

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Ministère de l'Education Nationale

Direction
de l'Enseignement Supérieur

Ecole Nationale
des Cadres Ruraux de Bambey
ENCR

Ministère de l'Agriculture

Institut Sénégalais de
Recherches Agricoles
(ISRA)

Centre National de Recherches
Agronomiques de Bambey
CNRA

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
pour l'obtention du **diplôme d'ingénieur des travaux agricoles**

THEME :

ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS ET
DE LA DISTRIBUTION SPATIALE AU CHAMP DE
CONIESTA IGNEFUSALIS, CHENILLE FOREUSE DES
TIGES ET DE HELIOCHEILUS ALBIPUNCTELLA,
CHENILLE MINEUSE DES EPIS

Présenté et soutenu par :

DAR GAIKOBI

Etudiant de la 30ème promotion

Section agriculture

Tuteur de stage :

Dr. MAMADOU BALDE

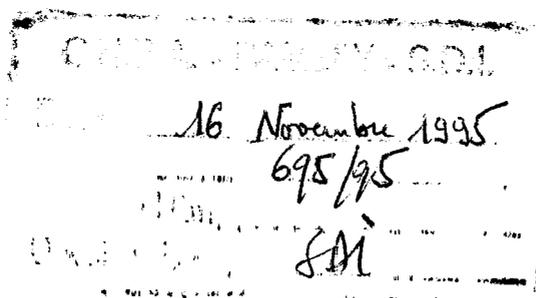
Chercheur Entomologiste

Maître de stage

Momar BA

Professeur à l'ENCR

OCTOBRE 1995



REMERCIEMENTS

A la Direction de la Coopération et au Développement et de l'aide humanitaire (DDA) Suisse pour m'avoir accordé la bourse d'Etudes.

A. Mr. Sidi Haïrou Camara, Directeur de l'Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR) de Bambey, pour sa sagesse.

au Dr. Mamadou BALDE, Entomologiste au Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey ISRA pour m'avoir encadré selon sa volonté et dans la crainte de l'Eternel Dieu.

Que l'Eternel Dieu, notre Créateur, par son Fils Jésus Christ, bénisse sa maison et toutes oeuvres faites de sa main.

A Monsieur Cheick Alassane FALL, chercheur sélectionneur au CERAAS/CNRA de Bambey pour son soutien moral, matériel, sa disponibilité et appui scientifique dans l'analyse statistique.

Que Dieu bénisse toutes ses oeuvres.

A Monsieur Mbaye NDIAYE pour le soutien moral et logistique.

A Monsieur Babacar NDAO, Directeur des Etudes de l'ENCR pour avoir géré ma bourse d'une manière transparente et à travers lui, l'ensemble du corps professoral.

A Monsieur Momar BA, mon maître de stage pour le suivi et les conseils pédagogiques.

A Monsieur Amadou DIOUF, chef de service de la Documentation - Information du CNRA de Bambey pour sa disponibilité dans la recherche documentaire.

A Monsieur Abdoulaye DIOP, technicien du laboratoire d'entomologie du CNRA de Bambey et Meïssa DIOUF pour leur soutien technique.

A Monsieur YANON Daniel pour son soutien moral et spirituel.

A tous les fidèles de l'Eglise Evangélique de B a m b e y pour leur consécration spirituelle.

A la famille Victor SANGUE pour leur soutien moral.

A la famille Nadji TCHERE pour leur soutien moral.

A Monsieur Isidore NDIONE et Maïssa BADIANE pour leurs services.

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

Mon père DAR KERTOUMAR, pour m'avoir encouragé à affronter les obstacles de la vie et à demeurer dans ma foi chrétienne.

Ma mère DIAPENG HABEGUE pour sa bénédiction.

Mon oncle, le Capitaine de l'armée Gueltir Kelka KERTOUMAR pour son soutien inlassable lors de mes études secondaires.

La mémoire de mon regretté oncle GAKERE EBBA.

Mon oncle Sabane TAGDI ANDRE pour son soutien moral et matériel lors de mes études secondaires à Ndjaména.

Mon épouse KAKESSE Julie, mon enfant Dam DAR KERTOUMAR, ma fille SENE DAR KERTOUMAR pour leur courage.

Parole de l'Eternel Dieu :

Esaïc 41 : 10 : "Sois sans crainte, car je suis avec toi, n'ouvre pas des yeux inquiets, je te fortifie, je viens à ton secours, je te soutiens de ma droite victorieuse".

Josué 1: 9: "Ne t'ai-je pas donné cet ordre : Fortifie-toi et prends courage ?

Ne t'effraie pas et ne t'épouvante pas, car l'Eternel, ton Dieu, est avec toi partout où tu iras".

RESUME

Ce mémoire de fin d'étude est réalisé au service de recherches entomologiques du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey sous le thème: " Etude de la dynamique des populations et de la distribution spatiale au champ de *Coniesta ignefusalis* (Lepidoptera: Pyralidae), chenille foreuse des tiges et de *Heliocheilus albipunctella* (Lepidoptera: Noctuidae), chenille mineuse des chandelles du mil".

Le mil à chandelle est une des principales cultures vivrières en Afrique soudano-sahélienne. Cependant, les rendements à l'hectare sont généralement très faibles dans les conditions paysannes de production. Parmi les principaux facteurs responsables de ces faibles rendements, figurent l'impact des insectes nuisibles dont *Coniesta (Acigona) ignefusalis* et *Heliocheilus (Raghuva) albipunctella* sont les plus importants sur cette culture.

Le travail consistait à évaluer le niveau d'infestation de la culture par une méthode d'échantillonnage à partir de points d'observations situés sur des axes à différentes strates du point central de la parcelle. Le dispositif expérimental était celui d'une randomisation complète de 8 parcelles de 900 m².

Les résultats montrent tout d'abord que *Coniesta ignefusalis* était de loin plus important que *Heliocheilus* cette année. Tandis que les chenilles mineuses des épis n'avaient pu occasionner aucun dégât substantiel, les larves de *Coniesta* avaient quant à elles provoqué une baisse de rendement de 13% en moyenne.

L'étude de la dispersion spatiale montre que ces deux espèces présentent sur ce plan des comportements tout à fait différents. En effet, l'attaque de la mineuse des chandelles a été toujours plus important au centre des parcelles qu'à la périphérie, contrairement aux foreurs des tiges qui ont tendance à infester plus la périphérie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - GENERALITES SUR LES DEUX ESPECES	3
1.1 -<i>Heliocheilus (Raghuva) albipunctella</i>	3
1.1.1 - Morphologie	3
1.1.2 - Bio-écologie	4
1.1.3 - Importance et dégâts	5
1.2 -<i>Coniesta (Acigona) ignefusalis</i>	6
1.2.1 - Morphologie	6
1.2.2 - Bio-écologie	7
1.2.3 - Importance et dégâts	9
CHAPITRE II - MATERIELS ET METHODES	11
2.1 - Objectif	i i
2.2 - Localisation et dispositif expérimental	11
2.3 - Conditions de culture du mil	12
2.4 - Méthode d'évaluation	12
2.5 - Observations	13
CHAPITRE III - RESULTATS ET DISCUSSIONS	14
3.1 - Résultats de l'attaque des chrysomèles	14

3.2 - Distribution au champ	15
3.2.1 - <i>Heliocheilus albipunctella</i>	15
3.2.2 - <i>Coniesfa ignefusalis</i>	17
3.3 - L'incidence sur le rendement	19
3.3.1 - <i>Heliocheilus albipunctella</i>	19
3.3.2 - <i>Coniesfa ignefusalis</i>	22
3.3.2.1 - Nature de ces relations chez une plante saine	22
3.3.2.2 - Influence de l'attaque des foreurs sur le rendement	24
3.4 - Résultats sur la dynamique des populations	27
3.4.1 - <i>Heliocheilus albipunctella</i>	27
3.4.2 - <i>Coniesta ignefusalis</i>	28
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	29
BIBLIOGRAPHIE	

INTRODUCTION

Le mil reste à côté du sorgho, du riz et du maïs l'une des principales cultures céréalières en Afrique soudano-sahélienne où il constitue l'élément essentiel du régime alimentaire des populations humaines et animales (NDOYE, 1988). Cependant, avec l'installation de cette longue sécheresse depuis le début des années 70, la production céréalière et en particulier celle du mil est en baisse tendancielle. Ce qui a obligé d'une manière générale les Etats de cette zone de se tourner vers l'importation pour couvrir ce déficit vivrier, malgré les conséquences que cela engendre sur les réserves en devises des pays. Malgré cet accroissement des importations alimentaires de 4 % depuis 1974 pour pallier à ce déficit de production, la banque mondiale estime dans un de ses rapports intitulé "stratégie de développement agricole pour l'Afrique subsaharienne et perspectives pour la banque mondiale" que les besoins réels n'ont été satisfaisants qu'à 87 % depuis 1980 (ANONYME, 1992).

Les nombreuses investigations faites dans les pays de la sous-région relatives aux causes réelles de cette baisse de productivité céréalière, notent clairement l'importance de la pression entomologique particulièrement sur le mil qui accompagne ce déficit pluviométrique (NDOYE et GAHUKAR, 1989). En effet, plus d'une centaine d'espèces d'insectes nuisibles s'attaquent au mil depuis le semis jusqu'à la récolte, parmi lesquelles *Heliocheilus (Raghuva) albipunctella*, chenille mineuse des chandelles et *Coniesta (Acigona) ignefusalis*, chenille foreuse des tiges jouent un rôle toute particulière (APPERT, 1957; NDOYE, 1979; GAHUKAR, 1984). Leurs dégâts peuvent selon la physionomie de l'hivernage et le stade phénologique de la plante (particulièrement pour *Coniesta*) prendre des proportions importantes.

En plus donc des programmes d'amélioration du mil, il s'avère impérieux de prendre en compte cette dimension entomologique si on veut accroître de manière significative la production de cette céréale. C'est dans ce sens qu'une importance toute particulière est accordée à ces deux espèces d'insectes nuisibles dans les programmes de recherches entomologiques du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) pour trouver des voies et moyens adéquats de leur contrôle. Sur ce plan, de nombreuses recherches ont été effectuées aussi bien au Sénégal que dans d'autres pays de la zone soudano-sahélienne dans le domaine de la connaissance de la biologie de ces deux espèces ainsi que dans le domaine

des méthodes de lutte. Cependant, peu de résultats existent actuellement sur le seuil économique de nuisibilité et la distribution spatiale au champ de ces espèces. Hors, un des problèmes généraux de la recherche entomologique c'est de pouvoir déterminer avec exactitude dans les conditions au champ, la densité de population d'un insecte ravageur, ainsi que sa distribution dans l'espace. Ces données sont d'autant plus indispensables qu'elles permettent par exemple de tester plus facilement l'efficacité économique d'un programme de traitement chimique.

Le but de ce travail qui entre dans cette perspective consiste à étudier le comportement dans les conditions naturelles au champ de la chenille mineuse des chandelles et des foreurs de tiges et d'essayer d'évaluer leur impact sur le rendement de la culture.

CHAPITRE I:- GENERALITES SUR LES DEUX ESPECES

1.1 - *HELIOCHEILUS (RAGHUVA) ALBIPUNCTELLA*

Heliocheilus albipunctella, connu sous le nom de chenille mineuse des chandelles est une espèce inféodée au mil. Elle a été décrite pour la première fois en 1925 par JOANNIS sous le nom de *Raghuva* et après par RISBEC (1950) et APPERT (1957). C'est surtout NDOYE (1988) qui a clarifié davantage aussi bien la morphologie que la biologie de ce ravageur.

Cette espèce a été identifiée comme nuisible au mil dans la zone soudano-sahélienne en 1970 et elle apparut en 1973 comme ravageur d'importance économique (NDOYE, 1979 ; VERCAMBRE, 1982).

1.1.1 - Morphologie

L'envergure du papillon varie entre 23 et 27 mm, selon qu'il est mâle ou femelle. En effet, cette espèce est également caractérisée par un dimorphisme sexuel très remarquable. Les femelles sont plus grandes que les mâles. Les ailes antérieures du mâle sont petites avec un épaississement distal et une aire hyaline en arrière du bord antérieur (NDOYE, 1988). Aussi bien chez la femelle que chez le mâle, les ailes antérieures sont de couleur roux-marron avec des points blancs sur le bord distal (photo 1).

Chez la femelle, les ailes antérieures sont fortement marquées de points noirâtres avec une ligne antimarginale représentée par de très petits points situés entre les nervures et une frange très blanchâtre (NDOYE et GAHUKAR, 1989). Les ailes postérieures des deux sexes sont grises et munies de nervures noires sans aucun dessin.

D'après les descriptions de NDOYE (1988), la larve âgée mesure 20-25cm. Elle a l'aspect trapue avec une capsule céphalique foncée de même que la partie supérieure du premier segment. Elle a une coloration verdâtre ou jaunâtre avec deux bandes claires sur chaque flanc qui s'étendent de la tête à l'extrémité anale. La couleur de la larve devient rougeâtre peu avant son passage au stade de chrysalide. Cette chrysalide qui n'a pas de cocon, mesure environ 12-13 mm, soit une réduction de la taille larvaire de 52-60 %. Cette diminution de la

surface de contact permet à l'espèce de résister aux conditions non favorables durant la saison sèche.

La chrysalide est de couleur brun-clair au début et devient légèrement plus foncée au fur et à mesure du développement de la nymphose. Son crémaster est terminé par deux grandes épines et laisse voir ces lignes de soudure évanescence des derniers segments abdominaux. Une observation minutieuse des chrysalides au niveau de ces derniers segments montre que le dimorphisme sexuel se reflète également au niveau des chrysalides.

1.1.2 - Bio-écologie

La femelle de *Heliocheilus* dépose à l'épiaison du mil des centaines d'oeufs (jusqu'à 400) sur les soies involucrales et le sommet du rachis. Ces oeufs sont de forme oblongue et colorés de blanc-ivoire quand ils sont nouvellement pondus. Ils prennent cependant une couleur jaune ou marron-foncée liée au développement de l'embryon (NDOYE, 1988). D'après les études effectuées par VERCAMBRE (1978), NDOYE (1979) et GAHUKAR (1984), l'incubation des oeufs dure 3 à 5 jours et le développement larvaire de 23-39 jours en passant par 6 stades. Après avoir atteint la maturité, les larves ainsi âgées descendent au pied de la plante pour se chrysalider dans le sol, en passant d'abord par une phase pré nymphale de deux à quatre jours. Cet état de nymphose peut durer 10 à 11 mois avant l'émergence des adultes aux environs de un mois après les premières pluies utiles (GAHUKAR et al., 1986 ; BAL, 1989 ; BALDE, 1993), même si des dates d'apparition de 39 à 45 jours ont été observées (NDOYE, 1977).

Les nombreuses observations faites durant des années dans différents pays de la zone soudano-sahélienne sur la dynamique des populations adultes (NDOYE, 1977 ; 1978 ; VERCAMBRE, 1978 ; GUEVREMONT, 1985 ; BAL, 1986 ; MAIGA, 1987 ; NWANZE et SIVAKUMAR, 1990 ; BALDE, 1993), montrent que *Heliocheilus* est une espèce monovoltine. En effet, elle ne forme qu'une seule génération annuelle dont la période de fluctuation peut cependant être relativement longue selon la répartition des pluies comme le montrent les courbes de vol réalisées au Sénégal (NDOYE, 1978; 1988). Des études ont été également réalisées sur l'importance et la distribution géographique de cette espèce. Sur ce plan, la conjonction des facteurs abiotiques comme la pluviométrie, la température et la nature des sols semblent être un élément déterminant. Les observations faites par MAIGA (1987) montrent que cette espèce est très abondante durant les années de

faible pluviométrique, Ce qui correspond aux constatations faites par NWANZE et SIVAKUMAR (1990) au Burkina Faso, au Niger et au Nord du Nigéria. Ces résultats montrent en même temps que *H. albipunctella* est présent dans tous les pays de l'Afrique de l'Ouest de la zone soudano-sahélienne.

La température, l'hygrométrie et le type de sol peuvent influencer l'évolution des chrysalides dans le sol (NWANZE et SIVAKUMAR, 1990). En effet, le prélèvement de chrysalides effectué par ces deux auteurs dans différents sites, montre que 51 % de celles-ci se trouvent à des profondeurs de 10 à 20 cm, 16 % de 5-10 et le reste (53 %) de 20 à 30 cm. Ces profondeurs dans lesquelles se trouvent les chrysalides dépendent des types de sol. Ainsi, GAHUKAR et al., (1986) ont trouvé la majorité de ces chrysalides à des profondeurs de 10 à 15 cm dans les sols argileux, tandis qu'elles atteignent 15 à 25 cm dans les sols sableux.

C'est ce qui explique en partie la faible présence de cette espèce constatée par NDOYE (1988) au Sud du Sénégal, où les sols contiennent une forte teneur en argile et où les pluies sont également plus abondantes.

Tandis que les types de sols déterminent la possibilité des larves en nymphose de pénétrer en profondeur pour trouver une loge, la température et l'humidité du sol influencent directement le développement ultérieur de la chrysalide. En effet, NWANZE et SIVAKUMAR (1990) ont constaté une forte mortalité de chrysalides au fur et à mesure que la période sèche avance qui dépendait de la profondeur à laquelle celles-ci se trouvaient. Ces observations ont été faites de Février à Mai, où les maxima des températures excédaient les 45°C et l'hygrométrie au minimum.

1.1.3 - Importance et dégâts

Dès l'éclosion, les jeunes larves s'alimentent des glumes qu'elles perforent et dévorent ainsi l'intérieur des fleurs (NDOYE, 1988). A partir du 3ème stade de développement, les larves s'attaquent aux pédoncules qu'elles sectionnent en progressant généralement de haut vers le bas et en soulevant les épillets (photo 2). Ceci donne des dégâts en spirales très caractéristiques sur les épis.

La présence des larves est également détectée par l'existence de déjections en petits granules secs et blanchâtres autour des fleurs. Ces épillets coupés sont reliés par un réseau de fil de soie qui se dessèche au contact de l'air. Il sert de fourreau de protection pour la chenille contre les aléas climatiques et

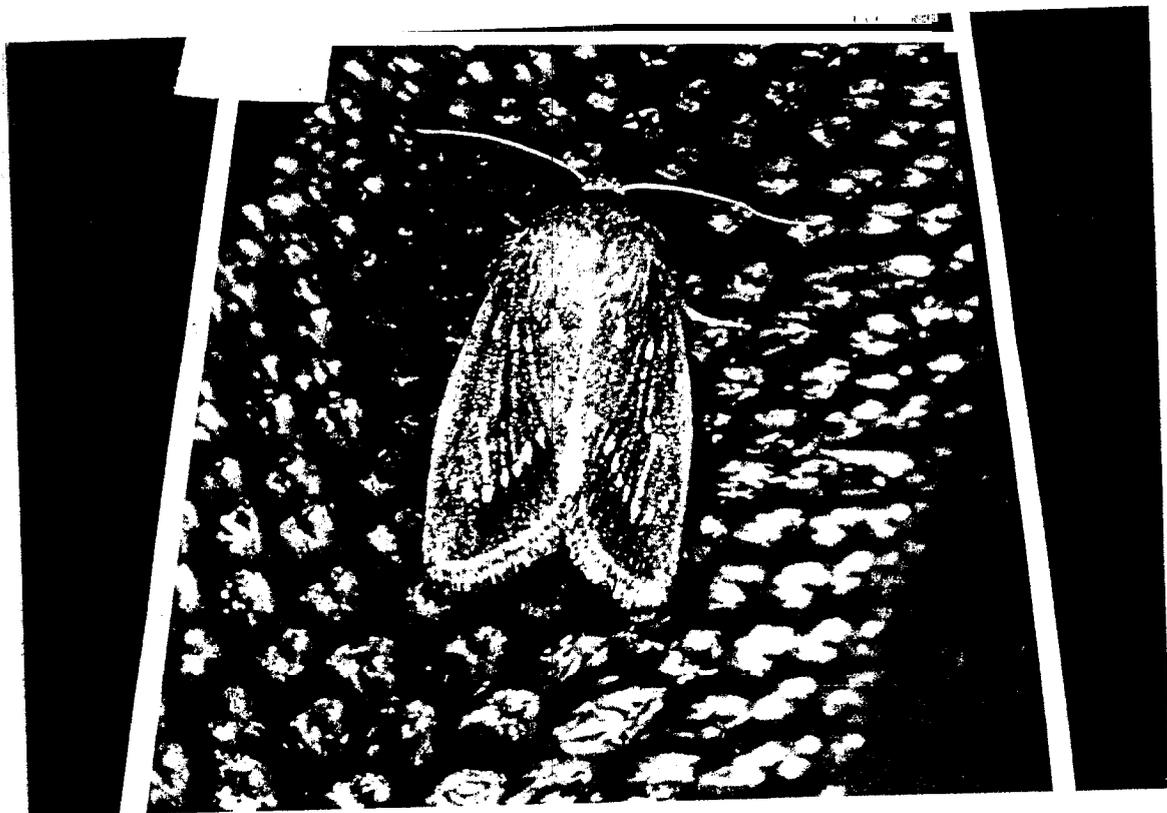


Photo 1 : Femelle de *Heliocheilus albicuntella* sur épis de mil

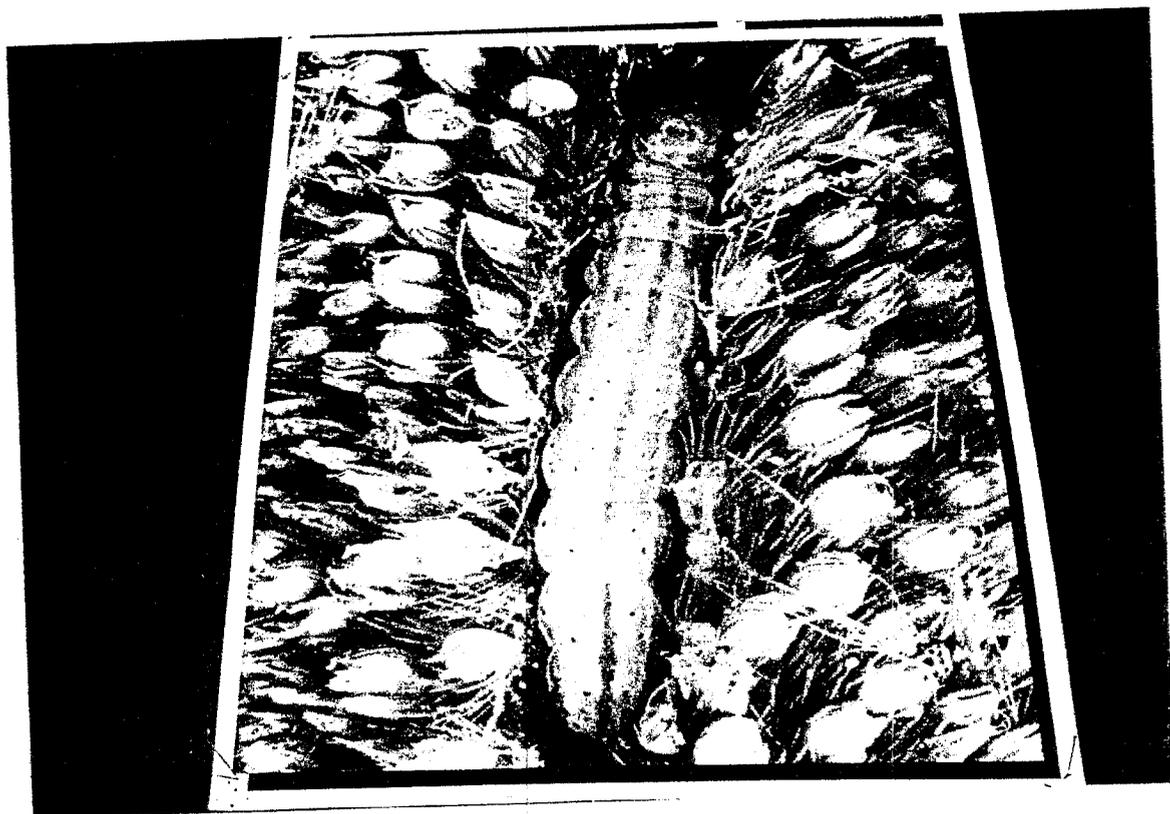


Photo 2 : Larve agée de *Heliocheilus albicuntella* dans un épis de mil

certaines ennemis naturels. Ces dégâts effectués sur les pédoncules floraux empêche non seulement la formation des graines, mais provoque également une chute.

tes études effectuées par REOUTAG (1994) au CNRA de Bambey, montrent que ces larves peuvent occasionner des pertes de rendement en grains de 31 % dans le cas d'une non protection du mil. Cependant, l'importance de ces dégâts dépend non seulement de la variété mais également des dates de semis (NDOYE, 1988 ; BALDE, 1993).

1.2 - *CONIESTA IGNEFUSALIS*

Cette espèce de lépidoptère de la famille des *Pyralidae* est à l'instar de *Eldana saccharina* (*Lepidoptera* : *Pyralidae*), *Busseola fusca* et *Sesamia calamistis* (*Lepidoptera* : *Noctuidae*) un des foreurs des tiges de mil et de sorgho les plus importants et les plus fréquemment rencontrés en Afrique (TEETES et al., 1983; GAHUKAR, 1984), même si son attaque sur le sorgho est de moindre degré. Les *Pennisetum* sauvages, *Digitaria spp.* et *Andropogon gayanus* constituent ses principaux hôtes secondaires.

1.2.1 - Morphologie

Coniesta ignefusalis est un papillon de coloration jaune-paille, avec une face ventrale plus claire que celle dorsale (photo 3). L'observation minutieuse des pièces buccales montre des poils maxillaires et labiaux très développés. Les ailes antérieures sont jaunes-paille avec des écailles brunes et une frange claire, tandis que les ailes postérieures sont de couleur blanchâtre. Il existe chez cette espèce de foreur un dimorphisme sexuel très prononcé. En effet, les femelles avec une longueur de 12 à 14 mm et une envergure de 26 à 30 mm, sont plus grandes que les mâles qui ne mesurent que 10 mm avec une envergure de 22 à 26 mm (NDOYE et GAHUKAR, 1989).

La larve qui a atteint son dernier stade de développement peut mesurer jusqu'à 30 mm. Sa tête peut avoir une couleur jaune ou brunâtre, tandis que le corps qui est de coloration jaune-claire est couvert de multiples points noirs qui disparaissent avant l'entrée de la larve à l'état de diapause (photo 4). A ce stade, la larve qui devient plus petite et nuisible prend une couleur blanche. Il faut noter que

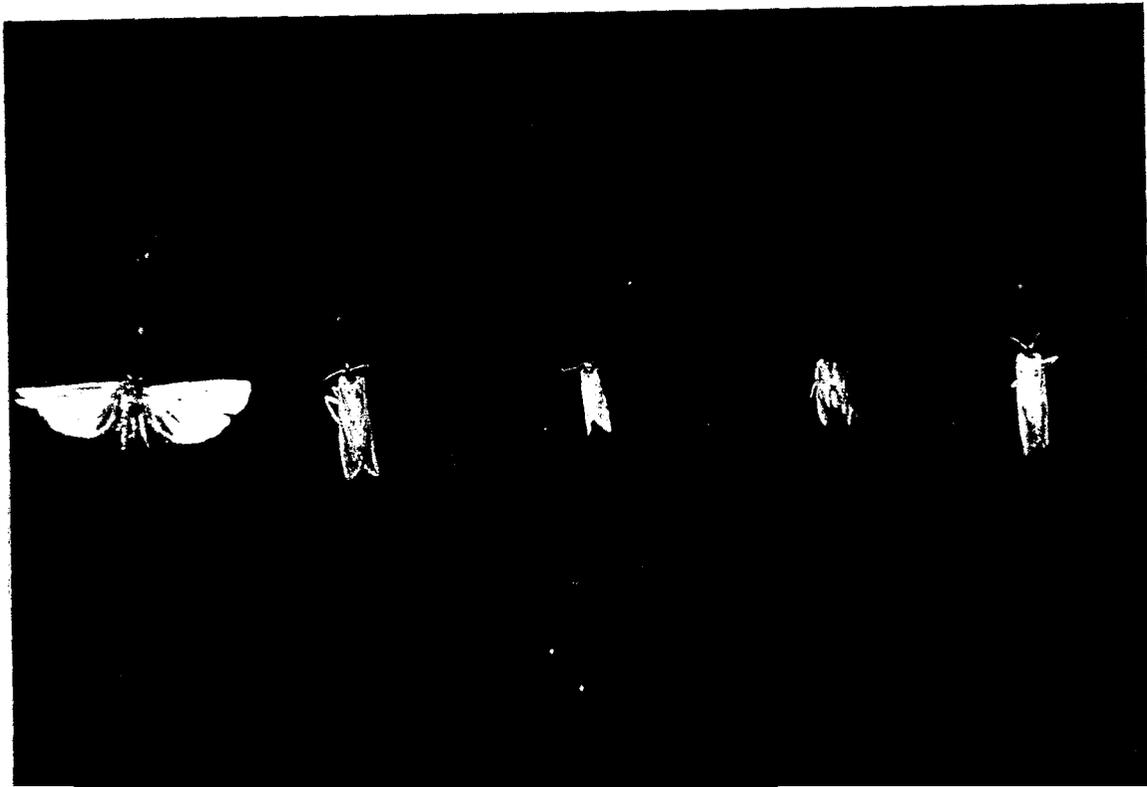


Photo 3 : Adultes (femelles et mâles) de *Coniesta*

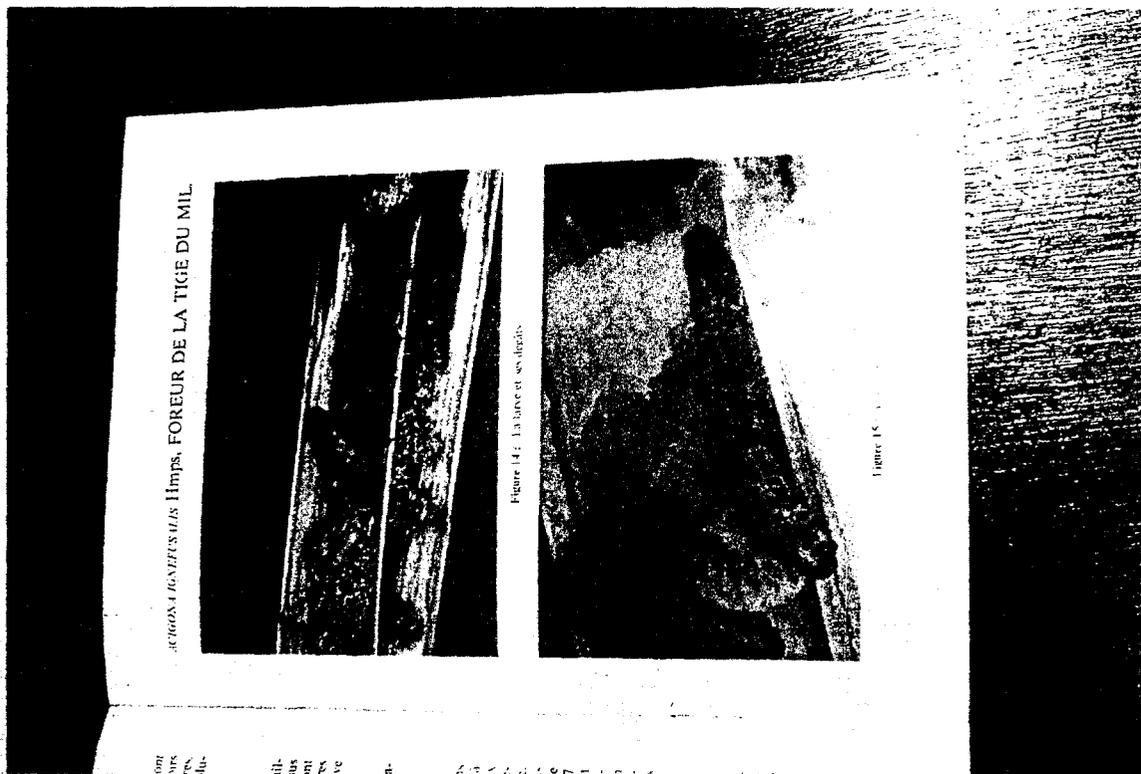


Photo 4 : Larve de *Coniesta* (à gauche dans une tige et à droite sur milieu artificiel)

La disparition de ces points noirs se passe lors des 2 à 3 mues précédant l'arrêt complet du développement (NDOYE, 1980).

D'après ce même auteur, de sur et à mesure que l'état de repos physiologique s'installe, les larves s'alimentent de moins en moins et construisent un fin cocon en soie pour se protéger d'avantage contre les aléas climatiques défavorables. La destruction de ce cocon, provoque le déplacement de la larve qui ne peut cependant reprendre ni ses points; noirs, ni se chrysalider.

La chrysalide avec une longueur de 10 à 17 mm, est de couleur brune et de forme allongée. Elle est munie de minuscules épines disposées à la face dorsale des segments abdominaux, tout en formant sur les segments postérieurs un cercle autour du corps. Le dernier segment abdominal porte quant à lui des épines et des excroissances plus développées.

1.2.2 - Bio-écologie

D'après les observations faites par NDOYE et GAHUKAR (1989), la femelle dépose ses oeufs dans la partie supérieure des gaines foliaires, à l'aisselle des feuilles ou contre la tige, par plaque de 20 à 50 oeufs. Après éclosion au bout de 7 à 12 jours, les jeunes larves se rassemblent sous la gaine foliaire pour se protéger aussi bien contre les aléas climatiques que biotiques. Elles s'alimentent en même temps de cette gaine dont elles rongent superficiellement la face interne et également la face externe de la tige. Ces orifices ainsi creusés, permettent aux larves relativement avancées de pénétrer dans la tige qu'elles tapissent plus tard de soie. La chenille de dernier stade confectionne avant son entrée en diapause une logette au bout de la galerie et découpe un orifice de sortie en laissant cependant une mince paroi qui sera facilement perforer par l'adulte au moment de son émergence. Les dissections de tiges effectuées montrent que des dizaines de chenilles de cette espèce peuvent se trouver non seulement dans une même tige, mais également dans une même galerie (NDOYE et GAHUKAR, 1989; BALDE, 1993; 1994). Dans ces conditions la plante devient affaiblie et peut se briser facilement sous l'effet du vent.

Les observations faites par GAHUKAR (1984) montrent que la durée de développement sans diapause de l'oeuf à l'adulte varie de 30 à 40 jours. Ce qui permet à cette espèce d'apparaître durant l'hivernage 2 à 3 fois selon les années dans nos conditions sahéennes et correspondant à des générations annuelles (NDOYE, 1978 ; BAL, 1986 ; BALDE, 1993 ; 1994). A la fin de la saison des pluies

avec le dessèchement du matériel végétal, les larves de dernières stades entrent en diapause dans les galeries où elles sont reconnaissables à leur couleur blanche-à-âme. La diapause est chez les insectes à développement interrompu un état d'arrêt de développement à un stade bien défini, même si les conditions du milieu restent favorables (APPERT et DEUSE, 1982). La diapause qui détermine ainsi le nombre de générations annuelles, apporte à l'espèce des chances supplémentaires de survie durant les conditions défavorables à son développement.

L'induction de cette diapause semble être liée également à la qualité nutritionnelle de la plante hôte, comme le montrent les études réalisées sur la pyrale foreur des tiges de maïs (*Busseola fusca*) par OKUDA (1991). En effet, il a mis en évidence l'existence d'une corrélation positive entre le taux de larves qui entrent en diapause et le vieillissement de la plante. Les jeunes tiges sont plus favorables au développement des larves que les tiges à croissance achevée chez lesquelles la mortalité larvaire est de loin plus importante. C'est probablement l'instinct de conservation de l'espèce (phénomène naturel) qui occasionne l'entrée rapide en diapause dans le cas d'une baisse importante aussi bien de la quantité que de la qualité nutritionnelle de la plante, même si les mécanismes régissant ce changement spontané sont encore inconnus.

D'autre part, le dessèchement des tiges de mil, le raccourcissement de la longueur des jours (Photopériode) dès le mois d'octobre et la baisse des températures sont des facteurs qui selon NDOYE (1980) semblent être à l'origine de l'induction de la diapause. En effet, la dissection de tiges effectuée en 1979 par ce même auteur un mois après la récolte montre que 72 % des larves de Coniesta étaient actives et qu'au fur et mesure que le matériel végétal desséchait sous l'effet des hautes températures et de la faible humidité de l'air, la diapause larvaire prenait de l'importance. Pour la levée de la diapause permettant l'émergence des adultes à la fin de la période sèche, des hypothèses sont avancées sur l'importance de la photopériode et de la haute humidité relative si le développement de la diapause est déjà complet (OKUDA, 1991). Dans les conditions climatiques du Sénégal, NDOYE (1980) suppose que la période du repos obligatoire est terminée naturellement après le mois de Février avec la fin de la période fraîche et le début de la chaleur.

Le suivi de la dynamique des populations effectué sur cette espèce dans différents pays de la zone soudano-sahélienne à l'aide des pièges lumineux et à phéromone montre que les adultes apparaissent quelques semaines après une première pluie importante estimée à 15 mm et que le nombre de générations annuelles est fonction de la durée de la période pluvieuse (NDOYE, 1980 ;

GAHUKAR, 1983 ; BAL, 1986 ; NWANZE, 1989). En effet, dans les zones plus humides ou durant les années très pluvieuses, on observe souvent jusqu'à 3 générations (HARRIS, 1962 ; NDOYE, 1979 ; 1980), tandis que le bivoltinisme domine dans la partie relativement sèche de l'Afrique de l'Ouest et durant les hivernages à faible pluviométrie (BAL, 1986 ; NWANZE, 1989).

1.2.3 - Importance et dégâts

Cette espèce de foreur se retrouve partout en Afrique soudano-sahélienne où le mil est cultivé particulièrement entre les 11^{ème} et 15^{ème} degré de l'attitude Nord avec des précipitations de 400 à 1000 mm (NWANZE, 1989). Dans cette zone, 50 à 100 % des tiges de mil peuvent être sérieusement attaquées. Les pertes de rendement dépendent cependant de la densité de chenilles par tige, de la période d'infestation, du stade phénologique de la plante et de la variété.

Les symptômes dus à la destruction de la moelle de la tige par les larves varient en fonction du stade de développement du mil. Les principaux symptômes suivants peuvent être distingués :

- Le coeur mort, correspondant au dessèchement des feuilles centrales des jeunes plantes dans le cas d'une attaque précoce ;
- La brisure de la tige, liée souvent à une forte densité larvaire et à une non-dispersion de ces larves dans la tige des plantes en montaison ;
- L'aveuglement ou avortement de l'épi dû à la destruction de l'ensemble des vaisseaux nourriciers au stade de floraison.

D'une manière générale, l'incidence économique de la première génération qui apparaît à la fin du tallage - début montaison est habituellement plus faible que celle de la deuxième génération (NDOYE et GAHUKAR, 1989).

En 1985, les pertes de rendement du à ce foreur est estimé à Bokoro (Tchad) à 50 % contre 20 % en 1986 (FAO, 1987). Ce qui montre que l'impact de cette espèce varie en fonction des années, selon la physiologie de l'hivernage.

Cependant l'importance des dégâts dépend également de la variété (DOUMBIA et al., 1984 ; MAIGA, 1987). Des variétés résistantes à ce foreur ont été identifiées dans des conditions naturelles d'infestation.

En outre, les variétés à cycle moyen semblent présenter une certaine résistance, contrairement aux variétés précoces (NDOYE et GAHUKAR, 1989), à cause probablement de la coïncidence entre le stade phénologique de la plante et la période de pullulation maximum du foreur.

CHAPITRE II: - MATERIELS ET METHODES

2.1 - OBJECTIF

Le but de cet essai entre dans le cadre des études menées sur l'approfondissement des connaissances de la biologie de ces deux espèces de ravageurs du mil (*C. ignefusalis* et *H. albipunctella*). Il s'agit de recueillir des informations sur la distribution spatiale de ces insectes au champ et son impact sur le rendement du mil. Ces recherches sur le comportement des populations imaginales sont d'autant plus importantes qu'elles permettent dans le cadre de la rationalisation des produits phytosanitaires dans l'intérêt économique et écologique, de faire un choix judicieux pour une protection chimique partielle ou totale.

2.2 - LOCALISATION ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'essai a été implanté au Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey sur un terrain de 138 m x 138 m, soit une superficie totale de 19044 m². Il avait l'arachide comme précédent cultural.

Il faut préciser que dans le cadre de l'optimisation des fonds alloués à la recherche, le même dispositif conçu pour l'essai lutte biologique que mène le service d'Entomologie a été utilisé pour le suivi non seulement de la distribution de ces deux espèces dans le champ, mais également pour l'estimation des dégâts occasionnés, d'autant plus que le lâcher des adultes de *Bracon hebetor*, comme les chenilles mineuses des chandelles, devait intervenir plus tard vers le stade de maturation des graines. C'était un dispositif à randomisation complète de 8 parcelles avec chacune 900 m² (30m x 30m) de surface, séparées entre elles de 24m (voir dispositif).

Cette superficie utilisée était entourée de 3 lignes de mil de la même variété comme bordure. La distance entre le champ utile et cette bordure était de 2m.

2.3 - CONDITIONS DE CULTURE DU MIL

La variété améliorée IBV 8004 à cycle relativement court de 75 à 85 jours (du semis à la récolte) a été utilisée pour permettre une coïncidence entre les stades sensibles de la plante et la présence maximum des adultes aussi bien des foreurs de tiges que des chenilles mineuses des épis. Pour créer de bonnes conditions de développement de la culture, un labour suivi d'un épandage d'engrais NPK (12-8-8-5S) en poudre à raison de 150 kg/ha et un hersage ont été réalisés le 05/07/1995.

Pour des raisons techniques, le semis du mil a été effectué manuellement le 20 Juillet après la 2ème pluie importante de 42 mm tombée à la veille. L'écartement était de 90 cm x 90 cm, soit 28 lignes par parcelle élémentaire. La semence provenait du service d'Agrophysiologie des semences du CNRA. Elle avait au préalable subi un traitement au Granox (8% Benomyl, 8% Captafol, 12% Carbofuran) à la dose de 4 g/kg de semence.

Un premier apport d'urée à raison de 50 kg/ha a été effectué le 04/08/1995, après le démariage à 3 plantes par poquet, soit 12 jours après le semis. Le 2ème apport de 50 kg/ha d'urée a été réalisé le 3 Septembre, soit au 45ème jour après le semis. A cette période, le mil était au stade de montaison - épiaison.

Deux désherbages manuels espacés de 20 jours (exactement le 2 et 22 Août) ont été effectués à la demande.

2.4 - METHODE D'EVALUATION

Avant le début de la montaison du mil, des points d'observations ont été matérialisés sur des axes dans chaque parcelle (voir plan 2). Chacune des parcelles comptait au total 24 points d'observation répartis équitablement sur 8 axes. La distance entre deux points sur un axe était d'environ 5 m. Ce dispositif permet à partir de quelques points situés à des rayons de 5, 10 et 15 m du centre de la parcelle d'avoir une idée relativement précise sur la distribution spatiale du ravageur dans la parcelle.

Dès le début de la montaison, un suivi de l'infestation du mil par les foreurs a été effectué jusqu'au stade de formation des graines sur la base de la présence de tiges avec des symptômes de coeur-mort ou de l'avortement de l'épi. Il faut noter que pour avoir des données sur le pourcentage de coeur-mort, une observation sur toutes les tiges existantes dans chaque parcelle a été réalisée.

Après la maturation, toutes les plantes des points d'observations ont été disséquées pour déterminer le nombre de larves (larves actives, en diapause ou en chrysalide) et celui de galeries vides. A cette occasion, non seulement le nombre d'épis avortés a été à nouveau déterminé, mais également celui des épis attaqués par des chenilles de *Heliocheilus*. Avant chaque dissection, le diamètre de la tige et celui de l'épi a été mesuré. Le poids de la chandelle et celui des grains après battage, ainsi que le poids de mille graines avait fait l'objet d'évaluation. Pour avoir une idée sur la contribution des foreurs sur les pertes de rendement du mil, le poids des épis provenant de tiges saines était comparé à celui des chandelles issues des tiges attaquées par les larves de *Coniesta*. Il faut préciser cependant que ces épis ne devaient pas présenter des attaques de *Heliocheilus* pour pouvoir faire l'objet de comparaison.

2.5 ■ OBSERVATIONS

Pour avoir une idée sur la présence, cette année d'autres espèces d'insectes nuisibles du mil, un suivi régulier sur la mouche du pied (*Atherigona soccata*) et des chrysomèles (*Lema planifrons*) a été réalisés sur les mêmes poquets choisis comme points d'observation. C'est ainsi qu'il a été noté particulièrement l'importance des dégâts occasionnés par les chrysomèles au stade de tallage. Son apparition avait eu lieu lors d'une petite poche de sécheresse du 2 au 13 Août qui a d'ailleurs nécessité une intervention chimique au Thimul 35 à la dose de 1 l m.a/ha.

En plus de ces observations, un suivi du stade phénologique de la culture a été réalisé parallèlement à celui effectué régulièrement sur les fluctuations des populations adultes de *Coniesta* et de *Heliocheilus* à l'aide du piège lumineux électrique. Ce piège est du type "Robinson", installé derrière les locaux du service d'Entomologie. Il est composé d'un récipient fabriqué d'un fût métallique de 200 l coupé au 1/3 à la base. Il est surmonté d'un couvercle conique qui porte une ampoule de 125 Watts. Pour protéger cette ampoule contre d'éventuelles pluies, un toit en zinc de forme conique est fixé à quelques 30 cm au-dessus d'elle. Le piège était allumé de 19 heures à 7 heures du matin. La collecte et le comptage des insectes avaient lieu tous les matins après avoir été tués à l'aide d'un insecticide (Baygon).

Parallèlement à cela, un suivi de la pluviométrie, de l'humidité de l'air et de la température a été effectuée avec l'appui du service de Bioclimatologie pour voir l'influence de ces facteurs sur les fluctuations des adultes.

CHAPITRE III:- RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1.- RESULTATS DE L'ATTAQUE DES CHRYSOMELES

Malgré que cette espèce d'insecte ravageur ne faisait pas directement objet de notre étude, nous avons tenu à faire une évaluation de son incidence sur notre essai; d'autant plus que l'apparition au champ avait eu lieu cette année après le démariage et que ses dégâts peuvent avoir une influence négative non seulement sur la capacité de tallage, mais également sur le développement ultérieur de la plante. En effet, cette espèce est un coléoptère de la famille des *Chrysomélidae* dont les adultes et les larves découpent le parenchyme chlorophyllien des feuilles et diminuent ainsi le potentiel photosynthétique de la plante.

Ces insectes interviennent généralement 5 à 6 semaines après la levée, surtout en période de sécheresse prolongée comme ce fut également le cas cette année. Sous l'effet de cette sécheresse, les feuilles dessèchent et entraînent la mort de la plante (NDOYE, 1984).

Pour avoir une idée sur l'incidence de cette chrysomèle sur la culture, un échantillonnage a été effectué dans tout le champ.

Dans l'ensemble 1273 plantes ont été observées dans cet essai, soit 159 en moyenne par parcelle. Comme le montrent les résultats du tableau 1, 880 plantes avaient subi des attaques de la part de ces insectes! soit une incidence de 69,3 %. Entre la première date d'observation qui a eu lieu le 8 Août et la 2ème à la date du 11 Août 1995, le nombre de plantes endommagées a augmenté d'environ 77%, tandis que la population du ravageur avait plus que doublé (103,6 %). Ce qui montre la capacité de multiplication de cette espèce de chrysomèle et de l'importance des dégâts engendrés si les conditions sont favorables.

Tableau 1 : Importance de l'attaque des chrysomèles

Parcelle	Plantes observées.	Plantes attaquées	%Plantes attaquées	Nombre d'insectes	% Larves
P01	159	88	55.3	50	92.8
P02	150	91	60.7	58	59.9
P11	162	99	61.1	50	76.3
P12	168	87	51.8	91	58.9
P21	159	93	58.5	34	61.3
P22	162	132	81.5	126	90.3
P31	158	144	91.1	96	97.1
P32	155	146	94.2	168	85.3
Moyenne	159.1	110.0	69.3	85.0	77.7

3.2 - DISTRIBUTION AU CHAMP

3.2.1 - *Heliocheilus albipunctella*

Pour avoir une idée précise sur la manière dont cette espèce attaque un champ, toutes les chandelles ont été observées lors de la dissection des tiges. Cela a permis d'avoir des informations non seulement sur l'incidence (nombre de chandelles dans le champ ayant des symptômes d'attaque), mais également sur la sévérité (nombre de larves par épis) et sur l'importance des dégâts. En effet, la longueur linéaire des galeries par chandelle a été également déterminée à cette occasion.

Les résultats obtenus sur la distribution spatiale de *Heliocheilus* montrent que ce ravageur est plus important au centre de la parcelle qu'à la périphérie (Tab. 2).

Tableau 2: L'incidence de *Heliocheilus* en fonction des strates et des axes.

AXES	DISTANCE			
	5m	10m	15m	Moyenne
0 - 1	35.8	46.1	0	27.3
0 - 2	54.0	42.3	42.9	46.4
0 - 3	39.7	58.0	0	32.6
0 - 4	39.9	20.8	15.2	25.3
0 - 5	45.8	44.4	0	30.1
0 - 6	40.2	41.4	40.2	40.6
0 - 7	51.0	20.4	0	23.8
0 - 8	29.2	36.6	54.0	39.9
Moyenne	41.9	38.8	19.0	33.2

En effet, sur la 3ème strate (15m du point central), l'incidence moyenne pour toutes les parcelles et axes confondus était de 19,0%, tandis qu'elle représentait respectivement 41,9 et 38,8% pour la première et la seconde strate, soit une différence avec la périphérie de 54,6% en faveur de la distance de 5 m. Comme il a été constaté chez la distribution de *C. ignefusalis*, la différence entre 5 et 10 m du point de vue infestation n'était pas significative. Cependant, l'incidence était beaucoup plus régulière dans la première que dans la 2ème strate. En effet, on pouvait observer chez cette dernière des taux d'infestation allant de 0 à 100% chez certaines parcelles. Par ailleurs, l'observation du tableau ci-dessus. montre que l'incidence de ce ravageur était beaucoup plus importante au niveau des diagonales qu'au niveau des axes médianes. En effet, la moyenne de l'incidence pour toutes les diagonales était de 38%, tandis qu'elle ne s'élevait chez les médianes qu'à 28,5%,

soit une différence de 25,2%. Ces résultats, s'ils sont d'une manière générale confirmés, montrent la justesse de la méthodologie qui consiste dans le cadre de la lutte biologique, contre *Héliocheilus* à lâcher les adultes de *Bracon hebetor* à partir du point central du champ (BAL, 1986 ; BALDE, 1993 ; 1994). D'une manière générale, l'importance de cette espèce était moindre cette année. En effet, son incidence variait entre 18 et 43 %, tandis qu'elle atteignait durant la campagne précédente les 80% en moyenne (REOUTAG, 1994).

3.2.2 - *Coniesta ignefusalis*

L'analyse statistique des résultats de la dissection des tiges prélevées dans toutes les parcelles selon la méthode décrite ci-haut, n'a montré aucune différence significative entre les différentes parcelles pour tous les critères d'évaluation confondus (**tableau 3**). Il faut signaler que du point de vue du nombre de poquets ayant des plantes attaquées, l'incidence était dans cet essai de 100 %. Ce qui montre une dispersion de ce point de vue relativement homogène du ravageur dans chaque parcelle. Ce travail a été effectué au préalable sur la base des observations de tous les poquets dans chaque parcelle avant la récolte pour évaluer le pourcentage de coeur mort et d'épis avortés suite à une infestation par les foreurs. Ainsi, le nombre de chandelles sans graines s'élevait entre 28 et 36 % selon les parcelles, soit en moyenne 32 % d'avortement. Pour toutes les parcelles confondues, le nombre de poquets s'élevait à 699, tandis que celui des plantes était de 3493, soit en moyenne 5 plantes par poquet et un total de 1116 plantes sans épis utile. Ceci représente effectivement une baisse de rendement en épi assez considérable.

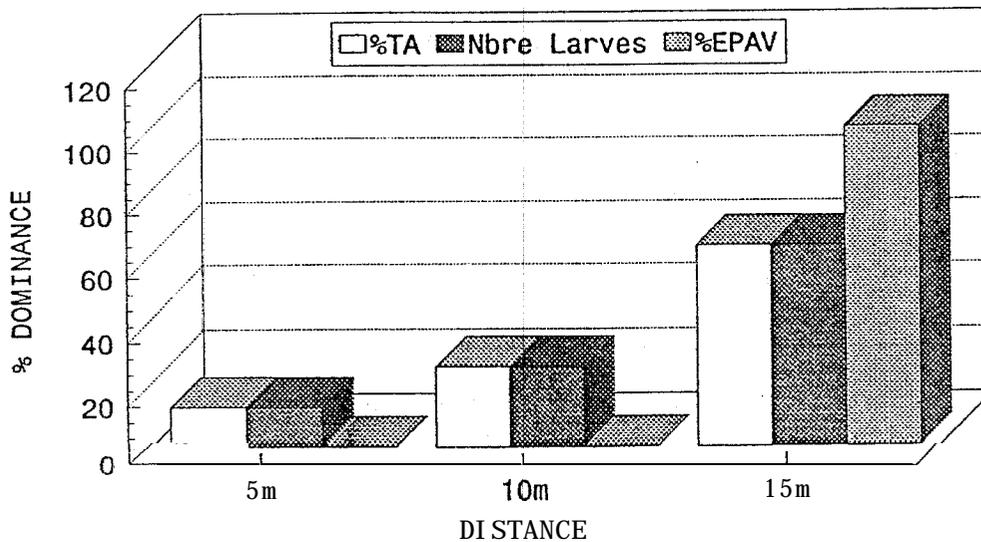
D'autre part, lors de la dissection pour déterminer le nombre de larves de *Coniesta* par tige (sévérité de l'attaque), l'existence de tous les différents stades de développement larvaire (larves actives avec des points noirs, larves blanches en diapause et des chrysalides) a été constatée. Il faut noter également la présence de galeries vides qui correspondraient à la première génération, tandis que les larves actives représenteraient la dernière: génération qui resteront en état de chrysalide dans les tiges jusqu'à l'année suivante.

Tableau 3 : Incidence des foreurs en fonction des différentes strates d'une parcelle

PARC	Distance du centre de la parc.											
	5m				10m				15m			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
P01	49	47	217	7	28	21	110	8	22	20	96	8
P02	30	21	105	4	27	12	67	8	32	22	109	8
P11	39	35	128	6	39	34	143	4	33	22	93	6
P12	44	44	229	6	51	49	287	6	32	31	165	7
P21	28	27	77	3	37	37	139	3	35	34	158	7
P22	27	17	33	4	25	17	53	4	29	27	125	6
P31	45	36	101	2	42	34	160	3	47	37	252	9
P32	26	20	80	5	34	29	115	3	34	33	210	10
Moy.	36.0	30.9	121.3	4.6	35.4	29.1	133.0	4.9	33.0	28.0	151	7.6

1= Tiges disséquées; 2= Tiges attaquées; 3= Nombre total de larves; 4= Nombre total d'épis avortés, Moy. = Moyenne et PARC.= PARCELLE.

Pour étudier le phénomène de distribution spatiale de cette espèce, toutes les plantes situées au niveau de tous les points d'observations avaient fait l'objet de dissection pour le nombre de tiges attaquées, le nombre de larves et celui d'épis avortés. Une comparaison a été faite entre les plantes situées à 5, 10 et 15 m du point central de chaque parcelle pour savoir si la présence des foreurs est beaucoup plus importante en périphérie ou au centre de la parcelle. En utilisant la méthode d'analyse statistique qui consiste à faire une étude comparée de plusieurs distributions univariées, il a été possible de constater que quelque soit le critère considéré (nombre de larves par tige, le pourcentage de chandelles avortées, pourcentage de tiges attaquées), l'infestation était plus importante à la dernière strate (15 m du point central). De fur et à mesure que l'on avance à l'intérieur de la parcelle, l'importance du foreur diminue, même si la différence entre les 2 premières strates (5 et 10) n'est pas significative (Fig. 1).

Figure 1: Histogramme de dominance d'une strate

D'ailleurs pour le critère d'épis avortés, la dominance de la distance 15 m sur les autres était absolue. Ces résultats confirment ceux obtenus en 1994 par dissection de tiges provenant de la station de Nioro (BALDE, Communication personnelle). Sur cette base, on peut dire que l'infestation des parcelles utiles aurait pu être plus importante n'eût été les lignes de bordure qui entourent l'essai et qui constituent de ce fait une barrière contre la pénétration de ce ravageur.

3.3 - L'INCIDENCE SUR. LE RENDEMENT

3.3.1 - *Heliocheilus albipunctella*

Pour pouvoir déterminer l'impact de l'attaque aussi bien des foreurs que des chenilles mineuses des épis; 184 plantes ont été prélevées dans toutes les parcelles. Il faut signaler que l'attaque par les larves de *Heliocheilus* était tellement faible que les résultats n'avaient pas nécessité des analyses statistiques. En effet, comme le montre le **tableau 4**, la sévérité de l'attaque (nombre de larves par chendeiie) était très faible et s'élevait indépendamment de la parcelle à 0,4 larve.

Tableau 4 : Sévérité de l'attaque par *H. albipunctella*

AXES	DISTANCE		
	5m	10m	15m
0-1	0.5	0.4	0.0
3-2	0.4	0.4	0.5
3-3	0.9	0.7	0.0
3-4	0.4	0.3	0.2
0-5	0.8	0.6	0.0
0-6	0.7	0.6	0.7
0-7	0.7	0.4	0.0
0-8	0.3	0.4	0.2
Moyenne	0.6	0.5	0.2

Ces résultats confirment tout d'abord les constatations faites sur la distribution spatiale de cette espèce au champ. En effet, la sévérité était également plus forte au centre (0,6 larve en moyenne) qu'en périphérie (0,2 larve/épi), soit une différence de 66,7 % en faveur de la première strate.

Cette faible infestation de *Heliocheilus* est liée certainement à son bas niveau d'émergence constaté cette année dans la zone. En effet, comme le montre la courbe de fluctuation signalée plus loin et qui est obtenue à partir des captures des adultes au piège lumineux, le nombre d'individus mâles et femelles confondus ne s'élevait qu'à 210 durant toute la période d'émergence des adultes. Les causes réelles de cette faible émergence ne sont pas encore bien cernées. Cependant, on peut poser déjà l'hypothèse de l'existence d'une influence négative de la forte pluviométrie tombée cette année dans la zone de Bambey sur les possibilités d'émergence des adultes de cette espèce. Sur ce plan, l'importance de la première

pluie utile semble être déterminante sur l'avenir des larves en diapause dans le sol. En effet, cette première pluie importante tombée le 23/10 s'élevait à 73.6 mm et avait engorgé complètement le sol. Ceci a dû provoquer la mortalité par asphyxie d'une partie importante des chrysalides en quiescence durant cette période. D'autre part, avec cet engorgement du sol, il y a une forte probabilité que les galeries de protection soient détruites et qu'une pression de la terre soit exercée sur les chrysalides, entraînant ainsi leur mortalité.

Pour évaluer l'impact de cette infestation sur le rendement du mil, une mesure de la longueur de chaque galerie a été effectuée. Ces observations réalisées sur les chandelles montrent des dégâts insignifiants de la part des chenilles. En effet, toutes les galeries avaient une longueur inférieure à 1cm. Ce qui correspond à des dégâts dus à des larves de 3ème stade de développement.

Par ailleurs, toutes les chenilles trouvées dans les chandelles étaient mortes et certaines étaient même déjà décomposées. Cette mortalité précoce est certainement liée à une insuffisance alimentaire en quantité et en qualité.

D'après les études faites au laboratoire par VERCAMBRE (1982) sur l'élevage des larves de *Heliocheilus* dans un substrat artificiel, le dessèchement du support nutritif accélère et induit également la diapause chez les larves à développement avancé et la mort chez des jeunes chenilles.

Le dessèchement rapide de l'inflorescence a dû certainement par des mécanismes "d'évitement" occasionner la réduction des possibilités d'alimentation pour les jeunes larves. Sur la base de ces résultats, on peut émettre l'hypothèse selon laquelle les variétés à cycle court présenteraient une certaine résistance, même si NDOYE et GAHUKAR (1989) pensent effectivement que ces dernières sont plus exposées à l'attaque du ravageur à cause des possibilités de coïncidence phénologique. Cette hypothèse mérite de faire l'objet d'étude dans le cadre d'un programme de criblage à la résistance variétale en utilisant des infestations artificielles. Ceci est d'autant plus important que la mise à la disposition de variétés résistantes semble mieux répondre aux objectifs fondamentaux de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures

3.3.2 - *Coniesta ignefusalis*

Il faut rappeler que les 184 plantes qui avaient fait l'objet de suivi pour l'attaque des chenilles de *Heliocheilus*, ont été également toutes disséquées pour déterminer le degré d'infestation par les foreurs de tiges. Parmi celles-ci, seules 44 tiges étaient indemnes d'attaque, soit une incidence de 76%. Pour avoir une idée relativement précise sur l'impact de cette infestation par les foreurs sur le rendement du mil, un certain nombre de critères comme le diamètre de la tige, le diamètre de l'épi, le poids de l'épi et celui des grains ont été pris en compte dans l'analyse des relations entre plante hôte et insecte ravageur. L'évaluation a été faite sur la base d'une comparaison entre les tiges saines et celles attaquées. Pour cela, il s'était avéré nécessaire de voir d'abord les interactions entre ces critères chez une plante saine.

3.3.2.1 - Nature de ces relations chez une plante saine

Toutes ces variables (épaisseur de la tige et de l'épi, poids de la chandelle) peuvent influencer significativement sur le rendement en grains du mil. L'intérêt de cette analyse est de voir si le degré de ces relations peut subir des modifications dans le cas d'une soumission de la plante à un stress, qu'il soit d'ordre abiotique ou biotique.

En utilisant l'analyse à 3 variance, il a été constaté qu'il existe effectivement un lien étroit entre par exemple le poids de l'épi et le diamètre de la tige. La corrélation entre la variable explicative (diamètre de la tige) et expliquée (poids de l'épi) était très hautement significative ($r=0,65$). D'une manière générale, les plantes avec de grosses tiges avaient les plus grosses chandelles. Le même type de relation avait été également constatée entre le diamètre de la tige et le poids en grains après le battage des épis. Cependant, même si cette corrélation était aussi très hautement significative, elle était plus faible que celle qui existe entre le diamètre de la tige et le poids de l'épi. En effet, cette corrélation s'élevait à $r = 0,48$, soit une différence d'environ 26 % avec la première.

Ceci est lié probablement à l'existence d'une grande variabilité tant sur le plant de la longueur des épis que sur la taille et forme des graines constatées au niveau de toutes les parcelles. C'est d'ailleurs l'une des raisons fondamentales qui a empêché de considérer le poids de mille graines (PMGr) dans l'analyse des

résultats. Cette variabilité surtout au niveau de la forme et longueur des chandelles serait probablement liée à une impureté génétique de la semence utilisée qui peut être due aux conditions de production, vue le caractère très allogamme de cette culture. D'où l'importance d'une production de semence dans des conditions d'un isolement absolu de la culture.

Par ailleurs, les mêmes types de relations ont été également déterminés entre d'une part le diamètre et le poids de l'épi et d'autre part entre le diamètre et le poids en grains. Toutes ces corrélations étaient également très hautement significatives et s'élevaient respectivement à $r = 0,55$ et $0,70$.

Sur la base de l'analyse de régression linéaire multiple, il a été constaté que le poids des chandelles dépendait significativement de l'effet combiné du diamètre de la tige et de l'épi. En effet, 77 % de la variance observée pour la variable "poids de l'épi", étaient expliqués par l'équation suivante:

$$\text{PEP} = 0,243 \text{ DIAT} + 0,305 \text{ DIAEP} + 0,723$$

PEP = Poids Epi transformé

DIAT = Diamètre de tige transformé

DIAEP = Diamètre épi transformé

Le coefficient de corrélation multiple était très hautement significative et s'élevait à $R^2_m = 0,870$.

Il faut préciser que les calculs statistiques étaient faits sur la base des données transformées. Ainsi, les données relatives au poids des épis avaient subi une transformation du type $\log(x + 1)$, tandis que la transformation de celles du diamètre de la tige et de l'épi était de forme $\log(x)$, où la lettre x représente les valeurs mesurées.

En faisant une analyse en composantes principales, on remarque que toutes les variables explicatives (diamètre de la tige et de l'épi) avaient des contributions identiques à la variance de la variable expliquée (le poids de l'épi). Les corrélations d'une part entre le diamètre des tiges et le poids des chandelles et d'autre part entre le diamètre et le poids de l'épi s'élevaient respectivement à $0,80$ et $0,84$.

3.3.2.2 • Influence de l'attaque des foreurs sur le rendement

A l'instar des analyses faites chez les plantes saines, les résultats montrent tout d'abord l'existence d'une différence significative pour le poids de l'épi entre les plantes saines et celles infestées- Ainsi, la baisse de rendement en poids de chandelle s'élevait en moyenne à 13 %. L'ajustement du nuage des points des données relatives au poids de l'épi à un polynôme de 3ème degré a permis de tracer la courbe de réponse suivante (Fig.2). Cette courbe qui représente la relation entre l'importance de l'attaque (nombre de larves de *Coniesta* par tige) et la variation du poids des chandelles est exprimée par l'équation suivante :

$$Y = 0,036X^3 - 0,366X^2 + 0,911X + 1,069$$

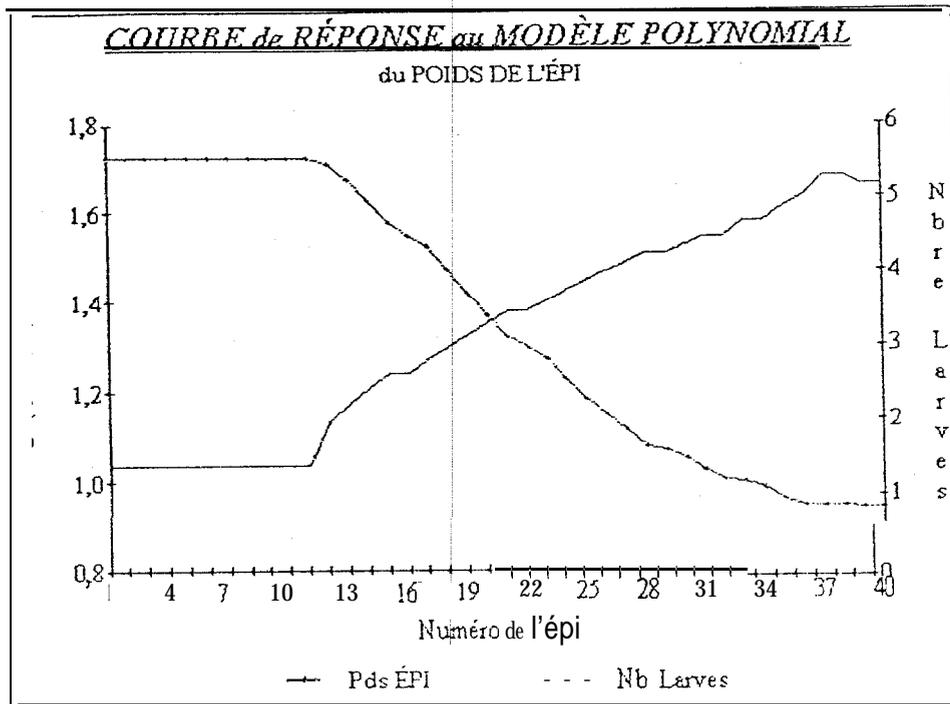
où Y représente le poids des chandelles et X le nombre de larves par tige et le coefficient de corrélation $r = 0.53$. Celui ci était également très hautement significative.

Les données relatives au nombre de larves par tige étaient transformées par la fonction **racine carrée de (x)**.

Cette courbe de réponse montre bien la validité du modèle choisi. Elle permet en même temps d'estimer le nombre d'individus à partir duquel une baisse considérable du rendement est envisageable. Ainsi, sur la base de l'équation ci-dessus, la perte maximale en poids d'épi sera atteint à partir de 26 larves par tige. Ce poids correspondrait à celui d'un épi sans graines ou avorté. Elle montre par ailleurs que ce n'est pas n'importe quelle densité larvaire peut provoquer une perte substantielle de rendement chez le mil. A partir de cette équation, le nombre minimum de chenilles capables d'occasionner une baisse du poids des chandelles a été estimé à 3 larves.

Par ailleurs, les observations faites lors de la dissection des tiges semblent mettre en évidence l'existence d'une corrélation entre la période d'attaque et les pertes de rendement occasionnées. En effet, il a été constaté que la plus part de l'avortement des épis était due à une attaque de la pédoncule de la chandelle. Ce qui correspond effectivement à une infestation tardive du mil. Il faut remarquer que les 13 % de perte de rendement étaient occasionnés par une quantité larvaire de 8 en moyenne par tige.

Figure 2: Relation entre poids épi et nombre de larve par tige



Pour ce qui concerne les relations entre le nombre de larves et le diamètre de la tige, les résultats d'analyse montrent que ce sont deux variables tout à fait indépendantes, même si cette question mérite d'être étudié davantage. Ceci est d'autant plus important que l'analyse de régression linéaire multiple montre que 81 % de la variance observée pour le poids de l'épi étaient expliqués par l'équation suivante :

$$PEP = 0,255 \text{ DIAT} + 0,456 \text{ DIAEP} - 0,0950 \text{ LARV} + 0,490$$

où LARV représente le nombre de larves de Coniesta par tige.

La Corrélacion multiple $R^2_m = 0,90$ était très hautement significative

-En effet, t'analyse en composantes principales donne une corrélacion négative très faible de $r = -0,34$ entre le nombre de larves et le diamètre de la tige.

Ces résultats permettent: dans l'ensemble de poser l'hypothèse selon laquelle les grosses tiges font moins l'objet d'attaque par les foreurs et ont les plus grosses et compactes chandelles, contrairement aux tiges minces.

Concernant l'effet que l'infestation des tiges par les foreurs pourrait avoir sur les relations entre les différents critères étudiés chez une plante, les résultats montrent une baisse du degré de liaison entre le poids d'épi et le diamètre de la tige due à la destruction de la moelle. La corrélation entre ces deux variables était de $r=0,84$ chez les plantes saines, tandis qu'elle était descendue à 0,61 chez les plantes attaquées, soit une baisse de 27,4 %. La perturbation de ce lien par l'attaque des larves laisse à croire que la corrélation entre la densité de la tige et le poids de la chandelle serait plus stable que celle existant entre le diamètre de la tige et le poids d'épi. Cette hypothèse: mérite une attention toute particulière, vue le mode d'infestation des foreurs.

Comme il a été signalé ci-haut, dans un même poquet, les tiges minces étaient de loin plus infestées que les grosses tiges. Sur ce plan, deux hypothèses fondamentales peuvent être dégagées

La première est relative à la période d'attaque des jeunes larves. En effet, au moment de l'éclosion des larves, les tiges principales sont déjà à un stade de développement avancé avec un renforcement de la lignification des parois cellulaires de la tige. Ce qui peut réduire la qualité nutritionnelle de la plante ou les possibilités d'alimentation des larves, occasionnant ainsi une mortalité importante des jeunes chenilles. Cette hypothèse est en adéquation avec les résultats obtenus par OKUDA (1991) sur *Busseola fusca*, foreur des tiges du maïs. En effet, cet auteur montre que les jeunes tiges sont plus favorables pour le développement des larves que les tiges à croissance achevée à cause de la réduction de la qualité nutritionnelle de la plante.

La deuxième hypothèse est relative aux possibilités pour les nouvelles talles de constituer une barrière de protection aux tiges centrales en rendant l'accès à l'intérieur du poquet plus difficile, selon la densité de plantes. En effet, les études effectuées à l'ICRISAT de Niamey (Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides) sur le comportement de *Coniesta* montrent que les adultes de cette espèce volent à basse altitude (BALDE, Communication personnelle).

3.4 - RESULTATS SUR LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

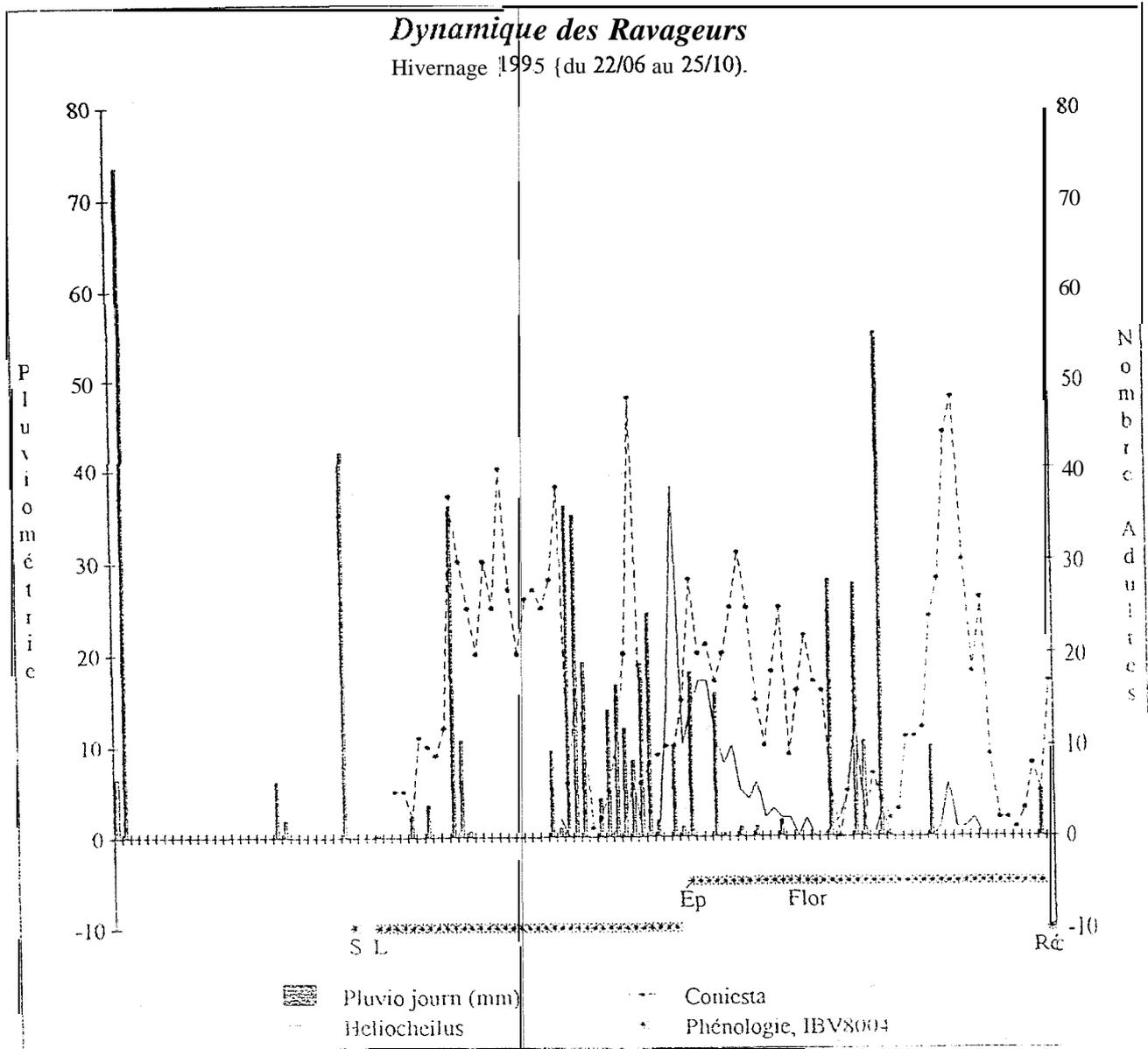
Le suivi des fluctuations des populations imaginales de ces deux espèces a été effectué à l'aide du piège lumineux de type "Robinson".

3.4.1 - *Heliocheilus albipunctella*

Comme le montre le courbe de fluctuation (**Fig. 3**), l'importance de la population de cette espèce était insignifiante cette année à la station de Bambey. Ceci est en adéquation avec les observations faites au champ sur le niveau des dégâts occasionnés. Durant toute la période d'émergence, les captures se sont faites d'une manière irrégulière. Elles n'ont jamais dépassé le pic de 40 individus par jour. Malgré tout, la période d'émergence des adultes s'était étalée sur 45 jours. Pour la première fois depuis des années, il a été constaté un début d'émergence aussi tardif (BALDE, 1993). En effet les premières captures au piège lumineux ont eu lieu cette année 65 jours après la première pluie utile tombée le 22 Juin. Ce retard est lié probablement à ces fortes premières pluies suivies aussitôt d'une poche de sécheresse relativement longue de 26 jours.

Sur la base des résultats obtenus dans ce domaine depuis 3 ans, on constate une baisse tendancielle de l'émergence de cette espèce qui semble être liée à la recrudescence de la pluviométrie ces deux dernières années. En effet, le niveau de capture avait diminué en 1994 de 78,4 % par rapport à l'année 1993 (REOUTAG, 1994). Avec une différence de 84,4 % par rapport à 1994, le nombre d'individus capturés est devenu encore plus faible cette année, soit une baisse de 96,6 % en deux ans. Sur le plan du sex-ratio, l'observation des individus capturés confirme encore les constatations faites par différents chercheurs du service d'Entomologie du CNRA de Bambey relatives à la prédominance des femelles chez cette espèce (BAL, 1986; NDOYE, 1988; BALDE, 1994). En effet, les femelles représentaient 62 % de l'ensemble des adultes. Même si les femelles dominent toujours, ce rapport peut varier d'une année à l'autre. Ce changement de composition peut avoir des répercussions sur l'incidence de cette espèce sur la culture du mil.

Figure 3: Courbes de fluctuation des deux espèces



3.4.2 - *Coniesta ignefusalis*

Pour cette espèce, les captures ont débuté relativement très tôt. Les premières émergences ont été enregistrées le 25/07/1995, soit 35 jours après la première pluie. A cette date, le cumul pluviométrique atteignait déjà les 80 mm. Les fluctuations se sont poursuivies jusqu'en fin Octobre. Deux pics de vol à hauteur de 48 individus par jour ont été constatés durant cette période. Cette espèce qui présente généralement 2 à 3 générations annuelles (BAL, 1986 ; NDOYE et GAHUKAR, 1989), semble montrer cette année qu'une seule (Fig. 3).

D'une manière générale, sa capture était plus importante que celle de *Heliocheilus*, contrairement à ce qui a été observé il y a deux ans (BALDE, 1994). Ceci serait lié certainement à l'importance des précipitations tombées cette année.

Concernant la coïncidence phénologique entre les stades sensibles de la plante et l'apparition des ravageurs, des attaques de *Coniesta* ont été observées au champ dès le début de la montaison. Cependant, le nombre d'adultes capturés au piège lumineux ne semble pas refléter toute l'importance des dégâts causés par cette espèce. Cela est certainement dû au fait que durant toute la période de capture, plus de 21 jours de pluies importantes ont été enregistrées. Hors, il a été également constaté que ces fortes précipitations empêchaient la capture de ces espèces au piège lumineux.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de l'approfondissement des connaissances sur la biologie de *H. albipunctella* (chenille mineuse des épis) et de *C. ignefusalis* (foreur des tiges), principaux insectes ravageurs de la culture du mil dans la zone soudano-sahélienne, il s'avère indispensable de comprendre le comportement de ces deux espèces au champ, notamment leur distribution spatiale. Ceci, dans l'objectif de rationalisation des méthodes de contrôle aussi bien chimique que biologique dans le cadre d'une approche intégrée de protection des cultures. Un des objectifs fondamentaux de la recherche entomologique réside également dans la recherche de méthodes fiables de quantification des pertes de rendement dues aux insectes nuisibles tout en mettant particulièrement l'accent sur la recherche du seuil économique de nuisibilité.

Dans le domaine de la dispersion spatiale de ces ravageurs au champ, les résultats ont permis de mettre en évidence l'existence de deux comportements diamétralement opposés entre ces deux espèces. En effet, comme le montre l'observation de l'infestation au niveau des différentes strates de chaque parcelle, *Heliocheilus* attaque toujours le champ à partir du centre, tandis que *Coniesta* est beaucoup plus important à la périphérie. D'ailleurs, ce comportement de chaque espèce a été observé dans chaque parcelle élémentaire. Cependant, ces résultats méritent de faire l'objet de confirmation par le choix d'un échantillon assez important en terme du nombre de points et de strates d'observations. Ces résultats confirment d'une manière générale la justesse de la méthode de lâcher des adultes de *Bracon hebetor* à partir du point central du champ dans le cadre de la lutte biologique contre les larves de *Heliocheilus* menée par le service d'Entomologie du CNRA de Bambey.

Sur le plan de l'incidence de ces ravageurs sur la culture, les résultats montrent que l'impact de *Heliocheilus* était d'une manière générale très négligeable, contrairement à celui des foreurs de tiges (*Coniesta*) qui avaient une incidence (nombre de plantes attaquées) de 76%. D'ailleurs, l'examen des épis montre un pourcentage assez élevé de 32% de chandelles avortées par les larves de cette espèce. Ce bas niveau d'infestation des épis par les chenilles mineuses serait en partie lié à la faible pression des adultes constatée également au piège lumineux. Cette faiblesse de l'émergence serait due aux fortes précipitations tombées en début de campagne et qui auraient occasionné une mortalité importante des chrysalides en quiescence dans le sol.

D'autre part, les observations effectuées sur des chandelles attaquées ont permis de constater une forte mortalité larvaire de 3ème et 4ème stade de développement. Ce phénomène serait occasionné par le manque de substrat nutritif de qualité et en quantité suffisante pour ces jeunes larves à cause de la maturité précoce des chandelles qui caractérise les variétés à cycle court comme la IBV 8004. Cette hypothèse semble contredire en partie celle qui consiste à dire que les variétés précoces seraient plus exposées aux attaques des chenilles mineuses des épis du fait des possibilités de coïncidence entre les stades phénologiques. En effet, une plante exposée ne signifie pas corrélativement une sensibilité. Ces résultats méritent une attention toute particulière dans la perspective d'une élaboration d'un programme de criblage à la résistance variétale contre cette espèce de ravageur.

Les études effectuées sur des plantes saines ont permis de mettre en évidence l'existence d'une corrélation positive et hautement significative entre le diamètre de la tige et le poids de l'épi. En effet, il est possible de prédire le rendement en terme de poids des chandelles à partir de la connaissance du diamètre de la tige. Cependant, la relation entre ces deux variables respectivement explicative (diamètre de tige) et expliquée peut subir des perturbations dans le cas d'une soumission de la culture à un stress quelconque. En effet, la corrélation entre ces deux paramètres a été réduite d'environ 27% chez les plantes attaquées par les foreurs de tiges, *C. ignefusalis*.

D'autre part, ces résultats montrent des pertes de rendement s'élevant à 13%, occasionnées par 8 larves en moyenne par tige. Il faut cependant signaler que pour avoir des données fiables sur le seuil de nuisibilité, il s'avère indispensable de mener des tests dans des conditions artificielles d'infestation tout en tenant compte du stade de développement végétatif de la culture. D'une manière générale, les tiges minces (petit diamètre) étaient plus convoitées que les grosses tiges, même si les causes réelles ne sont pas encore bien cernées. Ces résultats permettent déjà d'avoir une idée sur les axes vers lesquels les recherches doivent être orientées pour la maîtrise de cette espèce de ravageur, en particulier vers la sélection variétale et méthode culturale de lutte.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, (1992)** - Stratégie de développement agricole pour l'Afrique subsaharienne et perspectives pour la banque mondiale. Rapport de la Banque mondiale, Septembre 1992 (Diffusion limitée).
- APPERT, J. (1957)** - Les parasites animaux des plantes cultivées au Sénégal et au Soudan, Gouv. général de l'AOF, 272 p.
- APPERT, J. et DEUSE, J. (1982)** - Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques - Maisonneuve et Laroses ACCT, Paris, 420 p.
- BAL, A.B. (1986)** - L'entomologie nuisible de l'agrosystème mil/niébé - Statut actuel et perspectives de contrôle - In: Rapport de titularisation/ISRA, 57 p.
- BAL, A.B. (1989)** - Rapport d'activité du service d'entomologie mil/niébé - Bambey, Juillet 1990.
- BALDE, M. (1993)** - Principaux insectes ravageurs des céréales et des légumineuses en zone soudano-sahélienne : Mémoire de titularisation/ISRA, 44 p.
- BALDE, M. (1993)** - Rapport d'activités 1993/1994 du service d'entomologie mil/niébé (CNRA) Bambey, Juillet 1994.
- DOUMBIA, Y.O. ; SIDIBE, B. ; BONZI, M.S (1984)** - Rapport annuel 1983 (Entomologie), Projet CILS-S, Bamako, Mali, 86 p.
- GAHUKAR, R.T. (1983)** - Rapport d'activités de l'hivernage 1982. Programme d'entomologie, Projet CILSS, Nioro du Rip, 52 p.
- GAHUKAR, R.T. (1984)** - Insects pests of pearl millet in West Africa : a review trop pest Management 30 (2), pp.142-147.
- GAHUKAR, R.T. ; GUEVREMONT, H. ; BHATNAGAR, W.S. ; DOUMBIA, Y.O. ; NDOYE, M and PIERRARD, G. (1983)** - A review of the pest status of the millet spike worm, *Raghuva albipunctella* De Joanius (Noctuidae : Lepidoptera) and its management in the Sahel-insect Sci. Appl. 71 (14):457-463.
- GUEVREMONT, H. (1985)** - Recherches sur l'entomofaune du mil. Rapport annuel de recherches pour 1982, (CNRA) Tarna, Niger, 66 p.

HARRIS, K.M. (1962) - Lepidopterous stem borers of cereales in Nigeria - Bull. Entomol. Res. 53 : 139-173.

MAIGA, S.D. (1987) - Entomologie-mil. Rapport annuel 1987, composante nationale Niger. Doc. multigr. (CNRA) Tarna/Niger, 30 p.

NDOYE, M. (1977) - Synthèse de quelques résultats sur les insectes foreurs des mils et sorghos au Sénégal. Doc. multigr. (CNRA) Bambey. 9 p.

NDOYE, M. (1978) - Données nouvelles sur l'écologie et la biologie de la chenille poilue, *Amsacta moloneyi* DRC (*Lepidoptera, Arctiidae*) au Sénégal. Cahier ORSTOM, Ser. Bio XIII (4) : 321-331.

NDOYE, M. (1979) - L'entomofaune nuisible au mil à chandelle (*Pennisetum typhoides*) au Sénégal. Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical. Marseille, 13-16 Mars 1979, 17 p.

NDOYE, M. (1980) - Essais multilocaux. Problème du borer de la tige et des cecidomyies des graines de mil dans la zone de Séfa-Maniora ; Profil de la campagne d'hivernage 1979, Mars 1980. Doc., multigr. (CNRA) Bambey, 21 p.

NDOYE, M. (1984) - Etat de la contrainte phytosanitaire sur la culture du mil dans le Sahel. Semaine internationale. Projet CILSS de lutte intégrée Niamey 6-13 Décembre 1984. Doc. multigr. (CNRA) Bambey, 20 p.

NDOYE, M. (1988) - Biologie et écologie de deux lépidoptères: *Amsacta moloneyi* Druc (*Lepidoptera, Arctiidae*) et *Heliocheilus albipunctella* De Joannis (*Lepidoptera, Noctuidae*) ravageurs du mil au Sénégal. Thèse de Doctorat d'Etat n° 1378, Université Paul Sabatier de Toulouse, 227 p.

NDUYE, M. ; GAHUKAR, R.T. (1989) - Les insectes ravageurs du mil à chandelle dans le Sahel. In : Revue Africaine Protection plantes 4 (2), 44 p.

NWANZE, K. (1989) - Insect pests of pearl millet in Sahelian West Africa. 1. *Acigona ignefusalis* (*Pyralidae, Lepidoptera*) : distribution dynamic and assessment of crop damage. In : Tropical pest management 35 (2) : 137-142.

NWANZE, K. ; SVAKUMAR, M.V.K. (1999) - Insect pests of pearl millet in Sahelian West Africa II. *Raghuva albipunctella* De Joannis (*Noctuidae, Lepidoptera*) : distribution, population dynamic and assessment of crop damage. in : Tropical pest management 36 (1) : 59-65.

OKUDA, T. (1991) - Factors inducing and termination larval diapause in a stem borer, *Busseola* in western Kenya. In: JARQ 25 : 47-54.

REOUTAG,, MB, NG (1994) - Essai de' contrôle biologique de *Heliocheilus albipunctella* (Lepidoptera: Noctuidae) chenille mineuse des épis de mil par *Bracon hebefor* Say (Hymenoptera : Braconidae), Ectoparasite des larves de différents ravageurs des céréales. Mémoire de fin d'étude.- 36 p.

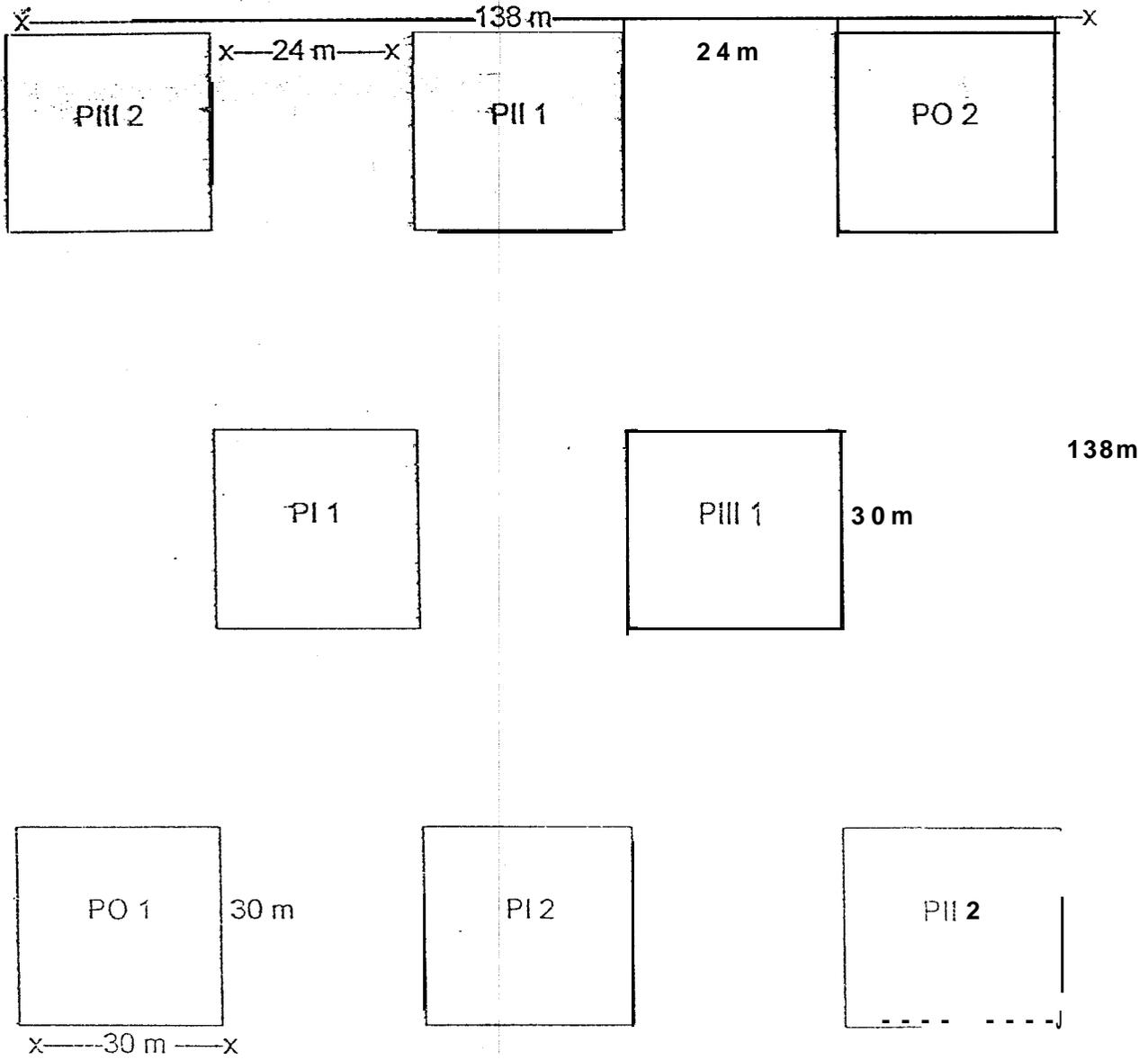
RISBEC, J. (1950) - La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français. Gouvernement général de l'AOF, 638 p.

TEE-I-ES, G.L. (1983) - Manuel d'identification des insectes nuisibles au sorgho ICRISAT. Bulletin d'information n° 12.

VERCAMBRE, B. (1978) - *Raghuva* spp. et *Massalia* sp. chenilles des chandelles du mil en zone sahélienne. In : L'agronomie tropicale 33 (1) : 62-79.

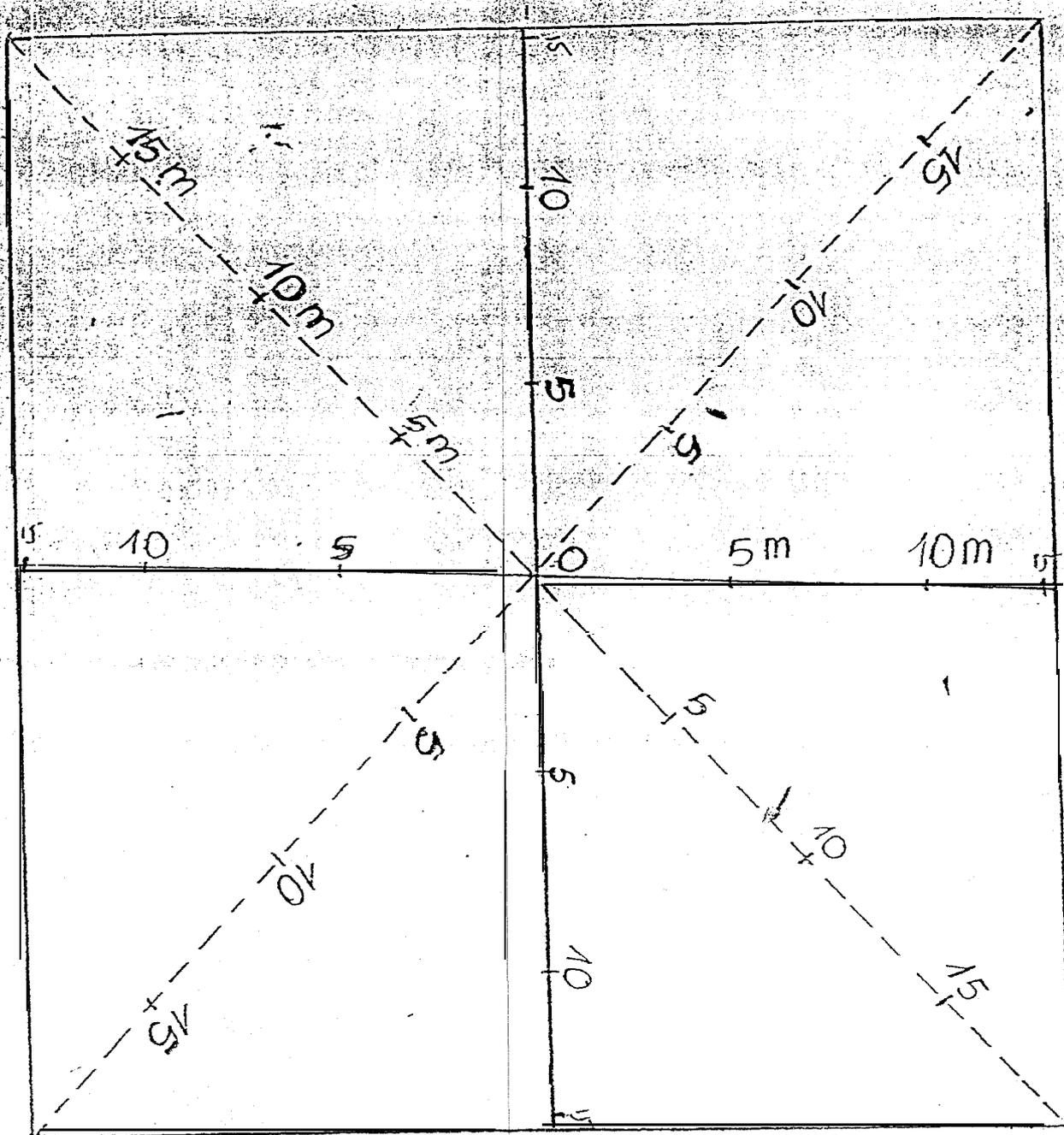
VERCAMBRE, B. (1982) - Les chenilles des chandelles, importants ravageurs du mil en zone sahélienne. Univ. Paris Sud-Orsay, (Thèse D. ing.), 205 p.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL



SCHEMA D'UNE PARCELLE AVEC SES AXES D'OBSERVATIONS

(Axes: 0-1; 0-2; 0-3; 0-4; 0-5; 0-6; 0-7; 0-8)



NB: A partir du point de lâcher (0), prélever dans chaque parcelle un poquet a chaque 5 m sur un axe d'observation.