

Sommaire

i	Remerciements.....	ii
ii	Sigles et abréviations	v
iii	Liste des tableaux.....	vi
iv	Liste des figures	vi
	INTRODUCTION.....	1
	CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1	Généralités sur la communauté rurale de Dya	3
1.1.1	Communauté Rurale	3
1.1.2	Caractéristiques pédoclimatiques	3
1.1.3	Caractéristiques de l'agriculture	3
1.2	Généralités sur le mil.....	4
1.2.1	Systématique.....	4
1.2.2	Cycle cultural.....	4
1.2.3	Importance et utilisation	4
1.2.4	Principaux insectes ravageurs du mil	5
1.2.4.1	Foreurs de tige	5
1.2.4.2	Chenilles mineuses de l'épi	5
1.2.4.3	Groupe des coléoptères.....	5
1.2.4.4	Autres insectes.....	5
1.3	Mineuse de l'épi du mil: <i>Heliocheilus albipunctella</i>	6
1.3.1	Description.....	6
1.3.2	Répartition géographique	7
1.3.3	Biologie et dégâts	7
1.3.4	Méthodes de lutte.....	8
1.3.5.1	Lutte culturale.....	8
1.3.5.2	Résistance variétale	8
1.3.5.3	Lutte chimique.....	9

1.3.5.4	Lutte biologique et utilisation de bracon	9
CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES		11
2.1	Sites et localisation	11
2.2	Piège lumineux	11
2.3	Souna 3	12
2.4	Pratiques culturales	12
2.5	Collecte et tri des insectes	12
2.6	Echantillonnage des œufs et des larves	12
2.7	Incidence de <i>H. albipunctella</i>	13
2.8	Période optimale de lâcher	13
2.9	Analyse des données	14
2.9.1	Emergences des insectes	14
2.9.2	Densité des différents stades et incidence de <i>H. albipunctella</i>	14
2.9.3	Transformation des données	14
CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION		14
3.1	Abondance et fluctuation des insectes en fonction du temps	14
3.2	Effet potentiel de la pluie sur l'émergence des adultes de <i>H. albipunctella</i>	17
3.3	Densité des œufs et des larves de <i>H. albipunctella</i>	18
3.4	Incidence de la mineuse de l'épi du mil	21
3.5	Période optimale de lâcher des bracons	22
CONCLUSIONS		24
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		25
Résumé		29
Abstract		29

ii Sigles et abréviations

ANOVA	: Analyse de la variance
CFA	: Communauté Financière Africaine
CNRA	: Centre National de Recherches Agronomiques
CR	: Communauté rurale
DAPS	: Direction de l'Analyse et de la Prévision des Statistiques Agricoles
DPV	: Direction de la Protection des Végétaux
DRDR	: Direction Régionale du Développement Rural
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GLM	: General Linear Model
ISRA	: Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
JAPE	: Jour Après Emergence
JAPU	: Jour Après la 1 ^{ère} Pluie Utile
JAS	: Jour Après Semis
PPAAO	: Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest
ROCAFREMI	: Réseau Ouest et Centre Africain de Recherches sur le Mil
SAS	: Statistical Analysis Software
SAT	: Surface Agricole Totale
SAU	: Surface Agricole Utile
SNK	: Student Newman Keuls
WAAPP	: West African Agricultural Productivity Programme

iii Liste des tableaux

Tableau 1 : Captures des insectes au niveau du piège lumineux entre les mois de juillet et septembre 2012 dans la Communauté rurale de Dya	16
--	----

iv Liste des figures

Figure 1 : Carte de localisation des villages abritant les champs échantillonné.....	11
Figure2 : Piège lumineux à gaz	12
Figure 3: Plan de stratification des parcelles expérimentales.....	13
Figure 4 : dynamique d'émergence de <i>Heliocheilus albipunctella</i> en fonction de la pluviométrie.	18
Figure 5 : Densité moyenne des œufs et des larves de la mineuse de l'épi du mil dans les différents villages à Dya	20
Figure 6 : Incidence moyenne de la mineuse de l'épi par champ dans les différentes localités.....	21
Figure 7 : Période optimale de lâcher des bracons en fonction de la phénologie du mil et des stades larvaires	23



INTRODUCTION

Le mil, *Pennisetum glaucum* (Leeke) R.Br.) occupe la sixième place mondiale parmi les céréales les plus cultivées après le blé, le riz, le maïs, l'orge et le Sorgho. Plus de 36 millions d'hectares de mil sont plantés chaque année dans plus de 40 pays situés dans les régions tropicales semi-arides d'Asie, d'Afrique et d'Amérique Latine (FAO, 1995). C'est la principale culture vivrière au sahel où elle constitue pour la plupart des villages la seule source de protéine d'origine végétale (ROCAFREMI, 1995). La production annuelle en Afrique est estimée à près de 11,3 millions de tonne de mil (Omany et al., 2007). Environ, 30% de la production mondiale du mil provient de l'Afrique (FAO, 1995).

Au Sénégal, la culture du mil a connu une importance accrue avec l'accroissement de la population, la dévaluation du franc CFA en 1994 et les difficultés rencontrées au niveau des filières riz et arachide ces dernières années (Sarr, 1996). Plante rustique très adaptée à l'environnement sahélien, le mil est cultivé principalement au centre du pays (Bassin arachidier) en rotation avec l'arachide. Les emblavures sont estimées entre 800 et 1 million d'hectares au cours des dix dernières années. La production du mil représente plus de 60% de la production céréalière du Sénégal qui s'est également située autour de 500 000 à 700 000 tonnes/an au cours de ces dix dernières années. Les rendements sont généralement faibles avec des moyennes annuelles de 500 - 800 kg/ha en milieu paysan (DAPS, 2011). Les pertes de productions céréalières constituent encore au Sénégal et en Afrique occidentale une contrainte majeure. En effet, dans la plupart des zones milicoles, des dégâts importants sont causés par les nuisibles comme le striga (*Striga hermontica*), les infections provenant des champignons (*Sclerospora graminicola*), le charbon du blé (*Tolyposporium penicillariae*), l'ergot (*Claviceps fusiformis*) mais aussi plusieurs insectes (Williams & Andrews, 1983). Parmi les insectes ravageurs du mil, 84 espèces ont été répertoriées au Niger (Guèvremont, 1982) et 81 espèces au Sénégal (Ndoye, 1979). Dans ce groupe de ravageurs, le foreur de tige, *Coniesta* (= *Acigona*) *ignefusalis* Hmps (Lepidoptera: Noctuidae) et la mineuse de l'épi du mil, *Heliocheilus* (= *Raghuva*) *albipunctella* De Joannis (Lepidoptera: Noctuidae) constituent les espèces les plus redoutables pour le mil après la sécheresse des années 70 (Nwanzé, 1991).

Les moyens de lutte pour réduire les populations de *H. albipunctella* ont été revus depuis cette période de sécheresse (Gahukar et al., 1986). Plusieurs méthodes de lutte (chimique, culturale, biologique, variétale etc.) ont été développées pour réduire l'impact de *H. albipunctella* et contribuer ainsi à l'amélioration de la productivité du mil. C'est dans cette optique que le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO/ WAAP) est intervenu pour

contribuer à augmenter la production du mil avec différentes approches y compris la réduction des pertes causées par les ravageurs.

La méthode basée sur le lâcher d'un ectoparasitoïde *Bracon hebetor* (Hyménoptère: Braconidae) a été choisie par le CNRA de Bambey comme une des composantes de la lutte intégrée contre *H. albipunctella*. Laquelle méthode permet de placer dans les champs les larves d'*Ephestia kuheniella* (Lepidoptera: Pyralidae) déjà parasitées par cet hyménoptère et d'où vont sortir des adultes de *B. hebetor* au bout de 5 jours pour immobiliser par piqûre et/ou parasiter toutes les larves de *H. albipunctella* repérées actives contribuant ainsi à lutter contre les populations de ce nuisible.

Cette étude a pour objectifs de réaliser (i) un suivi des populations d'insectes ravageurs du mil en particulier *H. albipunctella* et de formuler (ii) une proposition de période optimale de lâcher de *Bracon hebetor* en milieu paysan compte tenu de la première pluie utile.

Le présent mémoire comporte une synthèse bibliographique sur le voltinisme des insectes du mil, une présentation du matériel et des méthodes utilisés, des résultats obtenus et leur discussion ainsi que les conclusions tirées.

CHAPITRE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Généralités sur la communauté rurale de Dya

1.1.1 Communauté Rurale

La Communauté Rurale de Dya est située dans la région de Kaolack, département de Kaolack, arrondissement de Sibassor. Elle couvre une superficie d'environ 200 km² et compte 30 villages. Sa population est estimée à 19 754 habitants avec une densité de 94 habitants au Km². La population active est estimée à 55%. Près de 75% de la population juvénile migre généralement vers les centres urbains à partir du mois de janvier pour revenir au mois de juin dans le cadre des travaux champêtres. À côté de l'activité agricole, d'autres activités telles que l'élevage, la pêche, l'artisanat et le commerce s'y développent (Anonyme, 2003).

1.1.2 Caractéristiques pédoclimatiques

Le climat est du type soudano sahélien caractérisé par une saison sèche de 8 - 9 mois et une saison des pluies de 3 – 4 mois avec une variabilité interannuelle assez marquée. Les températures varient en moyenne entre 25°C au mois de janvier et 45°C aux mois d'avril et mai avec une pluviométrie annuelle comprise entre 300 mm et 600 mm.

Les sols dominants sont du type ferrugineux tropical lessivé ou sol Dior qui représentent 75% des superficies correspondant à 15 000 ha. Ce sont des sols très favorables à la culture du mil, de l'arachide, ainsi qu'à l'élevage etc. Tandis que les sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivé ou sol Deck Dior qui occupent 16% des surfaces sont favorables à une large gamme de cultures y compris le mil, l'arachide, le maïs, le sorgho, le manioc, etc. Par contre les sols argileux à caractère vertique ou sol Deck, couvrent près de 8% des terres. Les sols halomorphes ou tannes, représentent 1% des superficies de la zone et sont caractérisés par une salinité élevée et une quasi absence de la matière organique. Ils sont impropres à la culture.

La strate herbacée est relativement diversifiée et se retrouve dans les parcours de bétail, les terres mises en défens et les champs cultivés notamment en période d'hivernage. Les espèces d'herbes dominantes incluent *Digitaria ciliaris*, *Dactiloctenium aegyptium*, *Cenchrus biflorus*, *Chloris prierii*, *Zornia glochidiata*, *Indigofera astragalina*, *Ipomea coptica*, *Jaquemontia tamnifolia*, *Corchorus tridens*, *Mitracarpus villosus* et *Andropogon gayanus*. La strate ligneuse est constituée de parcs agroforestiers, de mise en défens et d'espèces reboisées etc. (Anonyme, 2003).

1.1.3 Caractéristiques de l'agriculture

L'agriculture dans la Communauté Rurale de Dya est une agriculture de subsistance essentiellement destinée à l'autoconsommation. Elle occupe 73% des superficies de la zone soit 14551 hectares (ha). Le mil est l'une des principales spéculations développées dans la communauté rurale et constitue l'alimentation de base des populations. L'arachide (23% des

récoltes) y occupe également une place importante et elle est souvent mise en rotation avec les cultures céréalières. Par contre le sorgho, le maïs, le niébé et la pastèque y sont développés en cultures d'appoint ou génératrices de revenus comme le maraîchage, et l'arboriculture fruitière. La riziculture y est aussi pratiquée sur de faibles superficies. En dépit de cette importance le sous-secteur agricole est très peu développé dans la zone avec une baisse généralisée des rendements des cultures vivrières en générale (Anonyme, 2003).

1.2 Généralités sur le mil

1.2.1 Systématique

Le mil *P. glaucum*, est une espèce annuelle de la famille des Poacées (Graminées) et de la sous famille des *Panicoidae*. Aussi appelé *P. americanum* (L.) leake, le mil a plusieurs noms communs y compris le mil perlé, le petit mil, le mil à chandelle, le mil pénicillaire etc. (Anonyme, 1991)

1.2.2 Cycle cultural

Le développement du mil comporte plusieurs stades allant du semis à la récolte. Le cycle complet dure 80 à 95 jours après semis (JAS) pour la variété souna 3. La levée des plantules a lieu 2 à 3 JAS. Le développement végétatif y compris le tallage et la montaison dure à peine 47 JAS et la floraison à 50% est observée 56 JAS. A environ 65 JAS, le remplissage des grains au stade laiteux et pâteux est constaté et le début de maturation est atteint vers 70 JAS (Sarr, 1996). En fonction de la phénologie, les mils cultivés peuvent être répartis en trois groupes: les mils tardifs qui sont photosensibles et arrivent à maturité à 100-150 JAS, les mils précoces dont le cycle varie entre 80-100 JAS et les mils très précoces qui bouclent leur cycle en 65-75 JAS (Tapsoba, 1991).

1.2.3 Importance et utilisation

Au Sahel, le mil est cultivé principalement pour la consommation humaine. Il reste en dépit de sa faible productivité, une culture céréalière de grande importance du fait de sa part élevée dans l'alimentation des populations et de la diversité des utilisations auxquelles il est destiné (Tapsoba, 1991). En effet, le mil représente environ un tiers (1/3) de la consommation totale de céréales alimentaires au Burkina Faso, au Tchad et en Gambie, environ 40% au Mali et au Sénégal et plus des 2/3 au Niger (FAO, 1995). Les grains sont transformés en farine utilisée dans la préparation de mets variés tels que le couscous ou «tiéré» au Sénégal, la bouillie, les galettes etc. Brassé et fermenté, le mil peut fournir de la bière artisanale (FAO, 1995). Les tiges et les feuilles servent à l'alimentation du bétail, brûlées elles donnent des cendres pour la fabrication de la «potasse» (Tapsoba, 1991). Les tiges sont également utilisées dans la construction des clôtures des maisons, des jardins potagers et dans la confection des greniers mais aussi la confection de nattes pour couchettes.

1.2.4 Principaux insectes ravageurs du mil

Une centaine d'insectes attaquent le mil depuis la levée jusqu'à la récolte (Gahukar *et al.*, 1986). Toutes les parties de la plante sont attaquées. Les espèces ou groupes d'espèces nuisibles considérées comme les plus redoutables pour le mil comprennent entre autres les chenilles mineuses de l'épi (*H. albipunctella*), les foreurs de tige (*C. ignefusalis*) etc. (Dabré, 2008; Mbaye, 1993).

1.2.4.1 Foreurs de tige

Une dizaine d'espèces de foreurs endommagent le mil à partir du semis jusqu'à la récolte. Ce sont des insectes polyphages. Les espèces qui se sont avérées très nuisibles sont *C. ignefusalis* et *Sesamia calamistis* Hmps. (Lepidoptera: Noctuidae). La première est la plus importante sur les variétés précoces et la seconde sur les variétés tardives (Gahukar, 1984; Ndoeye, 1982 et Ndoeye, 1981).

1.2.4.2 Chenilles mineuses de l'épi

Les chenilles mineuses sont des espèces endémiques dans la zone sahélienne. Le complexe des chenilles mineuses des chandelles renferme une dizaine d'espèces des genres *Heliocheilus*, *Masalia*, *Adizura* etc. Au Sénégal, *H. albipunctella* est l'espèce la plus nuisible (Bhatnagar, 1986; Ndoeye, 1979; Vercambre, 1977). Toutefois, elle était connue comme ravageur secondaire des chandelles du mil jusqu'aux années 1970. Sa résurgence ces dernières années seraient due aux traitements antiacridiens qui ont contribué à l'élimination de ses ennemis naturels suite à la sécheresse des années 1972 – 74.

1.2.4.3 Groupe des coléoptères

Plusieurs coléoptères attaquent le mil au Sahel causant des dégâts importants sur les épis. Les plus importants appartiennent à la famille des Meloidae (*Mylabris holosericae* KL; *Psalydolytta flavicornis* MKL; *P. fusca*, *P. vestita*) et à celle des Scarabaeidae (*Rhinyptia infusca* Burm). Au Sénégal, l'étude de la dynamique des populations des méloïdés a montré que leur abondance coïncide le plus souvent avec la floraison du mil à cycle court (Mbaye, 1993; Bhatnagar, 1986).

1.2.4.4 Autres insectes

De nombreuses autres espèces d'insectes s'attaquent également au mil. Ces insectes appartiennent à divers ordres notamment des lépidoptères, des diptères, des dermaptères, des hémiptères, des orthoptères etc.

Certaines espèces de lépidoptères telles que *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae), *Eublemma gayneri* (Lepidoptera: Noctuidae), *Pyroderces spp.* (Lepidoptera: Cosmopterigidae), etc. attaquent parfois le mil en rongant les grains au stade laiteux à pâteux et

en sectionnant les épillets. Ce sont des ravageurs occasionnels d'une moindre importance mais leur incidence peut être aggravée par les épis très peu compacts qui facilitent la protection des larves et réduisent les possibilités de parasitisme (Baldé, 1993; Ndoye *et al.*, 1984). La chenille poilue *Amsacta moloneyi* Druce (Lepidoptera: Arctiidae) plus connue sur l'arachide et le niébé a très fortement réagi à l'évolution du climat à la suite des longues années de sécheresse dans le sahel (Ndoye, 1978). Elle s'attaque particulièrement aux jeunes plants du mil et peut causer annuellement des dégâts appréciables au Sénégal et dans plusieurs pays du sahel (Ndoye et Gahukar, 1989).

Parmi les diptères, la cécidomyie du mil, *Geromyia penniseti* Felt. (Diptera: Cecidomyiidae) est un ennemi redoutable susceptible d'infliger des dégâts sérieux au mil. Elle attaque les épis provoquant ainsi l'avortement des fleurs et l'échaudage des grains (grains vidés). Ce qui peut engendrer des dégâts très importants pouvant aller jusqu'à 100% de pertes de production dans certaines zones de défriche récente au Sud du Sénégal (Mbaye, 1993).

Forficula senegalensis Serv. (Dermaptera: Forficulidae) est le seul dermaptère qui peut occasionner des dégâts assez importants sur le mil. Les adultes envahissent le mil à la montaison mais les larves apparaissent peu après le début de l'épiaison. Les adultes et les larves se nourrissent de toutes les parties aériennes de la plante (Guèvremont, 1982).

Pour les hémiptères, la punaise rouge du coton, *Dysdercus vôlkeri* (Hémiptera: Pyrrhocoridae) Schmidt causerait des dégâts importants pouvant aller jusqu'à 20% de perte de production sur le mil. Elle attaque le mil au stade de floraison à remplissage des grains par la succion des fleurs et grains conduisant à des grains vides et des pertes de rendement conséquentes (Guèvremont, 1982).

Un grand nombre d'espèces d'acridiens attaquent le mil mais une vingtaine d'espèces sont susceptibles de revêtir une importance économique compte tenu de l'ampleur des dégâts qu'elles peuvent occasionner. Parmi eux, les sauteriaux, *Oedalus senegalensis* Krauss (Orthoptère: Acrididae) sont les plus inféodés au mil et peuvent parfois causer des dégâts importants et des pertes financières significatives (Launois, 1989). Toutefois, *Schistocerca gregaria* F. (Orthoptère: Acrididae) reste le ravageur le plus redoutable en fonction de l'ampleur des invasions difficilement maîtrisables avec des interventions très coûteuses. Il détruit tout ce qui est vert sur son passage et peut causer des pertes pouvant aller jusqu'à 100% sur le mil voire même sur les autres cultures (Mbaye, 1993).

1.3 Mineuse de l'épi du mil: *Heliocheilus albipunctella*

1.3.1 Description

Insecte holométabole, *H. albipunctella* appartient à l'ordre des lépidoptères, à la famille des Noctuidae et à la sous famille des Heliothinae (Maiga, 1984). C'est une espèce inféodée au mil en zone Sahélienne.

L'envergure du papillon varie entre 23 et 27 mm. Le dimorphisme sexuel entre le mâle et la femelle est très marqué. Il se traduit par la présence d'aires hyalines longues chez le mâle et la modification très visible des nervures costale et radiale au niveau des ailes antérieures. Chez la femelle les ailes antérieures sont roux-marron avec une série de ponctuations blanches disposées en demi-cercle sur le bord distal. La plage hyaline sur le bord costale de l'aile est caractéristique chez le mâle (Ndoye et Gahukar, 1989).

Les œufs sont de forme oblongue, petits, rayés et de couleur blanchâtre à marron selon le degré de développement de l'embryon. Ils sont d'aspect noir lorsqu'ils sont parasités par *Trichogrammatoidea sp.* La larve néonate mesure à peine 1 mm tandis que la plus âgée de couleur verte, jaune, brune ou même rougeâtre ferait 20 à 25 mm de long avec une capsule céphalique testacée de 1 à 4 mm (Sarr, 1996). Elle est relativement trapue et rayée d'une bande claire partant de la tête jusqu'à l'extrémité annale sur chaque côté. La population de chrysalide de couleur jaunâtre à rougeâtre est abondante sur les premiers centimètres du sol notamment au niveau des racelles des résidus de récolte (Diop, 1984; Gahukar *et al.*, 1986).

1.3.2 Répartition géographique

H. albipunctella est rencontrée entre les isohyètes 100 et 700 mm couvrant entre autre le Burkina Faso, la Gambie, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le sud du Nigéria, le Sénégal et le nord du Togo. Elle constitue un des problèmes majeurs au Sénégal notamment au sud du bassin arachidier (Ndoye et Gahukar, 1989).

1.3.3 Biologie et dégâts

La biologie de *H. albipunctella* a fait l'objet de nombreuses études notamment au Niger et au Sénégal (Ndoye et Gahukar, 1989; Guèvremont, 1982; Ndoye, 1982; Ndoye, 1979). La noctuelle est monovoltine (une seule génération par an) (Bal, 1988) et l'émergence des adultes débute environ un mois après une première pluie utile d'environ 20 mm (Ndoye et Gahukar, 1989; Guèvremont, 1982). Les œufs sont généralement pondus sur le tiers supérieur de l'épi (Ndoye et Gahukar, 1989) entre les soies involucrales et les pédoncules floraux ou sur le rachis (Bal, 1993). Le cycle de développement ne peut pas être complété lorsque son émergence est asynchrone au stade de l'épiaison du mil. Dès leurs émergences, les mâles et les femelles s'accouplent puis les femelles vont à la recherche de chandelles de mil favorables à la ponte c'est-à-dire celles dont les fleurs femelles seulement sont sorties et non les fleurs mâles. Les femelles vont commencer à pondre sur les épis notamment le tiers supérieur (Bal, 1993) où 80% des œufs sont déposés. La

période de ponte dont la durée est d'environ un mois, se situe au cours des mois de Juillet et d'Août (Guèvremont, 1982; Ndoye et Gahukar, 1989). Les œufs éclosent après 3 à 5 jours d'incubation. Après l'éclosion, les larves néonates commencent à perforer les glumes et consommer les fleurs alors que les larves âgées sectionnent les pédoncules floraux provoquant ainsi l'avortement et la chute des grains.

Au fur et à mesure que la larve sectionne les épillets au ras du rachis, elle soulève les fleurs ou les grains au stade de remplissage laiteux à pâteux et laissent derrière des galeries de forme hélicoïdale qui donnent un aspect caractéristique de la symptomatologie des attaques (Payne *et al.*, 2011). Les galeries sont d'autant plus importantes que la larve se développe jusqu'au stade L4. Selon la taille de la capsule céphalique et des couleurs entre autres, les larves de *H. albipunctella* sont classées en quatre stades larvaires L1, L2, L3 et L4. Les larves âgées descendent sur le sol où elles s'enfoncent à 15 - 20 cm de profondeur (Ndoye, 1982). La larve opère sa mue nymphale 4 à 5 jours après son enfouissement dans le sol où elle reste en diapause puis en quiescence toute la saison sèche (10 – 11 mois) dans les conditions naturelles (Mbaye, 1993). La diapause a pu être levée en 12 à 14 jours au laboratoire à 27°C et 85% d'humidité relative (Gahukar *et al.*, 1986).

Les dégâts dépendent de la coïncidence entre le pic d'émergence de la mineuse et le stade d'épiaison du mil mais aussi de la capacité de la variété à compenser les premières attaques (Ndoye et Gahukar, 1989). La longueur de l'épi, le degré de remplissage des grains et le nombre de galeries permettraient de quantifier les pertes dues à *H. albipunctella* (Bos, 1985). Au Burkina Faso, des pertes de 16,7 à 46,3% ont été obtenues au Nord (Mbaye, 1993).

1.3.4 Méthodes de lutte

1.3.5.1 Lutte culturale

Plusieurs techniques culturales sont utilisées pour lutter contre *H. albipunctella* y compris le décalage de la date de semis qui peut être un moyen efficace pour éviter la coïncidence entre l'épiaison du mil et le pic d'activités des adultes de la chenille mineuse de l'épi (Ndoye, 1979). Cependant il existe très peu de méthodes culturales efficaces pour la lutte contre *H. albipunctella* (Payne *et al.*, 2011).

1.3.5.2 Résistance variétale

Il s'agit de la capacité du mil à faire face aux attaques des ravageurs sans réduction des rendements à travers plusieurs mécanismes y compris l'antibiose, de la capacité de compensation des dégâts précoces causés sur les épis etc. De nombreuses variétés de mil présentent une certaine tolérance vis-à-vis des attaques de *H. albipunctella* (Guèvremont, 1982). Toutefois, il existe une nette différence entre les génotypes de mil en ce qui concerne les dégâts de *H. albipunctella* mais

cela reste à clarifier s'il s'agit d'une vraie résistance ou d'un évitement phénologique. En outre, plusieurs tentatives de sélection variétale ont été menées pour la résistance vis-à-vis de *H. albipunctella* depuis les années 80 sans un véritable succès (Payne *et al.*, 2011).

1.3.5.3 Lutte chimique

Les traitements chimiques à base d'endosulfan (prohibé à présent) à la dose de 525-700 mg de matière active (m.a) par hectare (Vercambre, 1977) ou de dipterex en association avec un inhibiteur de la chitine telle que la SIR 8514 à 1 kg m.a. (Guèvremont, 1982) seraient efficaces contre la mineuse. En outre l'utilisation de diflubenzuron appliquée à la dose de 100 g m .a./ha sur les larves de premier stade (avant leur insertion sous les épillets de la chandelle) s'est montrée efficace (Gahukar, 1990). Toutefois, l'utilisation des pesticides contre *H. albipunctella* en agriculture de subsistance n'est pas réaliste à cause des coûts de traitements prohibitifs, les risques d'intoxication avec la hauteur des tiges, l'emplacement des larves cachées dans les épis, l'absence de formation pour des traitements corrects et les risques pour la santé humaine, animale et l'environnement sans occulter la résurgence du ravageur cible par élimination des ennemis naturels (Payne *et al.*, 2011; Sarr, 1996; Ndoeye *et al.*, 1984).

1.3.5.4 Lutte biologique et utilisation de bracon

La lutte biologique consiste à utiliser des organismes vivants (arthropodes prédateurs ou parasitoïdes, agents pathogènes etc.) pour contrôler la population des ravageurs dans des écosystèmes donnés pour réduire leurs impacts. Toutefois, ceci requiert la connaissance des ravageurs et de leurs antagonistes (prédateurs, parasitoïdes, pathogènes etc.) y compris leurs cycles de vie et leur comportement dans le milieu récepteur (Payne *et al.*, 2011). Etant donné qu'il existe peu de pratiques culturales efficace contre la mineuse de l'épi et peu de succès dans la sélection variétale pour la résistance ou tolérance à *H. albipunctella*, la lutte biologique apparaît comme une alternative qui suscite beaucoup d'intérêt (Payne *et al.*, 2011).

De nombreuses études ont été réalisées sur les ennemis naturels de *H. albipunctella* (Sarr, 1996; Bal, 1993; Bhatnagar, 1986; Gahukar *et al.*, 1986, Guèvremont, 1982). Parmi les parasitoïdes larvaires, *Bracon* (= *Habrobracon*) *hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) est considéré comme le meilleur auxiliaire. C'est un ectoparasite grégaire et cosmopolite qui attaque plusieurs lépidoptères nuisibles des grains stockés et des cultures céréalières. Lorsque la femelle trouve la larve de *H. albipunctella*, elle la paralyse par une à plusieurs piqûres. L'effet de la paralysie survient 5 à 10 minutes après la pique et la larve devient complètement immobile lors de l'oviposition de *B. hebetor* (Ndoeye et Gahukar, 1989). Un à plusieurs œufs peuvent être déposés sur la larve et une femelle peut produire jusqu'à environ 100 œufs durant sa vie. Huit larves de bracon au maximum peuvent survivre au niveau d'une même larve hôte (Payne *et al.*,

2011). En conditions contrôlées, l'incubation des œufs dure près de 2 jours et la vie larvaire environ 5 jours. La nymphose survient quelques jours après et dure environ 6 jours. La larve prénymphe se tient à côté de la dépouille de la chenille et commence à tisser son cocon (Ndoye et Gahukar, 1989).

Le taux de parasitisme peut aller de 2 à 14% et varie fortement d'une année à l'autre (Bhatnagar, 1986). *B. hebetor* peut causer jusqu'à 64% de mortalité de la mineuse au Sénégal et 95% au Niger avec une forte variation d'une année à l'autre ((Nwanzé, 1991; Guèvremont, 1982).

Pour le lâcher de *B. hebetor*, il est possible de le réaliser avec les adultes directement libérés dans les champs ou à l'aide de larves hôtes (*Ephesia kuheniella* ou *Corcyra cephalonica*) parasitées (Bhatnagar, 1986). Toutefois, le choix du mode de lâcher dépend de beaucoup de facteurs tels que l'acclimatation des parasitoïdes, la maîtrise des techniques d'élevage, les capacités des personnes au laboratoire ou celles devant conduire le lâcher et le niveau de développement larvaire entre autres (Sarr, com. pers.).

CHAPITRE 2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Sites et localisation

Les expérimentations ont été conduites dans 9 champs de producteur se trouvant dans 5 villages (Dya, Bidji, Keur Ndéné coumba Sarr, Ngossi et Diokoul) situés dans la région de Kaolack, Département de Kaolack, Arrondissement de Sibassor et Communauté rurale de Dya (Figure1).

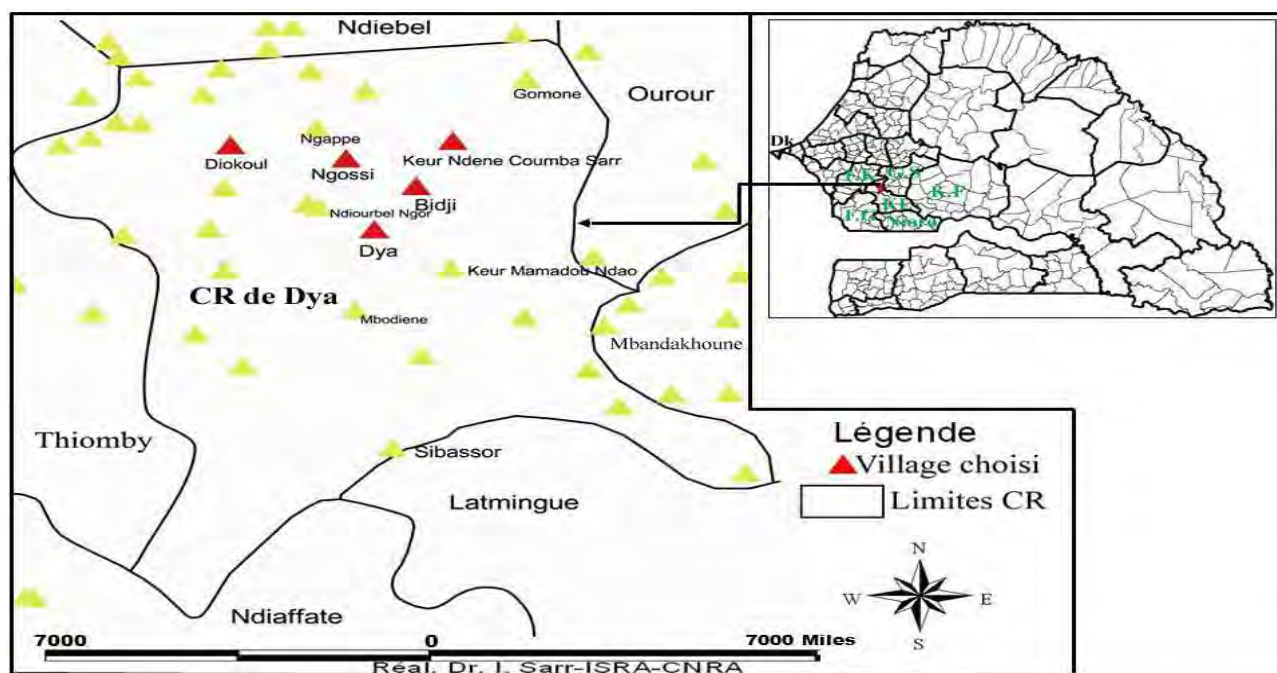


Figure 1 : Carte de localisation des villages abritant les champs échantillonnés

2.2 Piège lumineux

Pour le suivi de l'émergence des adultes de *H. albipunctella* et des autres ravageurs du mil, un piège lumineux à gaz a été utilisé. C'est un dispositif constitué d'un fût métallique fixé au sol par un trépied. La partie supérieure du fût est fermée aux 2/3 par une sorte de couvercle conique interne lisse permettant un glissement des insectes tombés sous la lampe incandescente pour être piégés à l'intérieur du fût. La base du fût est percée au milieu d'un petit orifice par où passe une potence reliant la bouteille de gaz et le bruleur muni de manchon (figure 2).

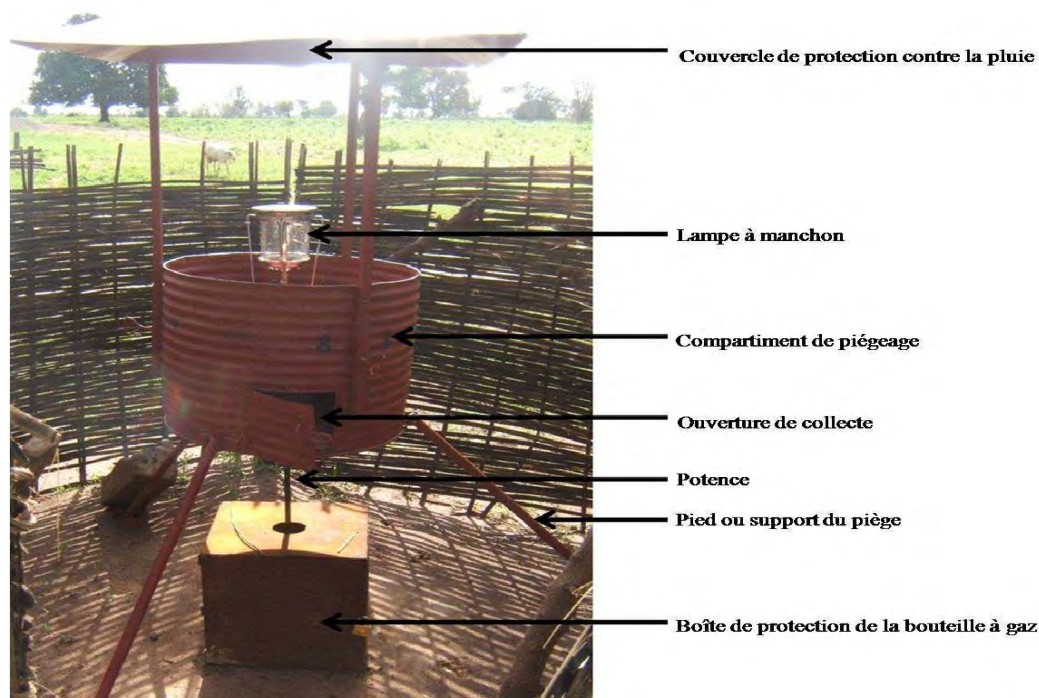


Figure 2: Piège lumineux à gaz

2.3 Souna 3

Le matériel végétal utilisé dans l'étude est la variété Souna 3 sélectionnée au niveau du CNRA de Bambey. La durée du cycle de semis à 50 % de floraison est de 55 à 56 jours et le cycle complet 85 – 95 jours. Elle est assez résistante aux maladies mais sensible à *H. albipunctella* (Sarr, 1996; Gahukar *et al.*, 1986) et à la verse. Le taux de tallage est égal à 2. La longueur de la tige peut atteindre 2,4 m et la chandelle 0,5 m.

2.4 Pratiques culturales

Les producteurs suivis ont semés entre le 1 et le 8 juillet 2012 après la première pluie utile (≥ 20 mm). Après sarclage, le mil a été démarqué à trois plants par poquet. L'engrais (15-10-10) a été épandu 15 JAS à la dose de 150kg/ha. Le désherbage a été effectué à la demande.

2.5 Collecte et tri des insectes

Le suivi des adultes de *H. albipunctella* a été effectué au piège lumineux. La collecte et le tri des insectes ont été réalisés à partir du 18 juillet jusqu'en fin septembre 2012. Le piège était allumé vers 19h 30 et éteint à 6h 30 pour attirer et piéger la plupart des insectes photophiles qui tombent dans le compartiment de piégeage. La méthode par pulvérisation d'insecticide a été utilisée pour assommer les insectes qui sont par la suite récupérés sans trop de difficulté pour être triés et identifiés.

2.6 Echantillonnage des œufs et des larves

Pour suivre les différents stades de développements *H. albipunctella* et apprécier la densité des œufs et des larves au champ, un plan d'échantillonnage stratifié semi-aléatoire a été adopté. Des parcelles d'un hectare se surface agricole totale (SAT) et de 0,9604 ha de surface agricole utile (SAU) ont été utilisées avec des écartements de 0,9 m entre les lignes et 0,5 à 0,9 m entre les poquets. Au niveau de chaque parcelle la SAU a été divisée en 4 strates égales d'environ 2401m² (Figure 3).

Pour chaque date d'échantillonnage le logiciel Microsoft Excel 2007 a été utilisé pour générer aléatoirement les lignes et les poquets à échantillonner. L'échantillonnage a été effectué sur trois dates entre le 30 août et le 09 septembre avec des intervalles de 5 jours entre les dates. Au total 9 champs ont été échantillonnés. A chaque date d'échantillonnage, 2 épis par strate correspondant à 8 échantillons par champ ont été prélevés soit 72 échantillons à observer au total. Les épis échantillonnés sont mis dans des sachets en papier et ramener pour comptage des œufs et larves.

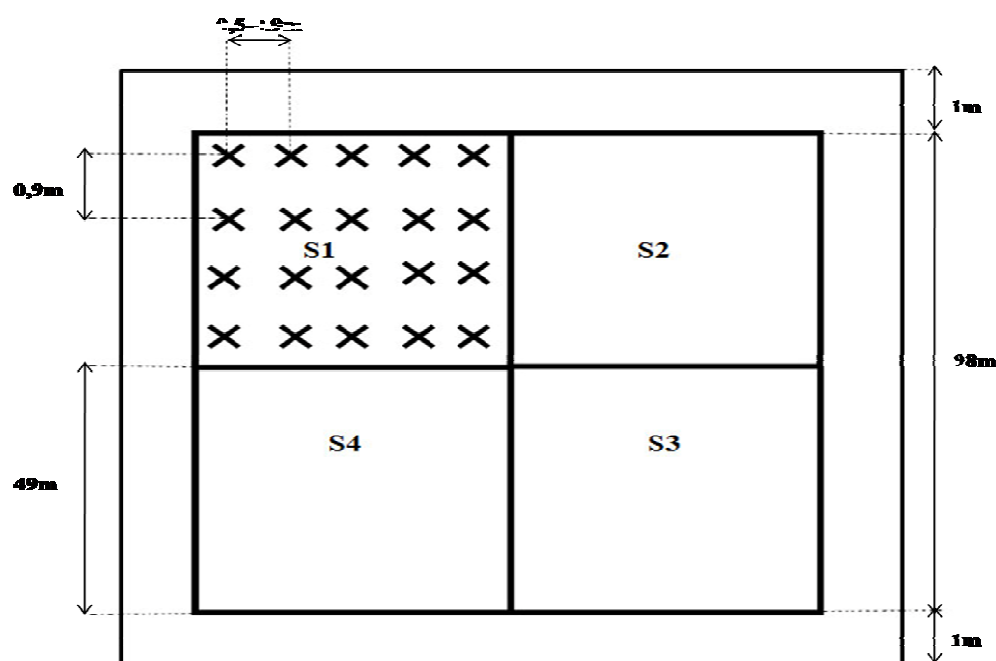


Figure 3: Plan de stratification des parcelles expérimentales

X = poquet; S_i = Strate (i=1, 2, 3, 4). SAT=1ha. SAU=0,9604ha

2.7 Incidence de *H. albipunctella*

Pour apprécier l'incidence de *H. albipunctella*, le même plan d'échantillonnage adopté pour le suivi des œufs et des larves a été utilisé. Toutefois, au niveau de chaque strate, 5 poquets ont été choisis soit 20 par champ et un total de 180 poquets pour les 9 champs. Pour chaque poquet, le comptage du nombre d'épis minés et d'épis sains a été fait.

2.8 Période optimale de lâcher



La détermination de la cette période est basé sur la superposition de la phénologie du mil et des différents stades de développement *H. albipunctella* en tenant compte de la première pluie utile. La période optimale correspond alors au début de l'apparition (en JAPU) des larves de second stade qui sont favorables à l'oviposition de *B. hebetor* et qui permettent son établissement dans l'environnement récepteur.

2.9 Analyse des données

2.9.1 Emergence des insectes

Le calcul des moyennes journalières et des écart-types associés des captures du piège lumineux, ainsi que l'analyse de corrélation des émergences de *H. albipunctella* et de la pluviométrie ont été effectués à l'aide du logiciel SAS.9.1.

2.9.2 Densité des différents stades et incidence de *H. albipunctella*

L'incidence est calculée en faisant le rapport entre du nombre d'épis minés et le nombre total d'épis pour chaque poquet.

Le calcul et la comparaison des moyennes des différents stades de développement ainsi que de l'incidence de *H. albipunctella* ont été réalisés à l'aide de SAS.9.1. L'analyse de la variance (GLM) avec le test de séparation des moyennes SNK a été effectuée sur la densité des différents stades et sur l'incidence.

2.9.3 Transformation des données

Les données relatives à la densité moyennes des différents stades et à l'incidence de *H. albipunctella* ont été transformées à l'aide de la formule $\ln(X+10)$ où \ln est le logarithme népérien et X représente la densité ou l'incidence. La transformation permet de stabiliser la variance étant donné que les variables biologiques telle que la densité des insectes, ne sont pas souvent conformes aux hypothèses de tests statistiques de l'ANOVA ou de la régression linéaire telle que la distribution normale, l'homogénéité des variances (Knapp *et al.*, 2006; Mc Donald, 2009).

CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Abondance et fluctuation des insectes en fonction du temps

Il a été répertorié au total 15 espèces d'insectes au niveau du piège lumineux entre juillet et septembre. Elles appartiennent principalement à 4 ordres. Il s'agit essentiellement de *Sylepta derogata*, *Xanthodes intercepta*, *Masalia nubila*, *Psalydolytta spp*, *Amsacta moloneyi*, *Forficula senegalensis*, *Helicoverpa spp*, *Coniesta ignefusalis*, *Heliocheilus albipunctella*, *Spodoptera spp*, *Helicoverpa spp*, *Cylindrothorax dussaulti*, *Eldana saccharina*, *Agrostis ypsilon*, *Sesamia calamistis* et des Tachinides.

Les captures ont débuté à la troisième semaine du mois de juillet et la moyenne des captures journalières pour ces dernières varie entre 0 et 23,71 selon les espèces (Tableau 1). On note une très grande variabilité des captures qui de manière général ont été très faibles pendant toute la saison. Parmi les différentes espèces capturées *C. ignefusalis*, *H. albipunctella*, *Psalydolytta spp*, *C. dussaulti* ont une plus grande importance économique pour le mil.

Pour *C. ignefusalis*, les premiers vols ont été notés à la troisième semaine du mois de juillet et les individus ont été capturés jusqu' à la troisième semaine du mois de septembre. Les résultats des captures montrent deux pics qui pourraient correspondre à deux générations. La première génération est apparue à la troisième semaine du mois de juillet et la seconde à la deuxième semaine du mois de septembre avec une moyenne de capture beaucoup plus faible (Tableau1). Le voltinisme de *C. ignefusalis* varie généralement entre deux et trois générations (Dramé et Ayertey, 2003; Djiba, 1986; Ndoye, 1981 et Ndoye, 1979). Toutefois, deux générations avec des pics de vol en juillet et septembre ont été observées dans d'autres études (Bal, 1988 et Nwanzé, 1989). Pour Gahukar *et al.*, (1986), *C. ignefusalis* complète 2 ou 3 générations en fonction des conditions pluviométriques.

Les captures au niveau du piège ont débuté à la dernière semaine du mois de juillet pour *Psalydolytta spp*. et 2 espèces ont été essentiellement capturées. Il s'agit de *P. vestita* et *Psalydolytta sp*. Leur pic de vol a été noté à la deuxième semaine du mois de septembre (Tableau1). Selon Baldé et Diop (1993) le pic des captures de ces cantharides a souvent coïncidé avec le stade d'épiaison du mil. Par contre, dans cette étude, les premières captures correspondent avec le stade de montaison du mil et le maximum d'individus a été observé au stade de remplissage des grains (laiteux-pâteux). Les premiers vols de *C. dussaulti* ont été notés à la deuxième semaine du mois d'août avec l'essentiel des captures obtenus à la deuxième semaine du mois de septembre. Des résultats similaires ont été observés par Bhatnagar (1986) avec le maximum d'activités de vols se produisant généralement entre la deuxième et la troisième semaine du mois de septembre.

Concernant *H. albipunctella*, les premiers vols ont été notés à la deuxième semaine du mois d'août avec le maximum d'individus capturés à la troisième semaine de ce même mois (Tableau1). Les captures se sont déroulées sur 39 jours soit du milieu de la montaison jusqu'à la fin du remplissage des grains. Dans d'autres études les captures se sont étalées du début de la montaison à la récolte du mil (Bal, 1988).

Tableau 1 : Captures des insectes au niveau du piège lumineux entre les mois de juillet et septembre 2012 dans la Communauté rurale de Dya

Rubriques			Moyennes journalières et écart-types associés									
			Juillet		Août				Septembre			
Ordres	Familles	Espèces	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
LEPIDOPTERES	Arctiidae	<i>Amsacta moloneyi</i>	0,43 ± 1,05	0,29 ± 0,70	0,00 ± 0,00	0,38 ± 0,48	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	Pyralidae	<i>Eldana saccharina</i>	0,86 ± 2,10	1,71 ± 2,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
		<i>Sylepta derogata</i>	0,14 ± 0,35	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,14 ± 0,35	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	Noctuidae	<i>Agrostis ypsilon</i>	0,00 ± 0,00	0,57 ± 0,73	0,00 ± 0,00	0,25 ± 0,66	0,13 ± 0,33	0,14 ± 0,35	0,25 ± 0,43	0,38 ± 0,48	0,25 ± 0,43	0,14 ± 0,35
		<i>Helicoverpa spp</i>	20,29 ± 8,70	0,86 ± 7,04	0,13 ± 0,33	1,13 ± 1,17	0,88 ± 1,36	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,88 ± 1,27	0,25 ± 0,66	0,00 ± 0,00
		<i>Heliocheilus albipunctella</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,63 ± 1,15	1,13 ± 1,15	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,25 ± 0,43	0,25 ± 0,43	0,00 ± 0,00
		<i>Masalia nubila</i>	0,43 ± 1,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
		<i>Coniesta ignefusalis</i>	3,14 ± 2,17	1,00 ± 1,31	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,75 ± 0,83	0,25 ± 0,66	0,00 ± 0,00
		<i>Sesamia calamistis</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,63 ± 0,86	1,63 ± 2,06	1,43 ± 1,59	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00
		<i>Spodoptera spp</i>	2,71 ± 1,83	0,57 ± 0,49	0,25 ± 0,43	0,50 ± 1,00	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00
		<i>Xanthodes intercepta</i>	0,50 ± 0,90	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
COLEOPTERES	Cantharidae	<i>Cylindrothorax dussaulti</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,88 ± 1,05	0,00 ± 0,00	0,25 ± 0,43	2,50 ± 2,18	0,25 ± 0,43	0,00 ± 0,00
		<i>Psalydolytta spp</i>	0,00 ± 0,00	0,14 ± 0,35	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,63 ± 0,86	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00
DERMAPTERES	Forficulidae	<i>Forficula senegalensis</i>	2,57 ± 3,29	23,71 ± 22,06	0,38 ± 0,48	1,63 ± 2,06	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00
DIPTERES	Tachinidae	EN*	1,00 ± 1,60	0,57 ± 1,05	0,00 ± 0,00	0,38 ± 0,70	0,25 ± 0,43	0,14 ± 0,35	0,13 ± 0,33	0,60 ± 0,80	0,13 ± 0,33	0,00 ± 0,00

* = espèce non déterminée ; S_i= semaine du mois (i=1 ; 2 ; 3 ; 4).

3.2 Effet potentiel de la pluie sur l'émergence des adultes de *H. albipunctella*

Dans la Communauté rurale de Dya, la première pluie utile a été enregistrée le 30 juin avec 52 mm (source: DRDR de Kaolack) et les captures de *H. albipunctella* ont commencés à partir de la deuxième semaine du mois d'août (Figure 4) soit 44 jours après la première pluie utile (JAPU). Des travaux antérieurs ont révélé les émergences de *H. albipunctella* à la même période avec une seule génération (Harris, 1995; Bal, 1990; Bal, 1988; Ndoye, 1988; Bhatnagar, 1986; Gahukar *et al.*, 1986; Guèvremont, 1982; Ndoye, 1982). Au total 19 individus ont été capturés pendant toute la saison avec un sexe ratio global de 1:3 biaisé en faveur des femelles. Par rapport à de nombreuses études menées au Sénégal et au Niger ces captures sont très faibles (Baldé et Diop, 1998; Sarr, 1996; Bal, 1990; Ndoye et Gahukar, 1989; Bal, 1988; Ndoye, 1988; Bhatnagar, 1986; Guèvremont, 1982). Ceci pourrait être dû à de nombreux facteurs tels que les paramètres intrinsèques aux pièges, le cycle lunaire etc. (Ndoye et Gahukar, 1989). L'abondance et la distribution des papillons dépendent des facteurs tels que la période d'émergence, la population résiduelle des chrysalides, la migration, le type du sol et la pluviométrie (Gahukar *et al.*, 1986). Aussi, Il semblerait que la pluviométrie soit un facteur important dans la reprise d'activités des adultes de *H. albipunctella* (Bal, 1988; Ndoye et Gahukar, 1989).

La superposition entre les moyennes pluviométriques journalières et le nombre d'individus adultes de la mineuse par semaine montre une corrélation apparente. Après les premiers vols, les adultes étaient capturés seulement lorsque les moyennes journalières de pluie été comprises entre 5mm et 8mm. Au-delà de cet intervalle il n'y avait pas de capture (Figure 4). Toutefois il n'y aurait pas de relation entre les moyennes de pluviométrie journalières et les émergences de *H. albipunctella* (modèle d'analyse de la corrélation non significatif). La pluviométrie ne semble donc pas influencer les émergences de *H. albipunctella* au-delà de la levée de la diapause. Selon Bal (1988) également, la répartition des pluies n'influencerait pas sur le rythme des captures de *H. albipunctella* au niveau du piège lumineux.

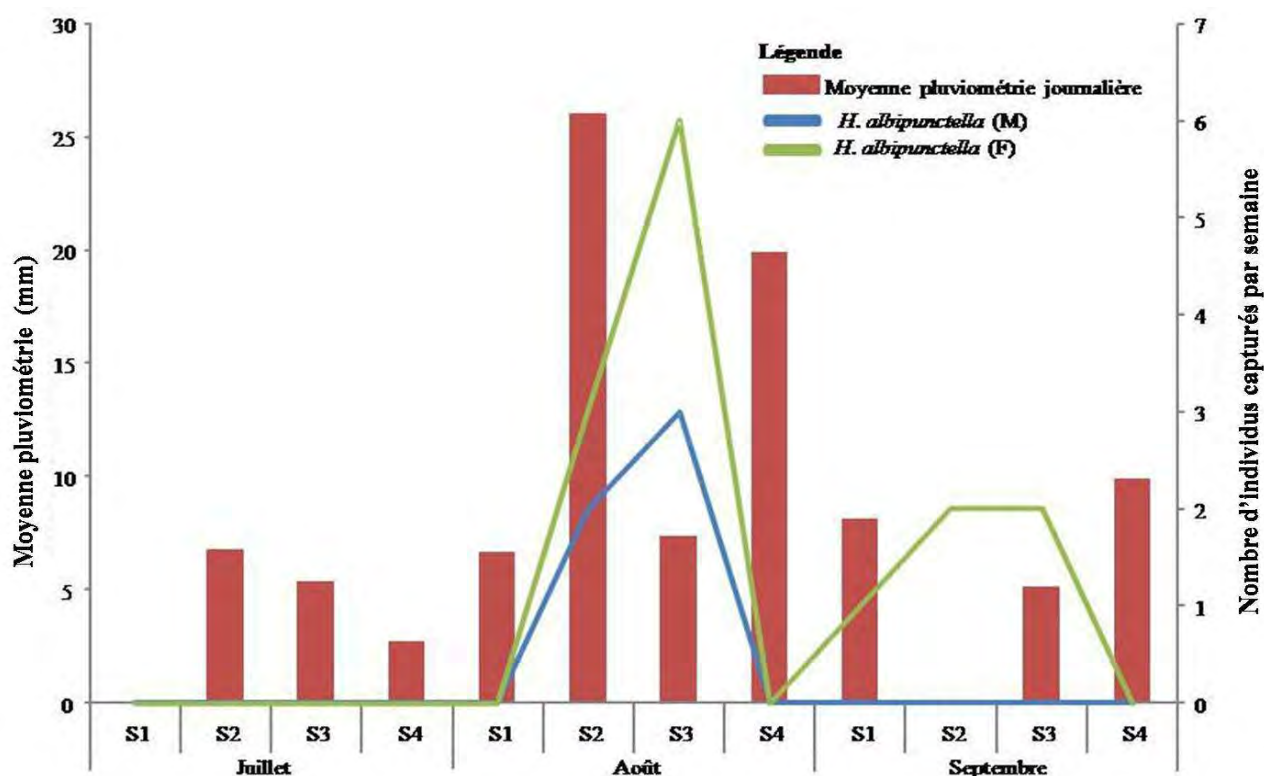


Figure 4 : Dynamique d'émergence de *Heliocheilus albipunctella* en fonction de la pluviométrie.

3.3 Densité des œufs et des larves de *H. albipunctella*

L'échantillonnage des œufs et des larves a été effectué les 30 août, 04 septembre et 09 septembre au niveau des cinq villages choisis dans la communauté rurale de Dya.

Lors de la première date d'échantillonnage à 61 jours après la première pluie utile (JAPU) correspondant à 60 JAS, la ponte a été notée avec une densité moyenne de 1,56 œuf par épi. Après cette date, la densité a diminué progressivement et varié entre 0 et 0,31 œuf par épi (Figure 5). Durant toute la période de suivi, les plus fortes densités ont été uniquement obtenues le 30 août. Ce qui suggère que la ponte a probablement débuté avant la première date d'échantillonnage des œufs étant donné que, les suivis ont débuté 61 JAPU et que la floraison du mil avait commencé 57 JAPU. Le pic de ponte pour *H. albipunctella* a lieu en cette même période. Cela correspond à une courte période pendant laquelle une bonne fraction des épis est convenable à la ponte (Sarr, 1996). Contrairement aux autres villages les œufs n'ont pas été interceptés à Keur Ndéné Coumba Sarr probablement à cause de l'éclosion de la plupart des œufs avant la première date d'échantillonnage.

Les larves de premier stade (L1) ont également été notées 61 JAPU avec des densités moyennes comprises entre 0,13 et 2,5 individus par épi dans les cinq localités (Bidji, Diokoul, Dya, Keur Ndéné Coumba Sarr et Ngossi) pour toute la période d'échantillonnage.

La présence des larves de second stade (L2) et des larves de troisième stade (L3) a été noté à partir du 04 septembre correspondant à 66 JAPU. Les densités moyennes d'individu par épi ont tourné autour de 0,06 à 1,88 pour les L2 et 0,19 à 1,69 pour les L3.

Le recrutement des larves de dernier stade (L4) n'a été observé à la dernière date d'échantillonnages qu'au niveau des localités de Dya, Keur Ndéné Coumba Sarr et Ngossi avec des densités moyennes de 0,13 à 0,38 individu par épi (Figure 5).

Toutefois, la densité moyenne des œufs par épi à la date du 30 août est significativement différente de celle des dates du 04 et du 09 septembre au seuil de probabilité $p = 5\%$ pour toutes les localités sauf pour le village de Keur Ndéné Coumba Sarr. Aucune différence significative n'a également été notée entre les densités moyennes des larves (L1, L3, L4) par épi pour toutes les dates. Cependant, au niveau des localités de Ngossi, Keur Ndéné Coumba Sarr et de Bidji, une différence significative entre les densités moyennes des larves L2 a été observée pour toutes les dates d'échantillonnage. Ceci pourrait s'expliquer par la différence de recrutement observée au début des premiers suivis sur les œufs (Figure 5). D'autres facteurs non identifiés tels que les Trichogrammes, les Bracons et autres prédateurs volants peuvent également contribuer à la variation des densités observées (Sarr, 1996; Bal, 1993; Bhatnagar, 1986).

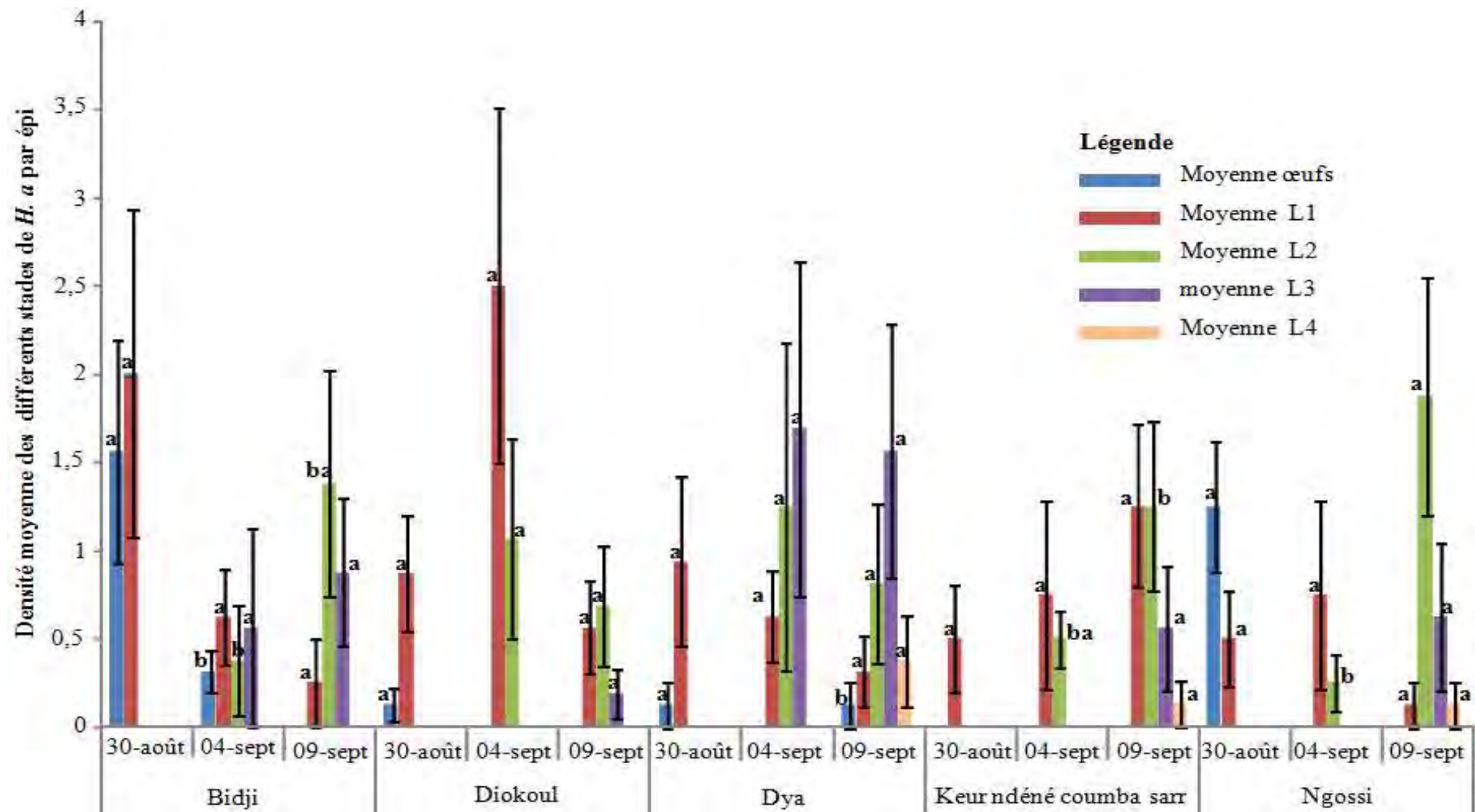


Figure 5: Densité moyenne des œufs et des larves de la mineuse l'épi du mil dans les différents villages à Dya (Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement diffère

ntes au seuil de probabilité $p = 0,05$.)

3.4 Incidence de la mineuse de l'épi du mil

Dans la Communauté rurale de Dya, l'incidence moyenne de la mineuse de l'épi a varié entre 13% et 45% en fonction des champs.

Toutefois, l'analyse de la variance a montré trois groupes de champs d'incidence moyenne distincte. Les champs 5 et 9 ont une plus grande incidence parmi tous les champs suivis. Par contre les champs 2, 3, 4 6 et 7 sont moyennement attaqués par rapport aux autres. Les champs 1 et 8 sont les moins attaqués dans toute la zone (Figure 6). En effet, l'incidence de la mineuse *H. albipunctella* varie considérablement selon les années et elle dépend surtout du cycle des variétés de mil et de la densité larvaire (Touré et Yehouénou, 1995). Les différences observées entre les différents champs pourraient être dues à de nombreux facteurs notamment les dates de semis étalés sur 7 jours, le travail du sol, les striga etc. De même, le niveau de fertilisation, la position géographique de l'exploitation dans la zone ou la coïncidence entre la floraison et le pic d'émergence des adultes qui dépend de la longueur du cycle du mil et de la date de semis, pourraient influencer l'incidence de *H. albipunctella* (Baldé et Diop, 1999).

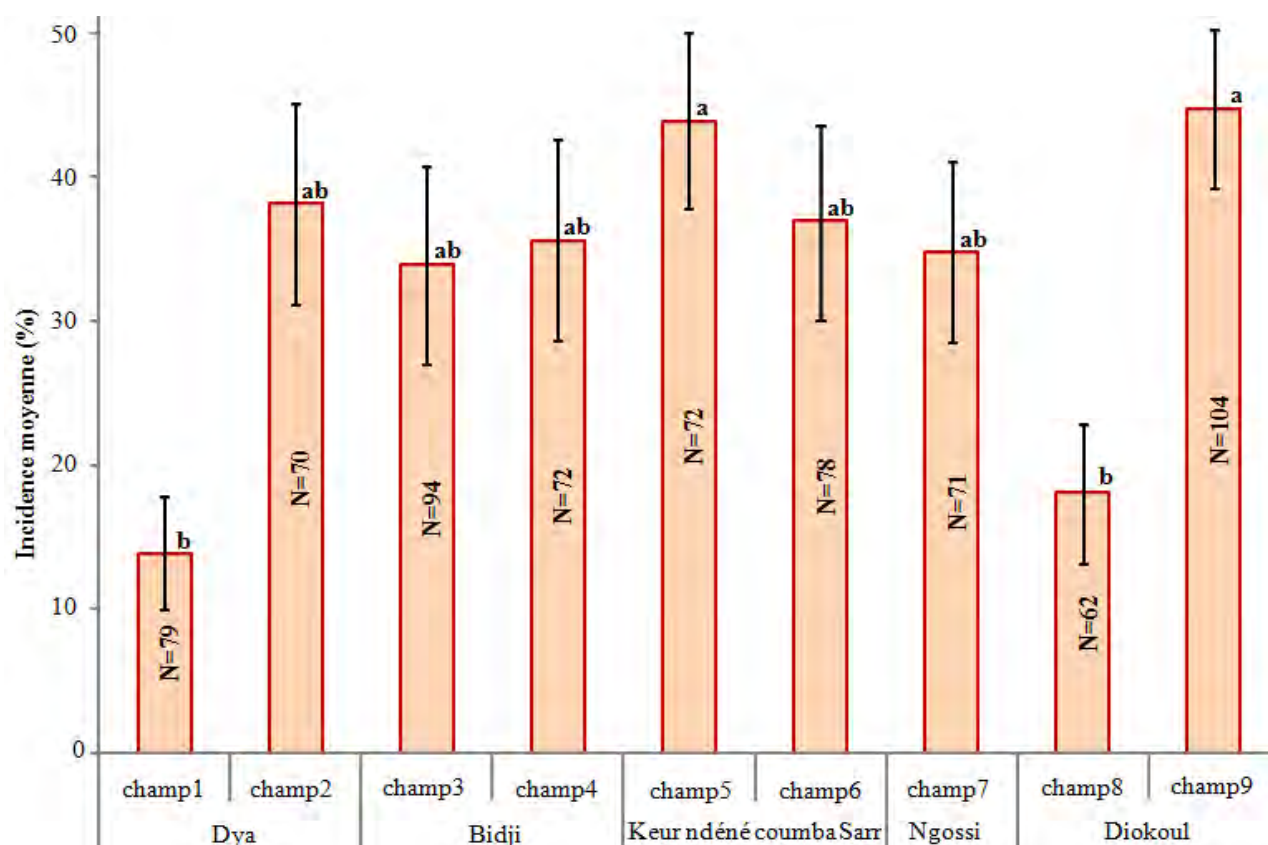


Figure 6: Incidence moyenne de la mineuse de l'épi par champ dans les différentes localités.

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité $p=0,05$. N = nombre total d'épis.

3.5 Période optimale de lâcher des bracons

Pour un semis de la variété Souna 3 effectué le 1^{er} juillet après la première pluie utile (PU), le stade de floraison est atteint 57 jours plus tard.

Les émergences de *H. albipunctella* ont commencé 44 JAPU soit 43 JAS. La période de ponte a coïncidé avec le stade de floraison. Les stades larvaires les plus voraces de *H. albipunctella* (L2 et L3) sont apparus à partir de 66 JAPU avec des densités maximales observées 5 à 6 jours plus tard (figure 7).

Pour une méthode de lâcher utilisant des larves d'*E. kuheniella* ou de *C. cephalonica* parasitées par *Bracon hebetor*, la durée de développement de l'ectoparasitoïde est important sur le choix de la période de lâcher. Etant donné que *B. hebetor* boucle son cycle de développement au minimum en 5 jours et au maximum en 10 jours (Diémé, 2012) et que les larves L2 et L3 (favorables à l'oviposition du parasitoïde) sont recrutées à partir de 66 JAPU, la période de lâcher optimal peut être situé à 61 JAPU (figure 7). En effet, les bracons ne pondent que sur les larves de second stade et de troisième stade même s'ils attaquent et immobilisent toutes les larves de l'hôte repérées actives (Diémé, 2012). Cette période optimale proposée permettra une synchronisation entre les émergences des bracons et les densités minimales des larves L2 de *H. albipunctella*. Ce qui permettra un bon établissement des parasitoïdes et un contrôle efficace de la mineuse de l'épi du mil. Toutefois si on accuse un retard jusqu'à 66 JAPU, la méthode de lutte biologique par lâcher de larves parasitées par bracon devient peu efficace à cause de l'échappée de larves âgées qui vont se nymphoser dans sol après avoir déjà occasionné des dégâts importants.

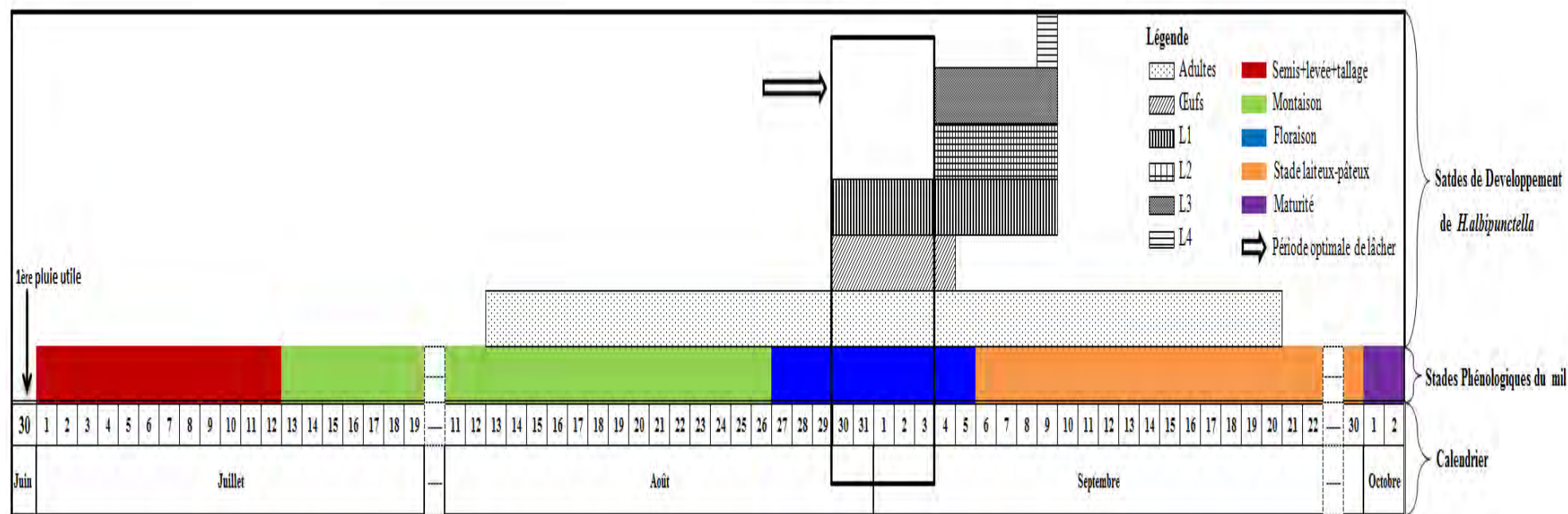


Figure 7 : Période optimale de lâcher des bracons en fonction de la phénologie du mil et des stades larvaires

CONCLUSIONS

En définitive, un certain nombre de conclusions peuvent être tirés de cette étude.

Dans la CR de Dya, entre le 18 juillet et le 30 septembre 2012, les captures d'adultes au niveau du piège lumineux ont donné au total 15 espèces d'insectes ravageurs du mil y compris celles d'importance économique tels que *Coniesta ignefusalis*, *Heliocheilus albipunctella*, *Psalydolytta spp* et *Cylindrothorax dussaulti*. Pendant toute la saison, la moyenne journalière d'adultes capturés a varié entre 0 et $3,14 \pm 2,17$ individus pour *C. ignefusalis*, 0 et $1,13 \pm 1,15$ individus pour *H. albipunctella*, 0 et $0,63 \pm 0,83$ individus pour *Psalydolytta spp*, et 0 et $2,50 \pm 2,18$ individus *C. dussaulti*. Les pics de vol ont été observés à 22 et 74 jours après la première pluie utile pour *C. ignefusalis*, 75 jours après la première pluie utile pour *Psalydolytta spp*, 74 jours après la première pluie utile pour *C. dussaulti* et 48 jours après la première pluie utile pour *H. albipunctella*. La pluviométrie ne semble pas influencer les émergences des adultes de *H. albipunctella* même si elle intervient dans la levée de la diapause.

Les densités moyennes échantillonnées tournent autour de $0,13 \pm 0,09$ à $1,56 \pm 0,63$ œuf par épi et $0,5 \pm 0,3$ à $3,56 \pm 1,89$ larve par épi.

L'incidence moyenne de *H. albipunctella* a été assez importante et a varié entre 13% et 45%.

A partir des observations effectuées dans la zone de Dya, une période de lâcher optimal de *Bracon hebetor* dans le cadre d'une lutte biologique efficace se situerait autour de 61 après la première pluie utile.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Anonyme (1991).** Mémento de l'agronome. IV^{ème} édition. (eds) Ministère français de la coopération et du développement. 1635 pp.
2. **Bal A. B. (1993).** Etude du parasitisme naturel d'*Heliocheilus albipunctella* de Joanis (Lépidoptère: Noctuidae) par *Trichogrammatoidea sp* (Hyménoptère: Trichogrammatoidea) à Bambey. Insect science and its application 14(2). 221-223.
3. **Bal A. B. (1990).** Rapport d'activité 1988 – 1989 du service d'entomologie mil/Niébé. ISRA-CNRA, Bambey, Sénégal. pp 38.
4. **Bal A. B. (1988).** *Acigona ignefusalis* hmps.et *Raghuva albipunctella* de Joannis, ravageurs du mil au Sénégal: dynamique des populations imaginales et infestations au champ. Atelier régional sur le mil. pp 21.
5. **Baldé M. & Diop A. (1999).** Suivi entomologique de l'essai relatif à la lutte intégrée contre les ennemis du mil en milieu paysan à Bambey sérère. Rapport analytique des activités 1998/1999. ISRA-CNRA, Bambey, Sénégal. 46-52.
6. **Baldé M. & Diop A. (1998).** Suivi entomologique de l'essai lutte intégrée contre les ennemis du mil en milieu paysan à Bambey sérère. Rapport analytique des activités 1997/1998. ISRA-CNRA, Bambey, Sénégal 52-57.
7. **Baldé M. (1993).** Synthèse des acquis de la recherche entomologique sur les cultures céréalières et légumineuses. Service entomologique mil/niébé. ISRA-CNRA, Bambey, Sénégal. pp 23.
8. **Bhatnagar V. S. (1986).** Projet CILSS de lutte intégrée contre les ravageurs des cultures vivrières dans le Sahel. Rapport d'activité (1985). ISRA-CNRA, Bambey, Sénégal. pp 73.
9. **Bos W. S. (1985).** Programme profil des pertes. Rapport annuelle 1983. Projet de lutte intégrée/CILSS, composante nationale du Sénégal.
10. **Dabre E. E. (2008).** Inventaire et importance des insectes ravageurs du mil, *Pennisetum glaucum* (leek) r. br. en zone sahélienne du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural option: agronomie. pp 83.
11. **DAPS (2011).** Evolution des statistiques agricoles 1961-2011. Données statistiques. pp 14.
12. **Diémé C. A. (2012).** Rapport d'activité hivernale du projet de lutte biologique contre la chenille mineuse de l'épi du mil à Nioro. ISRA-CNRA, Bambey, Sénégal. pp 6.
13. **Diop A. (1984).** Rapport annuel 1983. Projet de lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le sahel/CILSS, composante national du Niger, Niamey. pp 12
14. **Djiba S. (1986).** La dynamique des populations des ravageurs; élément essentiel pour une protection intégrée des cultures vivrières de basse Casamance, Rapport de stage de titularisation, Centre de Recherches Agricoles (C.R.A.), DJIBELOR, Sénégal. pp 54

15. **Drame-Yaye A., Youm O. & Ayertey J. N. (2003).** Assessment of grain yield losses in pearl millet due to the millet stem borer, *Coniesta Ignefusalis* (Hampson), Insect Sci. Applic. 23(3): 259-265
16. **Gahukar, R. T. (1984).** Insect pests of pearl millet in West Africa: a review. Tropical Pest Management 30(2): 142-147
17. **Gahukar R. T., Bos W. S., Bhatnagar V. S., Dieme F., Bal A. B., Fytizas F. (1986).** Acquis récents en entomologie du mil au Sénégal. Document présenté à la réunion d'évaluation du programme mil 19-21 Mars 1986. pp 29.
18. **Gahukar R. T., Guèvremont H., Bhatnagar V. S., Doumbia Y. O., Ndoye M. & Pierrard G. (1986).** A review of the pest status of the millet spike worm, *Raghuva albipunctella* De Joanis (Noctuidae: Lepidoptera) and its management in the Sahel. International Journal of Tropical Insect Science 7(Bal, 1988): 457 - 463.
19. **Gahukar R. T (1990).** Preliminary comparison of spike development stages for insecticide application against *Heliocheilus albipunctella* de Joanis in pearl millet. International Journal of Tropical Insect Science 11. 205-208.
20. **Guèvremont H. (1982).** Etudes sur la mineuse de l'épi du mil et autres insectes du mil. Rapport annuel de recherches pour l'année 1981. CNRA de Tarna. Maradi, Niger. pp 57.
21. **Harris K. M. (1995).** Word review of recent research on panicle insect pests of sorghom and pearl millet. in: panicle insect pests of sorghom and pearl millet, proceedings of the International Consultative Workshop, 4-7 Oct 1993. ICRISAT Sahetian Center Niamey, Niger (Nwanzé K.F. & Youm O., eds) Patancheru. Andhra Pradesh, India. pp 7- 25.
22. **Knapp M., Sarr I., Gilioli G & Baumgärtner J. (2006).** Population models for threshold-based control of *Tetranychus urticae* in Kenyan tomato fields and for evaluating weather and host plant species effects. Exp. Appl. acarol. 3(9): 195-212.
23. **Launois M. (1989).** *Oedaleus senegalensis* (krauss, 1877) Sauteriau ravageur du sahel. Collection Acridologie Opérationnelle n°4. Ministère des Affaires Étrangères des Pays-Bas et CIRAD/PRIFAS (France). pp. 36.
24. **Maiga S. D. (1984).** Rapport annuel 1983. Projet CILSS de lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le sahel composante national du Niger, Niamey.
25. **Mbaye D. F. (1993).** Contraintes phytosanitaires du mil dans le Sahel: état des connaissances et perspectives, in: Hamon Serge (ed.). Le mil en Afrique: diversité génétique et agro-physiologique : potentialités et contraintes pour l'amélioration et la culture. ORSTOM, 1993. Paris, France. 173-186.
26. **Mc Donald .J. H. (2009).** Handbook of biological statistics. Second edition. University of Delaware Sparky House Publishing Baltimore, Maryland, U.S.A. pp 319.

27. **Ndoye M. & Gahukar R. T. (1989).** Les insectes ravageurs du mil à chandelle dans le sahel. African Journal of Plant protection 4(2): 1 – 43.
28. **Ndoye M. (1988).** Biologie et Ecologie de deux lépidoptères: *Amsacta moloneyi* Druce (Lépidoptera, Arctiidea) et *Heliocheilus albipunctella* (DE JOANNIS) (Lépidoptère, Noctuidae) deux Ravageurs du mil au Sénégal, Thèse de docteur d'état ès-sciences Naturelles, présentée à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse. pp 227.
29. **Ndoye M., Ruparo T., Gahukar R. T., Carson A. G., Selvaraj C. J., Mbaye D. F. & Diallo S. (1984).** Les problèmes phytosanitaires du mil dans le sahel. Extrait de compte-rendu du séminaire international du projet CILSS de lutte intégrée, Niamey (Niger) 6-13 décembre 1984.ISRA-CNRA Bambey, Sénégal. 79-94.
30. **Ndoye M. (1982).** Programme de recherches entomologiques du mil de l'ISRA (1ère réunion des comités scientifiques nationaux du projet régional d'amélioration des mils, sorgho, niébé, maïs du CILSS.Tarna, Niger. ISRA/CNRA de Bambey. pp 14.
31. **Ndoye M. (1981).** Contribution à la connaissance de la biologie d'*Acigona ignefusalis* Hmps (Lépidoptère, Pyralidae, Crambinae) foreur de la tige de mil au Sénégal. ISRA-CNRA Bambey, Sénégal. pp 27.
32. **Ndoye M. (1979a).** Entomologie du mil. Rapport d'activité 1977/1978. ISRA-CNRA Bambey, Sénégal. pp. 84.
33. **Ndoye M. (1979b).** Contrôle cultural et lutte aménagée dans la protection des cultures céréalières contre les principaux déprédateurs dans le Sahel. ISRA-CNRA Bambey, Sénégal. pp 8.
34. **Ndoye M. (1978).** Données nouvelles sur la biologie et l'écologie au Sénégal de la chenille poilue du niébé, *Amsacta moloneyi* Drc. (Lepidoptera, Arctiidae). Cah. ORSTOM. sér. Biol.13(Bal, 1988):321-331;
35. **Nwanzé K. F. (1991).** Components for the management of two insect pests of pearl millet in Sahelian West Africa. Insect Sci. Applic. 12(5-6):673 - 478.
36. **Nwanzé K. F. (1989).** Insect pests of pearl millet in Sahelian West Africa: *Acigona ignefusalis* (Pyralidae, Lepidoptera): distribution, population dynamics and assessment of crop damage. International Journal of Pest Management. 35 (2): 137-142.
37. **Omanya G. O., Weltzienrattunde E., Sogodogo D., Sanogo M., Hanssens N., Guero Y. & Zangre R. (2007).** Participatory varietal selection with improved pearl millet in West Africa. Experimental Agriculture 43(01): 5-19.
38. **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. International Journal of Agricultural Sustainability 9(01): 186-193.

39. **ROCAFREMI (1995).** Le réseau mil: réalisation et perspectives. Réseau ouest et centre africain de recherches sur le mil (ROCAFREMI). ICRISAT, Niamey, Niger. pp 198.
40. **Sarr I. (1996).** Détermination de l'impact potentiel des pesticides sur *Heliocheilus albipunctella* (mineuse de l'épi du mil) à partir d'une méthode indirecte: l'étude de la table de survie in: Everts J.W., Mbaye D., Barry O., Mullié W., (1998). (ed). Effet de la lutte antiacridienne sur l'environnement. Tome II. 109-144.
41. **SAS (2003).** SAS/STAT version 9.1. SAS institute Inc., Cary, NC.
42. **TAPSOBA H. (1991).** Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations et les dégâts des insectes inféodés à l'arachide, au niébé, au sorgho et au mil. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur du développement rural, Option: Agronomie. Université de Ouagadougou. Institut du Développement Rural (IDR). pp 153.
43. **Touré K. & Yehouénou A. (1995).** Les insectes de l'épi du 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. Nwanze K.F. & Youm O.,(eds) Patancheru 502324, Andhra Pradesh, India. 39-47.
44. **Vercambre (1977).** Les chenilles des chandelles (*Raghuva spp –Adisura sp*) importants nuisibles du mil en zone sahélienne. Rapport d'activité, ISRA-CNRA Bambey, Sénégal. pp 32.
45. **Williams R. J. & Andrews D. J. (1983).** Breeding for diseases and pest resistance in pearl millet. FAO Plant Prot. Bull 31(Bal, 1988): 136-158.

WEBOGRAPHIE

46. **Anonyme (2003).** Plan Local de Développement de Dya. 155 pp. <http://www.proddel.sn/spip.php>(consulté le 12/08/2012).
47. **FAO (1995).** Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine. Collection FAO: alimentation et nutrition. N°27. pp 138. <http://www.fao.org>(consulté le 25/07/2012)

Résumé

Cette étude présente essentiellement les résultats du suivi de l'émergence des adultes, de la densité des œufs et des larves de *Heliocheilus albipunctella* pour le lâcher de l'ectoparasitoïde *Bracon hebetor* au niveau de la communauté rurale de Dya entre le 18 juillet et le 30 septembre 2012. L'étude a révélé de faibles captures d'insectes très divers au niveau du piège lumineux y compris *H. albipunctella*, *Coniesta ignefusalis*, *Cylindrothorax dussaulti* et *Psalydolytta spp* qui sont des ravageurs d'importance économique pour le mil. Les émergences de *H. albipunctella* ont débuté environ 44 jours après la première pluie utile avec un sexe ratio de 1:3 biaisé en faveur des femelles. La pluviométrie ne semble pas intervenir dans la dynamique d'émergence globale de *H. albipunctella* même si elle pourrait influencer la levée de la diapause. Les pontes ont eu lieu à environ 61 jours après la première pluie utile et les larves de second et de troisième stade sont recrutées à environ 66 jours après la première pluie utile. L'incidence moyenne de *H. albipunctella* au champ a été assez importante avec des pourcentages compris entre 13 et 45% selon les villages.

Compte tenu de la nécessaire synchronisation entre les cycles de développement du mil, de *H. albipunctella* et du lâcher de *Bracon hebetor*, la période optimale de lâcher de *Bracon hebetor* pour une lutte biologique efficace se situe à environ 61 jours après la première pluie utile.

Mots clé: Mil, producteurs, *H. albipunctella*, *B. hebetor*, lutte biologique, période optimale de lâcher, pluviométrie, Dya.

Abstract

This study presents mainly the monitoring results of adult flights, egg and larvae densities of *Heliocheilus albipunctella* for the release of *Bracon hebetor* in the county of Dya between 18th July and 30th September, 2012. The study showed low catches of very diverse insects from the light trap including *H. albipunctella*, *Coniesta ignefusalis*, *Cylindrothorax dussaulti* and *Psalydolytta spp* which are the millet pests of economic importance. The flight of *H. albipunctella* started at about 44 days after the first significant rain recorded with a biased sex ratio of 1:3 in favor of the females. The rainfall did not appear to be involved in the global flight dynamics of *H. albipunctella* although it could influence the break of the diapause. The egg laying started at about 61 days after the first significant rain recorded and the second and third instars were recruited at about 66 days after the first significant rain recorded. The average incidence of *H. albipunctella* at farm level was quite high with percentages ranging between 13 and 45% depending on the villages.

Considering the need of synchronization between the millet growth stages, the *H. albipunctella* biology and the release of *Bracon hebetor*, the optimal release timing of *B. hebetor* for an effective biocontrol is approximately 61 days after the first significant rain recorded.

Key words: Millet, farmers, *H. albipunctella*, *B. hebetor*, biocontrol, optimal release period, rainfall, Dya.