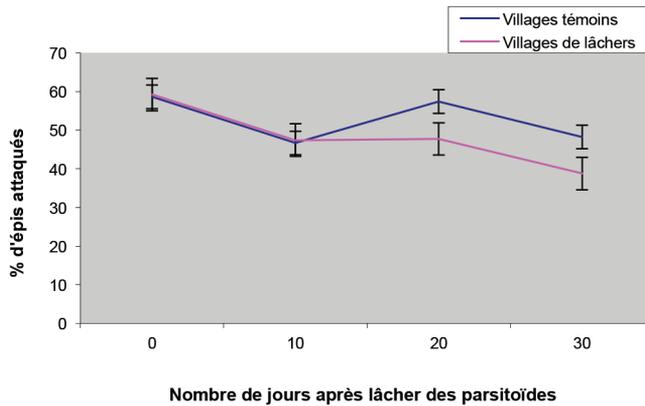


Figure 1. Evolution comparative (% moyen + erreur standard) des attaques de *Heliocheilus albipunctella* dans les villages tests et villages témoin au cours de la saison hivernale 2007 à Pobé-Mengao. ($p = 0,04$ au 20^e JAL) et ($p = 0,02$ au 30^e JAL).

Le nombre de larves par épi a également diminué du stade début épiaison à la fin du cycle cultural du mil (figure 2). Il est passé de 3,7 larves par épi à 2,6 larves dans les villages tests (soit une régression de 70,27%). Dans les villages témoins, on note une augmentation progressive du nombre de larves par épi. Ce nombre était compris entre 1,9 et 2,5 (soit 13,15% d'augmentation). Dès le début des observations, on notait déjà une forte présence de chenilles mineuses dans les localités de lâchers par rapport aux localités témoins. En fin de cycle, on a relevé en moyenne le même nombre de larves par épi (environ 2,5 larves) au niveau des deux sites. Toutefois, la forte réduction des larves était nettement visible lors des 20 premiers jours post-lâchers au niveau des sites tests ($P < 0,05$).

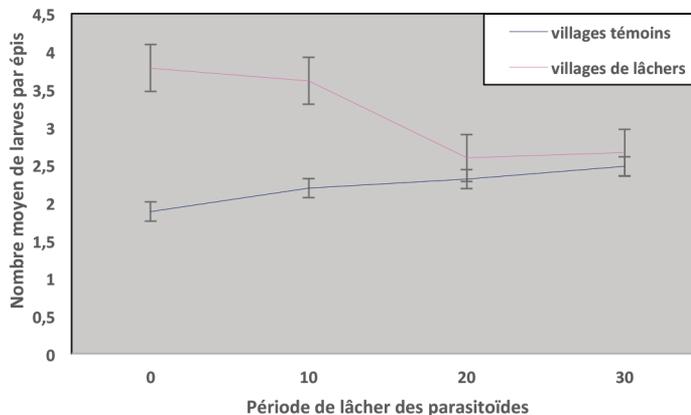


Figure 2. Evolution comparative du nombre moyen de larves de *Heliocheilus albipunctella* dans les villages tests et témoins au cours de la saison hivernale 2007 à Pobé-Mengao. ($P < 0,05$ au 10^e JAL).

Le nombre de mines par épi attaqué, a été plus important au niveau des villages de lâchers par rapport aux témoins en début d'épiaison (figure 3). On dénombrait en moyenne 4,33 mines par épi dans les localités tests contre 2,75 mines au niveau des villages témoin. Les observations post-lâchers ont révélé une nette régression du nombre de mines depuis le stade épiaison jusqu'en fin de cycle, dans les villages tests. En effet, ce nombre est passé de 4,33 mines à 2,89 mines par épi ; soit une réduction d'environ 1,5 mine (66,64 % de réduction). A l'inverse dans les villages témoins on a observé une augmentation du nombre de mines par épi durant les 20 premiers jours après l'épiaison. Ce nombre est passé de 2,75 à 3,57 mines (soit 13,63 % d'augmentation). Cependant, en fin de cycle cultural, on observe une baisse de ce nombre à 2,68 équivalant à 9,74 % de régression ($P < 0,05$).

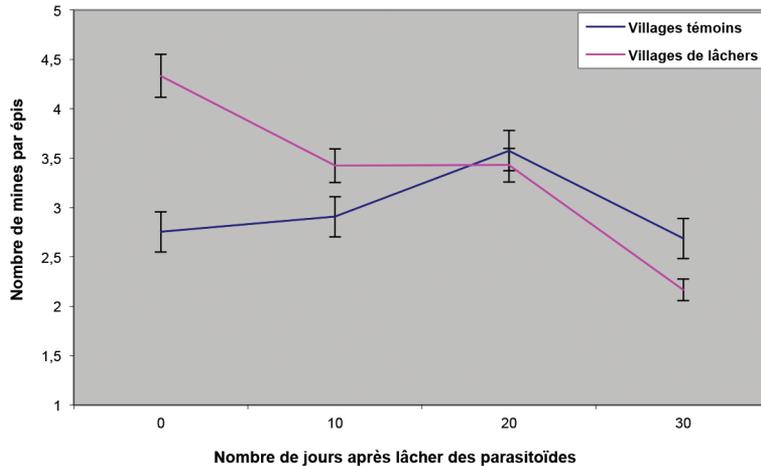


Figure 3. Evolution du nombre de mines (% moyen + erreur standard) par épi, creusée par *H. albipunctella* dans les villages tests et témoins au cours de la saison hivernale 2007 à Pobé-Mengao ($P < 0,05$ au 10^e et 30^e JAL)

Sur le plan de la longueur des galeries creusées par la chenille mineuse des épis de mil, l'évolution dans le temps est similaire à celle du nombre de mines par épi. En effet, dès le début d'épiaison, on a noté en moyenne une longueur des mines par épi de 14,66 cm dans les sites de lâchers (figure 4). Les observations post lâchers ont révélé une réduction de 59,61 % de cette longueur (soit 5,92 cm de réduction) dans les sites tests. On est passé d'une longueur moyenne de 14,66 cm par épi à environ 8,74 cm en fin de cycle. La forte régression de la longueur des mines a été surtout remarquable 10 jours après les lâchers de parasitoïdes. Cette régression par la suite a été plus ou moins stable. A l'opposé, dans les villages témoins, on notait une augmentation de la longueur moyenne des mines par épi lors des 20 premiers jours après la période d'épiaison. La longueur est passée de 9,32 cm par épi à environ 11 cm (soit une augmentation 11,80 %). En fin de cycle, on constate une faible régression de l'ordre de 0,63 cm (soit 9,36% de régression) passant d'environ 11 cm à 10,30 cm par épi. Une différence significative a été observée entre les sites de lâchers et les sites témoins au 20^e ($p = 0,02$) et 30^e ($p = 0,03$) jours après le lâcher.

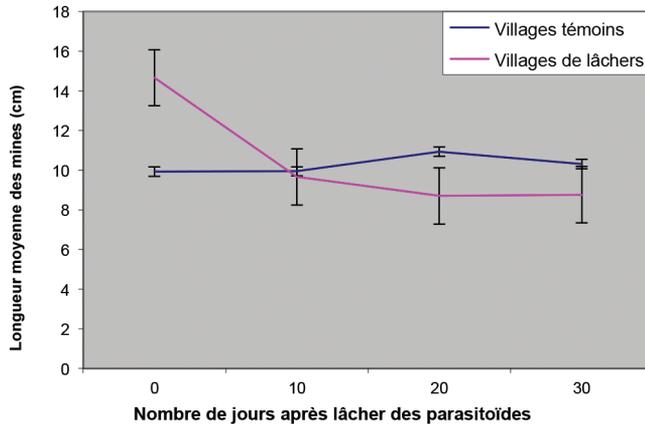


Figure 4. Evolution comparative de la longueur des mines par épi (% moyen + erreur standard), creusée par *H. albipunctella* dans les villages tests et témoin au cours de la saison hivernale 2007 à Pobé-Mengao ($p=0,02$ au 20^e JAL et $p=0,03$ au 30^e JAL).

Parasitisme observé sur la mineuse de l'épi de mil

Le parasitisme dû à *H. hebetor* a été très important au cours de la saison. Dans l'ensemble, le parasitisme était significativement plus important dans les villages de lâchers par rapport aux villages témoins quelle que soit la date d'observation considérée ($P<0,05$).

Dans les localités où ont été effectués des lâchers du parasitoïde *H. hebetor*, le taux des larves parasitées est passé de 52 % en début d'épiaison à 93,34 %, 30 jours après les lâchers du parasitoïde (figure 5). Le plus grand pic de parasitisme a été obtenu 10 jours après les lâchers avec un taux de mortalité larvaire avoisinait 97 %. Au niveau des villages témoins, le taux de larves parasitées par *H. hebetor* est passé de 15,60 % en moyenne en début d'épiaison à 52,32 % en fin de cycle. Toutefois, le taux le plus élevé de parasitisme a été relevé 10 jours après le début d'épiaison, avec une valeur d'environ 63 % ($P<0,05$) (figure 5).

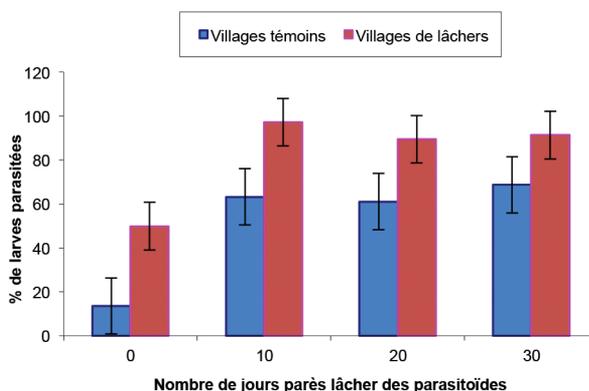


Figure 5. Evolution du parasitisme de la mineuse (% moyen + erreur standard) dû à *Habrobracon hebetor* dans les villages tests et villages témoin au cours de la saison hivernale 2007 à Pobé-Mengao ($P<0,05$ au 10^e, 20^e et 30^e JAL).

Outre la mortalité imputable à *H. hebetor*, il a été relevé une mortalité naturelle des larves de la mineuse. Cette mortalité a été moins importante. Par ailleurs, une mortalité liée à des organismes autres que *H. hebetor* a été relevée. Cette mortalité a été plus remarquable sur les sites témoins que les sites ayant bénéficié de lâchers du parasitoïde *H. hebetor*. Ainsi, dans les villages témoins, le taux de larves mortes est passé de 0 % en début d'épiaison à environ 14,15 % en fin de cycle (figure 6) ($P < 0,05$ au 20^e et 30^e JAL), alors qu'il a très peu varié dans les villages de lâchers, passant de 3,72 % en début d'épiaison à 7,39 % en fin de cycle.

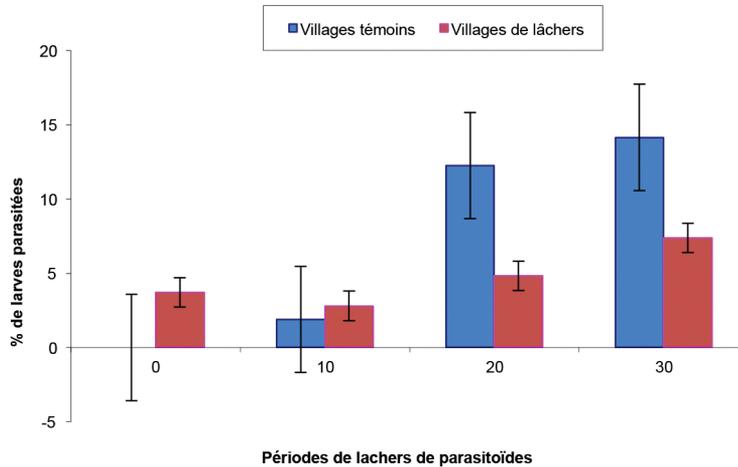


Figure 6. Evolution du parasitisme de la mineuse (% moyen + erreur standard) dû à d'autres organismes dans les villages tests et témoins au cours de la saison hivernale 2007 à Pobé-Mengao ($P < 0,05$ au 20^e et 30^e JAL).

Discussion

D'une façon générale, les dégâts de la mineuse de l'épi du mil observés sur le site d'étude au cours de la saison pluvieuse 2007 confirme que cet insecte est un ravageur d'importance économique dans la province du Soum.

Les dégâts imputables à la chenille mineuse des épis de mil sont variables d'un site à l'autre. Ceci pourrait s'expliquer par les techniques culturales qui varient d'un paysan à l'autre. Aussi, les paysans n'utilisent pas les mêmes variétés ; et certains en plus, sèment dans le même champ plus de 2 variétés. En effet, des études antérieures révèlent que les dégâts dépendent des facteurs qui régissent la croissance juvénile en début de saison et le développement de *H. albipunctella* (Tanzubil *et al.*, 2004 ; Baoua *et al.*, 2013 ; Ba *et al.*, 2013). A ceux-ci, on pourrait ajouter les conditions écologiques favorables en cas de semis précoces (Youm and Gilstrap, 1993 ; Touré et Yehouéno, 1995 ; Ba *et al.*, 2013).

Le taux plus important de larves parasitées enregistré dans les parcelles tests, avant les lâchers, par rapport aux villages témoins pourrait être dû aux lâchers de parasitoïdes dans 5 de ces villages l'année précédente (c'est-à-dire en 2006). Une population de parasitoïde a donc pu s'établir dans ces villages, expliquant ce parasitisme précoce. La même observation a été faite par

(Baoua *et al.*, 2009) qui a constaté que les mortalités des larves de *H. albipunctella* parasitées par *H. hebetor* étaient plus importantes les années suivant celles des lâchers. On pourrait déduire alors que les traitements avec les parasitoïdes couvrent non seulement de grandes superficies mais aussi possèdent une persistance pendant au moins deux saisons.

Le niveau relativement faible des attaques de la mineuse dans les villages où l'on n'a effectué aucun lâcher du parasitoïde *H. hebetor*, est probablement dû à l'impact du parasitisme naturel qui reste toutefois à un niveau assez faible pour induire une forte mortalité des larves de la mineuse. Il semble exister en outre, dans la nature, d'autres antagonistes de la chenille mineuse (Muli *et al.*, 2010 ; Shadrack and Srinivasan, 2012) pouvant entrer en compétition avec *H. hebetor*. Nous suggérons que c'est cette compétition interspécifique qui favoriserait l'augmentation du taux de parasitisme lié à d'autres organismes observés lors des 20 derniers jours du cycle culturel du mil. Elle se traduit par une stabilisation du taux de parasitisme induit par *H. hebetor* à la même date (Ndoye and Gahukar, 1995 ; Bal, 1993).

Par ailleurs, la forte réduction d'épis présentant des mines de *H. albipunctella* dans les villages tests pourrait être liée à l'apport du parasitoïde *H. hebetor* en milieu naturel. En effet, cet apport modifie l'équilibre naturel qui existait, par la suppression précoce des infestations larvaires de la chenille mineuse. Par conséquent, c'est ce qui a pu entraîner la réduction du nombre de galeries creusées, ainsi que la longueur de ces mines.

À l'issue des lâchers effectués au cours de cette étude, un taux de 93 % de parasitisme des larves de *H. albipunctella* a été enregistré. Cette étude montre que *H. hebetor* est un bon agent de lutte biologique conformément à certains travaux menés. En effet, les travaux de (Ba *et al.*, 2006 et 2013) au Burkina Faso, ont permis de mettre en évidence plus de 83 % et 87,19 % de mortalité des larves de *H. albipunctella* due à l'ecto-parasitoïde *H. hebetor*, respectivement dans la province du Soum (en 2006) et du Séno (en 2012). Au Niger (Garba, 2000 ; Baoua *et al.*, 2002 ; Ba *et al.*, 2013), ce parasitoïde est responsable de 96,15 % de parasitisme à Bamo et de 77,89 % à Danja. Par ailleurs, plusieurs études témoignent du succès parasitaire des parasitoïdes Braconidae (Sivinski *et al.*, 1996 ; Montoya *et al.*, 2000) utilisés en lutte biologique.

Il ressort par contre, que nos résultats diffèrent de ceux de (Bhatnagar, 1987) au Sénégal où un taux de 64 % de parasitisme a été observé. Cette situation semble être liée à la technique d'élevage et de lâcher des parasitoïdes. En effet, leur technique d'élevage réduit considérablement le nombre de parasitoïdes femelles (Bhatnagar, 1987). Ainsi, nous pensons que l'élevage en milieu artificiel (laboratoire) tel que décrit par (Bal *et al.*, 2002) sur les larves de *C. cephalonica* semble être approprié.

Conclusion

Au terme de l'étude dans le Soum où une forte infestation a été notée, la mortalité des larves causée par *H. hebetor* a été plus importante dans les villages tests par rapport aux villages témoins. Les lâchers du parasitoïde *H. hebetor* ont provoqué une importante mortalité des larves de la mineuse et ont donc permis de réduire le nombre et la longueur des mines, qui en sont les conséquences, sur les épis. Les dégâts s'en trouvent réduits. *H. hebetor* est un bon agent de lutte biologique et la technologie des sacs de lâcher semble alors prometteuse.

Nous avons noté par ailleurs la présence d'ennemis naturels autres que *H. hebetor*, qui ont été obtenus suites à leurs émergences dans nos boîtes de parasitisme. Ces antagonistes n'ont pas encore été identifiés.

Par les résultats atteints, nous pouvons affirmer que l'étude pourrait être une contribution à la recherche de solutions durables en vue d'augmenter la production du mil par la réduction des pertes occasionnées par *H. albipunctella* mineuse de l'épi de mil.

Remerciements

Ce travail est le fruit de la collaboration entre le Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliqué (LEFA-Université de Ouagadougou) et le Laboratoire Central d'Entomologie Agricole de Kamboinsé (LCEAK) à travers le projet GIMEM « Gestion Intégrée de la Mineuse des Epis de Mil ». Qu'il me soit permis de remercier ce projet qui a supporté financièrement une partie du travail. J'exprime également ma reconnaissance au Ministère des Enseignement Secondaire Supérieur et de la Recherche Scientifique du Burkina Faso (MESSRS) et à l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) qui ont soutenu de même ce travail par l'intermédiaire de bourses d'excellence et d'étude de 3^e Cycle qui m'ont été octroyées.

Références bibliographiques

BA N. M., BAMBA A., DABIRÉ C. B., SANON A., 2006. Biological control of the millet head miner moth, *Heliocheilus Albipunctella* De Joannis by releasing of the parasitoid *Habrobracon Hebetor* Say in Northern Burkina Faso. In Pour la sécurité alimentaire, La santé et la protection de l'environnement en Afrique : Le rôle de la science des insectes. 17^e Conférence de l'association africaine des entomologistes, Université Cheikh Anta Diop. Dakar-Fann, Sénégal, 11-15 Juin 2007. Pp 46-48.

AMADOU I., GOUNGA M. E., & LE G. W., 2013. Millets: Nutritional composition, some health benefits and processing - A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(7), 501.

BA N.M., BAOUA I.B., N'DIAYE M., DABIRE-BINSO C., SANON A., TAMO M., 2013. Biological control of the millet head miner *Heliocheilus albipunctella* (de Joannis) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Sahelian region by augmentative releases of the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae): effectiveness and farmers' perceptions. *Phytoparasitica* 41: 569–576.

BAL A. B., 1993. Etude du parasitisme naturel d'*Heliocheilus albipunctella* de Joannis (Lepidoptere: Noctuidae) par *Trichogrammatoidea* sp. (Hymenoptere: Trichogrammatidae) a Bambey. *Insect Sci Appl* 14: 221–223.

BAL A.B., KOGO S.A., DANKOULOU A.K., GAGARE S., 2002. Guide d'élevages et de lâchers de *Habrobracon hebetor* Say, (Hymenoptera, Braconidae) parasitoïde de la chenille mineuse de l'épi de mil et de son hôte de substitution *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera, Pyralidae). Manuel, Centre Régional AGRHYMET, Niamey, pp. 15.

BAOUA I., BAKABÉ O., BALLA H., 2002. Expérimentation d'un système de transfert de l'élevage de *Habrobracon hebetor* Say en milieu paysan: activités conduites dans la région de Maradi. Project DPV/INRAN/DFPV/ICRISAT report. Niamey, Niger: Ministère du Développement Agricole.

- BAOUA I., BA N. M., NDIAYE M., DABIRE C., TAMO M., 2009.** Rapport d'activités du projet de gestion intégrée de la mineuse de l'épi de mil au Sahel, Unpublished report, McKnight Foundation Collaborative Crop Research Program, Minneapolis, MN.
- BAOUA I.B., AMADOU L., OUMAROU N., PAYNE W., ROBERTS J.D., STEFANOVA K., NANSEN C., 2013.** Estimating effect of augmentative biological control on grain yields from individual pearl millet heads. *J Appl Entomol* 138:281–288.
- BHATNAGAR V.S., 1987.** Conservation and encouragement of natural enemies of insect pests in dryland subsistence farming: problems, progress and prospects in the Sahelian zone. *Insect Science and its Applications*, (8) 791-795.
- CHANTEREAU J., HEKIMIAN C.L., MARCHAND J.L., OUENDEBA B., 2002.** Les céréales. In : *Mémento de l'agronome*. CIRAD-GRET, ISBN: 2-86844-129-7 et 2-87614-522-7 pp. 777-829.
- COCK M. J., VAN LENTEREN J. C., BRODEUR J., BARRATT B. I., BIGLER F., BOLCKMANS K., CONSOLI F.L., HAAS F., MASON P.G., & PARRA J. R. P., 2010.** Do new Access and Benefit Sharing procedures under the Convention on Biological Diversity threaten the future of biological control? *BioControl* 55(2), 199-218.
- DABHI M. R., KORAT D. M., AISHNAV P.R., 2011.** Influence of temperature, relative humidity and photoperiod on the development of *Bracon hebetor* Say. *Karnataka J Agric Sci* 24:558–560.
- DIRECTION DE LA PROSPECTIVE ET DES STATISTIQUES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES (DPSAA)/DGPER, 2010.** Rapport de l'étude sur la dynamique de la consommation alimentaire au Burkina Faso. 74 pp.
- FAO, 2014.** *Statistical yearbook for Africa*. ISBN 978-92-5-108165-5. pp.187.
- FARAG M.M. A., SAYEDA S. A., EL-HUSSEINI M.M., 2012.** Life history of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Cadra (Ephestia) cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) on dried date fruits. *Egypt J Biol Pest Control* 22:73–77.
- GARBA M., AND GAOH N.B. 2008. Use of *Habrobracon hebetor* in biological control of *Heliocheilus albipunctella* pearl millet head miner. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Pests in Agriculture* (pp. 436–444). Association Française de Protection des Plantes, INRA, Montpellier, France.
- GARBA S., 2000.** Lutte biologique contre la Mineuse de l'épi *Heliocheilus albipunctella* De Joannis avec l'utilisation du parasitoïde *Bracon hebetor* Say. Mémoire de fin d'étude, IPR/IFRA, Katibougou, Mali, pp. 53.
- GAHUKAR R. T., 1984.** Insect pests of pearl millet in West Africa: a review. *Int J Pest Manage* 30:142–147.
- GAHUKAR R.T., 1989.** Pest and disease incidence in pearl millet under different plant density and intercropping patterns. *Agr Ecosyst Environ* 26, 69-74.
- GAHUKAR R.T. 1990a.** Sampling techniques, spatial distribution and cultural control of millet spike worm, *Rhagva albipunctella* (Noctuidae: Lepidoptera). *Ann Appl Biol* 117, 45–50.
- GAHUKAR R.T., 1990b.** Reaction of locally improved pearl millets to three insect pests and two diseases in Senegal. *J Econ Entomol* 83, 2102-2106.
- GAHUKAR R.T., 1992.** Effect of various fertilizers and rates on insect pest/pearl millet relationship in Senegal. *Trop. Agric* 69, 149-152.
- GAHUKAR R. T., GUEVREMONT T. H., BHATNAGAR V. S., DOUMBIA Y. O., NDOYE M., PIERRARD G. 1986.** A review of the pest status of the millet spike worm, *Rhagva albipunctella* (de Joannis) (Noctuidae: Lepidoptera) and its management in the Sahel. *Insect Science and Its Applications*, (7) 457– 463.
- GHIMIRE M. N., PHILLIPS T. W., 2010a.** Mass rearing of *Habrobracon hebetor* say (Hymenoptera: Braconidae) on larvae of the indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae): effects of host density, parasitoid density, and rearing containers. *J. Stored Prod. Res.* 46, 214–220.
- GHIMIRE M. N., PHILLIPS T. W., 2010b.** Suitability of different lepidopteran host species for development of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Environ. Entomol.* 39, 449–458.

- GNANOU F., 2006.** Etude de la technologie de transformation et de la qualité nutritionnelle de quelques aliments à base de variétés de mil cultivé au Burkina Faso. Mémoire de maîtrise des Sciences et Techniques. Université de Ouagadougou. pp. 70.
- GUEVREMONT H., 1982.** Rapport annuel de Recherche pour l'année 1981. Etude de la mineuse de l'épi et autres insectes du mil, CNRA de Tarna, Maradi, Niger, pp.57.
- GUEVREMONT H., 1983.** Rapport annuel de Recherche pour l'année 1982. Etude de l'entomofaune du mil, CNRA de Tarna, Maradi, Niger, pp. 71.
- ICRISAT, 2012.** A global alliance for improving food security, nutrition and economic Growth for the world's most vulnerable poor. Master document of the CGIAR Research Program on Dryland Cereals. International Crops Research Center for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Hyderabad, India, 185pp.
- KRALL S., YOUM O., KOGO S.A., 1995.** Panicle insect pest damage and yield loss in pearl millet. In: *Panicle pests of sorghum and pearl millet: Proceedings of an International Consultative Workshop*, 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger (Nwanzé K.F., and Youm O., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: *International Crops Institute for the Semi-Arid Tropics*; pp. 135-145.
- LATHAM, M.C. 2001.** La nutrition dans les pays en développement. FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie. (<http://www.fao.org/docrep/004/W0073F/w0073f00.htm#toc> [cité le 2 juin 2013]).
- MOHAMED A. B., VAN DUIVENBOODEN N., & ABDOUSSALLAM S., 2002.** Impact of climate change on agricultural production in the Sahel—Part 1. Methodological approach and case study for millet in Niger. *Climatic Change* 54(3), 327-348.
- MONTOYA P., LIEDO P., BENREY B., CANCINO J., BARRERA J. F., SIVINSKI J., Martin A., 2000.** Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* (18): 216–224.
- MULI B. K., SCHULTHESS F., AND VAN DEN BERG J., 2010.** Performance of *Trichogrammatoidea* sp. nr *lutea* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) collected from *Mussidia* spp. in Kenya on eggs of six lepidopteran hosts. *J Appl Entomol* 134, 521-530
- NATHAN S. S., KALAIVANI K., MANKIN R. W., MURUGAN K., 2006.** Effect of millet, wheat, rice, and Sorghum diet on development of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Galleriidae) and its suitability as a host for *Trichogramma Chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environ. Entomol.* 35, 784-788.
- NDOYE M., 1979.** L'entomofaune nuisible au mil à chandelle (*Pennisetum typhoides*) au Sénégal. in *Compte rendu des travaux, Congrès sur la Lutte Contre les Insectes en Milieu Tropical*, 13-16 Mars 1979, Marseille, France. Part 1. Marseille, France : Chambre de Commerce et d'Industrie, pp. 511-530.
- NDOYE M. GAHUKAR R.T., CARSON A.G., SELVARAJ C.J., M'BAYE D.F. DIALLO S., 1986.** Les problèmes phytosanitaires du mil dans le Sahel. (In French). In : *Compte rendu du séminaire International du Projet CILSS de Lutte Intégrée*, 6-13 Décembre 1984, Niamey, Niger. Ouagadougou, Burkina Faso. *Projet de Lutte Intégrée*, CILSS (Comité Permanent Inter-Etats de lutte contre la Sécheresse dans le Sahel), pp.79-94.
- NDOYE M., 1988.** Biologie et écologie de deux lépidoptères : *Amsacta moloneyi* Druce (Lepidoptera, Artiiidae) et *Heliocheilus albipunctella* De Joannis. Thèse d'Etat n°1378.
- NDOYE M., 1991.** Biologie et dynamique des populations de *Heliocheilus albipunctella* (De Joannis) ravageur de la chandelle de mil dans le Sahel. *Sahel PV Inf* 39:11–2.
- NDOYE M. AND GAHUKAR R., 1995.** Insect pests of pearl millet in West Africa and their control. In: Nwanze KF, Youm O (eds) *Proceeding of an international consultative workshop on panicle insect pest of sorghum and millet*. ICRISAT Sahelian Centre, Niamey, Niger. pp 195–205.
- NWANZE K. F., SIVAKUMAR M. V. K. 1990.** Insect pests of pearl millet in Sahelian West Africa-II. *Raghuva albipunctella* De Joannis (Noctuidae, Lepidoptera): distribution, population dynamics and assessment of crop damage. *Int J Pest Manage* 36:59–65.

- NWANZE F. K., HARRIS K. M. 1992.** Insect pests of pearl millet in West Africa. Review of *Agricultural Entomology*, 80, 1133–1155.
- PROGRAMME ALIMENTAIRE MONDIAL (PAM), 2014.** Analyse globale de la vulnérabilité de la sécurité alimentaire et de la nutrition (AGVSAN) au Burkina Faso. 108 pp.
- PAYNE W., TAPSOBA H., BAOUA I. B., BA N. M., N'DIAYE M., DABIRE BINSO C., 2011.** On-farm biological control of the pearl millet head miner: realization of 35 years of unsteady progress in Mali, Burkina Faso and Niger. *Int J Agric Sust* 9:186–193.
- PAYNE W. A., 2006.** Dryland cropping systems of West and East Africa. In: Dryland agriculture monograph. Ed. by Peterson GA, Payne WA, Unger PW, *American Society of Agronomy*, Madison, WI, USA, 733–768.
- RABIE M. M., SERAJ A. A., REZA T-H., 2010.** Interaction between MbMNPV and the braconid parasitoid *Habrobracon hebetor* (Hym., Braconidae) on larvae of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lep., Noctuidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 20, 1075–1078.
- SHADRACK NG' O.Z.L. and SRINIVASAN E. R. J., 2012.** Evaluation of biological attributes of a native egg parasitoid, *Trichogrammatoidea* sp. nr. *lutea* (Girault), Kenyan accessions. *Asian J Phar Biol Res* 2, 172-176.
- SIVINSKI J. M., CALKINS C. O., BARANOWSKY R., HARRIS D., BRAMBILA J., DIAZ J., BURNS R. E., HOLLER T., DODSON G., 1996.** Suppression of Caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa* (Loew) Diptera: Tephritidae) population through augmented releases of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* (6) : 177 –185.
- TANZUBIL P. B., ZAKARIAH M., ALEM A., 2004.** Effect of nitrogen and farmyard manure on insect pests of pearl millet in northern Ghana. *Trop. Sci.* 44, 35–39.
- TOURE K. ET YEHOUEYOU A., 1995.** Les insectes de l'épi de mil en Afrique de l'Ouest. In *Panicle insect pests of sorghum and pearl millet: proceedings of an International Consultative Workshop*, 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger (Nwanzé K.F., and Youm O., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Institute for the Semi-Arid tropics, pp. 39-47.
- VERCAMBRE B., 1978.** *Raghuva* spp. et *Massalia* sp., Chenilles des Chandelles de mil en zone sahélienne. *Agronomie Tropicale* 33: 62-79.
- VERCAMBRE B., 1982.** Les chenilles des chandelles (*Raghuva* spp., *Masalia nubila* Hmps., Lepidoptera : Noctuidae) importants ravageurs du mil en zone sahélienne. Thèse de Docteur Ingénieur, Université Paris-Sud, Orsay, France, pp. 164.
- YOUM O., GILSTRAP F. E., 1993.** Life-fertility tables of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Heliocheilus albipunctella* (De Joannis) (Lepidoptera: Noctuidae). *Insect Sci Appl* 14:455–459.
- YOUM O. and KUMAR K.A., 1995.** Screening and breeding for resistance to millet head miner. In: *Panicle insect pests of sorghum and pearl millet: proceedings of an International Consultative Workshop*, 4-7 Oct 1993, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger (Nwanzé K.F., and Youm O., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Institute for the Semi-Arid tropics, pp. 201-209.
- YOUM O. AND OWUSU E. O., 1998.** Assessment of yield loss due to the millet head miner, *Heliocheilus albipunctella* (Lepidoptera: Noctuidae) using a damage rating scale and regression analysis in Niger. *International Journal of Pest Management*, (44): 119 –121.