

BURKINA FASO

LA PATRIE OU LA MORT, NOUS VAINCRONS !

**Université de Ouagadougou
(U.O.)**

**Institut des Sciences de la Nature
Institut du Développement Rural
(I.S.N./I.D.R.)**

**Institut International de Recherche sur
les Cultures des Zones Tropicales
Semi-Arides
(I.C.R.I.S.A.T.)**

**ICRISAT-Centre sahélien
Niamey, Niger**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**Présenté en vue de l'obtention du Diplôme
d'Ingénieur du Développement Rural
Option: Agronomie**

**PERSPECTIVES POUR UNE APPROCHE INTEGREE DE LUTTE
CONTRE *CONIESTA (ACIGONA) IGNEFUSALIS* HAMPSON
(LEPIDOPTERA: PYRALIDAE, CRAMBINAE)**

**BORER DE TIGE DU MIL
EN ZONE SAHELIENNE**

Juin 1990

Abdoul Karim Mamalo

RESUME

Le borer, *Coniesta ignefusalis*, est un important ravageur du mil dont les dégâts viennent s'ajouter aux effets complexes d'un écosystème instable. On a noté de remarquables interactions insecte-plante-milieu et une étroite synchronisation entre le cycle de développement de l'insecte et les différents stades phénologiques de la plante.

Différentes méthodes de lutte proposées dans la littérature ont été analysées, et l'on a relevé leur inadaptation au contexte écologique sahélien. Cette complexité a justifié la recherche sur de nouvelles techniques de lutte plus adaptées à l'environnement.

La mise en évidence de l'émission des hormones sexuelles par les femelles puis la caractérisation et l'extraction de leurs constituants actifs ont constitué une étape importante vers l'utilisation des pièges à phéromones synthétiques. Une méthode de criblage basée sur le comptage des trous larvaires a permis de dégager des perspectives pour l'implantation d'un programme de résistance variétale. La fertilisation du sol, le mode et la date de gestion des résidus de récolte ont fait l'objet d'expérimentation et leur rôle dans la régulation des populations a été évalué. La démarche a montré la nécessité d'intégrer toutes les méthodes de lutte dans une approche multidisciplinaire qui génère des alternatives adaptées au système paysan de production.

Mots clés: sahel, écosystème, *Coniesta ignefusalis*, borer, mil, bioécologie, approche intégrée, système de production.

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée au Centre Sahélien de l'ICRISAT (Institut International de Recherches sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-Arides) à Sadoré, au Niger. Le thème, constitue un volet de la recherche précédemment conduite par Dr. M.J. Lukefahr, entomologiste principal du programme "Amélioration du Mil" qui en a bien voulu accepter la supervision. Je lui témoigne ici ma profonde reconnaissance pour la disponibilité et la remarquable bienveillance avec lesquelles il a dirigé mes travaux.

Je remercie très sincèrement Dr. K.A. Kumar, sélectionneur et responsable du programme, Dr. J. Werder, pathologiste et Dr. O. Youm entomologiste du programme, pour leurs sages conseils et les nombreuses facilités qu'ils m'ont accordées pour la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont également à Dr. S. D. Maïga, entomologiste à la station INRAN de Kolo, pour les critiques et suggestions qu'il a bien voulu faire lors de la rédaction de ce document.

Que la très laborieuse et sympathique équipe du sous-programme Entomologie, dont MM. Idi Saley, Salha Halarou, Moumouni Abdou, Amadou Kanguèye, accepte mes très sincères remerciements pour sa précieuse contribution à l'installation et au suivi des essais.

J'exprime ma profonde reconnaissance à MM. Issa Saley et M. Mahaman Maty pour la diligence et la sollicitude avec lesquelles ils ont assuré la présentation de ce document.



A MM. O.I Dicko, J.A. Somé, P. Sankara, enseignants à l'IDR de l'Université de Ouagadougou et Mme C. Dabiré entomologiste à la station INERA de Kamboinsé, j'exprime ma très profonde gratitude pour les multiples encouragements et les observations utiles à l'aboutissement de ce travail.

J'exprime aussi mes très sincères remerciements à Dr. K.F. Nwanze, Entomologiste principal au siège de l'ICRISAT en Inde, pour sa marque de sympathie et ses nombreux encouragements.

Dans l'impossibilité de citer individuellement tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé à la réalisation de cette étude, je leur témoigne ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

A toutes ces âmes humiliées, à tous ces visages crispés aux
champs et aux chantiers, je me demande si ceci peut leur
être d'une quelconque utilité.

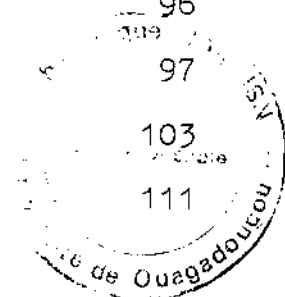


TABLE DE MATIERES

RESUME	i
AVANT-PROPOS	ii
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE: ELEMENTS D'ANALYSE SUR L'AGROECOSYSTEME MIL ET LES INTERACTIONS INSECTE-PLANTE-MILIEU	3
Chapitre 1. Caractéristiques physiques de l'environnement sahélien	4
1. Données climatiques	4
1.1. Le régime pluviométrique	4
1.2. La température	7
1.3. L'humidité relative	7
1.4. La longueur du jour	12
1.5. La vitesse et la direction du vent	12
2. Le sol et la végétation	12
2.1. Le sol	13
2.2. La végétation	13
Chapitre 2. Aspects bioécologiques des interactions insecte-plante-milieu	13
1. Aspects biologiques du mil	13
1.1. Systématique	13
1.2. Stades phénologiques	13
2. Entomofaune du mil	14
3. Aspects bioécologiques du borer de tige de mil	15
3.1. Position systématique	15
3.2. Plantes hôtes	16
3.3. Distribution géographique	16
3.4. Caractéristiques du cycle de développement	18
3.4.1. Fécondité	18
3.4.2. Oviposition	18
3.4.3. Durée d'incubation	18
3.4.4. Durée de développement larvaire	18
3.4.5. Durée de chrysalidation	19
3.5. Dynamique de populations	19
3.5.1. Fluctuations des populations imaginaires	19

3.5.2. Longévité des adultes	22
3.5.3. Période d'activité des adultes	23
3.5.4. Emission des hormones sexuelles	24
3.5.5. Sex-ratio	25
3.5.6. Fluctuations des populations larvaires	27
3.5.7. Formes de résistance aux stressés de l'environnement	27
3.5.7.1. Diapause larvaire	27
3.5.7.2. Quiescence larvaire	28
3.5.8. Facteurs de mortalité	29
3.5.8.1. Facteurs physiques	29
3.5.8.2. Facteurs biotiques	29
4. Relation phénologique entre le mil et le borer de tige	32
4.1. Stade plantule	32
4.2. Stade tallage	33
4.3. Stade montaison	33
4.4. Stade épiaison	34
4.5. Stade maturation	34
4.6. Synchronisation entre la dynamique de populations de <i>Coniesta sp</i> et le développement du mil	35
DEUXIEME PARTIE: TECHNIQUES TRADITIONNELLES DE LUTTE CONTRE LE BORER DE TIGE	37
1. La lutte chimique	38
2. La lutte culturale	41
2.1. La manipulation des dates de semis	41
2.2. L'incinération des tiges	44
2.3. La rotation des cultures	44
3. L'utilisation des variétés résistantes	45
4. La lutte biologique	46
5. Difficulté de détermination du seuil économique	47
TROISIEME PARTIE: EVALUATION DES HORMONES SEXUELLES, DE LA RESISTANCE VARIETALE, DE LA FERTILISATION CHIMIQUE ET DE LA GESTION DES RESIDUS DE RECOLTES COMME METHODES DE LUTTE CONTRE LE BORER	50
Chapitre 1. Utilisation des femelles vierges dans le piégeage des adultes	51
1. Introduction	51
2. Matériels et méthodes	52
2.1. Obtention des femelles vierges	52
2.2. Constitution des pièges	52
3. Résultats et discussions	53
3.1. Effets de la hauteur des pièges	53
3.2. Effets de l'âge de la femelle	58
4. Conclusion	61

Chapitre 2. Utilisation des hormones sexuelles synthétiques	62
1. Introduction	62
2. Matériels et méthodes	62
3. Résultats et discussions	62
4. Conclusion	64
Chapitre 3. Criblage pour la résistance variétale	66
1. Introduction	66
2. Matériels et méthodes	66
2.1. Matériel génétique	66
2.2. Dispositif expérimental	67
2.3. Méthode d'observation	67
3. Résultats et discussions	68
4. Conclusion	69
Chapitre 4. Méthodes culturales : effets de la fertilisation	72
1. Introduction	72
2. Matériels et méthodes	72
2.1. Effets de l'azote	73
2.2. Effets du phosphore	74
3. Résultats et discussions	75
3.1. Effets de l'azote	75
3.2. Effets du phosphore	82
4. Conclusion	83
Chapitre 5. Gestion des résidus de récolte	86
1. Introduction	86
2. Matériels et méthodes	86
2.1. Choix du site expérimental	86
2.2. Dispositif expérimental	87
2.3. Explication des traitements	87
2.4. Observations effectuées	88
3. Résultats et discussion	88
4. Conclusion	96
QUATRIEME PARTIE: CONCLUSION GENERALE	97
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	103
ANNEXES	111



INTRODUCTION GENERALE.

Le mil, *Pennisetum glaucum* (Leek) R. Br. encore appelé petit mil, mil perlé ou mil à chandelle, est une graminée constituant l'alimentation de base de plusieurs millions de personnes dans la zone sahélienne . Dans cette sous région, il est cultivé sur plus de 12 millions d'hectares avec des rendements variant de 200 à 600 kg/ha (Nwanze, 1988).

L'irrégularité et la précarité des pluies demeurent les principaux facteurs qui limitent la production du mil au sahel. D'autre part, les pertes de rendement évaluées de 30 à 50% (Nwanze, 1989) constituent des contraintes de plus en plus préoccupantes.

Les insectes foreurs de graminées représentent en Afrique comme dans la plupart des pays tropicaux, des ravageurs quasi permanents des cultures vivrières. Ils provoquent des dégâts graves et réduisent sensiblement la récolte. (Bordat et al., 1977).

Beaucoup de travaux ont été consacrés à l'étude de *Coniesta ignefusalis* et des méthodes de lutte proposées. Cependant, prise isolément, chaque méthode présente des lacunes. Une analyse de différentes méthodes de lutte est nécessaire pour mieux comprendre les facteurs qui limitent leur efficacité à contrôler le ravageur. Cette analyse permettra aussi d'identifier quelques éléments nécessaires à la conception et à l'implantation d'une approche de lutte intégrée au système paysan de production. C'est dans cette optique qu'est entreprise la présente étude et les principes ci-dessous justifient l'orientation de la recherche:

- les conditions pluviométriques aléatoires et la fragilité croissante de l'environnement sont des données permanentes qui font la complexité de l'écosystème sahélien.

- étant donné que toute denrée est produite dans un système écologique complexe (agroécosystème), toutes modifications apportées à un élément entraîne nécessairement des changements sur d'autres.

Le document comportera essentiellement quatre parties:

- la première partie présentera des éléments d'analyse sur l'agroécosystème mil et les interactions insecte-plante-milieu;

- la deuxième partie résumera les techniques traditionnellement utilisées pour lutter contre le borer de tige de mil ;

- la troisième partie tentera d'exposer des perspectives nouvelles sur certains aspects de la lutte, en mettant l'accent sur les pratiques agronomiques. Ainsi des essais sur l'utilisation des hormones sexuelles, la résistance variétale, l'utilisation des engrais et les techniques culturales ont été conduits.

- la quatrième partie dégagera les éléments de conclusion et tentera enfin de définir des alternatives pour une approche intégrée de lutte contre le borer du mil.



PREMIERE PARTIE

***ELEMENTS D'ANALYSE SUR L'AGROECOSYSTEME MIL ET LES INTERACTIONS
INSECTE-PLANTE-MILIEU***

Chapitre 1. Caractéristiques physiques de l'environnement sahélien

1. Données climatiques

Le climat sahélien présente des caractéristiques fondamentales liées au régime pluviométrique, aux variations journalières de température, de photopériode et de vents selon les saisons.

1.1. Le régime pluviométrique

Il est marqué par deux saisons. Une saison humide courte occupant seulement le tiers de l'année, de juin à septembre, et une saison sèche s'étalant sur les huit mois de l'année, d'octobre à mai. Les hauteurs de pluies sont généralement faibles. Les pluies sont aléatoires et leur distribution est marquée par une irrégularité dans le temps et dans l'espace. La figure 1 présente les variations temporelles des hauteurs de pluies annuelles de Niamey de 1904 à 1984 (Sivakumar, 1986).

Les fluctuations en dents de scie montrent de très fréquentes variations autour de la moyenne annuelle de 568 mm. L'analyse des séries chronologiques de moyennes quinquennales montre clairement des successions de périodes de sécheresse. On observe par ailleurs une tendance générale à la baisse progressive de hauteurs de pluies d'une année à une autre. Pour un point donné, le début et la fin de la saison des pluies, déterminant la longueur de la saison culturale, présentent un caractère d'incertitude; la figure 2 illustre bien l'aspect de ces variations annuelles de 1984 à 1989 au Centre Sahélien de l'ICRISAT

Sadoré.

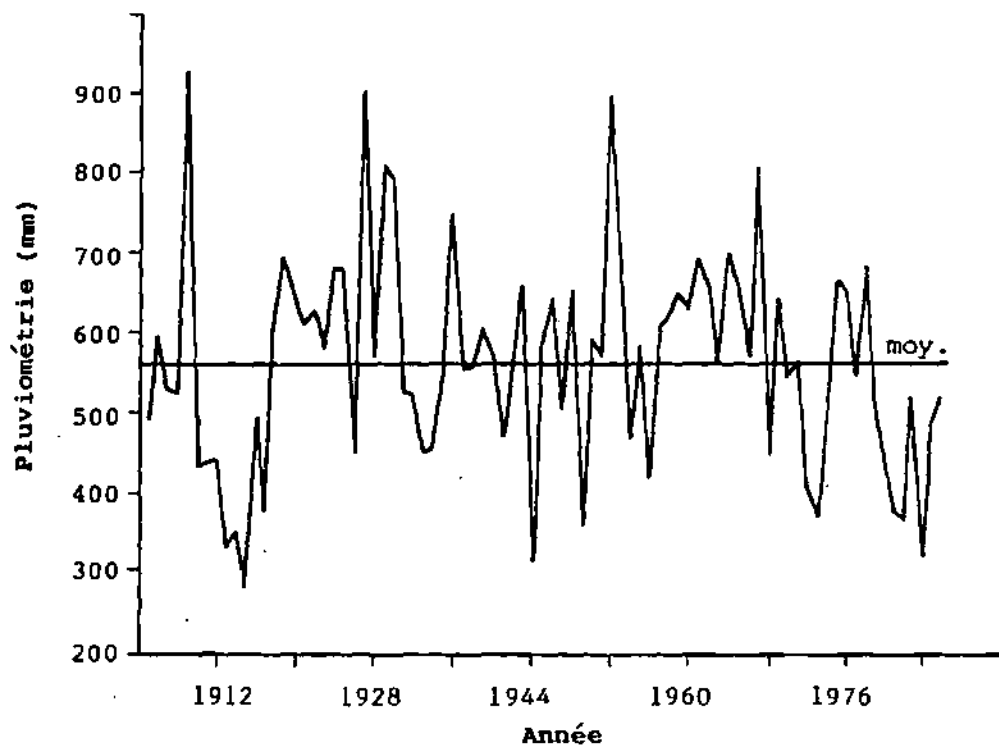


Fig.1: Variabilité de la pluviosité annuelle à Niamey de 1904 à 1984.



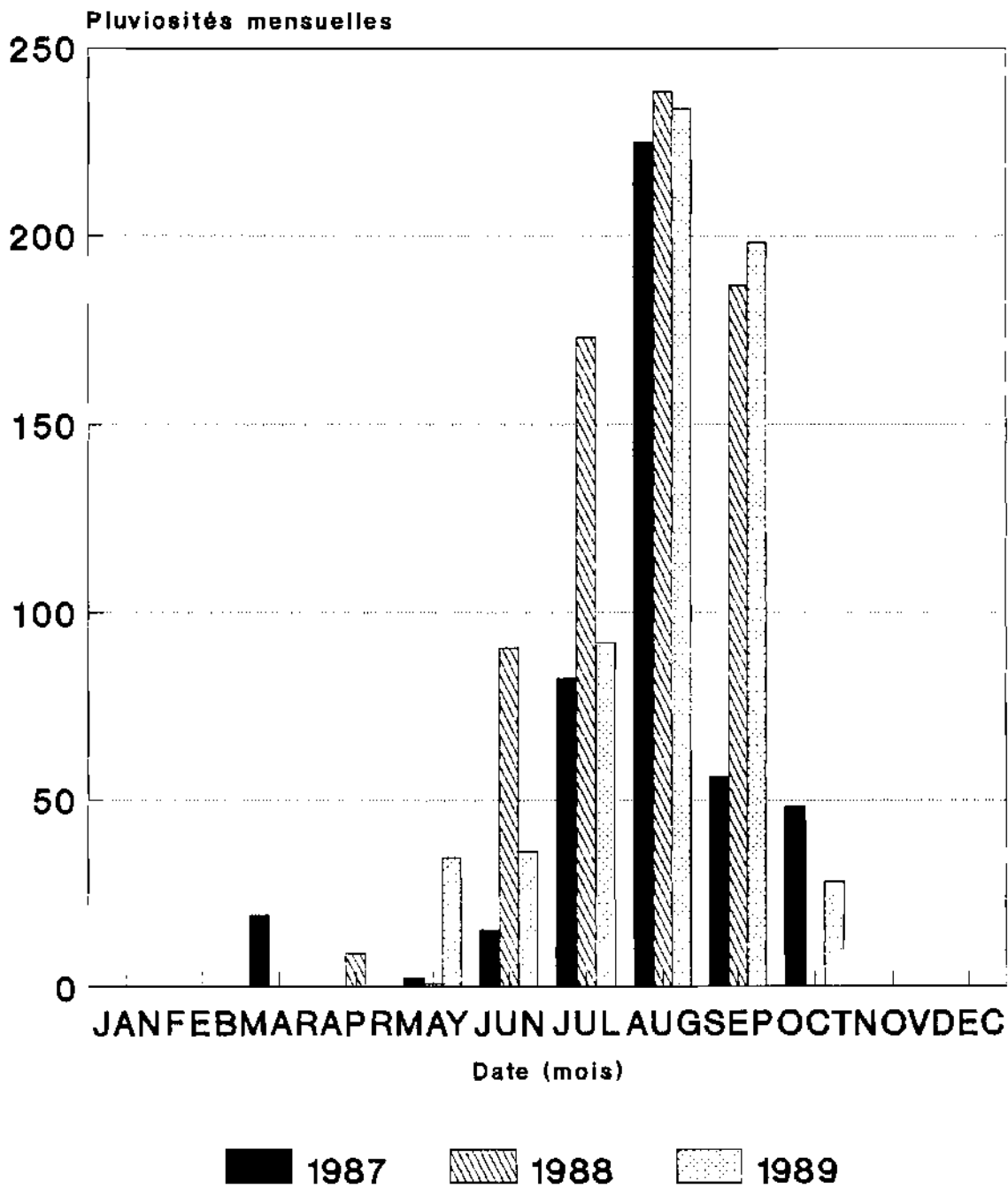


Fig.2: Fluctuations des hauteurs de pluies à Sadoré de 1987 à 1989.

Quant à la figure 3, elle présente la variabilité des isohyètes de pluies recueillies le 7 août 1989 sur 18 pluviomètres à la station de Sadoré. Elle indique par exemple que les pluviomètres 2 et 18 distants seulement d'environ 1 km ont enregistré respectivement 2,8 et 34,0 mm de pluie soit plus de 16 fois plus de volume d'eau de différence en une si courte distance.

1.2. La température

La température du milieu est surtout fonction du rayonnement solaire et du bilan hydrique (Dancette, 1986). Les niveaux particulièrement élevés du rayonnement et les changements saisonniers du régime hydrique donnent au sahel un climat généralement chaud marqué par des températures excessives de mars à juin dépassant les 40°C: c'est la saison sèche chaude (fig.4). De novembre à février les températures sont basses donnant une saison sèche fraîche caractérisée par d'importantes amplitudes thermiques entre le jour et la nuit. L'évaporation du bac atteint et dépasse même 10 mm pendant les mois les plus chauds de l'année de mars à mai (fig. 5); elle descend à 5mm pendant les mois les plus pluvieux d'août à septembre (Sivakumar, 1986).

1.3. L'humidité relative

De novembre à avril, l'air est très sec et renferme moins de 20 % d'humidité à 14 h. En mai-juin les niveaux d'humidité remontent, pour atteindre leurs pics en juillet et septembre.

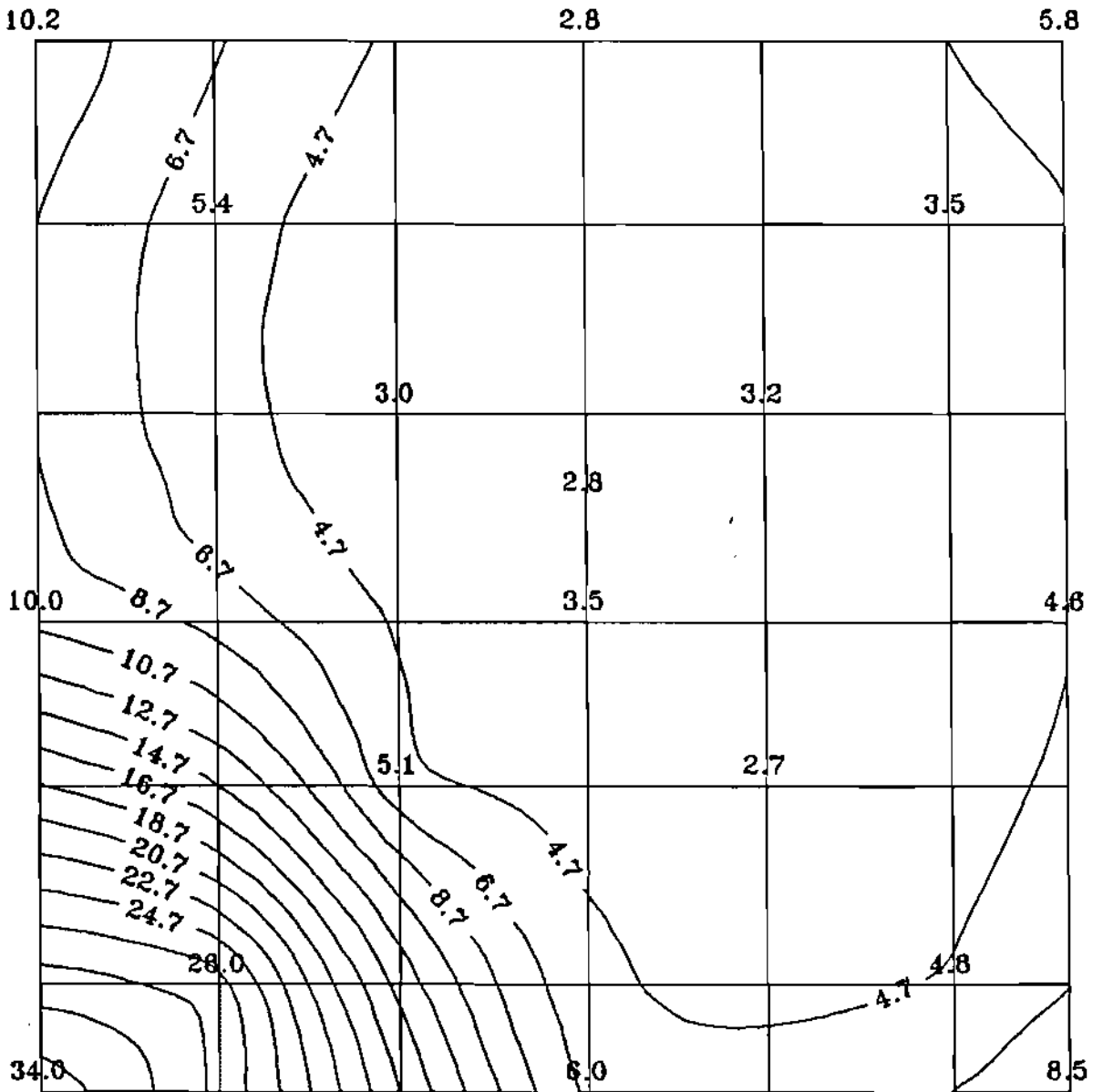


Fig.3: Isohyètes des hauteurs de pluies enregistrées à Sadoré le 7 Août 1989.



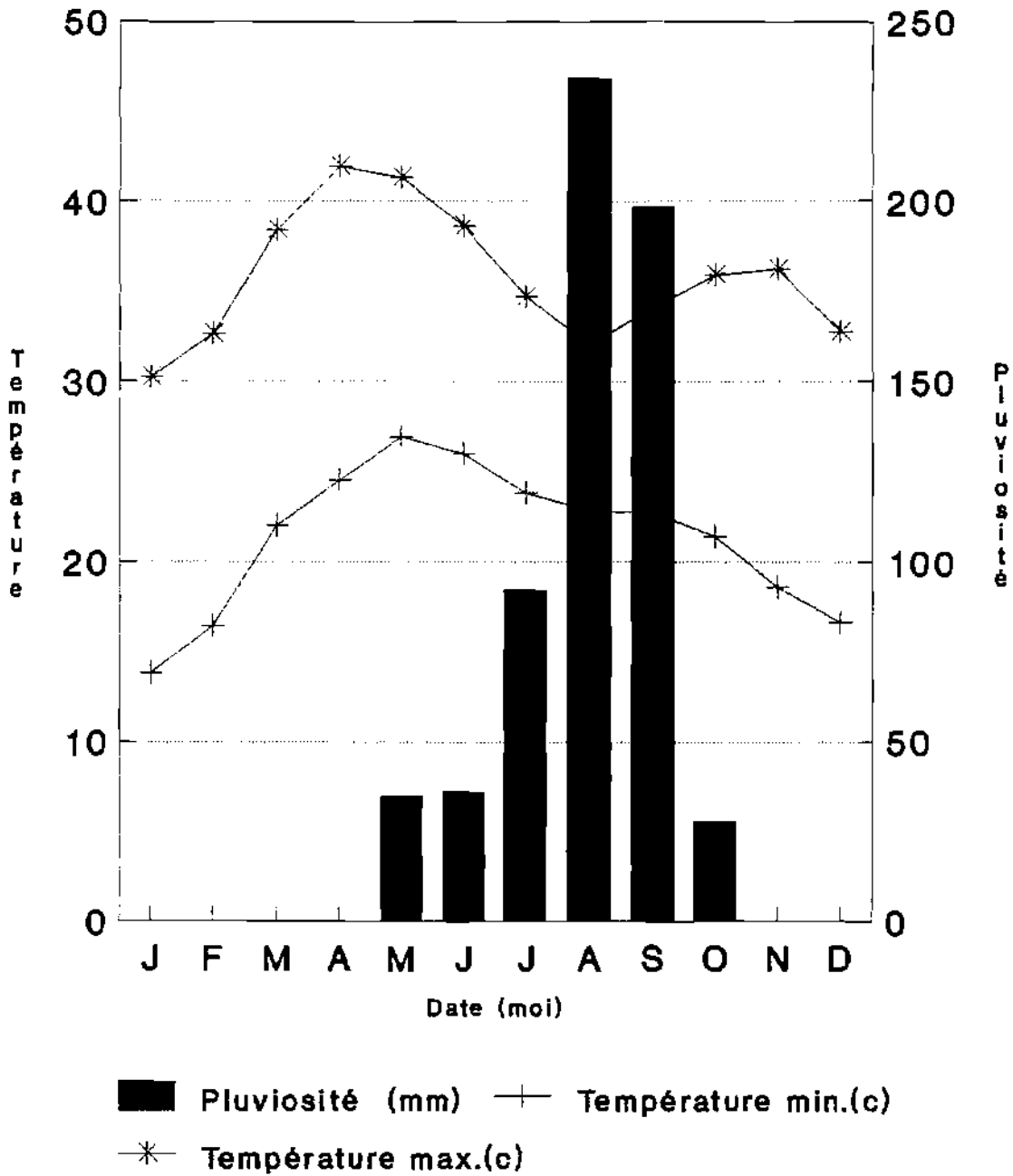
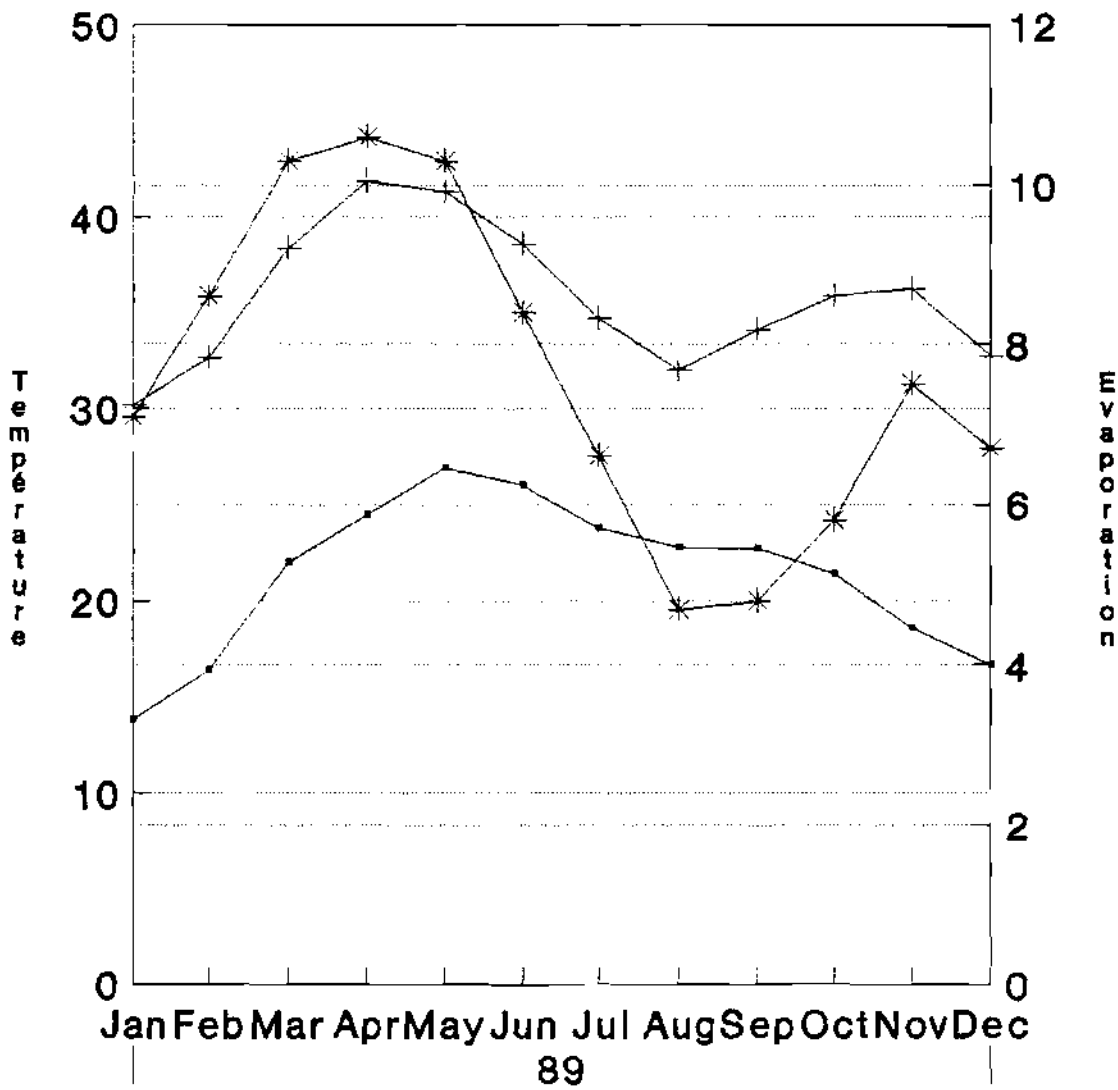
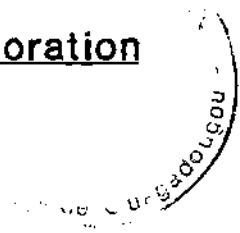


Fig.4: Données de température et de pluviométrie à Sadoré, 1989.



—●— Température min.(c) —+— Température max.(c)
 -*- Evaporation (mm)

Fig.5: Relations température-évaporation à Sadoré, 1989.



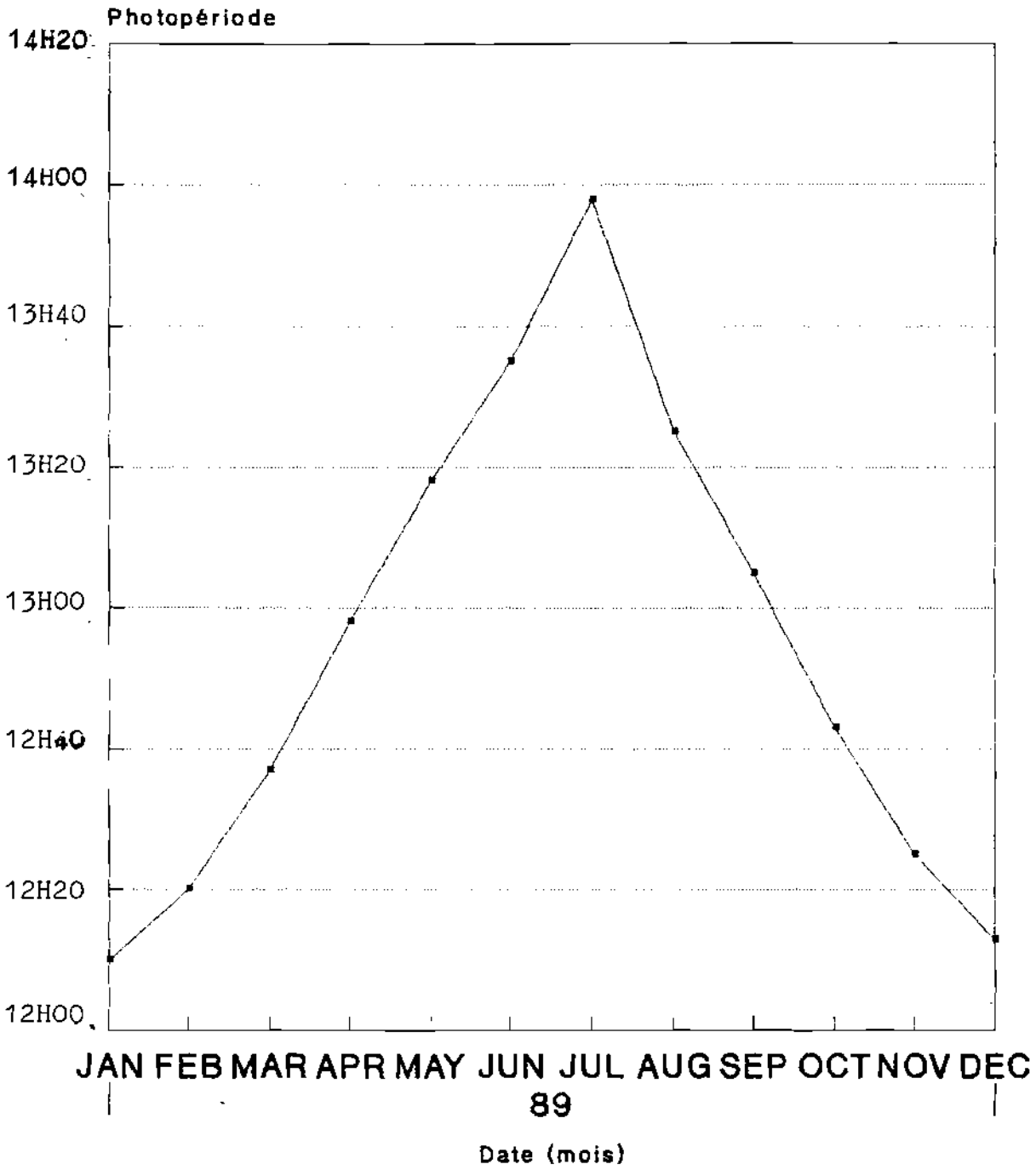


Fig.6: Photopériode à Sadoré
12.5 N et 13.06 S



1.4. La longueur du jour

La figure 6, tirée des travaux de Sivakumar (1986), montre des variations de la photopériode de janvier à décembre. On constate un pic de longueur du jour pour la période de juin à septembre correspondant à la saison des pluies où elle atteint 14h en juillet alors qu'elle reste autour de 12 h en début et en fin de l'année.

1.5. La vitesse et la direction du vent

Le début de la saison des pluies est marqué par des vents forts de direction ouest-sud-ouest atteignant une vitesse moyenne de 7 km/h occasionnant des tempêtes de sable nuisibles à l'établissement des cultures (Sivakumar, 1986). En fin de saison, les vents sont faibles et le ciel relativement calme. Pendant la saison sèche, l'harmattan, vent chaud et sec, et chargé de sable change de direction et souffle d'est en ouest.

2. Le sol et la végétation

2.1. Le sol

Les sols sahéliens sont en général trop sableux, pauvres en matière organique et très perméables. C'est le cas des sols dunaires à sables grossiers qui ne peuvent retenir que 40 à 50 mm d'eau par mètre de sol (Dancette, 1985) ; les lessivages sont donc très importants malgré les faibles totaux pluviométriques, entraînant la pauvreté des sols en éléments minéraux. D'autre part, on trouve également des sols peu perméables soumis à des pluies d'une forte intensité et donc à un fort ruissellement préjudiciable à une alimentation hydrique convenable des

cultures.

2.2. La végétation

La végétation sahélienne résulte d'un climat et d'un sol austères. Elle se rédiut à un tapis herbacé formé de plantes annuelles et d'une formation arbustive dominée par des acacias et des combretacées à feuilles caduques.

Chapitre 2. Aspects bioécologiques de la relation insecte-plante hôte

1. Aspects biologiques du mil

1.1. Systématique

Famille : graminées

Sous famille : *Panicoidae*

Tribu : *Paniceae*

Section : *Penicillariae*

Espèce : *Pennisetum glaucum*

On distingue trois types de mil sur la base de leur cycle de développement (Ajayi et Uvah, 1988) : le Gero, type précoce de 75 à 85 jours, le Maiwa type intermédiaire de 90 à 95 jours et le Sanio type tardif de plus de 100 jours. Les cultivars les plus répandus au Niger sont le Zongo, l'Ankoutess, le Tamangagi, le Baangouré, le Guerguera et le Haini Kiré (IBPGR-ORSTOM, 1985).

1.2. Stades phénologiques

Au cours du cycle de développement de la plante, trois phases se succèdent définies par l'activité des cellules : la phase végétative, la phase reproductive et la phase de maturation. Au cours de ces 3 phases, l'aspect morphologique du

pied du mil se modifie considérablement. Au total dix (10) stades morphologiques distincts ont été décrits par Maiti et Bidinger (1981).

Tableau 1. Description de différents stades de développement du mil. D'après Maiti et Bidinger (1981)

Stade	Caractéristique	Appellation commune
0	Coléoptile visible en surface	plantule
1	3e feuille visible	plantule
2	5e feuille visible	plantule
3	initiation paniculaire	tallage
4	apparition feuille- drapeau	montaison
5	développement de la panicule	épiaison
6	50% floraison	floraison
7	grain laiteux	maturation
8	grain pâteux	maturation
9	couche noire sur grain	maturation

Les deux phases les plus marquantes pendant cette croissance sont le tallage et la montaison (Lambert, 1983) parce qu'elles déterminent les grandes orientations morphologiques de la plante.

2. L'entomofaune du mil

Plusieurs espèces d'insectes sont associées au mil. Il est probable que l'extension de cette culture sur plusieurs millions d'hectares n'a pas été sans effet sur le développement de certaines espèces qui ont ainsi trouvé un milieu très favorable. Les plus importantes sont les suivantes :

- les Lépidoptères qui, en plus de *Coniesta ignefusalis*, comptent aussi la chenille mineuse de chandelle, *Heliocheilus albipunctella* DE JOANNIS.

- les Coléoptères renfermant les familles de *Chrysomelidae*, des *Meloidae*, des *Scarabaeidae* dont *Rhinyptia infuscata* à moeurs nocturne ; Lukefahr (1989) a estimé les densités de population de cette espèce à plusieurs centaines de millions à l'hectare au pic de vol.

- les Hétéroptères comportant la punaise rouge appelée *Dysdercus volkeiri* dont l'invasion au stade floraison est très préjudiciable à la production du mil.

- les Orthoptères dont la famille des *Acrididae* avec *Oedaleus senegalensis* représente un danger de plus en plus menaçant pour les cultures.

- et aussi les Diptères notamment la Cecidomye du mil, *Geromyia penniseti* de la famille des *Cecidomyidae*.

3. Aspects bioécologiques du borer de tige de mil

3.1. Systématique

Ordre : *Lepidoptera*

Famille : *Pyralidae*

Sous famille: *Crambinae*

Espèce : *Coniesta ignefusalis*

Bako (1977) a rapporté que dans la littérature, le borer de mil a été successivement désigné sous le nom de *Chilo pyrausta* (Appert, 1957), *Coniesta ignefusalis* (Harris, 1962), *Diatraea ignefusalis* (Forsyth, 1966), *Haimbachia ignefusalis*

(Mohyuddin et Greathead, 1970), *Acigona ignefusalis* (Anonyme, 1974) et aujourd'hui *Coniesta ignefusalis* (Anonyme, 1988).

A l'évidence donc, il y a un besoin de clarification dans la détermination taxonomique de la chenille foreuse de tige de mil.

3.2. Plantes hôtes

En plus du mil, *Coniesta ignefusalis* a été observé par Harris (1962) sur des mauvaises herbes telles que l'herbe de Guinée *Panicum maximum* et *Andropogon gayanus*. Il a aussi été observé sur le maïs, *Zea mays*, le sorgho, *Sorghum bicolor*, la canne à sucre, *Saccharum officinarum*. Youm (1990) a trouvé un spectre important de plantes hôtes alternatives, il en a identifié quatorze espèces dont sept graminées parmi lesquelles, *Andropogon gayanus*, *Aristida stipoïdes*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum sp.*, *Eragrostis tremula*. Selon Ajayi (1987) ce borer attaque le sorgho lorsque celui-ci est cultivé en association avec le mil.

3.3. Distribution géographique

Coniesta ignefusalis est présent partout où la culture du mil se pratique en Afrique entre le 10e et le 15e parallèle, spécialement dans la ceinture sahélienne englobant le Niger, le Mali, la Mauritanie, le Sénégal, le Burkina Faso, le Tchad, la Gambie, la Guinée Bisau, mais aussi le Nigeria (Nwanze, 1989). Au Niger, cette espèce est très largement répandue entre les isohyètes 400 et 700 mm, correspondant à la zone sud des cultures pluviales. Le taux d'infestation aux champs varie de 5 à 100% de tiges attaquées (ICRISAT, 1985).

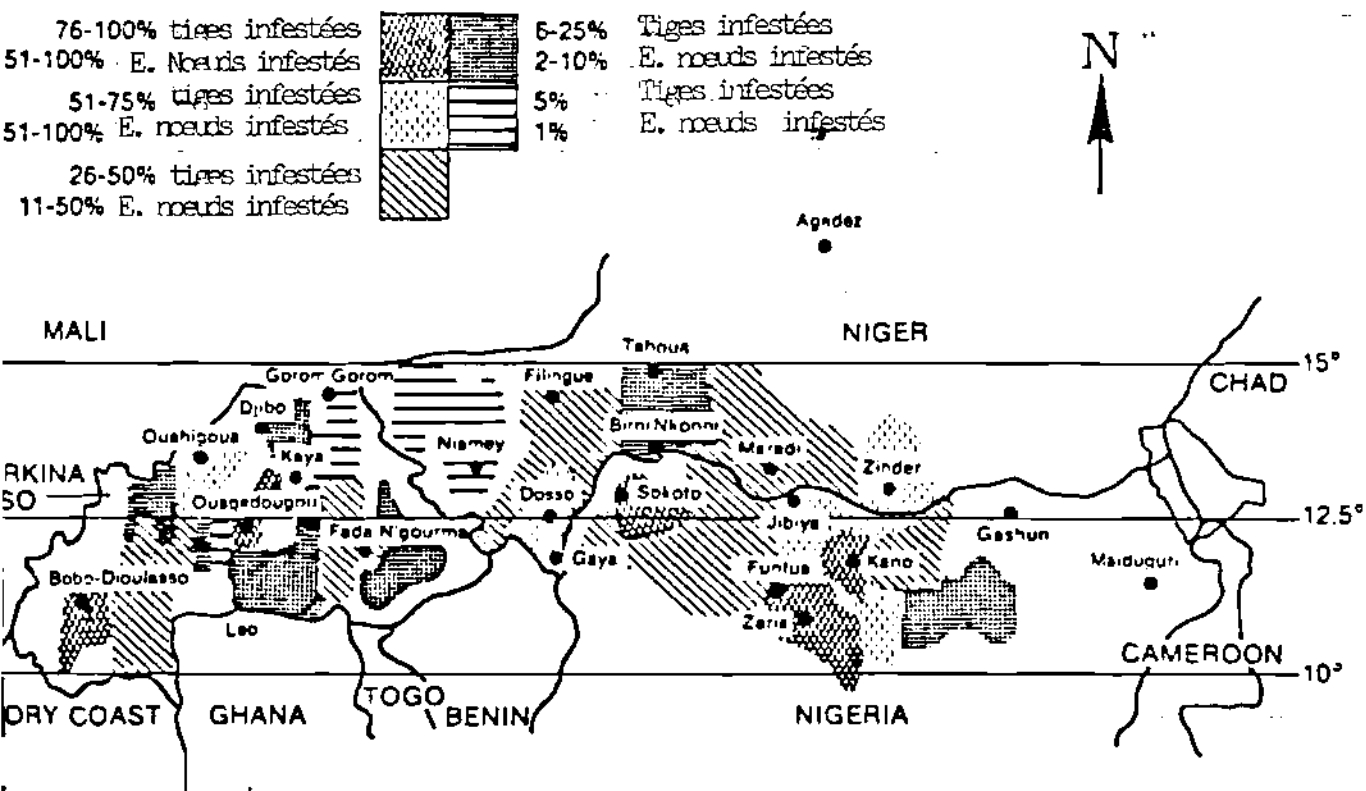
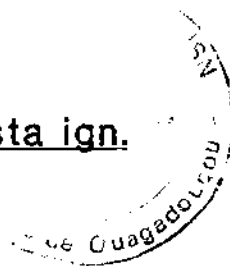


Fig.7: Distribution géographique de *Coniesta ign.*
(d'après Nwanze, 1989)



3.4. Biologie de l'insecte : cycle de développement

3.4.1. Fécondité des femelles

Chaque femelle de *Coniesta ignefusalis* contient en moyenne 10 ovarioles avec une capacité de 44 à 52 oocytes chacune, soit une fécondité de 440 à 520 oocytes par femelle (Bako, 1977). La femelle pond entre 100 et 200 oeufs soit 50% de la capacité ovarienne (Guevremont, 1983).

3.4.2. Oviposition

Les oeufs de *Coniesta ignefusalis* sont pondus en masses de 10 à 50 (Guevremont, 1983) et ils sont déposés entre la tige et la gaine foliaire du mil. Dans la nature, la femelle de *Coniesta ignefusalis* ne pond ses oeufs que sur le mil et présente une préférence pour les plantes vigoureuses (Harris, 1962).

3.4.3. Durée d'incubation des oeufs

Plus de 80% des oeufs testés par Bako (1977) ont donné des larves et la durée d'incubation varie de 0 à 13 jours dans les conditions d'expérimentation avec une moyenne de 9 jours. Cette durée peut être nettement plus courte dans les conditions aux champs comme l'a signalé Den Boer (1984).

3.4.5. Durée de développement larvaire

Après l'éclosion des oeufs la larve de *Coniesta ignefusalis* passe par six stades de développement (Harris, 1962). Selon Harris (1962) et Bako (1977), elles terminent leur développement entre 28 et 35 jours avant de se transformer en chrysalide. Lukefahr (1988) confirme ces résultats en conditions naturelles.

3.4.6. Durée de chrysalidation

Les chrysalides mâles et femelles achèvent leur développement dans une période moyenne de 10 jours (Bako, 1977). Les adultes mâles émergent au bout de 7 à 12 jours contre 8 à 14 jours pour les adultes femelles. On constate donc que l'émergence des femelles est légèrement plus rapide que celle des mâles. Dans la nature, les observations faites par Lukefahr (1988) révèlent des durées plus courtes que celles rapportées ci-dessus.

3.5. Dynamique de populations

Très peu de travaux ont été consacrés à l'étude de différents facteurs intrinsèques et extrinsèques influant sur la biologie du borer de mil (fluctuations de populations, cycle de développement). La dynamique de populations est un aspect très important dans la connaissance de l'insecte et de ses interactions avec la plante hôte et le milieu.

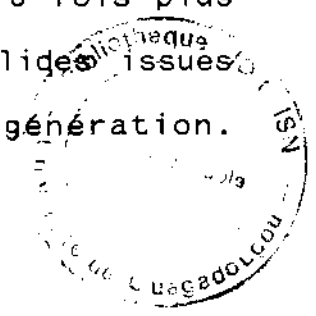
3.5.1. Fluctuations de populations adultes

Des travaux ont révélé que *Coniesta ignefusalis* était capable de développer trois générations par an (Risbec, 1950 et Ajayi, 1980). Cependant, les observations de Lukefahr (1987, 1988), Bal (1988), Nwanze (1989) précisent que le contexte sahélien (quatre mois de saison de pluies) ne permet à l'insecte que deux générations par an.

L'importance des populations prises aux pièges varient selon le type de pièges, les localités et les conditions pluviométriques de la saison. On retient que le niveau de populations de première génération est généralement faible.

La figure 8, tirée des travaux de Lukefahr (1989) montre que les premiers adultes ont été observés dans la première semaine de juillet, environ une semaine après la première pluie. Deux pics distincts indiquent l'avènement de deux générations. Le premier pic de population de la première génération est survenu dans le courant de la semaine du 30 août, le pic de la 2e génération a eu lieu six semaines plus tard vers le 11 Novembre. Le cycle de développement dure 40 à 55 jours par génération soit au total 80 à 100 jours pour les deux générations, ce qui couvre largement la saison pluvieuse de Juillet à Octobre.

On note que l'apparition des premiers papillons est intimement liée aux premières pluies qui humectent les tiges enclanchant la levée de la diapause larvaire. Ceci s'observe en comparant la dynamique des populations sur 3 années de 1987 à 1989 en relation avec le cycle pluviométrique; ainsi le retard d'émergence constaté en 1989 est dû au retard des pluies dont les 1ères de la saison ne sont tombées que le 30 juin, deux à trois semaines de retard sur le cycle habituel. La faible amplitude du pic de la première génération s'explique par le caractère discret des émergences, phénomène dû probablement à la lenteur du réveil physiologique. Le second pic d'amplitude 2,5 fois plus importante est dû aux adultes émergeant des chrysalides issues directement des larves non diapausantes de 2e génération.



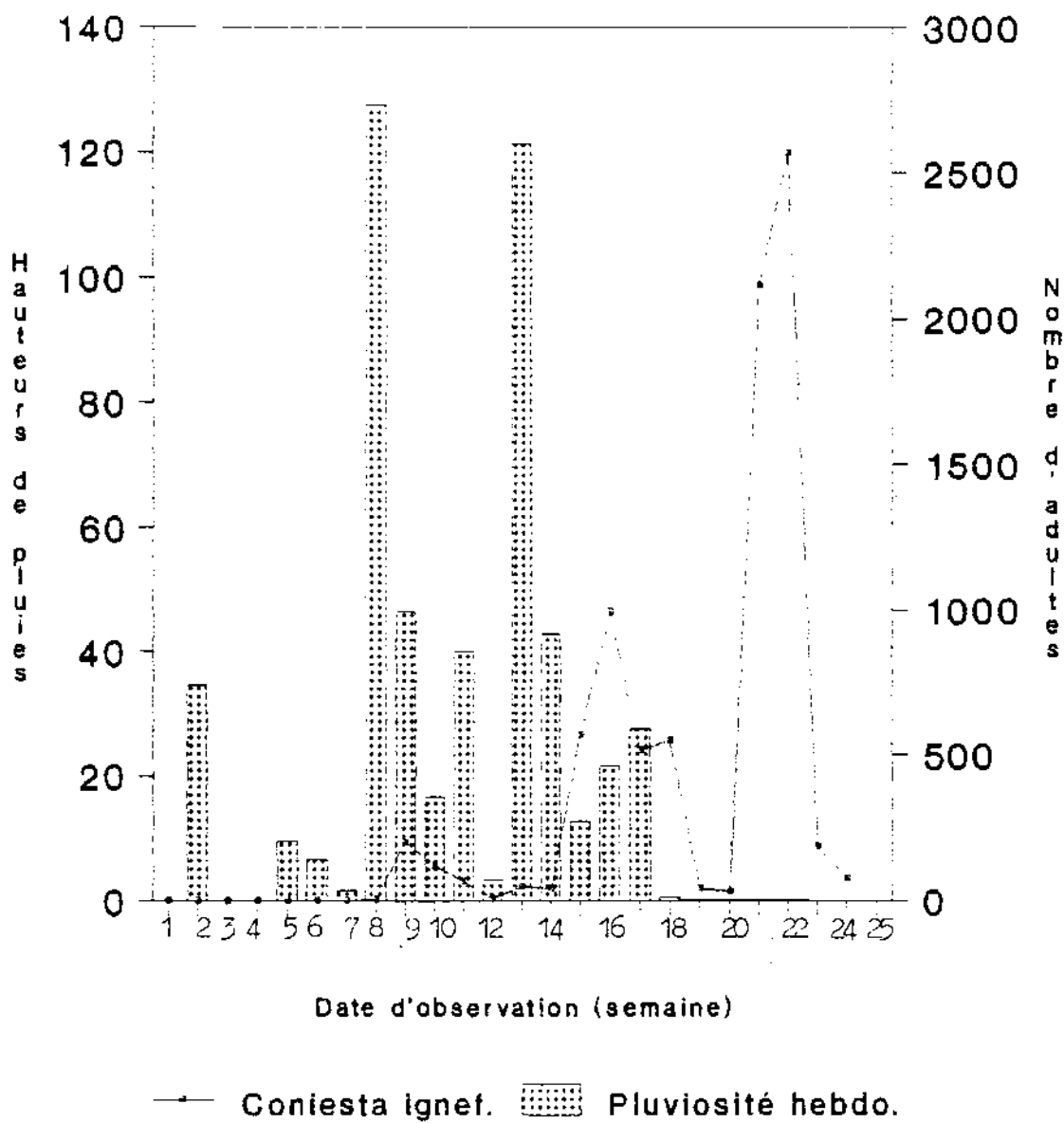


Fig.8: Pluviosités et fluctuations hebdo madaïres des populations imaginales de Coniesta ignefusalis à Sadoré,1989.

3.5.2. Longévité des adultes

La connaissance de la longévité des adultes peut permettre de comprendre certains aspects dans le comportement de l'insecte. Ainsi une espèce ayant une courte durée de vie dans sa forme adulte aura tendance par exemple à s'accoupler tôt pour maximiser ses chances de survie. Risbec (1950) et Lukefahr (1988) ont estimé la durée de vie de l'adulte de *Coniesta ignefusalis* à cinq ou dix jours.

Le tableau 2, tiré des travaux de Lukefahr (1988), montre que les adultes nourris à l'eau, pure vivent plus longtemps que quand ils sont nourris à la solution sucrée ou au miel. Par ailleurs, quel que soit le régime, la femelle a une longévité sensiblement supérieure à celle du mâle, avec respectivement 6,2 et 5,2 jours en moyenne.

Tableau 2. Effet du régime alimentaire sur la longévité des adultes de *Coniesta ignefusalis*

	Longévité des adultes (jours)	
	Mâles	Femelles
eau	6,5	7,3
Sucre	4,9	5,8
Miel	4,3	5,6
Moyenne	5,2	6,2
S.E.	± 0,06	±0,05

On constatera donc que la durée totale du cycle de développement de la chenille foreuse de tige de mil atteint 40 à 60 jours du stade oeuf à celui de l'adulte. Ces chiffres

s'approchent étroitement de ceux signalés précédemment dans l'étude des courbes de dynamique de populations.

3.5.3. Période d'activité des adultes

Dès leur émergence des chrysalides, la nuit, entre 19 h et 23 h les papillons mâles et femelles sont capables de voler dans les 3 heures qui suivent (Harris, 1962). L'accouplement se réalise la même nuit ou la nuit suivante. Lukefahr (1988) a observé aux champs, de juin à septembre, 2189 adultes de 7 heures du soir à 6 heures du matin. Le tableau 3 montre un pic d'activité nocturne aux environs de 1 heure du matin. La période d'accouplement se situe entre 1 heure et 3 heures; ces observations confirment celles déjà effectuées par Harris (1962). Le jour, les adultes sont difficiles à observer, car ils se cachent probablement dans les parties basses du mil où ils se protègent contre l'insolation et les températures élevées.

Tableau 3. Période d'activité des adultes de *Coniesta ignefusalis* (d'après Lukefahr 1988).

Heure	Nombre de papillons observés	% adultes
19h00	36	1,6
20h00	139	6,4
21h00	171	7,8
22h00	177	8,1
23h00	200	9,1
24h00	241	11,0
01h00	267	12,0
02h00	258	11,8
03h00	236	10,8
04h00	227	10,4
05h00	166	7,6
06h00	71	3,2
Total	2.189	100

3.5.4. Emission des hormones sexuelles

Beaucoup d'espèces d'insectes ont fait l'objet de recherches concluantes sur l'émission par les femelles d'hormones sexuelles ayant un effet attractif sur les mâles. Bako (1977) a mis en évidence l'émission de ces substances par les femelles de *Coniesta ignefusalis*. Lukefahr (1988) a trouvé qu'une femelle pouvait attirer jusqu'à 38 mâles/nuit lorsque l'appât est placé en période de pic de population ; il a constaté que les femelles ont attiré au moins 1 mâle. Il a aussi observé que la couleur des pièges utilisés avait un effet sur leur efficacité.



le jaune et le vert attirent par exemple plus que le rouge, le blanc et le bleu chez *Coniesta ignefusalis*.

Yudin et al. (1987) ont trouvé que les Thrips *Franklienella occidentalis* et *F. tabaci* étaient plutôt attirés par le blanc puis le jaune sur les cultures de laitue. Ils ont pensé que cette attractivité était liée au contraste que le blanc créait avec l'environnement immédiat de l'insecte. Ceci peut probablement expliquer le comportement de *Coniesta ignefusalis* vis à vis du jaune qui contraste avec le paysage constitué par le champ de mil.

3.5.5. Le sex ratio

Lukefahr (1987) a trouvé, en sexant 1087 chrysalides, que 50,41% étaient mâles contre 49,59% de femelles; soit un sex-ratio voisin de 1:1. Des légères différences ont été trouvées au piège lumineux, différences liées aux réponses différentielles des mâles et femelles au stress lumineux.

3.5.6. Fluctuations des populations larvaires

La larve constitue la forme nuisible du borer de tige. Il est important de connaître sa dynamique de populations pour mieux comprendre les facteurs qui favorisent ou entravent son développement. Des travaux de Harris (1962), Lukefahr (1987, 1988) et Sharma et Davies(1988) , il apparaît que la larve de *Coniesta ignefusalis* passe par six stades de développement et que la deuxième génération finit l'année à l'état de diapause dans les tiges sèches.

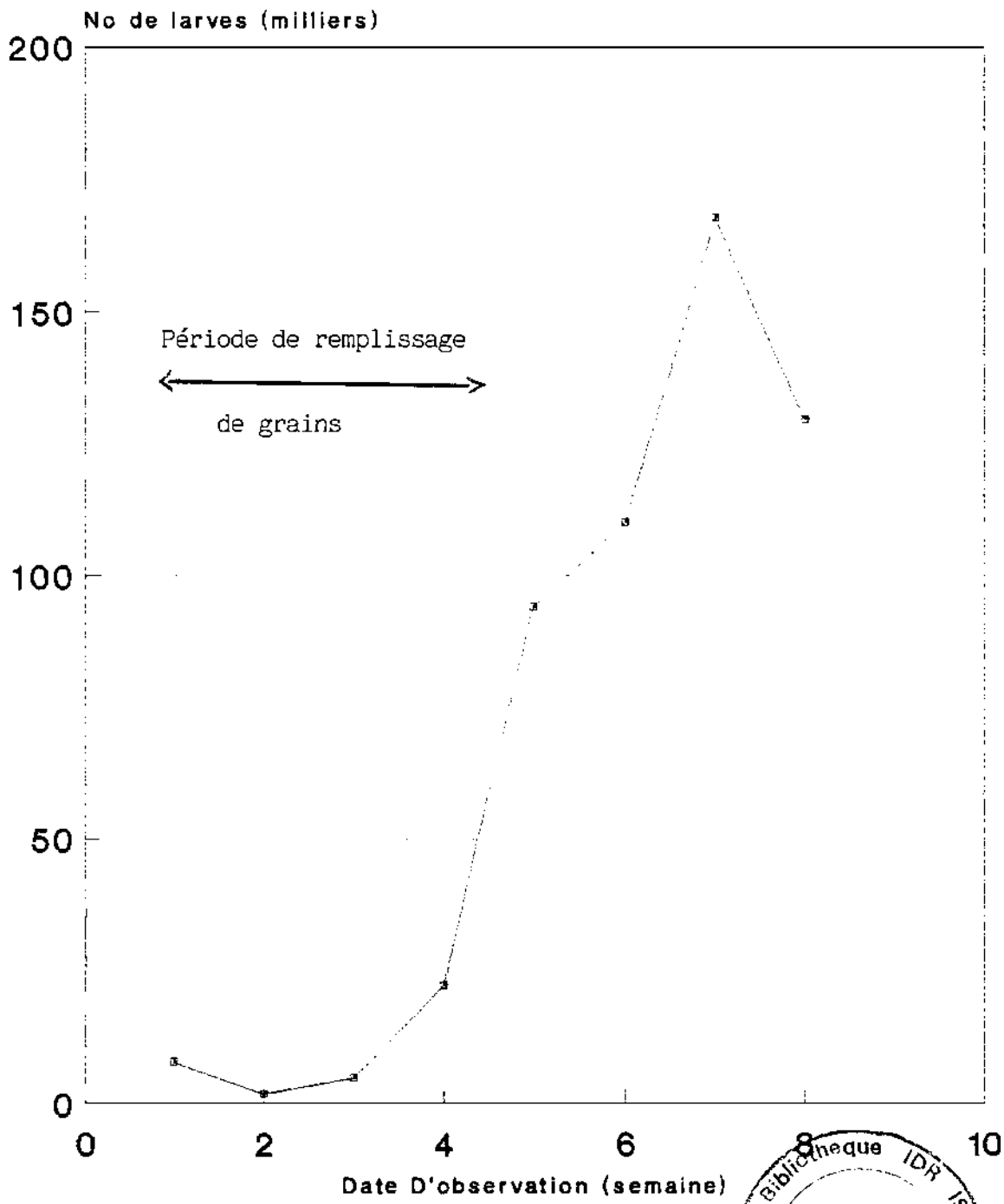
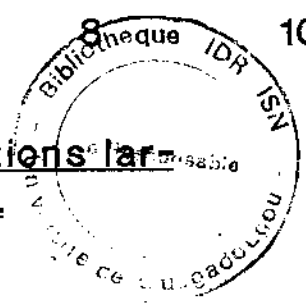


Fig.9: Fluctuations des populations larvaires du borer de mil.

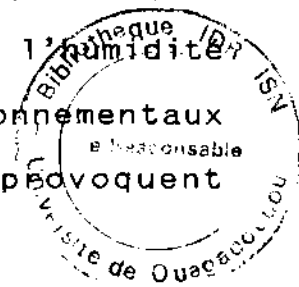


Comme le montre la figure 9, dans les premières semaines d'observation les populations sont faibles et décroissent même la 2e semaine: cette décroissance correspond au passage des larves en chrysalides puis en adultes. A partir de la première semaine de septembre, on observe une croissance importante des populations des larves correspondant à l'éclosion des oeufs pondus par les femelles de 2e génération. Le pic de population larvaire de 2e génération a été observé en fin septembre puis la courbe décroît sensiblement. En ce moment, à partir du 25 septembre, approximativement, toute larve qui ne se sera pas chrysalidée entrera probablement en diapause ou bien mourra à cause de l'adversité des conditions ambiantes (sècheresse, dessèchement des tiges, températures élevées etc.). C'est cette nouvelle forme biologique qui permet à l'insecte de se maintenir en vie pendant toute la saison sèche (Lukefahr, 1988).

3.5.7. Les formes de résistance aux stressés physiques de l'environnement

3.5.7.1. Le syndrome de diapause larvaire

Pendant la saison de pluie de juin à octobre, les conditions sont favorables au développement et à l'activité des larves de *Coniesta ignefusalis* (tiges fraîches, bonne humidité relative, température relativement basse..); les larves sont très actives et se reconnaissent par leur corps tacheté de noir. Cependant, le dessèchement progressif des tiges, et la baisse de l'humidité relative, conjugués à d'autres facteurs environnementaux (température élevée, baisse de photopériode) provoquent



probablement un stress qui induit l'entrée en diapause de la larve du borer (Gahukar, 1984 et Lukefahr, 1988). La larve perd progressivement ses taches et devient blanc crème pour toute la durée de la diapause (Den Boer, 1984).

Dans le cas de *Heliothis virescens*, Butler et al. (1985) ont montré que la diapause au stade chrysalide était induite par des températures supérieures à 32°C et favorisée par un cumul de deux heures de lumière à 43°C; et elle est interrompue sous l'effet de basses températures inférieures à 32°C. Tauber et al. (1986) ont montré que la qualité de la plante hôte (stade physiologique) est l'un des facteurs majeurs qui contrôlent l'entrée en diapause de certaines espèces d'insectes.

Lukefahr (1987) a montré que la photopériode et l'humidité sont les facteurs les plus importants dans la levée de la diapause de *Coniesta ignefusalis*. Des études au laboratoire ont montré que si la photopériode est optimum (14 h) alors qu'il y a absence d'humidité de contact, la levée de la diapause sera sensiblement déficiente. Il en est de même si, malgré le contact d'humidité, la photopériode reste inférieure à 14 heures.

La levée de la diapause n'est donc optimale que lorsque les deux conditions d'humidité et de photopériode auront été satisfaites simultanément.

3.5.7.2. La quiescence larvaire

La quiescence se définit comme un arrêt momentané de développement au stade larvaire chez *Coniesta ignefusalis*. Lukefahr (1987) l'a observé à l'ICRISAT lorsqu'une poche de sécheresse a retardé le cycle de développement des larves de 1ère génération.

L'insecte stimulé, arrête momentanément son développement pour faire face au stress de l'environnement. Ce phénomène réduit la pression déprédatrice car au retour des pluies, seules les plantes semées tardivement seront exposées à l'attaque des chenilles de 2e génération, étant entendu que les plantes semées précocement auront échappé à l'attaque des foreuses inhibées par le stress climatique.

3.5.8. Les facteurs de mortalité

3.5.8.1. Les facteurs physiques

Les températures excessives et les séquences sèches de pleine saison sont probablement les facteurs majeurs de mortalité des larves. Lukefahr (1987) a trouvé un taux de mortalité de larves diapausantes de plus de 80% dû aux températures particulièrement élevées durant mars, avril et Mai. Lorsque les jeunes larves fraîchement sorties des oeufs sont soumises à une sécheresse brutale pouvant subvenir avant leur pénétration dans les tiges, il s'en suit un taux élevé de mortalité (Harris, 1962).

3.5.8.2. Les facteurs biotiques

Markham (1985) a décrit le complexe parasitaire de *Coniesta ignefusalis* en sillonnant les zones de cultures du Niger et du Burkina Faso. Au Niger, il a trouvé deux parasites de larves, *Euvipio rufa* et *Syzeuctus sp* avec une prédominance du premier dans les zones plus sèches. Les chrysalides elles, sont parasitées par une seule espèce de *Braconidae* à savoir *Hyperchalcidia soudanensis*. Des larves de diptères ont été trouvée sur de larves mortes de *Coniesta*. Il s'agit de larves de *Phoridae* et de *Sarcophagidae*. Des travaux de Markham (1985) au Niger et au Burkina

Faso, de Bako (1977) à Maradi, Niger, de Harris (1962) au Nigeria, Ajayi (1980) au Nigéria, Gahukar (1981) en Afrique de l'Ouest, Bhatnagar (1987) au Sénégal, on retient une liste de 23 ennemis naturels de *Coniesta ignefusalis* dont 21 espèces d'insectes, 1 d'*Arachnidae* et 1 de Deuteromicète. Youm (1990) a trouvé que le parasitisme est apparemment plus important sur les plantes hôtes alternatives que sur le mil. Il a observé au Niger des taux de parasitisme de 21,4 % pour *Euvipio sp.*, 25 % pour *Rhaconotus sp.* et 3 % pour *Gonozius sp.*.

Le tableau 4 donne une distribution géographique de ces ennemis naturels et montre les différents stades de l'insecte affectés. On note que la plupart des insectes parasites sont des hyménoptères avec 15 espèces, les 6 autres espèces étant des Diptères.

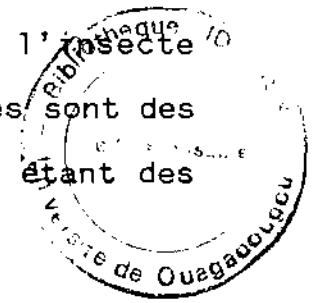
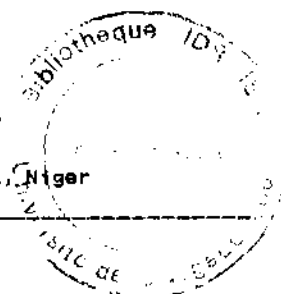


Tableau 4. Classification et distribution géographique des ennemis naturels de *Coniesta ignefusalis*.

Familles	Espèces	Stades affectés	Distribution géographique
Braconidae	<i>Apanteles sesamia</i>	Larve	Nigeria, Niger
	<i>Euvipio rufa</i>	Larve	Nigeria, Niger
	<i>Euvipio fascialis</i>	Larve	Sénégal
	<i>Rhaconotus soudanensis</i>	Larve	Sénégal, Niger
	<i>Glytomorpha</i> sp	chrysalide	Nigeria
Bethyidae	<i>Goniozus proceræ</i>	Larve	Sénégal
	<i>Goniozus</i> sp	Larve	Nigeria
Chalcididae	<i>Hyperchalcidia soudanensis</i>	Chrysalide, Larve	Nigeria, Niger
Encyrtidae	<i>Euzkadia</i> sp	Larve	Sénégal
Eulophidae	<i>Pediobus furvus</i>	Chrysalide	Nigeria, Niger
	<i>Tetraastichus atriclavus</i>	Chrysalide	Nigeria
Ichneumonidae	<i>Dantichasmias busseolæ</i>	Chrysalide, Larve	Nigeria, Niger
	<i>Syzeuctus</i> sp	Larve	Nigeria, Niger
	<i>Chasmias</i> sp	Chrysalide	Nigeria, Niger
Scelionidae	<i>Platytelesromus hylas</i>	Oeufs	Sénégal, Niger
Chloropidae	<i>Oscinosoma millii</i>	Larve	Sénégal, Niger
	<i>Oscinosoma rusbici</i>	Larve	Sénégal, Niger
	<i>Ceratopogon rusbici</i>	Larve	Sénégal, Niger
	<i>Epimadiza</i> sp	Chrysalide	Sénégal, Niger
Tachinidae	<i>Sturmiopsis parasitica</i>	Larve, Chrysalide	Nigeria
Phoridae	<i>Aphiochaeta</i> sp	Larve	Sénégal
Arachnidae	<i>Pyemotes ventricessus</i>	Larve	Nigeria
Champ. imp.	<i>Metarrhizum anisoplae</i>	Larve	Nigeria, Niger



Une seule espèce de ce complexe parasitaire a été trouvée sur les oeufs de *Coniesta ignefusalis*. Les larves constituent le stade de loin le plus affecté avec 15 espèces contre 8 pour les chrysalides; 4 espèces attaquent à la fois les chrysalides et les larves. Aucune référence n'a été signalée quant à l'effet des ennemis naturels sur le stade imago dont la très courte longévité (4 à 5 jours) peut être un facteur limitant contre les ennemis naturels. Il est à signaler que cette liste est loin d'être exhaustive tant dans le nombre d'espèces parasites que dans leur distribution géographique; il faudra certainement étendre le champ d'investigation aux autres pays sahéliens pour dresser une carte géographique plus complète de distribution du complexe parasitaire.

4. Relations phénologiques entre le mil et le borer de tige

Les interactions entre graminées et lepidoptères se sont probablement développées depuis plus de 25 millions d'années (Harris, 1989), et cela a sans doute conduit à une spécialisation de certaines espèces pour des plantes hôtes bien particulières: c'est le cas de *Coniesta ignefusalis* inféodé au mil *Pennisetum glaucum*. L'insecte montre une remarquable synchronisation de son cycle de développement aux différents stades phénologiques de la plante.

4.1. Stade plantule

Au cours des 4 premières semaines de la saison de pluie va se développer la jeune plantule de mil, pendant que les premiers papillons de *Coniesta ignefusalis* vont émerger des vieilles tiges résiduelles de la campagne précédente. Les femelles sont attirées

par les plants de mil et y pondent des oeufs qui éclosent pour donner la 1ère génération des larves de la saison. Celles-ci pénètrent directement dans la tige où elles se nourrissent sur le parenchyme (Harris, 1962 et Ajayi, 1980) perturbant ainsi l'activité des tissus vasculaires ou détruisant complètement le point de croissance : les symptômes caractéristiques sont la mort du point de croissance, "coeur mort", ou le "manque à la levée" des plantules. A cause du faible niveau des populations de la 1ère génération, les dommages aux cultures sont généralement faibles (Harris, 1962; Nwanze, 1988 et Lukefahr 1988).

4.2. Stade tallage

Dûs aux populations des larves de première génération nettement plus élevées, les dégâts sont plus importants durant le stade tallage. On observe des "coeurs morts" aussi bien sur la tige principale que sur les talles. La plante réagit souvent à ce stade en développant un tallage excessif dit "de compensation" au point d'attaque (Lukefahr, 1987 et Nwanze, 1988).

4.3. Stade montaison

Ce stade correspond généralement au 1er pic de populations larvaires. Au cours de ce stade phénologique du mil, la plupart des larves ont aussi atteint leur dernier stade de développement et le maximum de capacité de broyage. Les symptômes caractéristiques apparaissent sur les feuilles et la tige:

- sur la tige s'observent clairement les trous d'entrée par lesquels sont rejetées de boules de déchets digestifs. Une dissection longitudinale fait voir des galeries creusées par les

chenilles où celles-ci se déplacent selon l'axe de la plante (Harris, 1962) ;

- les feuilles se décolorent et deviennent brun sombre ou jaune pâle surtout en cas de forte attaque.

4.4. Stade épiaison

A ce stade, la croissance de certaines tiges s'arrête et l'épiaison est alors bloquée. L'épi reste emprisonné dans la feuille-drapeau qui ne peut alors se dérouler : c'est "l'épi bloqué". Si la feuille se déroule, l'exsertion de l'épi sera dans tous les cas mauvaise : ceci est appelé "mauvaise exsertion de l'épi".

Les feuilles demeurent jaune pâle. La réaction de la plante se manifeste parfois par un tallage aérien juste au dessous du point sensible. Ce tallage aérien est généralement improductif.

4.5. Stade maturation

A ce stade, les dommages sont essentiellement dûs aux larves de 2e génération qui attaquent la partie supérieure de la plante, le pédoncule ou l'épi. Trois cas de dégâts sont alors caractéristiques des dommages de *Coniesta ignefusalis*:

- si la fécondation s'effectue mal, parce que perturbée par l'attaque du borer, les fleurs avortent, l'épi se dessèche et ne portera aucune graine : c'est "l'épi blanc" ou "l'épi vide".

- si la fécondation a lieu, alors c'est le remplissage des grains qui est affecté : l'épi produira de petites graines, c'est le symptôme appelé "mauvais remplissage de l'épi".

- si l'attaque de l'épi a lieu après la maturité des grains, l'épi se cassera sous son poids au niveau du pédoncule ;

c'est le symptôme du "cou cassé". La verse des tiges est un phénomène commun favorisé par le vent observé dès le stade épiaison surtout chez les variétés à haute stature.

4.6. Synchronisation entre la dynamique de populations larvaires de *Coniesta ignefusalis* et le développement du mil

Dans les zones sahéliennes, le borer de tige de mil ne développe que deux générations par an (Nwanze, 1988; Lukefahr, 1988 et Bal, 1989) alors qu'en zones plus humides comme le Nigeria il en développe trois (Ajayi, 1980).

Si le pic de population larvaire correspond au stade critique de développement des cultures (remplissage des grains par exemple), les pertes de rendement seront très importantes (Lukefahr, 1989).

Dans le cas des variétés CIVT et Ex Bornu, celles-ci arrivent en floraison 55 à 60 jours après la levée. Cependant les larves mettent 35 à 40 jours pour achever leur développement. La figure 9 tirée des observations hebdomadaires nous montre les fluctuations des populations larvaires en rapport avec la période de remplissage des grains. Le pic des populations larvaires n'a été observé qu'après le stade critique de développement des cultures.

En décomposant les populations larvaires selon l'âge, on note que 33% des individus sont de petites larves et 27% des larves moyennes ; on constate donc que 60% des individus observés au stade critique du mil sont des larves immatures de deuxième génération ne pouvant occasionner donc que des dégâts mineurs.

Ceci pourrait expliquer que de très grandes populations larvaires en fin de saison, n'occasionnent pas de dégâts proportionnels à la taille de la population (Lukefahr, 1989).

DEUXIEME PARTIE:

TECHNIQUES TRADITIONNELLES DE LUTTE CONTRE LE BORER

1. La lutte chimique

De nombreuses recherches ont tenté d'apprécier l'effet de certains insecticides chimiques contre la chenille foreuse de tige de mil. Ajayi (1980), Guevremont (1983), Maiga (1984) et Nwanze (1988), et ont testé plusieurs groupes de produits tels que le carbofuran, l'endosulfan, le carbaryl, le trichlorfon, les pyréthrinoides de synthèse, et quelques insecticides du groupe des organochlorés. Tous les travaux s'accordent à suggérer que, compte tenu du caractère endogène du ravageur, seuls les produits systémiques appliqués sous forme de granulés, comme l'endosulfan et le carbofuran, sont efficaces contre le borer de tige de mil. Ajayi (1980) et Lukefahr (1987) rapportent que ces produits systémiques appliqués à une dose de 2 à 2,5 kg m.a./ha en "side-dressing" au stade tallage-montaison réduisent de plus de 50% les populations larvaires et permettent un gain de rendement appréciable.

En Afrique, non seulement les produits chimiques coûtent cher, mais aussi ils sont rarement accessibles aux agriculteurs par les circuits d'approvisionnement habituels. Il faut 50 kg de Furadan (contenant 5% de m.a.) pour traiter un hectare en raison de 1485 F le kg (prix 1986) soit 74 250 FCFA pour une production maximum d'une tonne à l'hectare valant 30 000 FCFA sur le marché (prix officiels, campagne 1988).

On voit ainsi que le coût du seul traitement insecticide s'élève à 2,5 fois la valeur de la production du paysan dans les meilleures conditions. Pour justifier une telle opération, le paysan peut-il tripler son rendement, ou doit-on réarranger le

marché pour lui garantir une meilleure valorisation des prix de sa production ? Le mil n'étant pas une culture de rente, on comprend aisément que les paysans sahéliens soient réticents à investir tant de moyens pour une entreprise hypothétique.

D'autre part, l'utilisation intensive et à grande échelle de produits insecticides présente des risques graves de pollution par des résidus toxiques; dans certains autres cas, on observe un phénomène grave appelé résurgence des insectes nuisibles qui s'illustre par une augmentation subite et spectaculaire de population du ravageur au-delà de son niveau initial. Ce phénomène peut être dû dans certains cas à un traitement chimique inapproprié. La figure 10 illustre un exemple théorique de l'effet d'un pesticide sur un insecte cible.

Compte tenu de leur toxicité, la manipulation des produits, doit être prudente et assurée par un personnel qualifié qui doit tenir compte de la dose à appliquer, la méthode d'application et surtout de la date ou stade d'intervention. Des précautions doivent être prises par le manipulateur pour éviter l'auto-intoxication. C'est à ce niveau que se pose la complexe équation de quel produit utiliser, quand et comment l'utiliser.

Un autre aspect pas moins contraignant de l'utilisation de produits insecticides chimiques est la rapidité avec laquelle ils perdent leur efficacité (cas du DDT aux Etats Unis) (Flint et Van Den Boch, 1981). Les populations d'insectes développent parfois une résistance à un insecticide après 3 à 10 ans d'utilisation grâce au phénomène d'apparition de génotypes particuliers de l'insecte appelés biotypes, capables désormais de contourner l'efficacité du produit (Strayer, 1983).

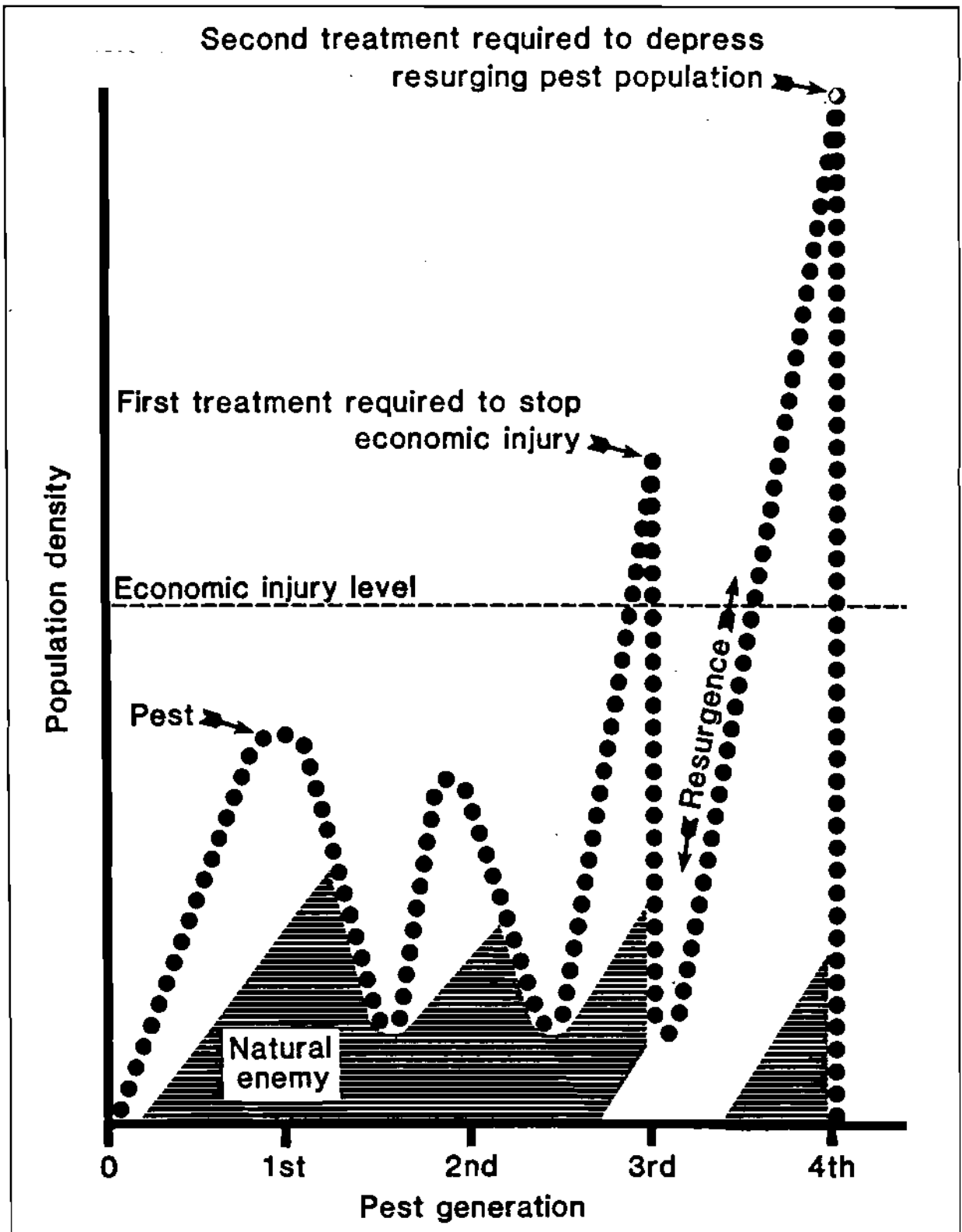


Fig.10: Exemple théorique de l'effet d'un insecticide sur une espèce (Strayer, 1983).

2. La lutte culturale

La méthode culturale dans sa conception consiste en une manipulation délibérée de l'environnement en vue de le rendre moins favorable aux ravageurs de cultures, en interrompant leur cycle de reproduction. Singulièrement elle vise à éliminer la source alimentaire des déprédateurs et/ou à favoriser le développement de leurs ennemis naturels.

Plusieurs variantes de cette méthode peuvent être envisagées : la manipulation des dates de semis et récolte, l'incinération des résidus de récolte ou la rotation des cultures.

2.1 La manipulation des dates de semis

Plusieurs auteurs tels que Ajayi (1980), Nwanze (1988) ont proposé la manipulation des dates de semis en fonction du cycle de développement variétal pour réduire la pression d'attaque du borer du mil ; c'est ainsi qu'ils ont suggéré de semer tôt les variétés tardives type Maiwa et de retarder les semis des variétés précoces Guéro afin d'éviter une coïncidence entre le pic de population larvaire de *Coniesta ignefusalis* et le stade critique de la plante. De même Harris (1962) a estimé que les semis tardifs sont en général plus prédisposés à l'attaque du borer.

Le caractère aléatoire et imprévisible de la saison des pluies rend caduque et impraticable la manipulation des dates de semis, étant donné que la première pluie est toujours une chance qu'aucun paysan ne peut prendre le risque de ne pas exploiter. De plus l'analyse de cycle de développement et de la dynamique des populations de l'insecte révèle que l'avènement du pic de

population d'insectes obéit à des données environnementales très complexes et imprévisibles.

La figure 11 tirée des travaux de Nwanze (1989) montre la dynamique de populations larvaires de *Coniesta ignefusalis* de 1983 à 1985. Elle montre la particularité de chaque saison comme le cas de l'année 1983 où l'infestation du borer a été manifestement sévère avec une population 3 ou 4 fois plus importante que les années suivantes. Cette figure révèle l'étroite corrélation entre les populations des larves diapausantes de saison sèche et celles des larves actives de pleine saison culturale. On constate alors que chaque année est une situation à part caractérisée par les effets complexes et conjugués du climat. C'est ainsi que la date de la première pluie ne peut à elle seule permettre de prévoir ce que sera la population d'un insecte dans sa dynamique.

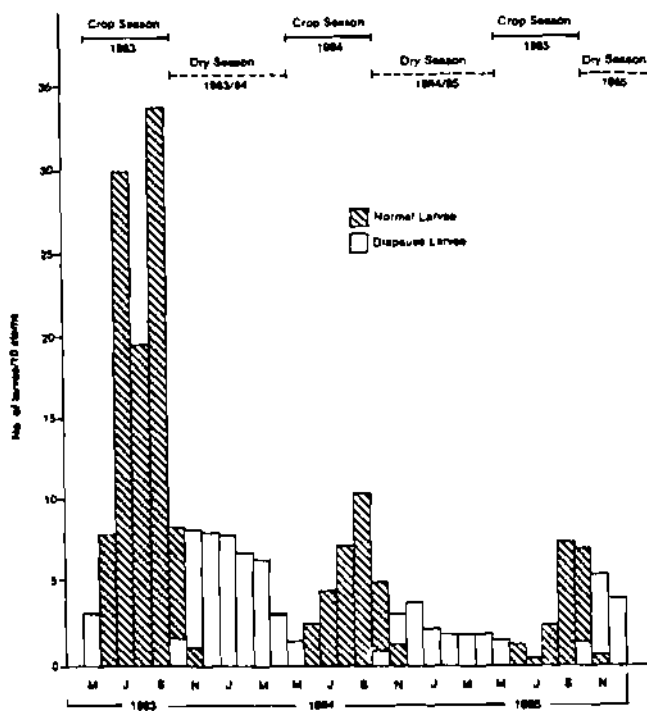


Fig.11: Fluctuations annuelles des populations larvaires du borer du mil (Nwanze,1989).

2.2. L'incinération des tiges

Etant donné que les résidus de récolte constituent le principal refuge de larves diapausantes pendant la saison sèche, et qu'ils constituent la principale source d'infestation de l'année suivante, certains auteurs ont proposé comme méthode de lutte, l'incinération des tiges (Bako, 1977 et Ajayi, 1980). En fait, certains paysans adoptent cette méthode, peut être pour d'autres raisons, dans le cadre de leurs travaux de contre saison: balayage et incinération des résidus aux champs .

Une des principales contraintes de l'agriculture au Sahel est la fragilité du sol et sa pauvreté en matières organiques et minérales. Les sols sont de plus en plus soumis à l'érosion éolienne et pluviale, elles mêmes favorisées par l'absence d'un couvert végétal consistant. Brûler les tiges équivaldrait à dénuder le sol et à lui enlever le faible couvert susceptible de le protéger contre l'érosion hydrique et éolienne ; et c'est aussi empêcher la restitution au sol de résidus de culture qui constituent sa seule source d'amendement en matière organique.

2.3. La rotation des cultures

Peu de littérature existe sur cette méthode. La rotation des cultures propose comme moyen de lutte, l'utilisation en rotation avec le mil, d'autres plantes qui ne seraient pas favorables à l'infestation du borer de tige . Ce serait le cas du niébé, de l'arachide et à une moindre mesure, du sorgho ou du maïs.

De toutes les plantes proposées en rotation avec le mil,

aucune n'est aussi tolérante que le mil du point de vue exigences en intrants, en conditions climatiques et pédologiques. Cultiver ces plantes suppose de la part des agriculteurs des investissements importants en soin et en input, ce qui du reste, est une contrainte majeure.

En plus, la réussite d'une telle pratique passe par son utilisation généralisée à l'échelle d'une région et non plus d'un seul paysan.

3. Utilisation de variétés résistantes

Cette méthode consiste en la sélection des variétés résistantes aux ravageurs. Les mécanismes de résistance peuvent être dûs d'une façon générale à l'antibiosis, à la tolérance ou à la non-préférence (antixenosis).

Plusieurs auteurs mentionnent l'utilisation des variétés résistantes pour lutter contre le borer du mil, mais aucune étude n'a été réellement consacrée à la question. Lukefahr (1989) a émis l'idée du lancement d'un programme d'étude sur la résistance variétale contre le borer de tige. De ses travaux, quelques indices de comportement ont été signalés sur des variétés présentant des degrés variables de susceptibilité au borer: c'est le cas de Ex-Bornu originaire du Nigéria et d'autres par contre, présentent une caractéristique de résistance, c'est le cas de P3-Kolo originaire du Niger et des variétés Zongo (Ajayi, 1980).

On note qu' aucune variété réellement résistante n'a encore été signalée. Par ailleurs, la qualité de résistance ne saurait à elle seule suffire pour qu'une variété soit adoptée par les

paysans, tant que celle-ci ne répond pas à leurs exigences socio-économiques, mais aussi aux caprices climatiques de l'environnement.

Ce qu'il faudrait pour le paysan sahélien, ce ne serait peut être pas une variété seulement résistante *sensu stricto*; mais plutôt une variété adaptée à l'environnement répondant à ses exigences socio-économiques et capable de donner au paysan, bon an mal an, des rendements stables; c'est à dire un niveau minimum de production susceptible de satisfaire ses besoins de subsistance.

4. La lutte biologique

Elle étudie le comportement et l'utilisation des ennemis naturels pour réduire les populations des ravageurs. Ces ennemis naturels peuvent être des prédateurs, des parasites ou encore des pathogènes (Barfield, 1983). Cette lutte peut revêtir plusieurs aspects: la lutte biologique classique, c'est à dire la méthode de conservation et d'encouragement, les lâchées inondatives et inoculatives, ou encore l'utilisation des insecticides biologiques:

- la lutte biologique classique:

elle consiste en l'introduction, l'établissement et l'évaluation des ennemis naturels dans une région où ils étaient préalablement absents (Strayer, 1983);

- la méthode de conservation et d'encouragement:

cette méthode vise des actions délibérées en vue de maintenir et de protéger les populations des ennemis naturels autochtones dans la région (Barfield, 1983);

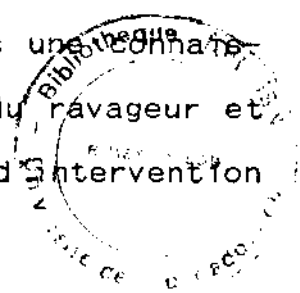
- les lâchées inondatives et inoculatives:

cette forme suggère un élevage en masse de colonies importantes d'ennemis naturels en vue de les lâcher dans l'espace où sévissent les populations des ravageurs à neutraliser. Le tableau 3 donne l'éventail des principaux ennemis naturels de *Coniesta ignefusalis* recensés au Sénégal, au Burkina Faso, au Nigéria et au Niger par Gahukar (1981), Bhatnagar (1987), Markham (1985), Bako (1977) et Harris (1962).

Cependant, un ennemi naturel ne peut être utilisé contre un insecte que si son efficacité est prouvée. De plus, l'utilisation d'un tel procédé devrait tenir compte du fait que l'ennemi naturel ne doit pas être prédateur d'autres espèces utiles à l'homme ou à l'environnement à court, moyen ou long termes.

5. Difficulté de détermination du seuil économique de dégâts

La simple présence d'un insecte ravageur sur une culture ne suffit pas pour juger de sa nuisibilité. Cochereau (1982) précise que la décision de le combattre doit avoir comme préalable l'étude précise des modalités de ses prédatons et l'évaluation du niveau de ses populations causant un dommage économique à la plante. Den Boer (1984) définit le seuil économique comme la densité de population (ou la valeur des pertes agricoles) pour laquelle un accroissement marginal des frais d'intervention équivaut exactement à l'accroissement marginal du revenu de la culture. La détermination de ce seuil suppose donc une connaissance approfondie de la dynamique de populations du ravageur et de la biologie de la plante, mais aussi des coûts d'intervention



et de la valeur de la production sur le marché. La perte économique dépend non seulement de la quantité d'attaque, mais aussi de l'activité compensatrice de la plante soumise à cette attaque (Cochereau, 1982). Entrent en jeu aussi, en particulier, le moment et la durée d'attaque, le stade phénologique de la plante, la variété cultivée, les conditions du milieu, les façons culturales. Une faible population peut causer plus de dégâts qu'une forte population; cela dépend de la partie de la plante attaquée. Aussi, Cochereau (1982) pense qu'un même niveau d'attaque peut correspondre à des populations infestantes différentes, selon qu'elles sont concentrées ou uniformément réparties. Lukefahr (1989) rapporte qu'une densité de 15 larves/tige est suffisante pour provoquer une perte de rendement de 20% sur le mil. Cependant cette estimation ne concerne que l'effet des populations de 2e génération qui du reste sont les plus importantes.

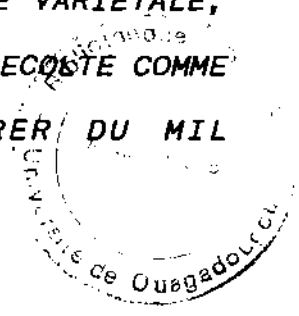
Bako (1977) suggère que 7 larves/tige sont suffisantes pour justifier une intervention mais n'explique pas le stade de la plante concerné. Le tableau 5 donne quelques exemples de seuils économiques sur des insectes ravageurs du maïs.

Table 5: Exemples de seuils économiques pour les insectes ennemis du maïs (Den Boer 1984)

Nom de l'espèce	Lieu d'observation	Seuil économique	Source bibliographique
<i>Rhopalosiphum maidis</i> pucerons du maïs	Indiana (USA)	5 pucerons adultes par pied, 3 semaines avant la formation des panicules	USDA (1976)
<i>Spodoptera frugiperda</i> légalionnaire d'automne	Florida (USA)	0.2 larve par pied au stade végétatif 1 0.6 larve par pied au stade végétatif 2 0.8 larve par pied au début de la formation des panicules	USDA (1976)
<i>Spodoptera frugiperda</i> légalionnaire d'automne	Nicaragua	20% de verticilles infestés au cours des 20 premiers jours de la végétation et au moment de l'apparition des panicules.	Sequeira et al.. (1976)
<i>Sesamia inferens</i>	Rep. Pop. de Chine	5% de pieds infestés par les masses ovigènes entre le milieu et la fin de mai.	Chiang (inédit).
<i>Sesamia retica</i>	Egypte	3-4 masses ovigènes par centaine de pieds âgés de moins de 20 jours.	Hafez et Isa (inédit)

TROISIEME PARTIE:

EVALUATION DES HORMONES SEXUELLES, DE LA RESISTANCE VARIETALE,
DE LA FERTILISATION ET DE LA GESTION DES RESIDUS DE RECOÛTE COMME
MOYENS DE LUTTE CONTRE LE BORER DU MIL



Chapitre 1. Utilisation des hormones sexuelles naturelles dans le piégeage de *Coniesta ignefusalis*

1. Introduction

Les phéromones sont des substances exocrines permettant la communication entre individus d'une même espèce, par des réactions d'alarme, d'attraction sexuelle, d'agrégation, etc... Metcalf et al. (1982) ont rapporté que ce phénomène avait été étudié chez beaucoup d'insectes en particulier chez les lépidoptères dont plus de 170 espèces possèdent cette faculté. Selon eux, chez la plupart de ces lépidoptères, les phéromones sexuelles sont typiquement élaborées par des glandes éversibles du terminalia de la femelle. Une des premières utilisations de cette découverte a été réalisée sur le ver à soie *Bombyx mori* (L) en 1959. Proshold et al. (1986) l'ont utilisée pour piéger les mâles de *Cylas formicarrus elegantus* et en apprécier les fluctuations de populations dans les cultures de patate. Des travaux similaires ont été réalisés sur *Heliothis frugiperda*, *Heliothis zea*, *Chilo zacconus*, *Chilo diffusilenus*; ils ont permis la mise en place d'un système de détection de population et/ou de lutte par piégeage aux appâts sexuels.

Bako (1977), puis Lukefahr (1988) ont mis en évidence ce phénomène dans le comportement de la pyrale du mil. La présente étude a pour objectif d'apprécier l'effet de ces substances naturelles dans la perspective de leur utilisation comme appât pour détecter et/ou lutter contre les populations de *Coniesta ignefusalis*. Différents aspects du piégeage ont été étudiés: l'âge de la femelle vierge utilisée, la hauteur et la couleur du

piège et les résultats de différentes combinaisons sont comparés.

2. Matériels et méthodes

2.1. Obtention des femelles vierges

Des tiges infestées la saison précédente ont été collectées et trempées périodiquement dans l'eau d'une piscine pendant 2 heures. Le trempage de tiges a eu lieu une fois tous les 2 jours, afin de lever la diapause des larves. Les chrysalides obtenues après dissection des tiges sont sexées au binoculaire et les femelles identifiées sont placées dans une boîte plastique de 500 ml par groupe de 30 individus par boîte. La vermiculite est ajoutée au préalable dans les boîtes afin de servir de pare-choc et d'éviter les frottements entre les chrysalides. Une éponge humectée est suspendue au couvercle de la boîte pour maintenir une humidité relative d'environ 70 %. Le couvercle comporte une mèche de grillage fin pour permettre l'aération. Tous les matins les nouvelles femelles sont collectées et l'éponge imbibée d'eau à nouveau. Le renouvellement du stock des chrysalides effectué tous les matins, permet une émergence continue et échelonnée des femelles pour répondre aux besoins quotidiens de l'expérimentation.

2.2. Constitution des pièges

Le piège était constitué d'un piquet métallique de 2.40 m de long, le long duquel on a soudé horizontalement 4 autres piquets supports de 50cm de long tous les 60 cm. A chaque niveau on a suspendu un entonnoir plastique au moyen d'un fil de fer sur 2 extrémités du diamètre. La queue de l'entonnoir plongeait dans

une bouteille plastique transparente à laquelle elle était reliée par le bouchon. Un disque plastique surplombait l'entonnoir et protégeait la femelle maintenue en cage, elle aussi fixée à la face inférieure du disque.

Chaque soir à 17 heures, on plaçait une femelle par unité de piège soit 4 femelles par piège à différentes hauteurs. De l'eau était placée dans la bouteille pour immobiliser les mâles piégés.

Le matin on observait chaque unité de piège : on dévissait la bouteille et l'on comptait les mâles piégés et surnageant à la surface de l'eau. Après le dénombrement, on lâchait les papillons mâles dans la nature. La même femelle était remplacée chaque fois à la même unité jusqu'à sa mort. Toute femelle morte la 1ère nuit était immédiatement remplacée et ses prises éventuelles non validées.

Le traitement a porté principalement sur la hauteur de fixation du piège. Deux couleurs ont été utilisées pour les pièges: le vert et le jaune. Chaque unité de piège a reçu successivement 4 femelles représentant 4 répétitions.

3. Résultats et discussion

3.1. Effets de la hauteur sur l'efficacité des pièges à femelles vierges

La figure 12 montre la répartition des mâles attirés par les femelles à différentes hauteurs. Il ressort clairement qu'à basse hauteur le piégeage est plus efficace et cette efficacité décroît au fur et à mesure que la hauteur augmente : on observe un gradient d'attractivité dont le taux de croissance atteint 200 à 400%

d'un niveau donné à un autre immédiatement supérieur. Cette différence s'explique probablement par deux phénomènes :

- les adultes de *Coniesta ignefusalis* et ceux de la plupart de lépidoptères n'ont pas une capacité voilière importante et présentent ainsi une préférence de vol pour les basses altitudes. Mais les travaux de Dix et Doolittle (1985) sur *Acosus centerensis* (Lepidoptera : Cossidae) borer de bois de *Populus tremuloïdaes* ont donné des résultats opposés. Ils ont trouvé que les prises des mâles augmentaient linéairement avec la hauteur (de 0 à 9 m). Cette contradiction peut probablement s'expliquer par la différence des deux écosystèmes : d'une part, un champ de mil avec des plantes hautes de 1 à 2 mètres (pour le cas de *Coniesta ignefusalis*); et d'autre part une forêt avec des arbres de hauteur allant de 10 à 15 mètres (pour le cas de *Acosus sp*) où la sélection naturelle semble avoir imposé le vol à haute altitude. Proshold et al. (1986) ont estimé l'effet de la hauteur du piège dans la capture du charançon de patate *Cylas sp* (Coleoptera: Curculionidae) : ils ont trouvé qu'entre 9 et 85 cm, le piège est plus efficace au voisinage de 24 cm qui correspond à la hauteur de la canopée. Ces résultats confirment l'effet de l'environnement dans l'activité voilière des insectes.

- le second phénomène est lié à l'effet du vent sur la propagation des hormones: à haute altitude la vitesse du vent est relativement plus importante et donc la propagation des phéromones est peut être trop rapide pour avoir un effet appréciable sur les mâles. Les résultats suggèrent dans la pratique l'utilisation de ce type d'appât à des hauteurs relativement basses

voisines de 60 cm pour enregistrer le maximum d'efficacité au piégeage. Les tableaux 6a et 6b montrent de différences statistiquement significatives entre les hauteurs de piège ($d1=3$ $F=8,05$ $p = 0,01$). On constate qu'à 60 cm une femelle attire en moyenne 30 mâles; ce taux d'attractivité descend à 10 mâles / femelle à 120 cm, puis à 6 mâles / femelle à 180 cm, alors qu'à la hauteur de 2m 40 une femelle n'attire à peine qu'un mâle. Cependant, aucune différence significative n'a été révélée par l'analyse de variance sur l'effet des couleurs ($d1=1$ $F= 0,02$).

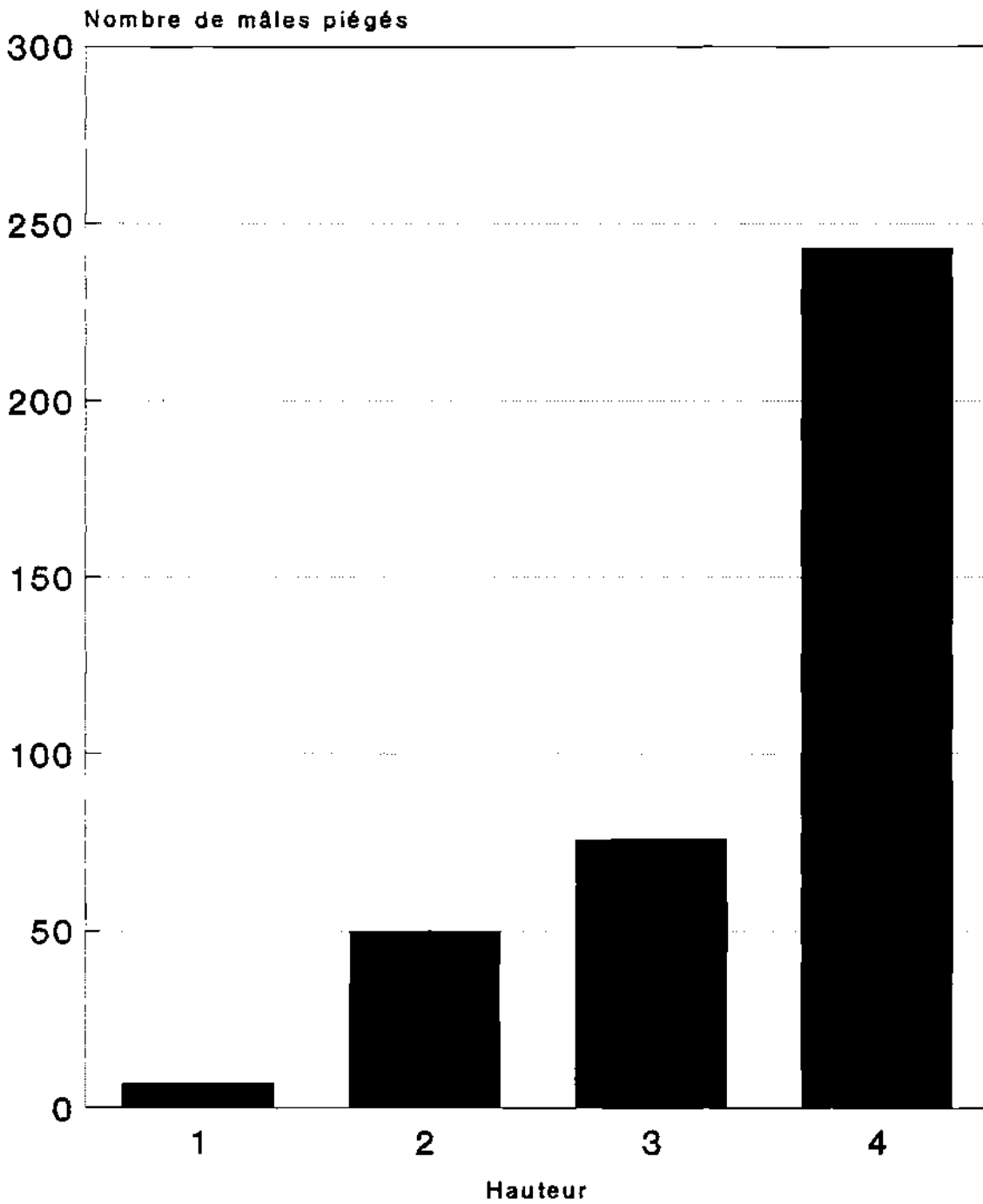


Fig.12: Effets de la hauteur du piège sur la capture des mâles de Coniesta ig.

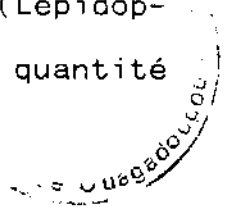
Tableau 6a. Effets de la hauteur du piège sur la capture de mâles (la 1^{ère} nuit d'installation de la femelle vierge)

Hauteur de piège (m)	Nombre total de mâles piégés	Nombre de mâles par femelle
0,60	243	30,3
1,20	76	9,5
1,80	50	6,2
2,40	7	0,9
Moyenne	94	11,7
S.E.	-	±4,5
Prob.	-	0,001

Tableau	6b.	Analyse	de	variance	
Source d'erreur	Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	F	Prob.
Couleur	1	6,13	6,125	0,02	-
Erreur	6	2080,38	346,729	-	-
Hauteur	3	4003,75	1334,583	8,05	0,001
Couleur x Hauteur	3	601,13	200,375	1,21	0,334
Erreur	18	2982,63	165,701	-	-

3.2. Importance de l'âge de la femelle sur son attractivité

L'examen de la figure 13 indique que 24 heures après leur émergence, les femelles présentent une attractivité maximum, soit 60.2 % de mâles attirés. Ce taux d'attractivité tombe à 29,9 % la 2e nuit, 6,2 % la 3e nuit, et seulement 3,7 % la 4e nuit. A partir de la 5e nuit, l'attractivité de la femelle est nulle. Les tableaux 7a et 7b montrent les résultats et l'analyse de variance. On constate que les différences d'attractivité selon l'âge de la femelle sont très hautement significatives ($d1=4$ $F=5,29$ $p=0,001$). Ainsi, il semble que plus la femelle est jeune plus elle est attractive. La précocité de l'activité sexuelle de la femelle est un avantage pour l'espèce au regard de sa courte longévité. Etant donné cette courte longévité, la survie de l'espèce exige l'accouplement le 1er soir, et la ponte les jours suivants; sinon la femelle n'aura probablement pas de chance d'être fertilisée par un mâle. Par ailleurs cette variation dans l'attractivité peut être due aux variations de quantités d'hormones émises en relation avec l'âge. Plus la femelle de *Coniesta ignefusalis* est jeune plus la quantité d'hormones émises serait importante et plus celle-ci aurait un effet attractif sur les mâles. Il a été rapporté par Proshold et al. (1986) que quelle que soit la hauteur du piège utilisé dans une culture de patate, 10 µg d'hormone synthétique attireraient 3 à 10 fois plus de charançons mâles que 100 ng du même matériel. Mitchell et Heath (1986) ont trouvé aussi des résultats similaires sur la chenille de pois à velours (Lepidoptera: Noctuidae) avec une corrélation positive entre la quantité



d'hormone

utilisée et le nombre de mâles attirés. Cet aspect de la question mérite d'être approfondi par des travaux plus détaillés.

Tableau 7a: Evolution de l'attractivité de la femelle vierge de *Coniesta ignefusalis* en fonction de son âge.

Age de la femelle (jours)	Nombre total de mâles attirés	Nombre moyen mâles/femelle	Taux d'attractivité
1	195	12,2	60,2
2	97	6,1	29,9
3	20	1,3	6,2
4	12	0,8	3,7
5	0	0	0
Total	324	4,1	100

Tableau 7b: Analyse de variance sur l'effet de l'âge

	Dégré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen de l'erreur	F	Prob.
Entre	4	1686,4250	421,61	5,29	0,000
A l'intérieur	75	5973,3750	79,65	-	-
Total	79	7659,8000	-	-	-

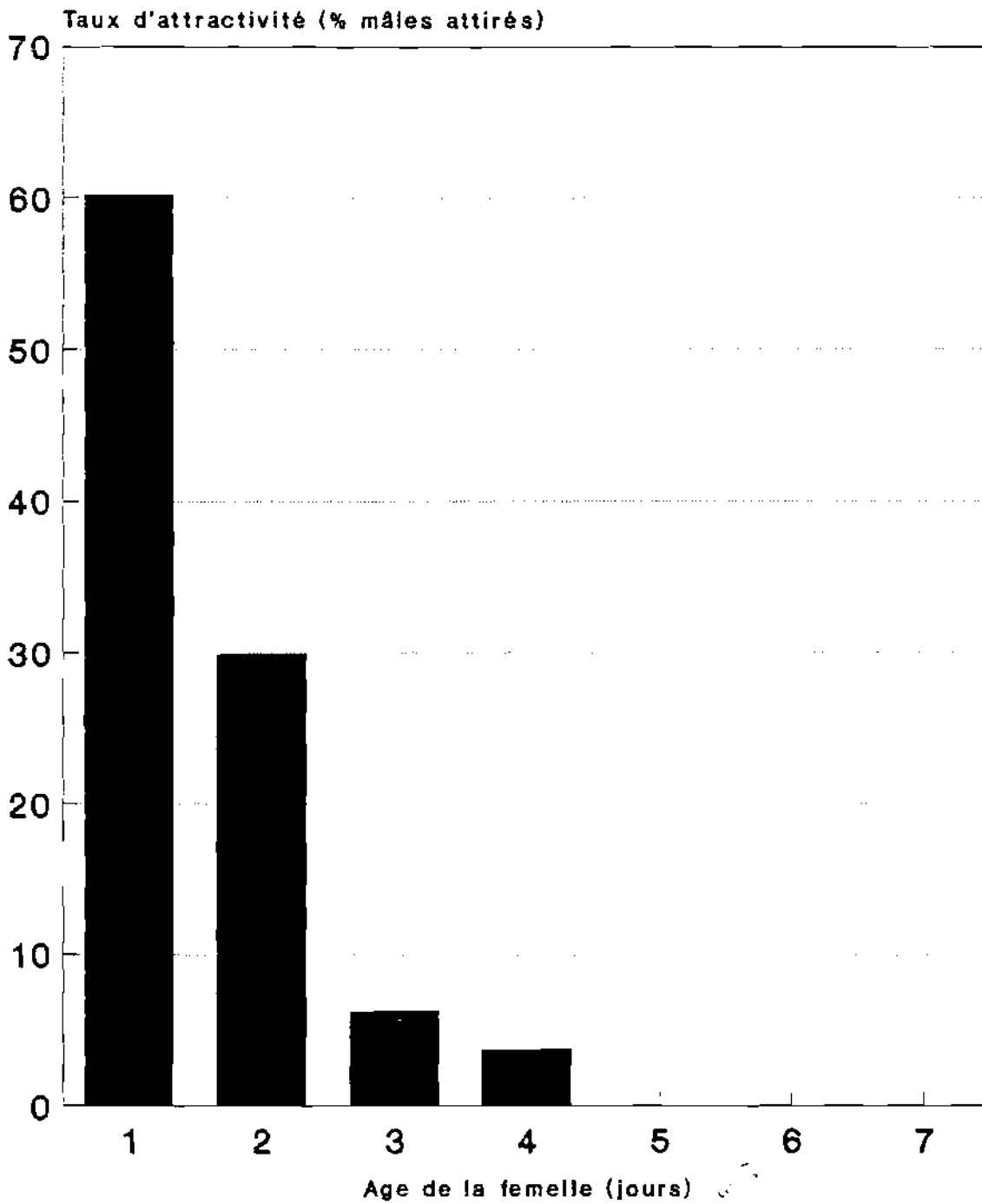


Fig.13: Effets de l'âge de la femelle sur son attractivité.

Conclusion

Ces résultats confirment ceux trouvés par Bako (1977) et Lukefahr (1988) sur la mise en évidence de l'émission des phéromones sexuelles par la femelle de *Coniesta ignefusalis*. L'attractivité des pièges appâtés avec des femelles vierges dépend de plusieurs facteurs qui déterminent la hauteur optimale de succès. La capacité d'une femelle à attirer un mâle semble être inversement proportionnelle à son âge. La production d'hormones sexuelles étant évidente, il est donc possible d'extraire les constituants hormonaux en vue de leur utilisation ultérieure comme appât synthétique susceptible d'aider à la détection et/ou à la lutte contre le borer de tige.

Chapitre 2. Utilisation des hormones sexuelles synthétiques

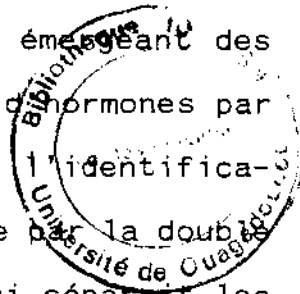
1. Introduction

Les travaux précédents ont confirmé la mise en évidence de l'émission des phéromones sexuelles par *Coniesta ignefusalis*. Des études réalisées sur *Bombyx mori* depuis 1959, il ressort qu'il est désormais possible de caractériser les hormones, d'en identifier et extraire les constituants chimiques actifs en vue d'une éventuelle synthèse de phéromones au laboratoire. Des travaux collaboratifs ont été initiés entre l'ICRISAT et l'ODNRI (Institut de Développement des Ressources Naturelles d'Outre-Mer), laboratoire spécialisé dans l'identification et l'extraction des constituants hormonaux. Plusieurs constituants actifs ont été identifiés et extraits. On a mis en place un test avec comme objectif d'évaluer les constituants identifiés et d'en déterminer la meilleure combinaison susceptible d'assurer une efficacité optimale du piégeage; ceci pouvant permettre alors l'utilisation de ce matériel identifié et sélectionné comme moyen de lutte contre le borer.

2. Matériels et méthodes

2.1. Caractérisation des hormones

Les hormones ont été extraites par des chercheurs de l'ODNRI. On envoyait à l'institut deux paquets contenant des centaines de chrysalides femelles chaque semaine. Les femelles émergeant des chrysalides ont été soumises au test d'extraction d'hormones par chromatographie. Selon les spécialistes de l'ODNRI, l'identification des composants hormonaux a été rendue possible par la double technique de la chromatographie à phase gazeuse qui sépare les



constituants chimiques de l'hormone, et l'électroantennographie qui enregistrait simultanément la réaction des antennes des mâles aux différents constituants au fur et à mesure de leur extraction. Le principal constituant actif identifié par cette technique a été le (Z)-7-dodécénal-1-ol (Z7-12:OH). Quatre autres constituants mineurs ont été également identifiés.

2.2. Utilisation des extraits hormonaux aux champs

Un chercheur de l'ODNRI a effectué un séjour de six semaines au Centre Sahélien. Plusieurs combinaisons de proportions (d'extraits hormonaux) ont été testées aux champs. Les pièges étaient constitués par un matériel plastique synthétique carré de 30 cm x 30 cm sur une planche en bois de 90 cm de haut. Un autre petit carré plastique de même matériel était placé 12 cm au dessus, et les 2 ont été séparés par une pointe métallique.

De faibles quantités de phéromone synthétique contenues dans des microtubes spéciaux ont été fixées par un trou sur le carré supérieur qui les protégeait du soleil. On a appliqué une couche de mastic sur le grand carré support. Les pièges ont été placés dans les allées de mil distantes de 20 m dans les deux directions. Les microtubes de phéromone installés le soir à 17 heures étaient récupérés le lendemain à 8 heures. L'observation consistait à compter les mâles attirés par l'hormone et emprisonnés sur le pan de support par le mastic. Après comptage, les mâles étaient évacués de la bouteille et lâchés dans la nature. Le traitement a porté sur 5 différentes combinaisons de proportions en constituants hormonaux. Chaque combinaison a été répétée 4 fois.

3. Résultats et discussion

Pendant 30 jours d'essai, aucune des combinaisons ne s'est révélée suffisamment efficace pour attirer les mâles, à l'exception d'une seule qui en a attiré un. Aucune exploitation statistique des données n'a donc été possible. Cette situation suggère en particulier la complexité de la combinaison artificielle des hormones dont l'efficacité dépend rigoureusement des proportions d'intervention de chaque constituant.

Sodestrom et al. (1985) étudiant les constituants actifs des hormones de la chenille mineuse des feuilles de raisin *Harrissina brillans* (Lepidoptera: Zygaenidae) ont trouvé que des deux isomères de la molécule hormonale, un seul était actif et que le mélange de ces deux isomères entraînait une baisse de pouvoir attractif de l'hormone. Par ailleurs, Youngman et Barnes (1985) ont précisé que l'efficacité de ces hormones synthétiques dépendait aussi de la qualité des microtubes utilisés et des conditions ambiantes durant l'expérimentation. On note que la dépendance de l'efficacité d'une hormone synthétique vis à vis des dosages des constituants peut s'expliquer comme le diagnostic de l'absence d'un constituant hormonal très important (Kamm et al., 1989).

4. Conclusion

L'identification et l'extraction des constituants hormonaux actifs constituent une étape importante dans la détermination de la combinaison artificielle la plus efficace pour attirer les mâles de *Coniesta ignefusalis*. L'insuccès des combinaisons

testées dans l'expérience témoigne de la complexité du problème et suggère la poursuite des investigations dans ce domaine. Les tests doivent se poursuivre, car l'émission des phéromones étant mise en évidence, leur synthèse industrielle pourrait être une contribution importante pour l'étude de la dynamique des populations et dans les perspectives de lutte contre le borer de tige de mil.

Chapitre 3. Criblage pour la résistance variétale

1. Introduction

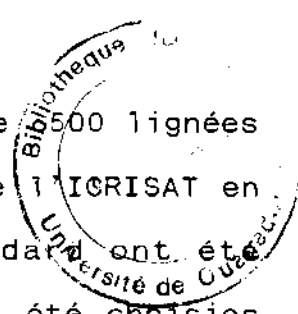
L'utilisation de la résistance variétale est considérée comme une composante importante dans beaucoup de programmes de lutte contre les insectes compte tenu de sa simplicité d'application et de son respect pour l'équilibre écologique. Harris (1962), Ajayi (1980) et Lukefahr (1988) ont rapporté des indices de résistance de certaines variétés au borer de tige. Gahukar (1988), citant N'Doye (1977), a émis la possibilité qu'auraient certaines variétés de sécréter de substances chimiques dans les galeries larvaires. Ces substances susceptibles d'entraver le développement des larves, constituent une forme d'antibiosis. Une attention particulière doit être portée dans l'évaluation d'une gamme aussi importante que possible de germplasmes pour l'implantation d'un véritable programme de résistance variétale.

Des lignées originaires de plusieurs pays sont testées en vue de détecter des sources éventuelles de résistance génétique; l'objectif étant de mettre à la disposition de sélectionneurs un matériel génétique pouvant servir de source de résistance.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel génétique

Le matériel génétique utilisé était composé de 500 lignées extraites de la banque de germplasmes du centre de l'ICRISAT en Inde qui en compte 15 000. Des variétés standard ont été ajoutées à titre de témoins. Les 500 lignées ont été choisies en fonction de la similarité de leurs caractéristiques agronomiques (cycle de développement, photosensibilité...).



2.2. Méthode expérimentale

Le dispositif utilisé était celui des blocs randomisés à 4 répétitions. Onze essais ont été installés avec 52 entrées chacun. Chaque parcelle comportait 3 lignes de 5 m de long. L'espacement a été de 40 cm entre les poquets et 75 cm entre les lignes.

Trente six kg P_2O_5 (source: SSP = Super Simple Phosphate à 20% P_2O_5) ont été appliqués en fumure de fond et incorporés avant les semis ; 45 kg d'azote (source: CAN = Calcio-Ammonio-Nitrate à 26% N_2) appliqués en 2 fractions de 13 kg au démarrage et 32 kg au tallage-montaison.

Les semis ont été effectués sur billons et le démarrage réalisé à 2 plants par poquet. Le sarclage a été fait à la demande. Le matériel infestant était constitué de tiges infestées de la campagne précédente. Les tiges ont été distribuées dans le champ de façon à placer en moyenne une larve ou chrysalide par plant.

2.3. Méthode d'observation

L'échantillonnage consistait d'abord à couper les plants à la racine. Quinze plants sont coupés par semaine et par parcelle à compter du 50e jour des semis. Les plants coupés étaient disséqués longitudinalement grâce à une lame de couteau. Pour chaque plant, on notait séparément pour la tige principale et les talles, le nombre de larves observées (grandes, moyennes, petites), le nombre de chrysalides, le nombre de cocons vides et le nombre de trous creusés par les larves sur les tiges.

3. Résultats et discussion

La figure 14 montre l'évolution de l'activité larvaire, l'indice utilisé étant le nombre de trous creusés par les chenilles sur la tige. Ce critère d'évaluation est retenu parce qu'il semble être de loin le plus approprié pour apprécier la réponse variétale à l'activité foreuse de *Coniesta ignefusalis*. Ce critère renseigne mieux sur l'effet additif des dégâts du borer de tige à travers le cycle de développement de la culture. On constatera que seules deux variétés standards ont été retenues, car seules elles ont été stables agronomiquement, les autres lignées ayant présenté individuellement d'importantes ségrégations de caractères. La figure 14 montre que lorsque l'infestation est faible aucune différence significative ne peut être décelée entre les variétés ; cette remarque est similaire à celle faite par Ajayi (1980) sur le foreur du maïs *Busseola fusca*.

On remarque aussi que jusqu'au 6 septembre soit 70 jours après le semis, les courbes de réponse des deux variétés à l'attaque du borer sont étroitement liées et la pression du prédateur reste encore à moins de 300 trous/échantillon. Cette faible infestation est due aux basses populations de 1ère génération et ce malgré l'infestation induite par distribution de vieilles tiges infestées. Lukefahr (1987) et Nwanze (1988) ont aussi rapporté une situation semblable.

A partir de la 4e semaine d'observation, on constate une augmentation considérable de la pression d'infestation sur les 2 variétés. A la 5e semaine déjà, l'activité des larves a plus que

quadruplé dans les deux cas pour atteindre 1303 trous pour Ex Bornu et 679 pour CIVT. Cette remontée appréciable des courbes est due principalement à l'avènement des larves de 2e génération dont la population comme le montre la figure 14 est 2 fois plus élevée que celle des larves de 1ère génération. Il faut remarquer qu'à ce niveau d'infestation, les deux courbes se sont systématiquement détachées pour illustrer une relative susceptibilité de Ex Bornu soumise à une pression d'attaque 2 fois plus importante que la variété CIVT. La susceptibilité de Ex Bornu a fait l'objet d'une mention par Mc Farlane (1982), Lukefahr (1987) et Ajayi (1987). Cette tendance se maintiendra ainsi jusqu'en début Octobre où toutes les larves commencent le processus d'entrée en diapause du fait de l'évolution physiologique de la plante hôte qui, à maturité, n'offre plus les conditions favorables du développement larvaire (Lukefahr, 1988). A cette date les courbes de densité de trous vont probablement évoluer en plateau pendant que celles des populations larvaires vont entamer une décroissance progressive.

4. Conclusion

Ces résultats suggèrent qu'à faible pression d'attaque, les variétés se comportent de la même façon et qu'aucune différence significative ne peut être décelée. Cependant, il existe une différence nette dans le comportement de ces deux variétés à l'attaque du borer de tige lorsque la pression d'attaque dépasse 25 000 larves/ha. On peut donc être confiant que la méthode de criblage permettra de détecter des sources génétiques de résistance éventuelle contre le borer de tige, la seule contrainte

étant d'être capable de créer une pression d'attaque importante et uniforme aux champs, qui placera les variétés dans les mêmes conditions d'infestation.

La technique de dénombrement de trous creusés par la chenille semble être un critère suffisant pour apprécier l'importance de l'activité du borer sur les différentes variétés. En plus elle présente l'avantage d'être moins pénible que le comptage de larves. Par ailleurs, les variétés CIVT et Ex Bornu peuvent être utilisées dans le test de criblage comme des témoins respectivement modéré et sensible à l'attaque du borer. Cependant, étant donné le caractère aléatoire de l'infestation naturelle aux champs, cette étude montre la nécessité de disposer d'un matériel infestant abondant afin d'induire un niveau appréciable d'infestation aussi uniforme que possible. C'est pourquoi l'élevage en masse d'insectes au laboratoire est nécessaire pour s'assurer un approvisionnement sûr et continu de matériel infestant nécessaire au criblage.

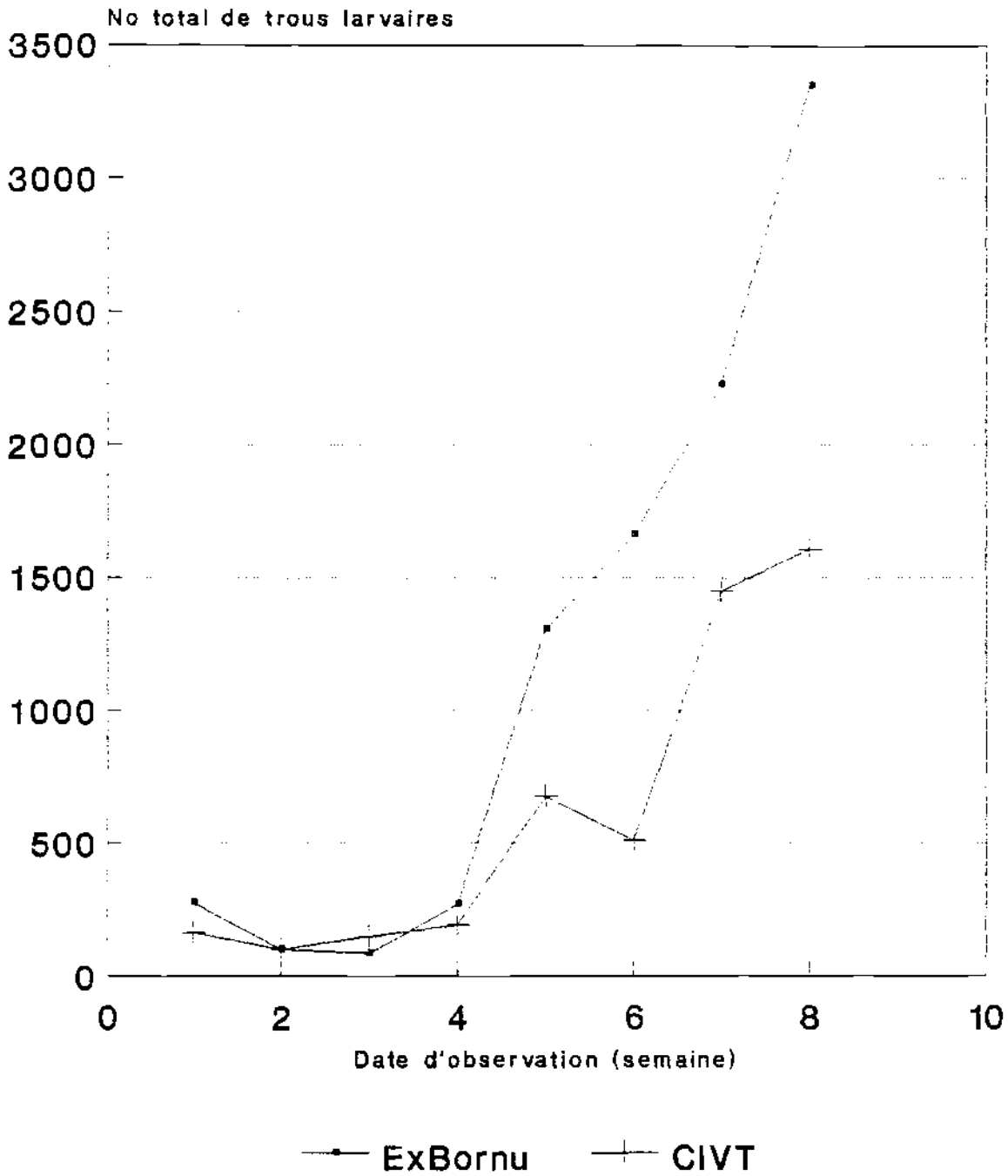


Fig.14: Criblage de variétés utilisant les trous larvaires sur CIVT & ExBornu.

Chapitre 4. Méthodes Culturelles: effets des engrais chimiques

1. Introduction

Plusieurs techniques culturelles sont proposées dans la littérature comme méthode de lutte contre le borer de tige de mil *Coniesta ignefusalis*. Certains auteurs suggèrent la manipulation des dates de semis, (Harris, 1962; Ajayi, 1980 et Maiga, 1984), la rotation des cultures (Nwanze, 1987) et l'association des cultures (Nwanze, 1987) comme techniques en amont de la production; tandis que d'autres proposent des techniques en aval, c'est le cas de l'incinération des tiges (Ajayi, 1980 et Maiga, 1986). Des études complémentaires méritent d'être conduites tant en amont qu'en aval pour mieux apprécier l'effet des techniques culturelles comme méthode de lutte contre le borer de tige.

D'autres auteurs rapportent que l'utilisation des fertilisants chimiques peut être un facteur de stimulation ou d'inhibition de populations d'insectes. Deux tests sont conduits séparément en vue d'apprécier d'une part l'effet de l'azote et du phosphore sur les populations du borer de tige de mil, et d'autre part leur utilisation éventuelle comme méthode de lutte contre l'insecte.

2. Matériels et méthodes

Le premier essai sur l'azote est conduit en collaboration avec l'équipe de recherche de l'IFDC (Centre International pour le Développement des Engrais) basée à l'ICRISAT, et l'autre sur la fumure phosphoazotée est conduit en collaboration avec l'agrophysiologiste principal du "Programme Amélioration du Mil".

2.1. Effets de l'azote

Six doses d'azote (15, 30, 45, 60, 75, 90 kg N₂/ha) ont été appliquées au sol en 3 fractions égales. Le premier apport a eu lieu 21 jours après levée (JAL), les 2^e et 3^e ont eu lieu 42 et 63 jours après levée respectivement. La source d'azote apportée est le CAN (Calcio-Ammonio-Nitrate) renfermant 26% d'azote (N₂).

Le dispositif expérimental était un carré latin de 6 x 6, avec 6 traitements de doses d'azote répétés 6 fois. La parcelle avait une taille de 6 lignes longues de 6 m. Le semis a été réalisé sur billons.

L'espacement entre les plantes était de 75 cm entre les billons et 40 cm sur la ligne. L'allée entre les parcelles était de 1m sur les billons et de 1 billon dans l'autre sens.

Le démariage a été réalisé à 3 plants par poquet. Le sarclage a été effectué à la demande.

La fumure de fond a été apportée avant les semis sous forme de super simple phosphate (SSP) en raison de 36 kg P₂O₅/ha. Le semis a été effectué à sec et irrigué 2 fois avant la pluie pour permettre l'établissement des plants.

L'azote a été épandu manuellement et incorporé à la hiler. A la veille de chaque apport d'azote, on prélevait dans chaque parcelle un échantillon de sable et de plantes pour analyser la teneur de l'azote minéral et de l'azote total.

Le sable a été échantillonné au moyen d'une tarière: 10 échantillons préliminaires ont été prélevés à 20 cm de profondeur. Les sous échantillons ont été ensuite mélangés de façon homogène pour en extraire l'échantillon final de la parcelle que

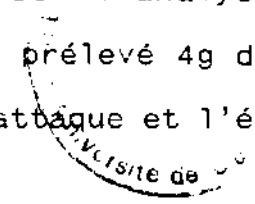
l'on soumettait au laboratoire, en raison de 1g de sol pour l'analyse de l'azote total et 50g pour l'analyse de l'azote minéral. L'échantillon de plante a été formé par prélèvement de plants sur 10 poquets pris au hasard dans la parcelle.

Les analyses minérales ont été effectuées par le laboratoire de l'IFDC. L'observation de l'attaque a été faite par dissection. Un carré de rendement de 4 lignes de 5 m a été constitué. A la récolte tous les épis du carré de rendement ont été prélevés, séchés, battus et les grains pesés.

2.2. Effets du phosphore

L'essai a été conduit sur les parcelles du Programme Agronomie de l'ICRISAT. Il a consisté à apprécier l'effet du phosphore sur les populations du borer de tige. Le dispositif était un split plot avec comme traitement principal le phosphore appliqué en deux doses différentes de 10 et 40 kg P₂O₅/ha et le sous traitement a été l'azote apporté en 2 doses de 15 et 45 kg N₂/ha. Le dispositif comportait 3 répétitions.

La parcelle principale comportait 24 billons de 180 m de long et la parcelle secondaire 24 billons de 90 m. La variété utilisée était le CIVT. Le semis a été effectué à sec 2 jours avant la 1ère pluie. Le phosphore a été apporté comme fumure de fond, en une seule fois 15 jours avant les semis. L'azote a été épandu à la volée en 2 apports successifs et égaux 21 et 42 jours après la 1ère pluie. Les échantillons de sol et de plante ont été prélevés selon la méthode décrite précédemment et l'analyse chimique réalisée dans les mêmes conditions. On a prélevé 4g de sol pour l'analyse du phosphore. L'observation d'attaque et l'é-



valuation des populations larvaires ont été réalisées dans les conditions similaires décrites précédemment. Un carré de rendement de 6 lignes de 5 m a été aménagé dans chaque parcelle élémentaire. Tous les épis au sein du carré de rendement ont été collectés à la récolte, séchés, battus, et les grains pesés.

3. Résultats et discussions

3.1. Effets de l'azote sur le borer des tiges de mil

Les figures 15a et 15b montrent qu'au fur et à mesure que l'on augmente la dose d'azote dans le sol, on provoque une augmentation de population de borer de tige de mil. On note par ailleurs que pour les doses allant de 15 à 45 kg N₂/ha les populations de borer restent à un niveau modéré et les variations sont très faibles. Cependant, à partir de 60 kg/ha, on observe une montée en flèche de la courbe qui explique une croissance du même ordre des populations avec un taux de 200 à 400%. McFarlane (1982) et Ajayi (1987) ont fait des observations similaires mais n'ont pas donné les raisons d'une telle augmentation.

Tableau 8a. Effets de différentes doses d'azote sur le borer.

Doses (N ₂ kg/ha)	Populations larvaires				Rendement (kg/ha)
	45 JAL	55 JAL	65 JAL	Saisonnière	
15	85	28	10	305	340
30	63	85	41	478	473
45	145	156	42	588	870
60	90	175	47	659	605
75	162	183	56	809	779
90	287	234	112	894	718
Moyenne	139	143	51	690	631
S.E.	±9,6	±7,7	±3,2	±1,5	±54,03
Prob.	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05

Tableau 8b. Analyse de variance sur le rendement

Source d'erreur	Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	F	Prob.
Entre	5	118273,558	236454,71	2,84	0,032
A l'intérieur	30	2495474,1323	83182,47		
Total	35	3677747,6954	-		
CV (%)		45,74			

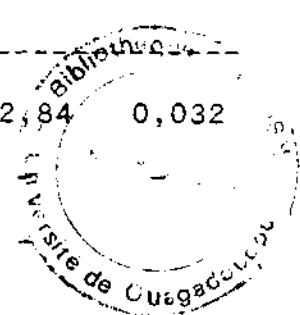


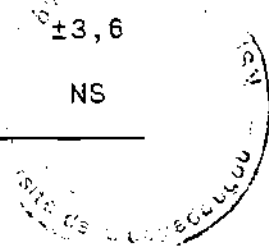
Tableau 9a: Répartition de l'azote NO₃ dans le sol selon les traitements.

Doses d'azote (kg N ₂ /ha)	Quantité de NO ₃ (ppm)		
	45 JAL	55 JAL	65 JAL
15	3,2	5,1	1,5
30	2,6	5,6	1,2
45	2,4	5,7	1,5
60	2,0	5,5	1,4
75	2,1	5,9	2,2
90	3,3	5,9	1,6
Moyenne	2,6	5,6	1,6
S.E.	±0,6	±0,4	±0,1
Prob.	NS*	NS	NS

*NS = non significatif

Tableau 9b. Répartition de l'azote total dans le sol selon les traitements.

Doses d'azote (kg N ₂ /ha)	Quantité d'azote total (ppm)		
	45 JAL	55 JAL	65 JAL
15	148,7	151,2	147,2
30	141,2	145,7	147,8
45	145,3	153,7	153,0
60	145,5	156,3	147,3
75	143,5	153,3	153,7
90	148,0	150,5	161,7
Moyenne	145,4	152,1	151,8
S.E.	±2,2	±7,2	±3,6
Prob.	NS	NS	NS



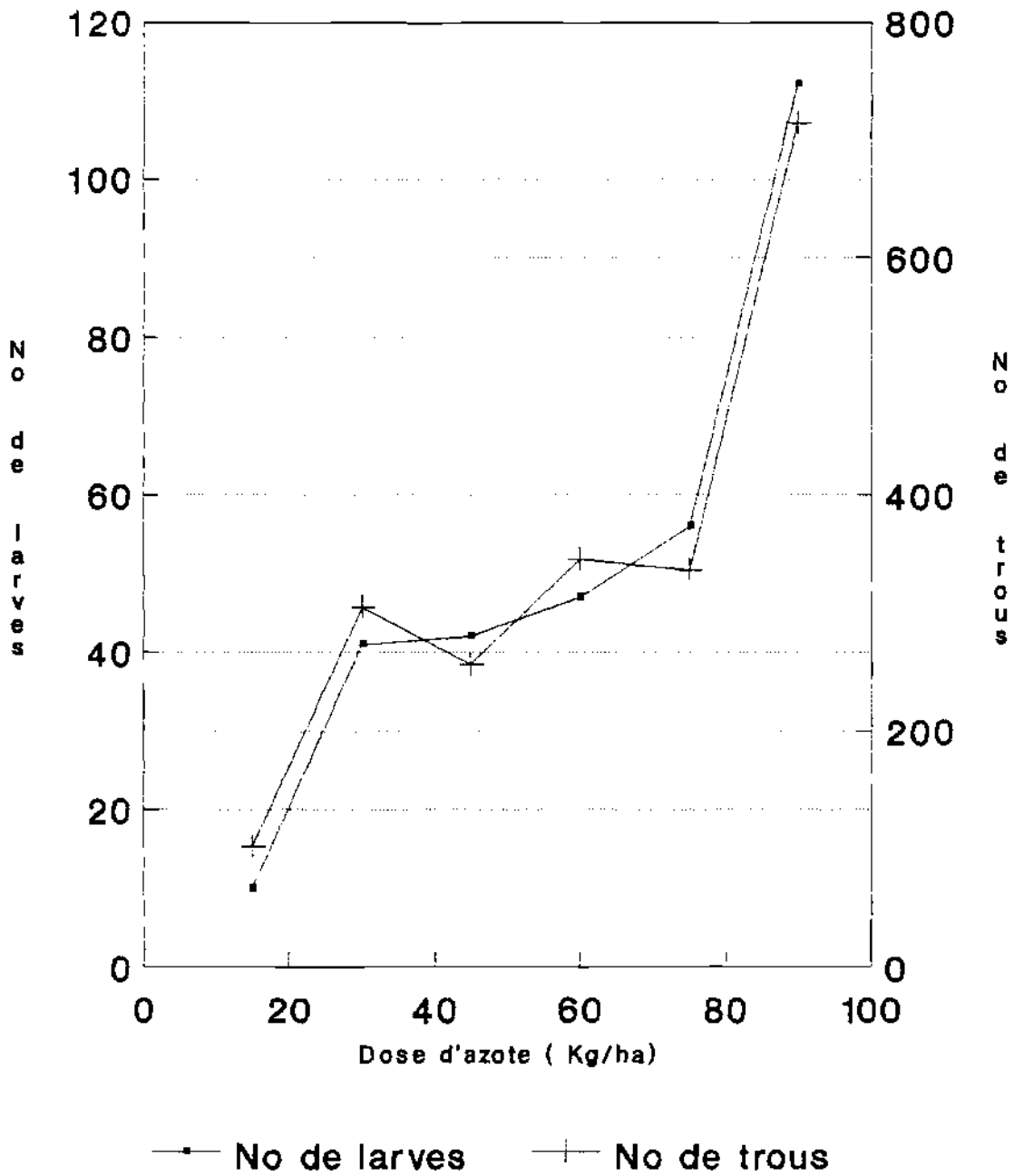


Fig.15a:Effets de l'azote sur les populations larvaires de Coniesta ignefus. à la 3e observation

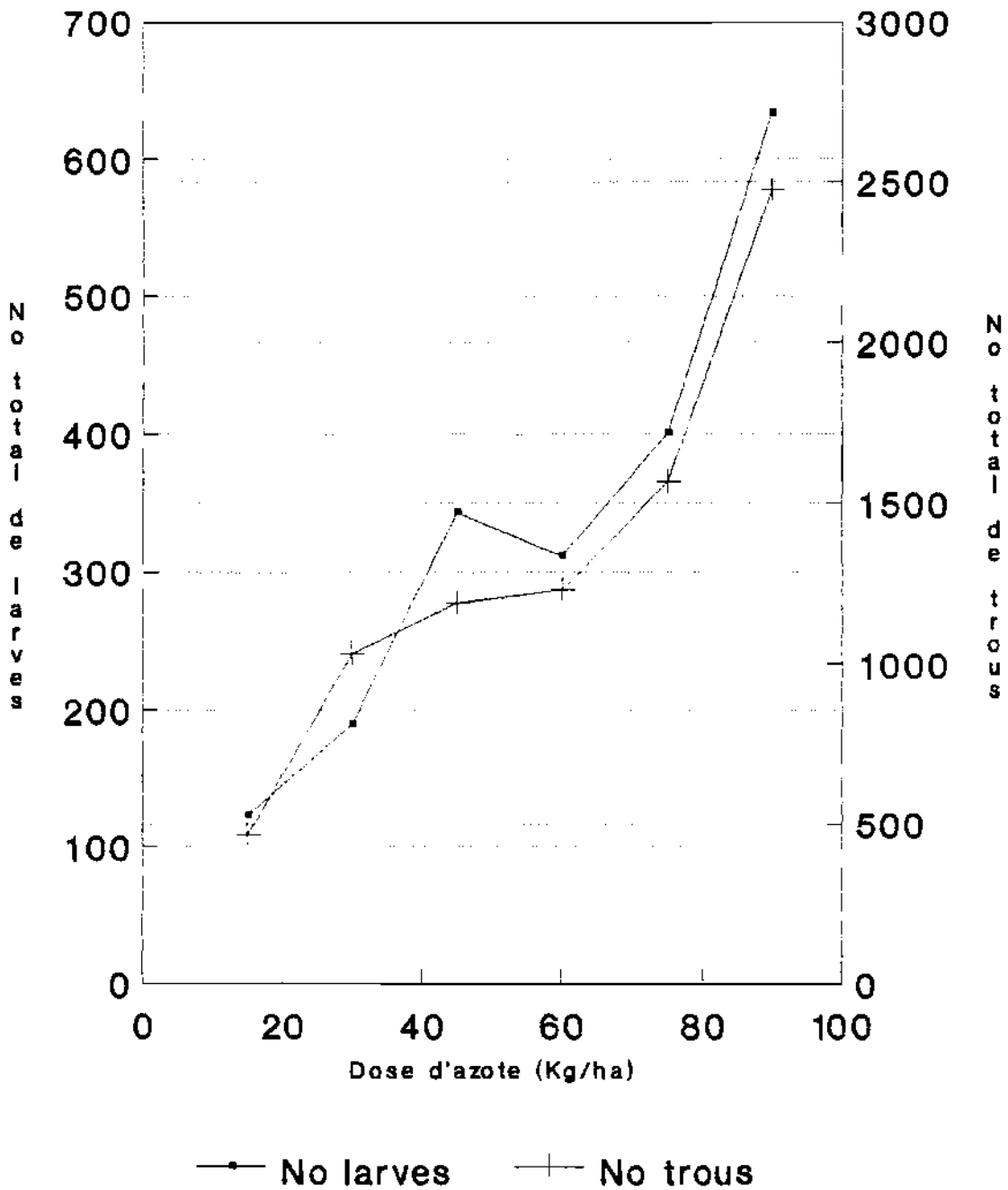


Fig.15b: Effets de l'azote sur les populations larvaires saisonnières du borer.

D'autre part les tableaux 8a et 8b suggèrent que l'augmentation de dose d'azote au delà de 45 kg/h n'entraîne pas automatiquement une augmentation proportionnelle de rendement en grain, mais qu'au contraire le rendement présente une tendance à la baisse. Ces résultats confirment ceux déjà annoncés par les pédologues chimistes qui rapportent qu'au delà d'une certaine dose d'azote (45 kg/ha), un accroissement marginal de la quantité d'azote ne correspond pas à un accroissement marginal de rendement, mais qu'au contraire, cette consommation de luxe serait même nuisible à la production (Bationo et al. 1988). Mais cette expérience nous éclaire aussi sur l'existence d'une corrélation positive entre la dose d'azote et les populations de *Coniesta ignefusalis*. Au delà de 45 kg/ha, l'azote peut être nuisible au rendement du mil en favorisant par exemple l'effet de certains déprédateurs comme *Coniesta ignefusalis*.

L'examen des tableaux 9a et 9b montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les quantités d'azote minéral ou d'ammoniaque dans les différents traitements. Ceci suggère que le comportement des plantes vis-à-vis du borer de tige de mil ne semble pas être directement lié à la présence de l'azote en tant que tel, mais probablement à des modifications physiologiques subconséquentes. Une telle augmentation peut s'expliquer par les phénomènes suivants:

-l'aspect verdoyant et attractif des plants du mil en végétation est favorisé par des doses élevées d'azote;

-les tiges de mil dans les parcelles à fortes doses d'azote sont vraisemblablement plus grosses et donc plus susceptibles d'héberger des populations importantes de larves;

-les doses élevées d'azote rendent les plantes plus fragiles et donc plus prédisposées à l'attaque. ICRISAT (1985) a rapporté qu'une augmentation de dose d'azote favorisait les pullulations de populations de jassides de niébé *Empoasca sp* et celles de *Coniesta ignefusalis*.

Ajayi et Uvah (1988) ont révélé que les dommages du borer de tige de mil étaient faibles lorsque la plante recevait de faibles doses d'azote. Ils ont trouvé qu'une simple application d'azote effectuée 4 semaines après les semis entraînait des dégâts moindres que la même quantité appliquée en 2 fractions à 2 semaines d'intervalle; la date et le mode d'application de l'azote semblent donc jouer un rôle dans les mécanismes de son intervention. Dans leurs travaux sur la tomate, Bethke et al (1987) ont montré que des doses élevées d'azote augmentaient la susceptibilité de la plante à l'attaque de *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Par contre Chamberlain et Matter (1986) ont trouvé que l'azote sous forme de cyanamide de calcium tuait les asticots de la mouche domestique *Musca domestica*.

Cette ambivalence de l'effet de l'azote n'est pas surprenante selon Metcalf et Luckman (1982), étant donné l'extrême diversité des processus métaboliques chez les végétaux. Power (1989) a rapporté la même situation avec la cicadelle du maïs *Dalbulis maidis*.

3.2. Effets du phosphore

Il apparaît de la figure 16 que l'augmentation de dose de phosphore entraîne une augmentation des populations du borer du mil. Il semble aussi qu'il n'y aurait pas d'antagonisme entre le

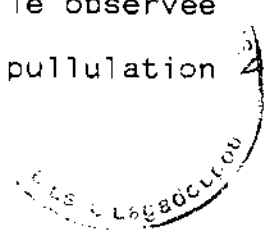
phosphore et l'azote quant à leur effet combiné sur les larves de *Coniesta ignefusalis*.

Tableau 10. Effets du phosphore sur l'infestation du borer de tige de mil.

Traitements P ₂ O ₅ kg/ha	Population larvaire totale		Rendement (kg/ha)	
	15 kg N ₂	45 kg N ₂	15 kg N ₂	45 kg N ₂
10	147	241	1745	1476
40	186	272	1199	1784
Moyenne	211		1551	
S.E.	±88,9		±461,9	
Prob.	NS*	NS	NS	NS
* NS	=	Non	significatif	

Le tableau 10 montre que l'application en fortes doses de ces deux engrais chimiques augmente 2 fois plus les populations de borer que dans le cas de faibles doses. Cependant l'analyse de variance ne décèle pas de différence significative entre les traitements.

Ceci explique vraisemblablement les observations des paysans qui s'inquiètent que l'infestation du borer soit plus importante sous le gao *Acacia albida* que partout ailleurs dans le champ; car le gao en tant que légumineuse, présente une zone plus fertile aux environs de ses racines grâce au phénomène bien connu de la fixation symbiotique d'azote. Cette fertilité naturelle observée sous le gao aurait donc un effet stimulateur sur la pullulation du borer du mil.



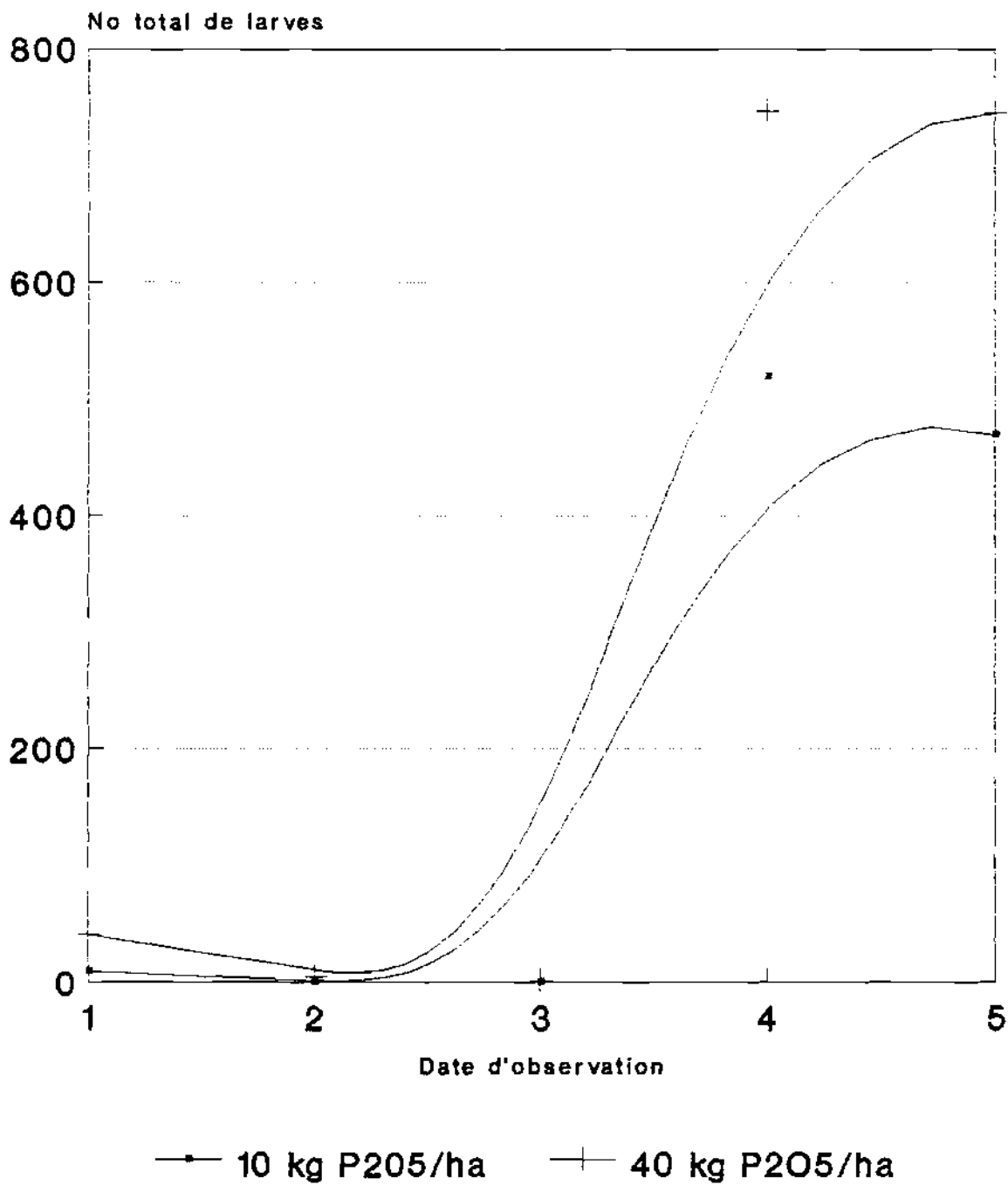
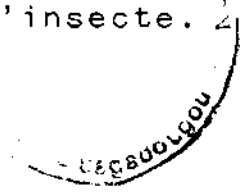


Fig.16:Effets du phosphore sur les populations du borer du mil.

4. Conclusion

Les résultats sur les tests d'utilisation de l'azote et du phosphore comme fertilisants ont montré que l'application de ces engrais à des doses modérées (45 kg d'azote et 40 kg de phosphore à l'hectare) peut être un moyen de maintenir les populations de *Coniesta ignefusalis* à un niveau relativement bas. Cependant leur application à des doses incontrôlées peut être un facteur de stimulation de populations. L'étude suggère donc beaucoup de précaution dans l'application de ces engrais. Des travaux complémentaires devraient permettre de mieux apprécier les mécanismes d'intervention de ces engrais chimiques dans les fluctuations de populations. D'autres aspects comme le mode et la date d'application des engrais pourraient faire l'objet de recherche complémentaire en vue de permettre une meilleure connaissance du mécanisme d'intervention des engrais dans la régulation des populations d'insecte.



Chapitre 5. Gestion des résidus de récolte

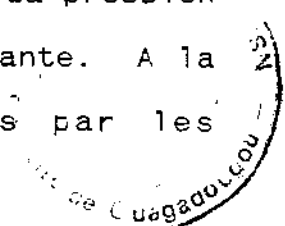
1. Introduction

On sait que les résidus de récolte (les tiges de mil) hébergent des larves de *Coniesta ignefusalis* en diapause et que ces larves diapausantes constituent l'essentiel du foyer d'infestation des cultures de la campagne suivante (Harris, 1962; Lukefahr, 1987 et Nwanze, 1988); il faudrait alors envisager un type d'action entreprendre pour assurer une gestion rationnelle de ces tiges afin de réduire autant que possible les populations des larves diapausantes et donc réduire le potentiel d'attaque de la prochaine saison culturale. Certains auteurs ont proposé le brûlage des chaumes (Ajayi, 1980 et Maiga, 1984). Etant donné l'incompatibilité de cette méthode avec la pratique paysanne et l'écosystème sahélien, la présente étude expose une alternative dans la gestion des résidus de récolte en tenant compte des pratiques paysannes et des contraintes écologiques. Des techniques culturales traditionnelles et modernes, combinées dans un essai, ont été testées en vue d'évaluer leur impact comme méthodes de lutte contre le borer de tige.

2. Matériels et méthodes

2.1. Site expérimental

Une enquête préliminaire conduite à travers toute la station avait permis de localiser le bloc le plus infesté par le borer. Il s'agissait d'un champ préalablement utilisé par les sélectionneurs pour des tests conduits en isolation. La pression d'infestation du borer de tiges était la plus importante. A la récolte, seuls les épis avaient été prélevés par les



sélectionneurs, les tiges étaient laissées sur pied.

2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé pour le test était celui des blocs randomisés. Il comportait 8 traitements et 7 répétitions. Tous les traitements ont porté sur un mode d'utilisation de tiges comme décrit au 2.3. Chaque parcelle comprenait 10 billons espacés de 75 cm et longs de 20 mètres. Une allée de 5 mètres séparait les parcelles entre 2 répétitions, et 3 mètres sur la même répétition. L'ensemble des traitements couvrait une superficie de 1,61 ha soit 184 m sur 87,5m.

2.3. Explication des traitements.

Les traitements ont été appliqués de façon à simuler d'une part quelques variantes des pratiques traditionnelles, ainsi :

- le traitement A a été appliqué de manière à laisser les tiges sur pied après la récolte, pendant toute la durée du traitement: c'est le traitement témoin;

- en B, on a fauché les tiges jusqu'à la racine au moyen d'un coupe coupe le 1er février et exposé le matériel au sol,

- en C et D, les tiges ont été coupées respectivement le 1er mars et le 1er avril et exposées dans les mêmes conditions que précédemment.

D'autre part, la deuxième composante du test concernait l'appréciation de l'effet des techniques améliorées de gestion de résidus de récolte sur le borer de tige :

- en F, les tiges ont été immédiatement fauchées après la récolte le 1er novembre,

- le traitement G consistait à détruire les tiges dès la

récolte et à les incorporer légèrement dans le sol au moyen d'une daba,

- en H, les tiges ont été immédiatement coupées après la récolte et incorporées au sol à une profondeur plus importante qu'en G. Pour incorporer les tiges on a creusé des tranchées parallèles de 15 cm de profondeur dans lesquelles les tiges ont été enfouies,

- en E, on a laissé les tiges sur pied intactes jusqu'à la fin de l'essai; ce traitement est identique au traitement témoin.

2.4. Observations effectuées

Les observations étaient prises chaque mois entre le 25 et 30 à partir du 1er novembre, date d'application du premier traitement. Dans chaque parcelle, on déterminait par hasard 5 échantillons d'un mètre carré au sein desquels on collectait soigneusement les tiges. Les tiges étaient ainsi ensachées et transportées au hangar d'observation. Les carrés étaient marqués par des piquets pour être facilement repérés la prochaine fois.

Les tiges échantillonnées étaient disséquées et inspectées minutieusement. On notait pour chaque échantillon: le nombre de larves vivantes, le nombre de larves mortes, la présence ou l'absence des termites, la présence ou l'absence d'autres prédateurs comme les fourmis.

3. Résultats et Discussions.

Le tableau 11a présente les résultats globaux de l'expérience. Il indique une réduction progressive des populations de larves de novembre à avril dans tous les traitements. Il montre

particulièrement que le niveau de populations de *Coniesta ignefusalis* dans les tiges laissées sur pieds est supérieur à ceux des autres cas et que les tiges exposées au sol dès la récolte ou incorporées présentent les populations résiduelles les plus basses : 2,9 %, 2,0 % et 2,3 % respectivement pour les traitements F, G et H), soient 7 à 8 fois inférieures à celles observées dans le cas des tiges laissées sur pied (16,5 % pour le traitement témoin A). La figure 17 expose clairement cette différence entre les principaux traitements A, F et H et montre qu'à tout instant les proportions de variations entre les 3 niveaux demeurent sensiblement les mêmes de novembre à juin. Elle montre en particulier qu'en exposant les tiges au sol dès la récolte, on réduit très considérablement les chances de survie de larves dans les tiges de mil (Ajayi et al., 1988) . Cette importante mortalité observée est probablement due aux températures excessives prévalant dans les tiges exposées au soleil sur toute leur longueur, alors que celles laissées sur pieds n'offrent que leur crête aux radiations solaires; dans ces tiges laissées sur pieds, l'effet de l'ombre portée atténue sensiblement les températures et donc la mortalité des larves diapausantes (Lukefahr et al., 1988).

La date de traitement de tige revêt aussi une grande importance; à travers les résultats on observe une réduction significative de populations larvaires en traitement F (tiges coupées et exposées au sol dès la récolte) où elles ne représentent que 2,9% en avril. Ce taux de survie est de 4,2% lorsqu'on ne fauche les tiges qu'en janvier: c'est à dire 2 mois plus tard. Si les

tiges ne sont pas coupées (traitement témoin A), les populations résiduelles atteignent 16,5% .Ces chiffres sont similaires à ceux de Lukefahr (1988), (voir tableau 12).On observe donc les mêmes résultats si les tiges sont incorporées au sol, ou tout simplement coupées et exposées au sol dès la récolte.

L'analyse de variance (tableau 11b) montre une différence hautement significative entre les traitements ($F=3,72$ $dl=7$ $p<0,001$). Elle montre en plus une différence hautement significative entre les dates de traitement ($F = 85,75$, $dl = 5$ $p=0.001$). Par ailleurs le tableau montre qu'il n'existe aucune interaction entre les traitements et les dates d'observation.

Tableau 11a. Effets de la gestion des résidus de récolte sur la survie des larves diapausantes du borer de tige *Coniesta ignefusalis*

Date d'observ.	Traitements de résidus							
	A	B	C	D	E	F	G	H
nov.	491	572	429	475	703	484	659	435
déc.	197	344	163	149	182	67	67	153
jan.	279	206	132	192	127	59	63	158
fév.	94	161	108	191	140	21	74	31
mar.	163	24	98	48	97	16	14	17
avr.	81	24	33	69	105	14	13	10
Pop. rés. (%)	16,5	4,2	7,7	14,5	14,9	2,9	2,0	2,3

Tableau 11b. Analyse de variance

Source d'erreur	Degré de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	F	Prob.
Trait.	7	11441,71	1634,530	3,72	0,000
Date	5	188537,78	37707,555	85,75	0,000
Trait. x Date	35	20475,06	585,002	1,35	0,08
Erreur	288	126641,14	439,726		

Coefficient de variation = 84,09%

Erreur standard pour les moyennes des traitements = $\pm 3,2$

Erreur standard pour les moyennes des dates = $\pm 2,8$

Erreur standard pour traitement x date = $\pm 7,9$

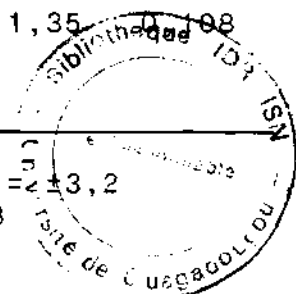


Tableau 12. Effets de la date de gestion de résidus sur la survie des larves diapausantes de *Coniesta sp.*

Populations des larves résiduelles
(%)

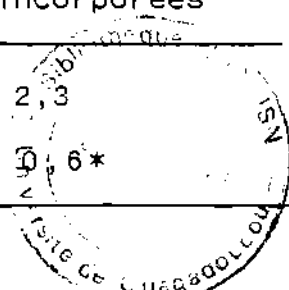
Tiges coupées dès récolte	Tiges coupées en janv.	Tiges coupées en fév.	Tiges coupées en mars	Tiges non c (témoin)
2,9	4,2	7,7	14,9	16,5

Tableau 13. Effets de l'incorporation des tiges sur la survie des larves diapausantes.

Populations des larves résiduelles
(%)

Tiges non coupées (témoin)	Tiges coupées non incorporées	Tiges légèrement incorporées	Tiges profondément incorporées
16,5	2,9	2,0	2,3
13,5*		0,5*	0,6*

* D'après Lukefahr 1988.

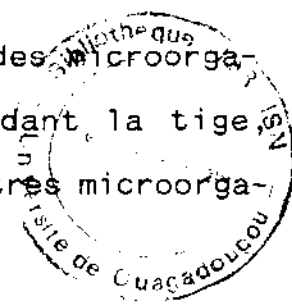


La figure 18 tirée des travaux de Lukefahr et al. (1988) montre la différence de température prévalant d'une part dans les tiges couchées au sol, et d'autre part dans celles laissées sur pied. On voit que ces données confirment l'explication de l'effet de la température sur la survie des larves diapausantes de *Coniesta ignefusalis* car cette figure montre bien des températures plus élevées dans les tiges couchées que dans celles laissées sur pied. Ajayi et al (1988), citant Ajayi (1980) ont montré que la survie des populations diapausantes de *Busseola fusca* dans les tiges de sorgho était plus importante à l'ombre que dans les tiges exposées au soleil. Ils ont pensé que cela pourrait être de même pour *Coniesta ignefusalis*. Ces résultats ont été confirmés par Youm (1990). La réduction considérable de populations constatées dans le cas des tiges incorporées au sol s'explique probablement par les phénomènes suivants:

- l'effet prédateur des fourmis du sol qui se nourrissent probablement des larves et réduisent ainsi leur population,

- l'action concurrente des termites qui consomment toutes matières organiques dont les tiges, démunissant ainsi les larves de leur refuge.

- le troisième phénomène peut être l'action des microorganismes dont les bactéries du sol qui, en dégradant la tige, soumettent les larves à l'attaque parasitaire d'autres microorganismes anaérobies.



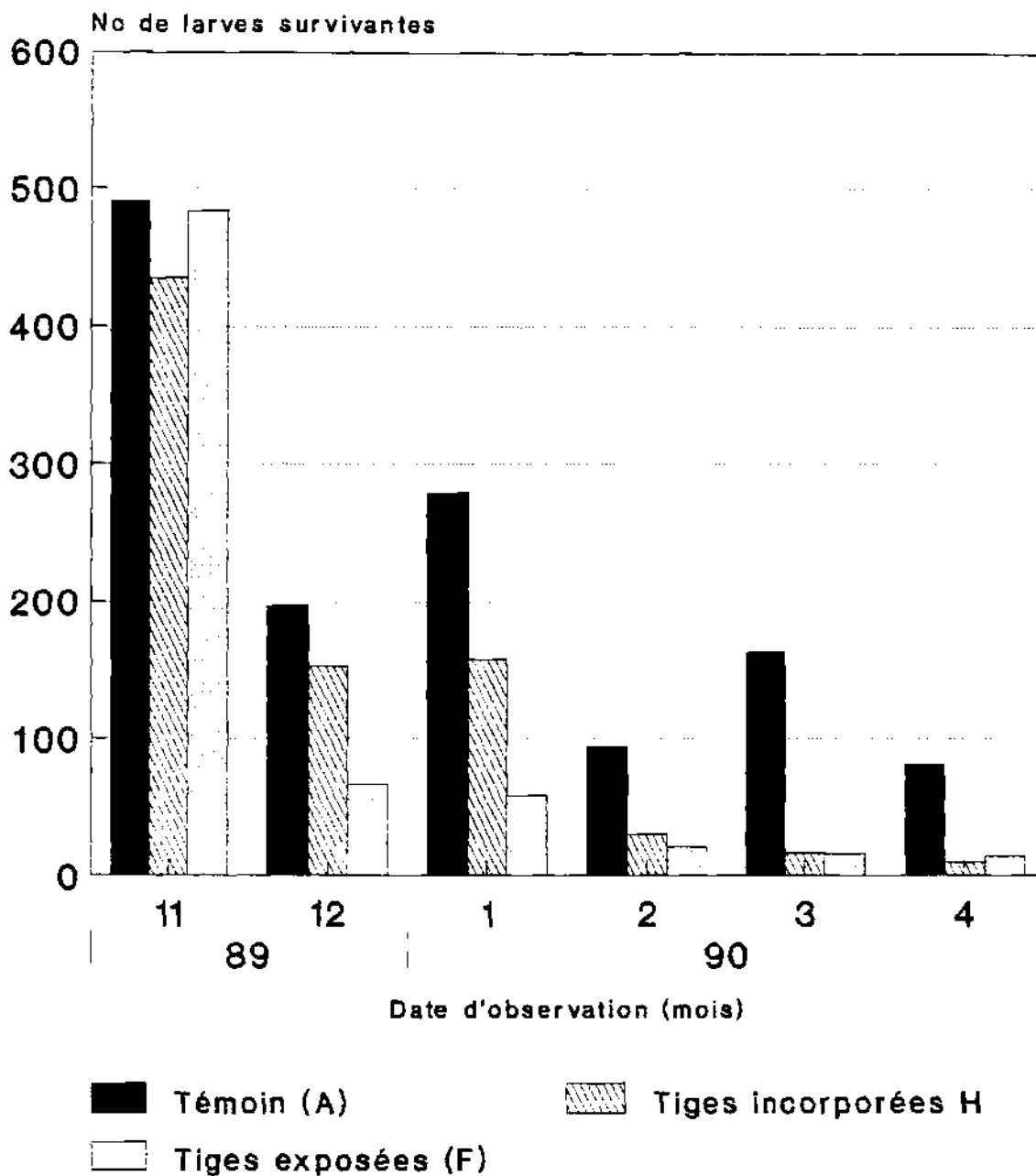


Fig.17: Effets de la gestion des résidus de récolte sur la survie des larves diapausantes du borer de mil.

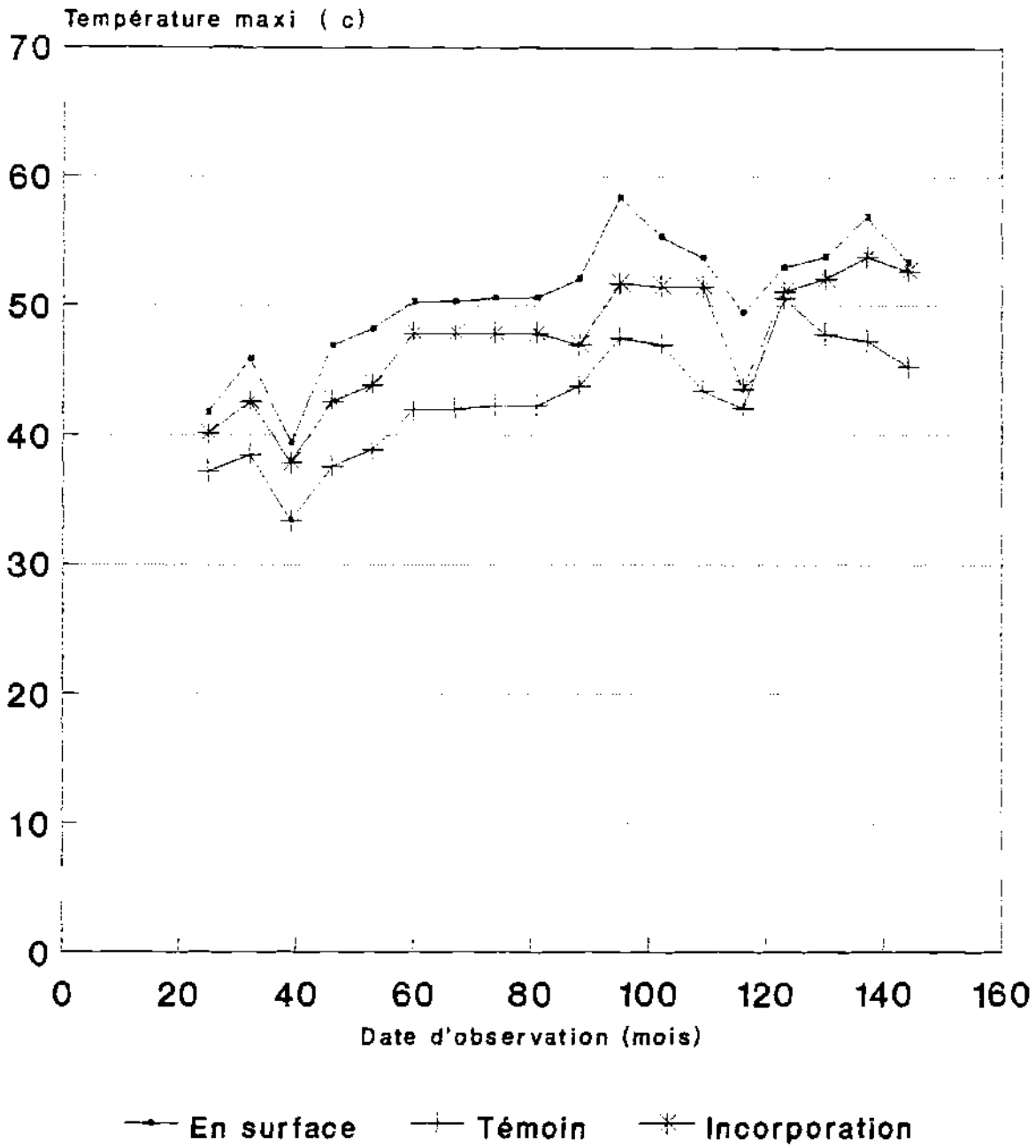


Fig.18:Gestion des résidus de récolte et température dans les tiges de mil. (d'après Lukefahr et al.1988)

4. Conclusion

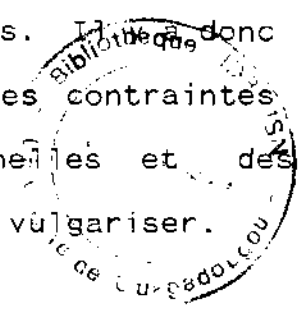
On peut donc penser qu'en adoptant la technique d'exposer les tiges au soleil dès la récolte, ou en tout cas le plus tôt possible avant février, on contribuerait beaucoup à favoriser la mortalité des larves (97 %), sous l'action des températures élevées dues à la forte insolation de saison sèche. Par ailleurs, la technique d'incorporation des tiges n'a pas donné de meilleurs résultats que la simple exposition des résidus au sol. (2,9 % de survie contre 2,3 % respectivement). L'incorporation pourrait cependant avoir le double avantage de permettre une meilleure conservation du sol et son enrichissement par l'apport de matière organique, d'où son application de plus en plus généralisée par les chercheurs du centre sahélien de l'ICRISAT. Son inconvénient réside dans ses difficultés d'application et donc ses implications sociales et économiques. A tous points de vue, il apparaît plus commode pour l'agriculteur de penser désormais à gérer plus rationnellement ses résidus de récolte.

QUATRIEME PARTIE:
CONCLUSION GENERALE

Les observations relatives à l'importance des facteurs écologiques sur la biologie et les dégâts du borer de mil ont montré le rôle prépondérant des interactions insecte-plante hôte-milieu dans le maintien de l'équilibre du système. Ces interdépendances entre les facteurs biotiques et abiotiques ont permis d'apprécier les contraintes inhérentes au milieu écologique et l'inadéquation des techniques traditionnelles utilisées contre le borer.

Si les résultats de l'évaluation des nouvelles techniques n'ont pas permis de proposer une méthode définitive de lutte contre le borer, ils ont au moins permis de dresser le bilan de diverses alternatives, de faire le point sur un certain nombre de problèmes et de soulever des questions qui en découlent. L'idée de développer partout dans les zones de culture de mil des méthodes efficaces et adaptées au milieu paysan, a amené à prospecter les méthodes de lutte culturale par l'utilisation de variétés résistantes, la gestion des résidus de récoltes, l'utilisation rationnelle des engrais chimiques; ces méthodes tiennent compte de l'habitude paysanne et présentent aussi l'avantage de s'intégrer au système de production.

Les résultats indiquent dans tous les cas la nécessité d'intégrer les méthodes de lutte dans une stratégie telle que les effets bénéfiques de chacune d'elle soient additifs. Il ne faut donc pas tenir beaucoup compte de l'importance des contraintes écologiques, du bilan des techniques traditionnelles et des réactions du paysan face aux nouvelles méthodes à vulgariser.



pièges à phéromone semble être une très bonne perspective à cet effet;

- l'évaluation des effets de certaines pratiques culturales comme l'association des cultures, la gestion des résidus des récoltes, une utilisation rationnelle des engrais chimiques constitue une étape fondamentale dans l'approche; des travaux effectués par Lukefahr (1989) ont montré qu'une gestion rationnelle des résidus de récolte, en plus de son effet sur le borer de tige, constitue une excellente alternative contre un autre ravageur du mil, *Rhinyptia infusata*.

La nécessité d'une approche intégrée au système de production

Des analyses faites sur les chapitres précédents, il apparaît que seule une approche intégrée de lutte, perçue sous l'angle d'une stratégie à moyen ou long termes, serait valable contre les ennemis de cultures. Mais pour pouvoir s'appliquer, cette approche intégrée devrait s'appuyer sur un système cohérent de transfert de technologies au milieu paysan. L'approche fondamentale d'une telle option est que celle-ci doit se conduire avec une perspective de production à l'échelle-paysan. En plus elle doit débiter par le paysan, se développer avec le paysan et aboutir au paysan. Il ressort que cette approche est une démarche de longue haleine qui doit être engagée non seulement par une équipe multidisciplinaire de chercheurs (agro-physiologistes, sélectionneurs, sociologues, économistes, entomologistes, etc.), mais aussi par les développeurs et les agriculteurs eux mêmes.

Ce dialogue devra s'élargir pour faciliter la recherche et l'intégration de différentes méthodes de lutte à l'ensemble des actions agronomiques vulgarisées, en gardant le souci d'un juste équilibre entre les actions à mettre en oeuvre et leur insertion dans le milieu paysan auquel elles sont destinées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ajayi, O 1980. Insect pests of millet in Nigeria. Samaru Miscellaneous paper 97. Institute for Agricultural Research, Samaru, Ahmadu Bello University PMB 1044 Zaria, Nigeria, 10 pp.

Ajayi, O 1987. Sorghum stem borers in West Africa. Pages 27-31 in International Workshop on Sorghum stem borers 17-20 Nov 1987. ICRISAT Center, India Patancheru A.P. 502324, India.

Ajayi, O. and Uvah, I.I. 1988. Review of research on millet entomology in Nigeria: 1977-1987. Pages 11-20 in Proceedings of Regional Millet Workshop IAR-ABU/ICRISAT, Zaria, Nigeria, Aug 15-19 1988.

Bako, O 1977. Etude biologique et écologique de *Haimbachia ignefusalis* HAMPSON (Lepidoptera: Pyralidae, crambinae) en vue d'une lutte biologique. Faculté des sciences et de génie. Thèse présentée à l'Ecole des gradués de l'Université Laval comme exigence partielle pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences, 55 pp.

Bal, A.B. 1988. *Coniesta (Acigona) ignefusalis* Hmps. et *Heliocheilus (Raghuva) albipunctella* de Joannis, ravageurs du mil au Sénégal: dynamique des populations imaginaires et infestations au champ. Pages 11-20 in Proceedings of Regional Millet Workshop IAR-ABU/ICRISAT, Zaria, Nigeria Aug 15-19 1988.

Barfield, C.S. 1983. Understanding and implementing pest management strategies in agricultural systems. Department of Entomology and Nematology University of Florida, Gainesville, Alfa Editions A division of Burgess Publishing Co. Minneapolis, Minnesota 5-5435. 203 pp.

Bationo, A. Mokwunye, U, et Christianson, C.B. 1988. Gestion de la fertilité des sols et des engrais au Niger. Un aperçu des quelques résultats de recherche de l'expérience IFDC/ICRISAT (sous presse), 39 pp.

Betbeder-Matibet, M. 1981. *Eldana saccharina* WALKER foreur des tiges de la canne à sucre en Afrique. Agronomie Tropicale 36(3):279-293.

Betbeder-Matibet, M. 1989. Biological control of sorghum stem borers. Pages 89-93 in International Workshop on sorghum stem borers, 17-20 Nov 1987, ICRISAT Center, India, Patancheru A.P. 502324, India.



Bethke, J.A., Panella, M.P., Trumble, J.T., and Toscano, N.C. 1987. Effect of tomato cultivar and fertilizer regime on the survival of *Liriomyza trifolii* (Diptera : Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 80:200-203.

Bhatnagar, V.S. 1987. Recherche et développement de la lutte intégrée contre les ennemis des principales cultures vivrières dans les pays du sahel. Programme de lutte biologique. Synthèse des activités (1981-1986) et recommandations. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie, 39 PP.

Bernays, E.A. 1982. The insect on the plant, a closer look. Pages 3-15 in *Proceedings 5th International Symposium on Insect plant relationship*, Wageningen, 97034.

Bordat, D., Brenière, J., Coquart, J. 1977. Foreurs de graminées africaines: parasitisme et techniques d'élevage. *Agronomie Tropicale* 32:391-399

Bourdoux, L. 1983. Dynamique des populations de quelques ravageurs importants des cultures maraichères du Sénégal. *Agronomie Tropicale* 38(2):132-142.

Brenière, J. 1981. La lutte intégrée contre les ravageurs des cultures vivrières tropicales. *Agronomie Tropicale* 36(1):78-81.

Butler, G.D., Wilson, L.T., and Hennebery, T.J. 1985. *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Initiation of summer diapause. *Journal of Economic Entomology* 78:320-324.

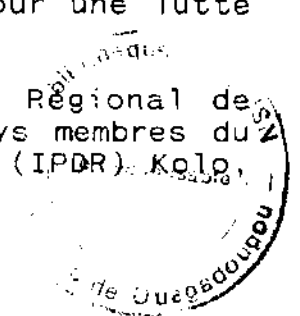
Butler, G.D., Hennebery, T.J. and Bartlett, A.C. 1985. *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Termination of summer diapause. *Journal of Economic Entomology* 78:1287-1292.

Chamberlain, W.F., and Matter, J.J. 1986. Control of stable flies (Diptera: Muscidae) with a unique nitrogen fertilizer, calcium cyanamide. *Journal of Economic Entomology* 79:1573-1576.

Cochereau, P. 1982. Les conditions d'intervention contre les insectes foreurs de graminées cultivées africaines, évaluation des pertes à la récolte. Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer. Centre ORSTOM de Bouaké, Côte d'Ivoire B.P. 1434, Bouaké 01.

Dancette, C. 1986. Caractéristiques pédoclimatiques et adaptation de l'agriculture à la sécheresse, en zone intertropicale. Pages 27-39 in *La sécheresse en zone intertropicale pour une lutte intégrée*. CILSS-FAO, Rome. 11pp.

Den Boer, L. 1984. Entomologie Appliquée. Projet Régional de Formation pour la protection des végétaux des pays membres du CILSS. Institut Pratique de Développement Rural (IPDR). Kolo, Niger, 90 pp.



Dix, M.E. and Doolittle, R.E. 1985. *Acosus centerensis* (Lintner) (Lepidoptera: Cossidae) : Response to attract dispenser and trap height, and determination of seasonal flight. *Journal of Economic Entomology* 78:802-805.

Durant, J.A., Manley, D.G., and Cardé, R.T. 1986. Monitoring of the European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) in South Carolina using pheromone traps. *Journal of Economic Entomology* 79:1539-1546.

Fabres, G. et Boussingue, J. 1981. Bioécologie de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihot* HOM Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. Cycles évolutifs et paramètres biologiques. *Agronomie Tropicale* 36(1):82-89.

Flint, M.L., and Van Den Bosch, R. 1981. Introduction to integrated pest management. Plenum Press, New York London 240 pp.

Fucher, B.W., Reagan, T.E., and Flynn, J.L. 1988. Economic injury level of the sugar cane borer (Lepidoptera: Pyralidae) on sweet sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Economic Entomology* 81(1):349-353.

Gahukar, R.T. 1981. Biological control of insect pests of sorghum and pearl millet in West Africa. Pages 18-48 in *International Conference on Biological control of pests: its potential in West Africa*. FAO-CILSS.

Gahukar, R.T. 1984. Insect pests of pearl millet in West Africa: a review. *Tropical Pest Management* 30(2):142-146.

Gair, R., Jenkins, E.E., and Lester, E. 1983. *Cereal pests and diseases introduction: 3rd edition* Ipswich, Farming Press Limited, 259 pp.

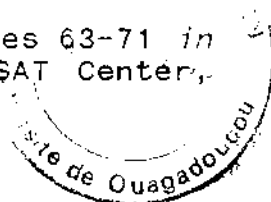
Grieshop, J.I., Zalom, F.G., and Miyao G. 1988. Adoption and diffusion of integrated pest management innovations in agriculture. *Entomological Society of America, Bulletin of the ESA* 81:72-76.

Guevremont, H. 1983. Recherche sur l'entomofaune du mil. Rapport annuel de recherches pour 1982 CNRA, Tarna, Niger, 69 pp.

Harris, K.M. 1962. Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. *Samaru Research Bulletin* 20:141-170.

Harris, K.M. 1989. Recent advances in sorghum and pearl millet stem borer research. Pages 9-13 in *International Workshop on sorghum stem borer*, ICRISAT Center, Patancheru, Andhra Pradesh P.O. 502324, India.

Harris, K.M. 1989. Biology of sorghum stem borers. Pages 63-71 in *International Workshop on sorghum stem borer*. ICRISAT Center, Patancheru, Andhra Pradesh, P.O. 502324, India.



Haynes, K.F., Li, W.G., and Baker, T.C. 1986. Control of Pink Bollworm Moth (Lepidoptera: Gelechiidae) with insecticides and pheromones (Attracticide): lethal and sub-lethal effects. *Journal of Economic Entomology* 79:1466-1471.

IBPGR-ORSTOM 1985. Les mils pennicillaires de l'Afrique de l'Ouest. Prospection et collectes. International Board for Plant Genetic Resources. 1985 Rome, Italie. 231 pp.

ICRISAT 1983. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Annual Report. ICRISAT Sahelian Center BP 12404 Niamey, Niger. 78 pp.

ICRISAT 1984. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Annual Report. ICRISAT Sahelian Center BP 12404 Niamey, Niger. 86 pp.

ICRISAT 1985. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Annual Report. ICRISAT Sahelian Center BP 12404 Niamey, Niger. 84 pp.

ICRISAT 1986. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Programmes Ouest Africains Rapport annuel 1986. 86 pp.

ICRISAT 1987. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Programmes Ouest Africains Rapport annuel 1987. 97 pp.

ICRISAT 1988. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Programmes Ouest Africains Rapport annuel 1988. 102 pp.

Iddi Ango, O. 1987. Contribution à l'étude d'une technique de criblage pour la résistance du maïs (*Zea mays* L) à *Helminthosporium maydis* NISIKADO et MIYAKE au Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, option: Agronomie. Université de Ouagadougou, Institut de Développement Rural. 102 pp.

Ingram, W.R. 1983. Biological control of graminaceous stem borers and legume pod borers. *Insect Science and its Application* 4(1/2):205-209.

Johnson, T.B., Raemisch, D.R., Las, A.S., and Turpin, T.P. 1985. Response to Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults to several semio-chemicals in corn fields. *Journal of Economic Entomology* 78:85-88.

Kamm, J.A., McDonough, L.M., and Rowe, K.E. 1989. Effect of dosage and ratio of pheromone components on behavior of *Chrysoteuchia topiaria* ZELLER (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology* 18(3):368-372.

Kishore,P. 1989. Chemical control of stem borers. Pages 73-79 in International Workshop on sorghum stem borers. ICRISAT Center, Patancheru, Andhra Pradesh, P.O.502324, India.

Lambert,C. 1983. Influence de la précocité sur le développement du mil (*Pennisetum typhoides* Stapf et Hubbard) en conditions naturelles. Agronomie Tropicale 38(1):7-11.

Lukefahr,M.J. 1987. Summary of 1987 pearl millet entomology research activities. ICRISAT Sahelian Center, B.P. 12404, Niamey, Niger, 22 pp. (Distribution limitée).

Lukefahr,M.J., Abdoukarim,M., and Klaij,M.C. 1988. Survival of the millet stem borer, *Coniesta (Acigona) ignefusalis* during the non growing season. Pages 31-34 in Proceedings of Regional Millet Workshop, IAR-ABU/ICRISAT, Zaria, Nigeria Aug 15-19 1988.

Lukefahr,M.J., Abdoukarim,M., and Nwanze,K.F. 1988. A note on the occurrence of aseasonal quiescence in the millet stem borer, *Coniesta (Acigona) ignefusalis*. Pages 35-37 in Proceedings of Regional Millet Workshop, IAR-ABU/ICRISAT, Zaria Nigeria Aug 15-19 1988.

Lukefahr,M.J. 1988. Summary of 1988 pearl millet entomology research activities. ICRISAT Sahelian Center, B.P. 12404, Niamey, Niger, 24 pp. (Distribution limitée).

Lukefahr,M.J. 1989. Summary of 1987 pearl millet entomology research activities, ICRISAT Sahelian Center, B.P. 12404, Niamey, Niger, 28 pp. (Distribution limitée).

Lukefahr,M.J. 1989. Considerations in the development of a host plant resistance program against the pearl millet stem borer. Pages 145-150 in International Workshop on sorghum stem borers, ICRISAT Center, Patancheru, Andhra Pradesh, P.O. 502324, India.

Maiga,S.D. 1984. Rapport annuel. Acitivités de recherche entomologie INRAN Maradi, Niger, 18 pp.

Markham,R.H. 1985. Natural enemies of *Acigona ignefusalis* and *Raghuva albipunctella* in Niger and Burkina Faso and possibilities for development of a biological control strategy. Report of consultancy for ICRISAT Sahelian Center, Niamey. Commonwealth Institute of Biological Control, 27 pp.

Mc Farlane,J.H. 1982. Entomology research report 1982, presented at ICRISAT African In-House Review, ICRISAT Headquarters, Hyderabad, India, 12 pp.

Metcalf,R.L., and Luckman,W.H. 1982. Introduction to insect pest management, 2e ed. Wiley-inter science publications John Wiley and Sons, 575 pp.

Mitchell, E.R., and Heath, R.R. 1986. Pheromone trapping system for the Velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 79:289-299.

Natitia, C. 1987. Etude du comportement de divers groupes génétiques en croisement avec un testeur. Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, option: Agronomie. Université de Ouagadougou, Institut de Développement Rural. 97 pp.

N'Doye, M. 1989. Biologie et écologie de deux lépidoptères: *Amsacta moloneyi* DRUCE (Lepidoptera, Arctiidae) et *Heliocheilus albipunctella* DE JOANNIS (Lepidoptera, Noctuidae) ravageurs du mil au Sénégal. Thèse présentée devant l'Université Paul Sabatier de Toulouse pour obtenir le grade de Docteur d'Etat ès Sciences Naturelles, 227 pp.

Nwanze, K.F. 1988. Distribution and seasonal incidence of some major insect pests of sorghum in Burkina Faso. *Insect Science and its Application* 9(3):313-321.

Nwanze, K.F. 1988. Assessment of on-farm losses in millets due to insect pests. *Insect Science and its Application* 9(6):673-677.

Nwanze, K.F. 1989. Insect pests of pearl millet in sahelian West Africa I. *Acigona ignefusalis* (Pyralidae, Lepidoptera): distribution, population dynamics and assessment of crop damage. *Tropical Pest Management* 35(2):137-142.

Nwanze, K.F., and Mueller, R.A.E. 1989. Management options for sorghum stem borers for farmers in the semi-arid tropics. Pages 105-114 *in* International Workshop on sorghum stem borers, ICRI-SAT Center, Patancheru, Andhra Pradesh, P.O. 502324, India.

Pierrard, G. 1986. Facteurs susceptibles de freiner la vulgarisation de la lutte intégrée en milieu paysan sahélien. Pages 35-44 *in* Compte rendu du séminaire international du projet CILSS de lutte intégrée, Niamey (Niger) 6-13 Décembre 1986. Projet de Lutte intégrée contre les principaux ennemis de culture dans le Sahel. CILSS B.P. 7045, Ouagadougou, Burkina Faso.

Power, A.G. 1989. Influence of plant spacing and nitrogen fertilization in maize on *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae), vector of corn stunt. *Environmental Entomology* 18(3):494-498.

Proshold, F.I., Gonzales, J.L., Asencio, C., Heath, R.R. 1986. A trap for monitoring the sweet potato weevil (Coleoptera: Curculionidae) using pheromone or live females as bait. *Journal of Economic Entomology* 79:641-647.

Rachie, K.O., and Majmudar, J.V. 1980. Pearl millet. The Pennsylvania State University Press 1980, 307 pp.

Risbec, J. 1950. La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français. Gouvernement Général de l'Afrique Occidentale Française, 237 pp.

Rodriguez Del Bosque, I.A., Smith Jr, J.W., and Browning, H.W. 1988. Damage by stalk borers (Lepidoptera: Pyralidae) to corn in North-eastern Mexico. Journal of Economic Entomology 81(6):1775-1780.

Sagnia, S.B. 1983. Possible integrated pest management tools for the effective control of cereals stem borers in The Gambia. Insect Science and its Application 4(1/2):217-219.

Sharma, H.C., and Davies, J.C. 1988. Insect and other animal pests of millets. Sorghum and Millets Information Center. ICRISAT Center, 103 pp.

Sivakumar, M.V.K. 1986. Climat de Niamey. Compte rendu des travaux no. 1. ICRISAT Centre Sahélien, B.P. 12404, Niamey, Niger, 12 pp.

Soderstrom, E.L., Brandl, D.G., Myerson, J., Buttery, R.G., and Mackey, B.E. 1985. Sex pheromone for attracting Western Grapeleaf Skeletonizer (Lepidoptera: Zygaenidae). Journal of Economic Entomology 78:799-801.

Stinner, B.R., Cartney, D.A., and Rubink, W.L. 1984. Some observations on ecology of the stalk borer (*Papaipema nebris* (GN): Noctuidae) in no-tillage corn agroecosystems. Journal of Georgia Entomological Society 19(2):229-234.

Strayer, J.R. 1983. Fundamentals of pest management. Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida, Burgess Publishing Company, Alpha Edition, Minneapolis, Minnesota 55435, 232 pp.

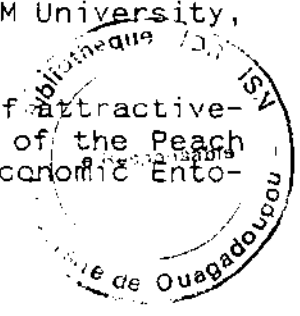
Tauber, M.J., Tauber, C.A., and Masaki, J. 1986. Seasonal adaptations of insects. New York Oxford University Press, 411 pp.

Van den Bosch, R., Messenger, P.S., and Gutierrez, A.P. 1982. An introduction to biological control. New York Plenum Press, 247 pp.

Wallace, B. 1986. Reflections on some insect pest control procedure, Journal of Economic Entomology 76:432-436.

Youm, O. 1990. Evaluation of natural enemies associated with the millet stalk borer, *Haimbachia ignefusalis* HAMPSON (Lepidoptera: Pyralidae) in Niger. Ph.D dissertation. Texas A & M University, College Station, Texas USA. 145 pp.

Youngman, R.R., and Barnes, M.M. 1985. The longevity of attractiveness of the commercially available pheromone septa of the Peach Twig Borer (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Economic Entomology 78:110-112.



Yudin, L.S., Mitchell, W.C., and Cho, J.J. 1987. Color preference of Thrips (Thysanoptera: Thripidae) with reference to Aphids (Homoptera: Aphididae) and leaf miners in Hawaiian lettuce farms. *Journal of Economic Entomology* 80:51-55.

ANNEXE I:

Effets de la gestion des résidus de récoltes sur la survie des larves diapausantes.

Dispositif: Blocs randomisés avec 8 traitements et 7 répétitions

Rep 1 Plot 101 -B-	Rep 2 Plot 201 -A-	Rep 3 Plot 301 -H-	Rep 4 Plot 401 -H-	Rep 5 Plot 501 -H-	Rep 6 Plot 601 -F-	Rep 7 Plot 701 -B-
Rep 1 Plot 102 -E-	Rep 2 Plot 202 -H-	Rep 3 Plot 302 -B-	Rep 4 Plot 402 -C-	Rep 5 Plot 502 -E-	Rep 6 Plot 602 -H-	Rep 7 Plot 702 -A-
Rep 1 Plot 103 -A-	Rep 2 Plot 203 -D-	Rep 3 Plot 303 -F-	Rep 4 Plot 403 -E-	Rep 5 Plot 503 -B-	Rep 6 Plot 603 -E-	Rep 7 Plot 703 -H-
Rep 1 Plot 104 -D-	Rep 2 Plot 204 -E-	Rep 3 Plot 304 -A-	Rep 4 Plot 404 -F-	Rep 5 Plot 504 -G-	Rep 6 Plot 604 -G-	Rep 7 Plot 704 -G-
Rep 1 Plot 105 -F-	Rep 2 Plot 205 -G-	Rep 3 Plot 305 -D-	Rep 4 Plot 405 -B-	Rep 5 Plot 505 -D-	Rep 6 Plot 605 -C-	Rep 7 Plot 705 -E-
Rep 1 Plot 106 -H-	Rep 2 Plot 206 -C-	Rep 3 Plot 306 -C-	Rep 4 Plot 406 -D-	Rep 5 Plot 506 -A-	Rep 6 Plot 606 -A-	Rep 7 Plot 706 -C-
Rep 1 Plot 107 -C-	Rep 2 Plot 207 -B-	Rep 3 Plot 307 -E-	Rep 4 Plot 407 -G-	Rep 5 Plot 507 -F-	Rep 6 Plot 607 -D-	Rep 7 Plot 707 -F-
Rep 1 Plot 108 -G-	Rep 2 Plot 208 -F-	Rep 3 Plot 308 -G-	Rep 4 Plot 408 -A-	Rep 5 Plot 508 -C-	Rep 6 Plot 608 -B-	Rep 7 Plot 708 -D-

Sud
|
Nord

Traitements

A=témoin 1
B=coupé fév.
C=coupé mars
D=coupé avril
E=témoin 2
F=coupé nov.
G=soil saver
H=incorporé

Taille de la
parcelle: 10
lignes de 20
mètres.



ANNEXE II

Effets de l'azote sur les populations du borer de tige

Dispositif: carré latin 6 x 6

Rep 1 Plot 106 -A-	Rep 2 Plot 206 -F-	Rep 3 Plot 306 -B-	Rep 4 Plot 406 -C-	Rep 5 Plot 506 -D-	Rep 6 Plot 606 -A-
Rep 1 Plot 105 -C-	Rep 2 Plot 205 -D-	Rep 3 Plot 305 -E-	Rep 4 Plot 405 -B-	Rep 5 Plot 505 -A-	Rep 6 Plot 605 -F-
Rep 1 Plot 104 -E-	Rep 2 Plot 204 -B-	Rep 3 Plot 304 -F-	Rep 4 Plot 404 -D-	Rep 5 Plot 504 -C-	Rep 6 Plot 604 -A-
Rep 1 Plot 103 -B-	Rep 2 Plot 203 -A-	Rep 3 Plot 303 -C-	Rep 4 Plot 403 -E-	Rep 5 Plot 503 -F-	Rep 6 Plot 603 -D-
Rep 1 Plot 102 -D-	Rep 2 Plot 202 -C-	Rep 3 Plot 302 -A-	Rep 4 Plot 402 -F-	Rep 5 Plot 502 -E-	Rep 6 Plot 602 -B-
Rep 1 Plot 101 -F-	Rep 2 Plot 201 -E-	Rep 3 Plot 301 -D-	Rep 4 Plot 401 -A-	Rep 5 Plot 501 -B-	Rep 6 Plot 601 -C-

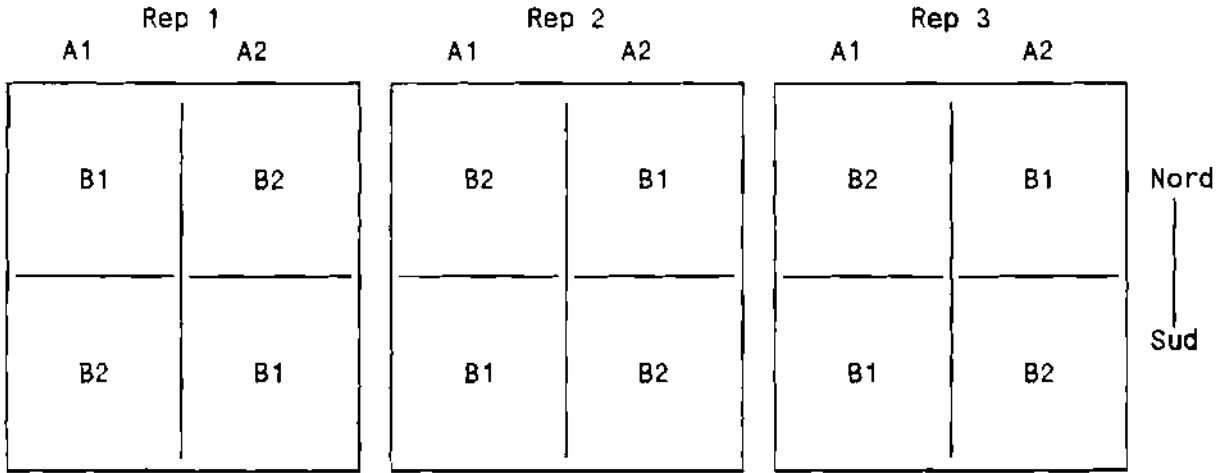
Traitements:

A: 15 kg N₂/ha
 B: 30 kg N₂/ha
 C: 45 kg N₂/ha
 D: 60 kg N₂/ha
 E: 75 kg N₂/ha
 F: 90 kg N₂/ha

Nord ← ————— → Sud

ANNEXE III

Effets du phosphore sur les populations du borer de mil

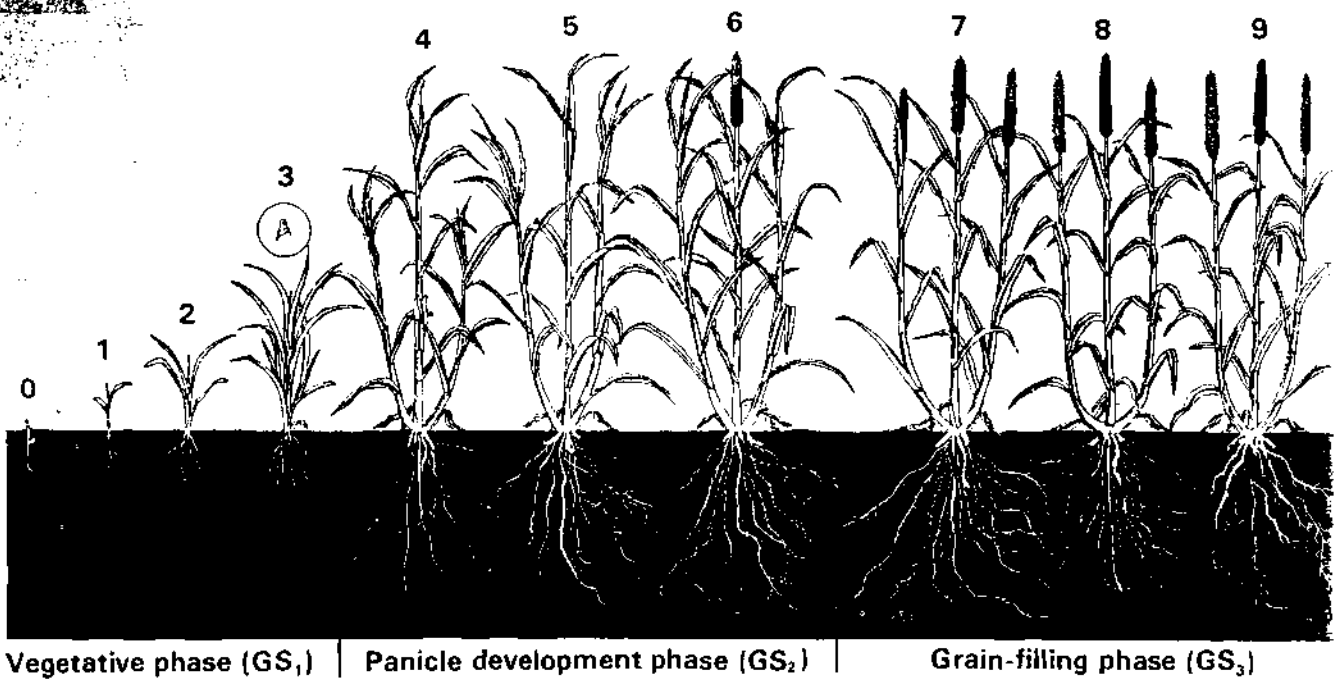


Dispositif: split plot à 3 répétitions

Traitements:

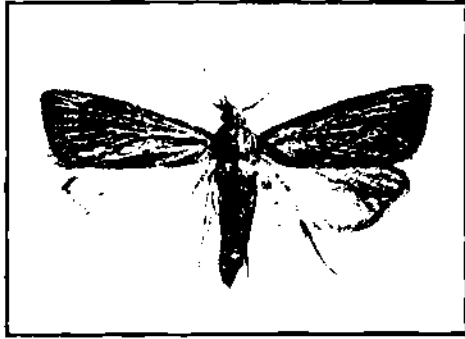
Facteur principal (A) phosphore: A1 = 10 kg P₂₀₅/ha
A2 = 40 kg P₂₀₅/ha

Facteur secondaire (B) azote : B1 = 15 kg N₂/ha
B2 = 45 kg N₂/ha

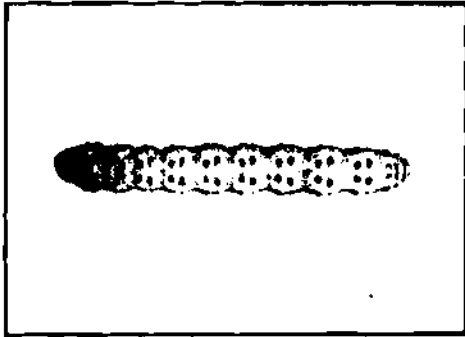


Vegetative phase (GS₁) | Panicle development phase (GS₂) | Grain-filling phase (GS₃)

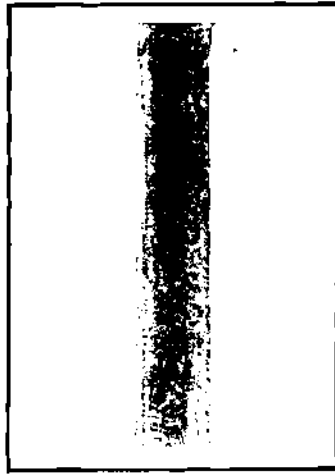
Planche 1 : Diagramme schématique des principales phases de développement du mil.



Borer des tiges adulte (2X).



Larve du borer des tiges (2,5X).



Galerie creusée par une larve du borer des tiges (0,8X).

Planche 2 : Photos d'une adulte, d'une larve et des dégâts du borer de tige.

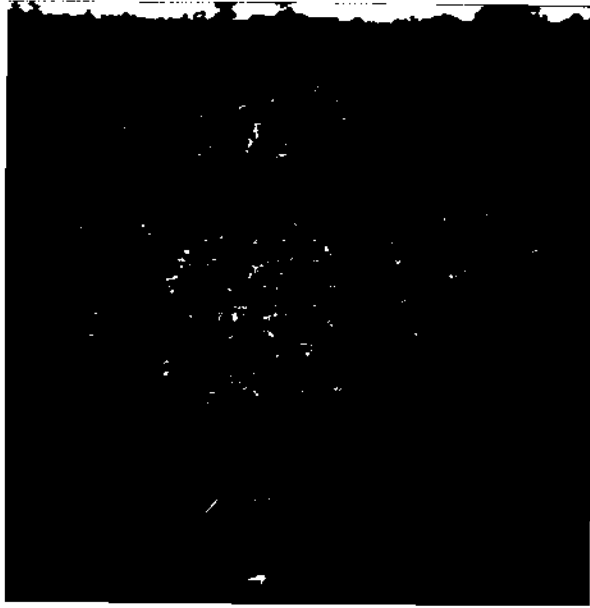
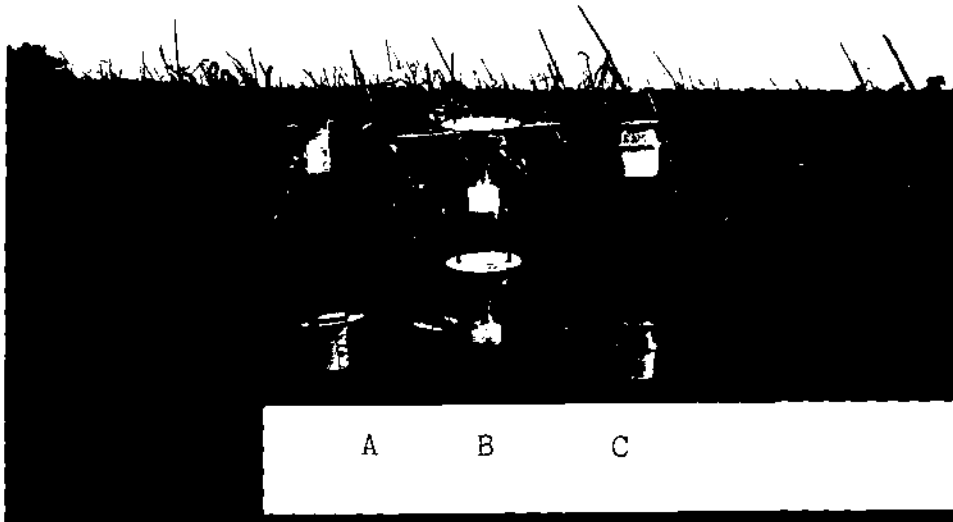


Planche 3 : Vue du matériel infestant à deux stades différents du développement du mil (tallage et fructification).



- : pièges anglais
- : piège à entonnoire jaune (fabrication locale)
- : système internationale de piège à phéromone



Pièges à entonnoire jaune avec différentes hauteurs.

Planche 4 : différents systèmes de pièges.



Planche 5 : Mouvement des mâles du borer de maïs attirés par des phéromones fixées à deux systèmes différents de pièges.