

Estimation des pertes de production dues aux ravageurs du cotonnier au Tchad

P. Silvie (1) et E. Gozé (2)

(1) Entomologiste, Station IRCT, BP 1 Anié, Togo.

(2) Agronome-biométricien, IRCT, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

Résumé

Les pertes de production dues aux ravageurs de la culture cotonnière sont estimées sur les stations de Tikem et Bébedjia (Tchad) à l'aide d'un dispositif de parcelles à plusieurs niveaux de protection phytosanitaire, dans d'excellentes conditions culturales. En moyenne, ces pertes en l'absence de protection insecticide sont évaluées à 50 % de la production potentielle. On ne note pas de corrélation entre les niveaux annuels des populations de chenilles des principaux ravageurs et les pertes de production. Un modèle régressif permettant d'estimer le gain apporté par le

programme recommandé a été établi, en faisant intervenir les paramètres dates de semis et nature des produits appliqués. L'application du programme de protection recommandé permet de réaliser en moyenne 75 % de la production potentielle. Mais les calculs précisant l'intérêt économique d'un tel programme doivent être faits en tenant compte des conditions culturales pratiquées en milieu réel, conditions souvent très éloignées de celles des centres d'expérimentation.

MOTS-CLES : ravageurs, cotonnier, pertes, modèle, Tchad.

Introduction

La culture cotonnière est une culture de rente d'importance capitale dans l'économie du Tchad. Ainsi en 1987, un peu plus de 148 000 ha ont été semés dont 68 000 (46 %) protégés à l'aide de la technique de pulvérisation Ultra Bas Volume (UBV). Une production de 127 796 t de coton-graine a été réalisée en 1987 (source CFDT)⁽¹⁾.

Les caractéristiques du complexe des déprédateurs de la culture cotonnière au Tchad ont été décrites par GALICHET (1957) et COUILLOUD (1964, 1965). Plus récemment, DEGUINE et SILVIE (1988) ont rappelé les grandes lignes du facies parasitaire rencontré et les modalités de la protection. SILVIE *et al.* (1989) ont établi la liste des ravageurs et de leurs ennemis naturels recensés dans ce pays.

Les ravageurs majeurs actuels sont surtout représentés par les espèces de lépidoptères Noctuidae à chenilles se nourrissant d'organes fructifères : *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *armigera* (Hübner), *Diparopsis watersi* (Rothschild). De plus, ces dernières années, des infestations importantes de pucerons ont été observées.

La plante peut donc être attaquée à tous les stades de son développement par des insectes à comportements alimentaires très différents. Aux dégâts quantitatifs directement mesurables, occasionnés par les prélèvements de feuilles ou la destruction totale d'organes fructifères s'ajoutent les dégâts trophiques des insectes piqueurs-suceurs, agents vecteurs potentiels de viroses («maladie bleue» et «mosaïques»). Les piqûres d'hétéroptères ou l'attaque partielle des capsules par des chenilles peuvent entraîner la souillure de la fibre ou le développement de pourritures internes.

D'autres dégâts peuvent être le fait d'insectes producteurs de miellats (COUILLOUD, 1986) qui rejettent ces substances sucrées sur les fibres, après ouverture des capsules. Les problèmes se manifestent, alors, au moment du traitement de la fibre, entraînant une diminution de valeur marchande de celle-ci.

La connaissance de l'importance des pertes dues à ces différents ravageurs est nécessaire pour évaluer l'intérêt et l'efficacité des programmes de protection phytosanitaire vulgarisés.

(1) CFDT : Compagnie française pour le développement des fibres textiles.



Plusieurs types d'expérimentation ont été réalisés dans les pays d'implantation de l'IRCT afin d'essayer d'estimer la part des pertes dues à un ravageur (ou à un groupe de ravageurs) : simulation de dégâts, traitements spécifiques contre le ravageur ou le groupe de ravageurs concerné (parcelles filtres). L'estimation globale des pertes de production a fait l'objet d'essais comprenant des parcelles protégées de diverses manières. Au Tchad, depuis 1962,

les entomologistes ont mis en place dans les stations de recherche de Tikem, jusqu'en 1966, et de Bébedjia, jusqu'à ce jour, des parcelles à 3 niveaux de protection chimique. A l'extérieur de ces stations, les données sont quasi-inexistantes jusqu'en 1987.

Le but de cette note est de présenter et d'analyser les principaux résultats obtenus depuis 1962 sur les stations.

Matériel et méthodes

Dispositif

Le dispositif adopté est décrit par DELATTRE et LE GALL (1982). Il comprend 3 objets: NT = non traité, ST = protection standard, identique au programme vulgarisé l'année considérée, et PF = protection «plafond» ou subtotale. Ces objets sont répétés 2 fois, selon une disposition systématique en double escalier (fig. 1). Les six parcelles de 20 à 30 lignes de 20m sont disposées linéairement, en bordure de bloc de culture. Chaque année l'emplacement de l'essai varie en un lieu donné, comme celle du bloc de culture, en liaison avec les multiplications variétales de la section de génétique.

Cet arrangement des parcelles est choisi afin d'estimer l'importance des dégâts potentiels dus aux ravageurs. La dimension des parcelles doit permettre d'atténuer le phénomène de «protection d'ambiance» habituellement rencontré dans les essais de comparaison de matières actives ou de programmes de traitement. La disposition non aléatoire des parcelles permet de regrouper au centre du dispositif les deux parcelles «plafond» (PF), afin de créer un effet de masse suffisant pour estimer le plus exactement possible le potentiel de production en protection subtotale.

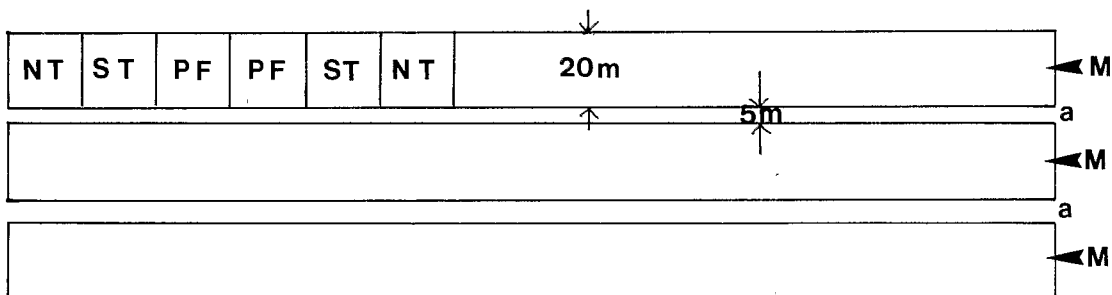


Figure 1

Emplacement des parcelles à 3 niveaux de protection en bordure du bloc de multiplication à Bébedjia (Tchad)

M : bandes de cultures

a : allées

Positions of the plots with 3 levels of protection at the end of the multiplication block in Bébedjia (Chad).

M: crop strips

a: paths

Techniques culturales

Les tableaux 1 et 2 précisent, lorsque les données ont été retrouvées, les variétés utilisées au cours des années, ainsi que les dates de semis des parcelles, les écartements, les modalités d'apport et le type de fumure, la nature des insecticides appliqués et le nombre de traitements réalisés. En 1979, il n'y a pas eu d'expérimentation. Selon les années, les dates de semis varient du 31 mai au 23 juin.

Fertilisation

Les soles cultivées de 1962 à 1972 ont reçu des quantités importantes de fumure organique (10 à 20 t de fumier/ha). L'engrais NPKSB est mis en place à partir de 1970, suivi ou non d'urée.

TABLEAU 1

Variétés cultivées, dates de semis, écartements et fertilisation apportée dans les parcelles à 3 niveaux de protection.
Varieties cultivated, sowing dates, spacing and fertilization applied in the plots with 3 levels of protection.

Station	Variété cultivée	Date de semis	Ecartements	Fertilisation kg/ha
Tikem				
1962	Allen 333	18/6	1,0 x 0,33m	Fumier (10 t/ha) + engrais
1963	Allen 333	12/6	1,0 x 0,33m	Fumier + engrais
1964	Allen 333	20/6	1,0 x 0,33m	Fumier(20 t/ha)+SA(150)+TS(150)
1965	HG9	19/6	1,0 x 0,33m	Fumier(20 t/ha)+SA(150)+TS(150)
1966	HG9	12/6	1,0 x 0,33m	Engrais
Bébedjia				
1962	Allen 151	14/6	-	Fumier (10 t/ha) + SA (100)
1963	P14-T129	11/6	0,9 x 0,35m	Fumier (15 t/ha) + SA (180)
1964	P14-T129	11/6	0,9 x 0,33m	Fumier (17,7 t/ha) + SA (200)
1965	P14-T129	10/6	0,9 x 0,33m	Fumier (15 t/ha) + SA (200)
1966	BJA 592	14/6	-	Fumier (20 t/ha) + SA (150)
1967	BJA 592	5/6	1,0 x 0,25m	Fumier (10 t/ha) + engrais NSP*(200)
1968	BJA 592	12/6	1,0 x 0,25m	Fumier (10 t/ha) + engrais NSP*(200)
1969	BJA 592	-	1,0 x 0,25m	Fumier (10 t/ha)+PB(100)+CP(50) et SA (150)+TS(100) + urée(100)
1970	HG 9	-	1,0 x 0,25m	Fumier(10 t/ha)+SP(100)+TS(100) + borax (2) + urée (100) + SA (200)
1971	HG 9	14/6	1,0 x 0,35m	Fumier (10 t/ha) + engrais (209) + SA (117)
1972	HG 9	8/6	1,0 x 0,33m	Fumier (10 t/ha) + NPKSB(200) + urée (100)
1973	-	-	-	-
1974	-	10/6	-	Engrais NPKSB (100) + SP (50) + boracine (3) + engrais (100)
1975	Y 1422	10/6	1,0 x 0,25m	Engrais NPK (200+80+50)
1976	Y 1422	8/6	1,0 x 0,25m	Engrais (200+80)
1977	Y 1422	5/6	1,0 x 0,25m	Engrais vulgarisé
1978	Y 1422	5/6	1,0 x 0,25m	Engrais NPKSB* (3fois 100)
1980	SR1 F4	11/6	1,0 x 0,25m	Engrais (100 + 150)
1981	MK 73	31/5	1,0 x 0,25m	Eng. NPKSB (100+150) + urée (50)
1982	SR1 F4	2/6	1,0 x 0,25m	Engrais NPKSB (200) + urée (50)
1983	SR1 F4	23/6	1,0 x 0,25m	Engrais + urée
1984	K 14	5/6	1,0 x 0,25m	Engrais NPKSB** (100)
1985	MK 73	5/6	1,0 x 0,25m	Engrais NPKSB (150) + urée (50)
1986	Q 70	16/6	1,0 x 0,25m	Engrais NPKSB (100 + 100)
1987	IRMA 1243	/6	1,0 x 0,25m	Engrais NPKSB (200) + urée (50)

Légendes :

SA : sulfate d'ammoniaque
 PB : phosphate bicalcique
 CP : chlorure de potasse
 TS : triple super
 SP : sulfate de potassium

NSP* : (20,8 - 14,4 - 20,8)
 NPKSB* : (21 - 12 - 18 - 5 - 2)
 NPKSB** : (19 - 12 - 19 - 5 - 1)
 - : donnée manquante

Key:

SA: ammonium sulphate
 PB: dicalcium phosphate
 CP: potassium chloride
 TS: triple super
 SP: potassium sulphate

NSP*: (20,8 - 14,4 - 20,8)

NPKSB*: (21 - 12 - 18 - 5 - 2)

NPKSB**: (19 - 12 - 19 - 5 - 1)

-: data not available

TABLEAU 2

Nature des insecticides employés et nombre de traitements reçus par les parcelles «standard» (ST) et «plafond» (PF).
Types of insecticides used and the number of sprayings of "standard" (ST) and "subtotal treatment" (PF) plots.

Station	Matières actives employées en g/ha/traitement	Nombre de traitements	
		Parcelles ST	Parcelles PF
Tikem			
1962	-	5	2/semaine
1963	-	6	1/5 jours
1964	endrine	5	1/5 jours
1965	-	5	-
1966	-	6	13
Bébedjia			
1962	-	5	28
1963	-	5	46
1964	endrine	5	39
1965	endrine - DDT 300-900	5	30
1966	endrine - DDT 300-900	5	30
1967	endrine - DDT 300-900	8	32
1968	endrine - DDT 300-900	5	26
1969	endrine - DDT 300-900	5	27
1970	-	5	-
1971	endosulfan-DDT-méthyl parathion (= péprothion) 600-600-300	6	23
1972	péprothion 600-600-300	6	28
1973	-	6	26
1974	péprothion 510-510-255	6	25
1975	-	6	27
1976	-	6	2/semaine
1977	-	6	15
1978	péprothion 600-600-300	6	15
1980	péprothion 600-600-300	6	13
1981	deltaméthrine	6	12
1982	cyperméthrine 36	6	13
1983	ST = cyperméthrine 36 PF = cyperméthrine-triazophos 30-250 (6 traitements) + cyperméthrine-pyrimicarbe 30-100 (5 traitements)	6	11
1984	ST = deltaméthrine-triazophos 10-250 (3 traitements) + deltaméthrine-diméthoate 10-300 (3 traitements) PF = mêmes insecticides mais 7+7 traitements	6	14
1985	ST = cyperméthrine-diméthoate 36-300 PF = cyperméthrine-triazophos -diméthoate 36-250-150	5	14
1986	idem - 1985	6	14
1987	idem - 1985	6	14

Protection phytosanitaire

Dans le dispositif retenu, les deux parcelles extrêmes non traitées (NT) ne reçoivent pas de protection particulière, les deux parcelles centrales reçoivent une protection intense, dite «plafond» (parcelles PF). Dans ce cas, le premier traitement a lieu le plus souvent le 30e jour après la levée et la cadence de traitements est hebdomadaire ou bihebdomadaire, selon les années. Les deux parcelles intermédiaires sont protégées par des traitements respectant le calendrier standard recommandé (parcelles ST). Ce calendrier est élaboré d'après les résultats des expérimentations réalisées au cours de nombreuses années et portant sur le nombre et la date des traitements, ainsi que le choix des matières actives les plus efficaces contre le spectre de ravageurs décrit. Ainsi, le premier traitement a lieu le 45e jour après la levée et les traitements suivants sont espacés de 14 jours. Le nombre de traitements a varié de 5 à 6, exceptionnellement 8 en 1967 (tableau 2). La nature des produits appliqués au champ a évolué en fonction des découvertes de nouvelles molécules à activité insecticide reconnue vis-à-vis des déprédateurs du cotonnier.

Les insecticides employés (émulsions concentrées) au cours des premières années font partie de la famille des organo-chlorés: endrine, seule puis associée au D.D.T. aux doses de 300-900 g de matière active par hectare et par traitement, de 1965 à 1970. Le mélange ternaire D.D.T.-endosulfan- méthyl-parathion est ensuite utilisé jusqu'en 1980. Les pyréthriinoïdes de synthèse sont employés dans le dispositif en 1981, d'abord seuls puis associés à 1 ou 2 organo-phosphorés dans le cas des parcelles «standard» et «plafond» respectivement. La nature des insecticides employés successivement dans les essais a donc évolué de la même façon que celle des produits vulgarisés (DEGUINE, 1988).

Le matériel de traitement a été le plus souvent constitué de pulvérisateurs à dos à pression entretenue (type Berthoud Cosmos C18), équipé d'une rampe horizontale à 4 buses permettant de traiter 2 lignes de cotonniers par passage. En 1975 et 1978, un tracteur enjambeur (Derot Tecnomat) équipé d'une rampe horizontale traitant 8 lignes par passage a été employé. Il n'y a jamais eu d'application avec la technique de pulvérisation UBV. Les volumes de bouillie épandue étaient de l'ordre de 80 l par hectare avec les appareils à dos et 200 l/ha avec le tracteur.

Entretien

Des sarclages et un buttage ont été effectués dès que nécessaire.

Méthodes d'analyse

Evaluation des rendements et analyse des résultats

Les rendements obtenus avec chaque type de protection sont calculés en faisant la moyenne des productions des

deux parcelles, après pesée de 4 à 16 lignes centrales, selon les années.

Les pertes de production absolues sont définies comme la différence (PF - NT), les pertes de production relatives par le rapport $(100 \times (PF - NT)/PF)$, l'efficacité du programme recommandé est appréciée par le rapport des productions des parcelles ST et PF $(ST/PF \times 100)$, tandis que la différence (ST - NT) est appelée «gain apporté par le programme recommandé», ou plus simplement «gain».

Corrélations entre différentes variables

Nous n'avons pas réalisé de corrélation comme celles présentées par JOLY (1980) au Bénin ou VAISSAYRE *et al.* (1984) en Côte d'Ivoire.

Dans un premier temps, une corrélation simple a été recherchée entre les pertes de production absolues (PF-NT) ou relatives $(100 \times (PF-NT)/PF)$ et le niveau annuel des populations des espèces suivantes de chenilles des organes fructifères : *H. armigera*, *D. watersi*, *Earias* spp. (les deux espèces n'ont pas été différenciées) et *Pectinophora gossypiella* (Saunders). Ce niveau annuel est exprimé par le cumul du nombre de chenilles de chaque espèce observées sur les parcelles NT lors des 11 premières semaines (une observation est prise en compte par semaine).

TABLEAU 3
Nombre cumulé de chenilles de *H. armigera*, *D. watersi*, *Earias* spp. et *P. gossypiella* recensées par hectare à Tikem et Bébedjia, lors des 11 premières observations. *Cumulated numbers of larvae of H. armigera, D. watersi, Earias spp. and P. gossypiella counted per hectare in Tikem and Bébedjia during the first 11 observations.*

Années	Tikem	Bébedjia
1962	243 200	65 500
1963	137 600	68 110
1964	73 200	132 940
1965	100 000	121 904
1966	32 875	12 800
1967		15 600
1968		11 400
1969		15 950
1970		8 200
1971		20 850
1972		57 250
1975		46 000
1976		13 000
1977		118 400
1978		223 500
1980		122 500
1981		65 000
1982		40 500
1983		42 000
1984		74 500
1985		79 500
1986		74 574
1987		79 572

Les nombres annuels de chenilles comptabilisées, exprimés pour une unité de surface égale à un hectare, figurent dans le tableau 3. Les données des années 1973 et 1974 n'ont pas été retrouvées, 28 observations ont donc participé à l'analyse.

Régression

Une régression multiple a ensuite été faite avec pour

variable à expliquer (ST - NT), représentant le gain apporté (en kg/ha) par le programme de protection recommandé par rapport au témoin non traité, et pour variables explicatives PF (production des parcelles «plafond»), la date de semis, la nature des produits employés (pyréthrinoïdes ou autres matières actives) et le niveau annuel des populations de chenilles. 26 observations seulement ont participé à l'analyse, car la date de semis manquait pour les années 1969 et 1970.

Résultats

La production totale de coton-graine obtenue avec chaque type de protection est donnée dans le tableau 4, ainsi que les moyennes pluriannuelles calculées à Tikem et Bébedjia.

Production des parcelles

La moyenne pluriannuelle de la production de coton-graine des parcelles «plafond» est de 2 606 kg/ha à Tikem (extrêmes : 2 189 - 2 954) et de 2 663 kg/ha à Bébedjia (extrêmes : 1 700 - 3 412). De forts rendements sont obtenus dans ce dernier lieu, même en l'absence d'apport de fumure organique. Ainsi, une moyenne pluriannuelle de 2 743 kg/ha est obtenue sur les parcelles PF lorsque 10 ou 20 t de fumier sont épandues par hectare; cette moyenne est encore de 2 584 kg/ha dans le cas d'un apport de fumure sous la seule forme d'engrais (années 1974 à 1987).

Les moyennes pluriannuelles de production, obtenues sous protection à base d'organo-chlorés ou de pyréthrinoïdes sont les suivantes:

Traitements avec organochlorés (ou mélange Péprothion)
Parcelles «standard» : 2 166 kg/ha
Parcelles «plafond» : 2 633 kg/ha

Traitements avec pyréthrinoïdes
Parcelles «standard» : 2 466 kg/ha
Parcelles «plafond» : 2 740 kg/ha

Avec l'emploi des pyréthrinoïdes, on peut noter une augmentation de 300 kg/ha de la production des parcelles «standard», mais de 100 kg/ha seulement dans le cas des parcelles «plafond».

A Tikem, en 1962 et 1964, les parcelles non traitées produisent un peu plus que les parcelles «standard». Les données des rapports annuels font état d'accumulation d'eau dans les parcelles «standard» en 1962 et d'une forte attaque de chenilles phyllophages de l'espèce *Cosmophila flava* (Fabricius) en 1964.

A Bébedjia, certaines années (1977, 1982, 1983, 1986), la production des parcelles «standard» est supérieure à celle des parcelles «plafond».

Le tableau 5 présente les valeurs moyennes de production des trois types de parcelles en fonction des dates de semis. Les dates de semis précoces (31/5 au 5/6) déterminent une moyenne plus faible des parcelles non traitées, à l'inverse des niveaux atteints par les parcelles protégées.

Pertes de production et efficacité du programme recommandé

Variations dans le temps

A Tikem, en 1962, la perte sur les parcelles non traitées représente seulement 20 % de la production des parcelles «plafond» (figure 2); les autres années, ce pourcentage est au moins égal à 50 %. A Bébedjia, les 60 % de pertes sont dépassés 10 années sur les 25 années observées; l'écart relatif aux parcelles «plafond» dépasse même 80 % en 1966, 1967, 1974 et 1984; les autres années, il varie entre 23 % et 50 %.

L'efficacité du programme recommandé est représentée par la figure 3. A Tikem, la production des parcelles «standard» varie entre 50 et 75 % de celle des parcelles «plafond». A Bébedjia, ce pourcentage est voisin de 75 %, pour 21 années sur les 25 observées.

Analyse des corrélations

Les valeurs des coefficients de corrélation calculés dans le cas des couples de variables (pertes absolues de production, niveaux de ravageurs) et (pertes relatives de production, niveaux de ravageurs) sont de -0,189 et -0,142 respectivement. Aucune relation particulière n'est donc mise en évidence entre ces variables.

Modèle régressif du gain

En revanche, la régression multiple prenant en compte à la fois les variables date de semis (codée en décades), nature des produits appliqués (pyréthrinoïde ou autres), potentiel de production et niveau annuel des populations larvaires rend compte d'une part significative des variations du gain. Toutefois, ces deux dernières variables n'ont pas d'influence individuelle significative (au risque $\alpha = 5\%$). Leur élimination conduit au modèle suivant :

$$G = 1\,275 - 40,7 X + 750 Y$$

TABLEAU 4

Rendements obtenus avec chaque type de protection (exprimés en kg de coton-graine par hectare).

Yields with each type of protection (in kg of seed cotton per hectare).

Station	Non Traité (NT)	Standard (ST)	Plafond (PF)
Tikem			
1962	1 813	1 720	2 270
1963	1 511	1 951	2 954
1964	1 554	1 513	2 943
1965	920	1 165	2 189
1966	979	1 980	2 673
moyenne pluriannelle	1 355	1 666	2 606
Bébedjia			
1962	1 165	1 760	1 844
1963	1 524	1 964	2 590
1964	1 723	2 434	2 996
1965	734	2 177	2 712
1966	282	946	2 377
1967	754	2 492	3 432
1968	1 695	2 646	2 955
1969	1 283	2 708	3 412
1970	2 116	2 475	2 743
1971	1 319	2 286	2 503
1972	1 623	2 471	2 611
1973	1 567	2 470	2 806
1974	591	2 027	2 782
1975	1 683	2 448	2 604
1976	1 243	1 498	1 700
1977	1 110	2 172	2 070
1978	896	1 379	2 174
1980	1 647	2 641	3 085
1981	761	1 853	2 727
1982	1 510	3 450	3 010
1983	997	2 567	2 549
1984	88	2 160	3 080
1985	954	2 491	3 216
1986	1 112	2 497	1 974
1987	727	2 249	2 624
moyenne pluriannelle	1 164	2 250	2 663

TABLEAU 5

Moyennes des productions de coton-graine obtenues sur les 3 types de parcelles, en fonction des dates de semis.

Average seed cotton yields from the 3 types of plot according to sowing date.

Dates de semis	Nombre d'années	Rendements moyens (kg/ha)		
		NT	ST	PF
31/5 au 5/6	7	867	2 285	2 816
6/6 au 10/6	5	1 175	2 124	2 482
11/6 au 13/6	10	1 257	2 086	2 660
16/6 au 20/6	4	1 350	1 724	2 344

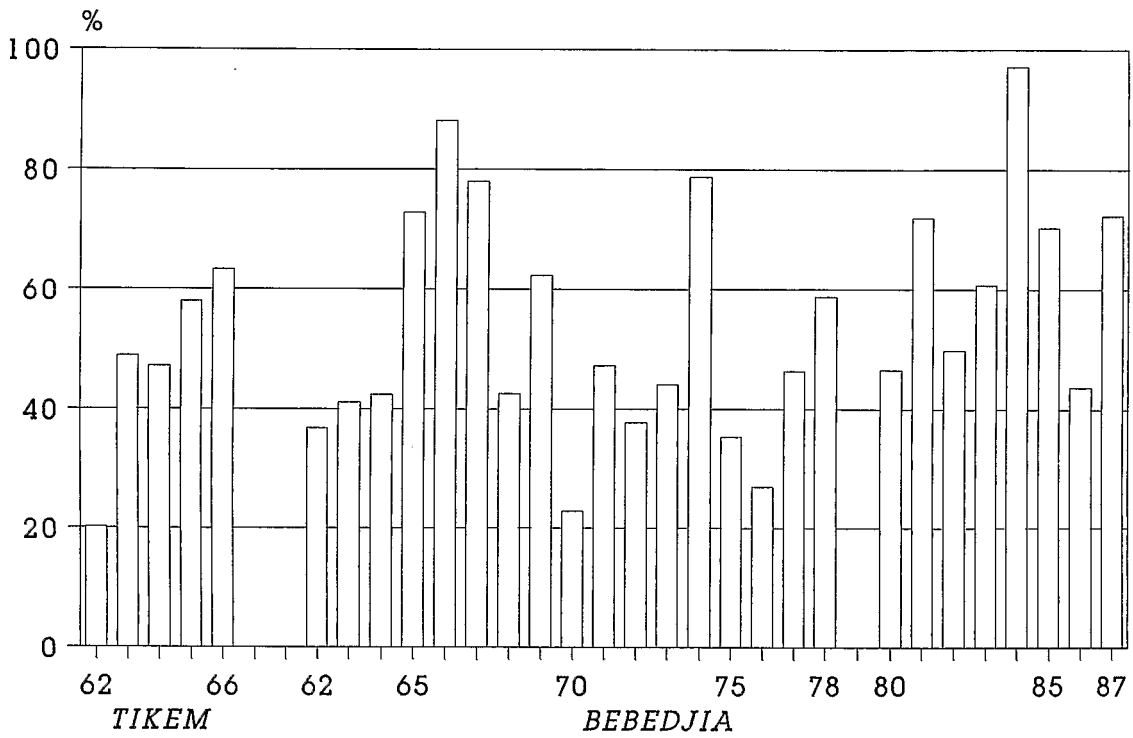


Figure 2
Estimation annuelle des pertes de production : $100 \times (PF - NT)/PF$.
Annual estimate of relative production loss: $100 \times (PF - NT)/PF$.

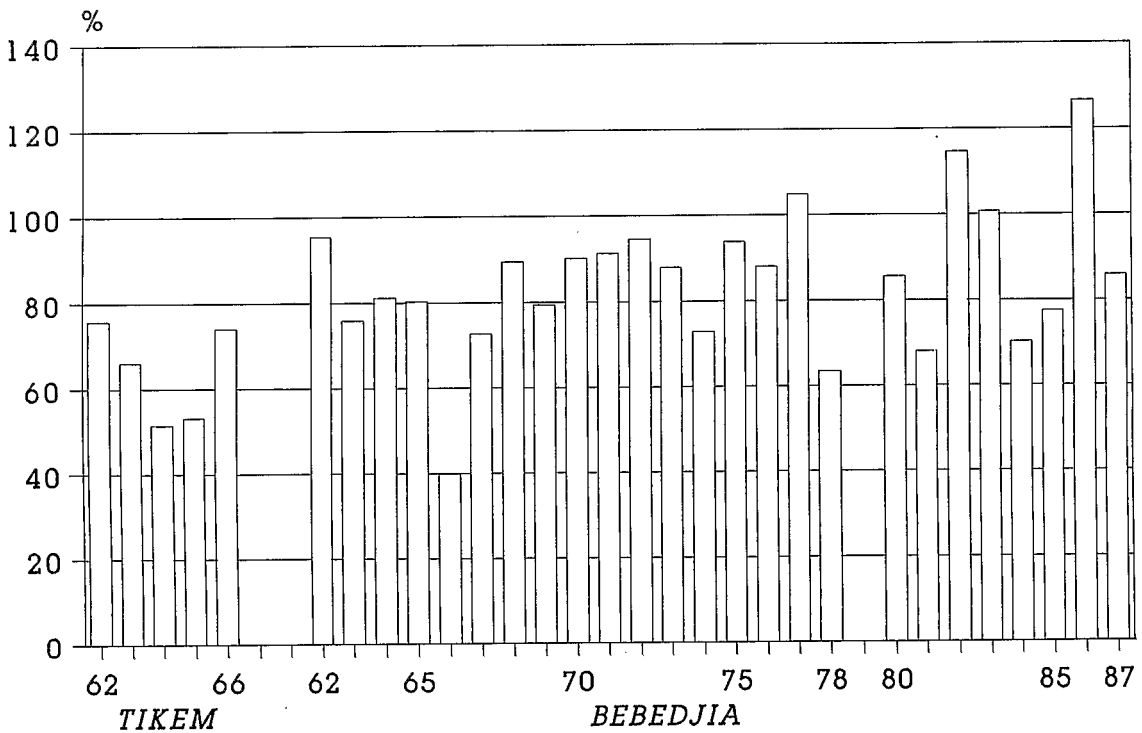


Figure 3
Evaluation de l'efficacité de la protection apportée par le programme recommandé : $100 \times ST/PF$.
Evaluation of the effectiveness of the protection provided by the recommended programme: $100 \times ST/PF$.

avec G = gain apporté (ST - NT) en kg/ha
 X = date de semis (en jours après le 29 mai)
 Y = 1 si le produit appliqué est un pyrèthrianoïde (seul ou associé)
 0 dans les autres cas.

Le tableau 6 donne l'analyse de variance correspondante. Dans le tableau 7, on vérifie que chaque paramètre est significativement différent de 0. La figure 5 représente le nuage de points ayant comme abscisses les valeurs de gain apporté, calculées d'après le modèle (G) et comme ordonnées les valeurs observées correspondantes. L'image obtenue donne une idée sur la validité du modèle retenu.

En calculant d'après le tableau 7 des intervalles de confiance à 95%, on peut estimer à 41 ± 30 kg/ha la baisse de gain par jour de retard de semis après le 29 mai, et à 750 ± 368 kg/ha le supplément de gain survenu, suite à l'emploi des pyrèthrianoïdes. Il convient cependant de tempérer cette dernière affirmation: en effet, l'arrivée des pyrèthrianoïdes en 1981 (dans les essais étudiés ici) fait suite à une augmentation du gain (ST - NT) importante entre 1962 et 1970, suivie d'une diminution entre 1971 et 1980 (fig. 4). Ce supplément de 750 kg/ha ne peut donc pas être attribué seulement à l'usage des pyrèthrianoïdes. On peut notamment remarquer qu'après 1971, on sème plus tôt qu'avant.

TABLEAU 6

Régression du gain (ST-NT) sur la date de semis et la nature des produits employés : analyse de variance.

Regression of the gain (ST-NT) using the sowing date and the type of products used: analysis of variance.

Source de Variation	ddl	Sommes de carrés	Carrés moyens	F	Probabilité de dépassement de F sous H ₀
Modèle	2	4914765	2457382	15,52	0,0001
Erreur	24	3800035	158334		
Total	26	8714801			

Ecart-type résiduel : 398,0 kg/ha ; R^2 : 0,5640 ; C.V. : 41 %
Residual standard deviation: 398.0 kg/ha ; R^2 : 0.5640 ; C.V. : 41 %.

TABLEAU 7

Estimations des paramètres.

Parameter estimates.

Variable	ddl	Estimation du paramètre B	Ecart-type	Statistique t testant B=0	Proba. de dépassement de t quand B=0
Terme constant	1	1275	210	6,076	0,0001
Date de semis	1	- 40,7	14,6	- 2,786	0,0103
Nature des mat. actives	1	750,0	178	4,216	0,0003

Corrélation entre les estimations des paramètres : 0,188.
Correlation between parameter estimates: 0.188.

Discussion

Production des parcelles et pertes de production

Les pertes relatives de production définies ici peuvent être très différentes d'une année à l'autre. En moyenne, le rapport $[(PF - NT)/PF] \times 100$ est égal à 48,0 % à Tikem et 56,3 % à Bébedjia.

COAKER (1960), en Ouganda, a mis en évidence une corrélation entre le nombre de chenilles de *H. armigera* et *Earias* sp. et le nombre de boutons ou capsules troués.

Mais cet auteur n'observe pas de corrélation entre les nombres de ravageurs et les rendements obtenus, ce qu'il explique par la «grande variation des rendements entre lieux et années». Comme cet auteur, nous n'avons pas pu établir de relations directes entre les pertes de production, tant absolues que relatives, et les niveaux annuels des populations de chenilles. Cela suggère que d'autres facteurs interviennent également de façon importante dans l'expérimentation.

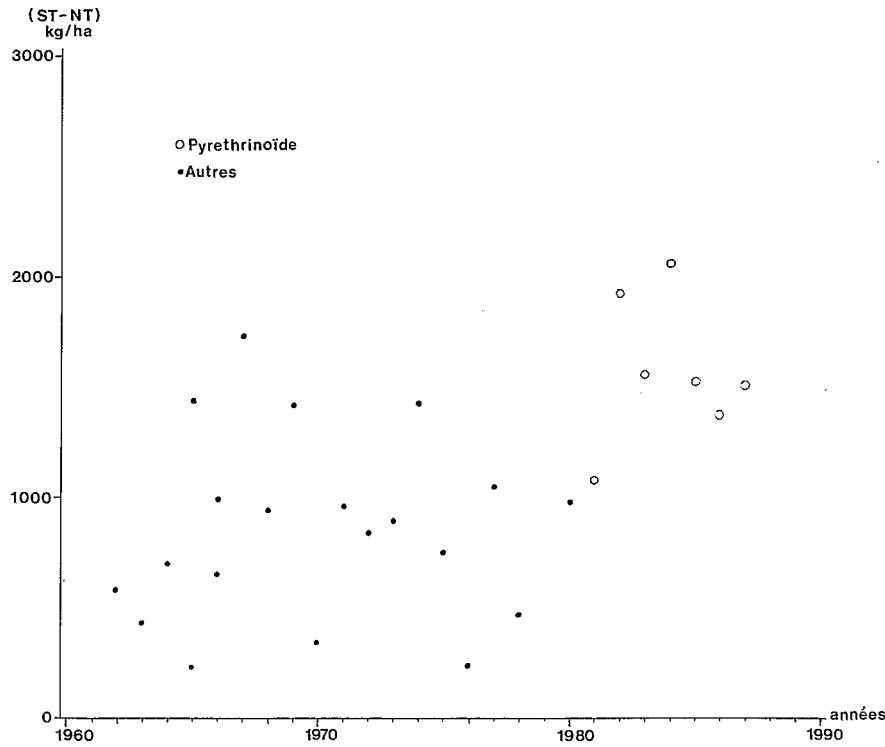


Figure 4

Gain apporté par le programme de protection recommandé, en fonction de l'année et de la nature des produits appliqués : pyréthrinoides (seuls ou associés) ou autres matières actives.
Gain resulting from the recommended protection programme according to the year and the type of substance applied: pyrethroids (alone or mixed) or other active ingredients.

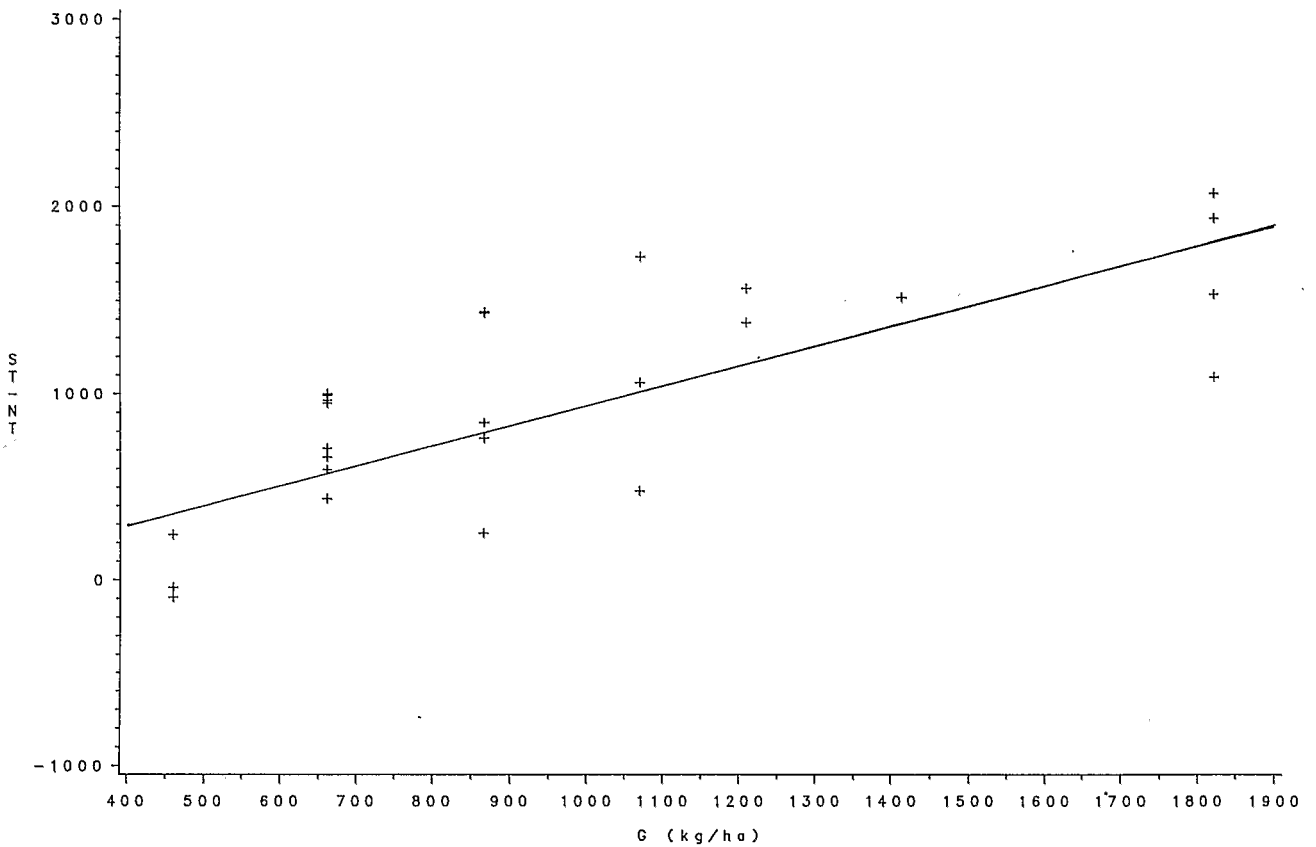


Figure 5

Gain apporté observé en fonction du gain apporté estimé d'après le modèle retenu (G).
Gain according to the estimated gain according to the model (G).

Un modèle a pu être proposé, dans lequel interviennent la date de semis, et la nature des produits appliqués comme variables explicatives de la variable «gain apporté par le programme recommandé». Ce modèle ne concerne cependant pas directement les pertes de production telles que nous les avons définies. Le niveau annuel des populations larvaires, tel qu'il a été défini, n'a pas d'influence significative.

COUILLOUD, dès 1964, a souligné la difficulté d'estimation des pertes de production dues à l'action des ravageurs en rappelant que «les dommages dépendent des différents déprédateurs qui interviennent, de l'intensité de leur infestation ainsi que de leur période d'apparition, mais également du niveau lui-même de la culture».

A l'influence des facteurs climatiques et pédologiques sur la physiologie de la plante, on peut ajouter, selon DELATTRE (1982) le rôle possible de la phytotoxicité de certaines matières actives. Celles-ci, «agissant de façon sournoise», peuvent provoquer un abaissement du potentiel de production, sans manifestation visible comme les symptômes de brûlures sur les feuilles. A l'inverse, d'autres matières actives telles que le monocrotophos peuvent jouer un rôle stimulant pour la végétation (DELATTRE, 1982).

Le phénomène de compensation, bien étudié chez le cotonnier, intervient certainement d'une manière importante, au moins au niveau des parcelles non traitées. En effet, lorsque les conditions climatiques de fin de campagne sont favorables, la plante est capable de compenser les pertes d'organes occasionnées en début de campagne par la production d'organes en fin de saison (UNGAR *et al.*, 1987). LIAPIS *et al.* (1984) évoquent cet aspect dans leur étude sur les relations entre l'importance des dégâts d'*Heliothis* spp. et la production. Des phénomènes de «surcompensation» sont même signalés dès 1931, par EATON.

L'observation des courbes de floraison, toujours plus étalée dans le temps dans le cas des parcelles non traitées, permet de mettre en évidence de façon simple cette compensation. MAURÉ *et al.* (1980) ont souligné l'importance du regroupement de la floraison dans le cas de parcelles traitées avec des pyréthrinoïdes ou des associations organo-chloré-organo-phosphoré. Dans leur étude, ces auteurs montrent que la compensation est moindre dans le cas de cotonniers protégés par des pyréthrinoïdes, molécules favorisant une floraison plus précoce.

L'ensemble de ces remarques a conduit DELATTRE (1982) à préférer le terme de «diminution de production» à celui de «pertes de production». On peut considérer qu'en moyenne, la diminution de production due aux actions combinées des ravageurs et des facteurs évoqués ci-dessus est de l'ordre de 50 % de la production des parcelles PF considérée comme production potentielle de la culture (DELATTRE et LE GALL, 1982 ; DELATTRE, 1985).

Dates de semis

Les variations entre les dates de semis réalisées au cours des années observées dans cette étude sont trop faibles (31/5 au 23/6) pour pouvoir noter une influence de la date de semis sur les attaques de ravageurs ou sur la production, comme l'ont fait RAZOUX SCHULTZ *et al.* (1967) au Soudan, ou CADOU (1982) au Mali. Néanmoins, il est intéressant de constater que sur les parcelles non traitées, la production obtenue est plus importante pour des semis ayant lieu à la mi-juin plutôt qu'au début de ce même mois. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par MÉGIE (1963) qui a observé une production inférieure pour des semis de début juin sur des parcelles traitées de façon hebdomadaire.

Des semis très précoces nécessitent un apport de précipitations assez tôt pour une levée convenable qui détermine une bonne densité. Dans les essais que nous présentons, aucune information n'a été recueillie en ce qui concerne la densité des plants à la récolte.

Intérêt économique du programme recommandé

Au plan théorique, en prenant comme prix du litre d'insecticide binaire épanché la valeur de 1 500 FCFA, et à raison de 15 l appliqués par hectare cultivé en coton, il apparaît qu'avec un prix du kilogramme de coton-graine fixé à 100 FCFA, un gain minimum de 225 kg de coton-graine/ha doit être apporté pour que les traitements réalisés soient remboursés. Ce schéma simpliste ne tient pas compte du coût ni de l'amortissement des appareils, du prix des piles, de la main d'œuvre et de facteurs mal appréhendés, tels que la perte d'efficacité des produits après stockage. On peut constater que les valeurs moyennes du gain de production apportée à Tikem et à Bébedjia démontrent l'intérêt du programme de protection avec 5 traitements espacés de 14 jours, actuellement recommandé.

Cette évaluation est cependant faite avec un biais non mesurable dû au dispositif systématique employé.

Il est intéressant de constater que la nature des matières actives appliquées n'intervient pas sur les niveaux de production des parcelles «plafond»; cela peut s'expliquer par le nombre important de traitements réalisés sur ces parcelles. Cela semble indiquer, aussi, que le niveau maximal de protection a bien été atteint. En revanche, le gain de production obtenu dans le cas des parcelles ST traitées avec des pyréthrinoïdes est à relier à l'excellente efficacité de ces molécules sur les ravageurs des capsules présents au Tchad (RENOU et ASPIROT, 1984).

Intérêt et limites de la méthodologie employée

L'intérêt de la méthodologie employée réside dans la répétition du dispositif dans le temps et l'espace. Il importe cependant d'en préciser les limites.

Les nombreuses interférences entre parcelles traitées et non traitées, rappelées par REED (1972), peuvent conduire à une sous-estimation ou à une sur-estimation de la production des parcelles non traitées, et aussi des parcelles «standard». DELATTRE (1985) signale par ailleurs un nivellement partiel des populations de ravageurs sur l'ensemble du dispositif.

D'autre part, les productions sont calculées en faisant la moyenne de deux parcelles, mais les niveaux de production et les attaques de ravageurs sur les deux parcelles extrêmes non traitées peuvent être très différents. On peut cependant remarquer que le calcul de la moyenne pondère ces variations. L'absence de randomisation, nécessaire pour limiter les effets d'interaction entre parcelles voisines, rend impossible l'estimation annuelle de la précision des moyennes observées.

La remarque la plus importante est que l'estimation des pertes calculée grâce au dispositif décrit ne peut être transposable directement au milieu paysan. En effet, la fumure et l'entretien des parcelles d'essai sont parfaitement

maîtrisés sur la station. Les parcelles non traitées reçoivent une fumure importante, ce qui n'est pas le cas en milieu réel. Cet apport influe sur le développement de la plante, donc sur le degré d'attaque des ravageurs et il n'est pas évident qu'un calcul économique soit dans ce cas justifié et extrapolable.

Seules des études prenant en compte les interactions entre les traitements et la conduite culturale (apports de fumure, sarclages, densité...), inspirées de celles initiées en Côte d'Ivoire par CRÉTENET et VAISSAYRE (1986) et réalisées pendant plusieurs années, pourraient permettre une approche économique théorique satisfaisante dans l'optique actuelle de propositions d'un itinéraire technique adapté au potentiel de production, donc aux conditions agronomiques et culturales. Cependant, les essais réalisés antérieurement à la station de Bébedjia montrent que les interactions recherchées ne sont pas souvent mises en évidence. La méthodologie adoptée devra également tenir compte des résultats antérieurs obtenus dans d'autres pays.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement R. COUILLOUD de sa critique constructive du manuscrit.

Références bibliographiques

- CADOU J., 1982. Niveau de protection phytosanitaire et rendement en culture cotonnière pluviale au Mali. *Cot. Fib. Trop.*, 37, 1-7.
- COAKER T.H., 1960. Investigations on *Heliothis armigera* (Hb.) in Uganda. *Bull. ent. Res.*, 50, 487-506.
- COUILLOUD R., 1964. Les chenilles de la capsule du cotonnier dans le bassin du Logone. *Cot. Fib. Trop.*, 19, 547-564.
- COUILLOUD R., 1965. Observations sur la faune du cotonnier dans le bassin du Logone, Tchad (exception faite des chenilles de la capsule). *Cot. Fib. Trop.*, 20, 517-530.
- COUILLOUD R., 1986. Quelques données bibliographiques sur les insectes producteurs de miellat. *Cot. Fib. Trop.*, 41, 225-228.
- CRETENET M., VAISSAYRE M., 1986. Modèle de décision appliqué à l'interaction entre fertilisation minérale et protection phytosanitaire en culture cotonnière. *Cot. Fib. Trop.*, 41, 89-96.
- DEGUINE J.P., 1988. Bilan de la protection des cultures cotonnières au Tchad par la technique UBV. *Cot. Fib. Trop.*, 43, 235-247.
- DEGUINE J.P., SILVIE P., 1988. Un nouveau programme de protection insecticide en culture cotonnière au Tchad : augmentation des cadences de traitements et réduction des doses. *Med. Fac. Landbouw. Rijksuniv. Gent*, 771-788.
- DELATTRE R., 1982. Evaluation des pertes de production et seuils d'intervention phytosanitaire. *Entomophaga*, 27 (n° H.S.), 57-70.
- DELATTRE R., 1985. Niveau de protection phytosanitaire et rendement en culture cotonnière. Essai d'interprétation par un modèle simple. *C.R. Acad. Agr. de France*, 71, 1123-1132.
- DELATTRE R., LE GALL J., 1982. Réseau de parcelles d'observations à différents niveaux de protection phytosanitaire en culture cotonnière. *Entomophaga*, 27 (n° H.S.), 11-20.
- EATON F.M., 1931. Early defloration as a method of increasing cotton yields, and the relation of fruitfulness to fiber and boll characters. *J. Agric. Res.*, 42, 447-462.
- GALICHET P.F., 1957. Les principaux parasites du cotonnier au Tchad. *Cot. Fib. Trop.*, 12, 357-406.

- JOLY A., 1980. Synthèse de cinq années d'expérimentation combinée «traitements et fumures» sur cotonnier au Bénin. *Cot. Fib. Trop.*, 35, 385-399.
- LIAPIS P.S., MOFFIT L.J., KING E.G., 1984. *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) damage and yield loss estimated from commercial cotton fields. *J. Econ. Entomol.*, 77, 798-801.
- MAURÉ F., RENO A., VAISSAYRE M., 1980. Approche multidimensionnelle d'un ensemble d'observations phytosanitaires par l'analyse en composantes principales. *Cot. Fib. Trop.*, 35, 249-267.
- MEGIE C., 1963. Pluviométrie, date de semis et productivité du cotonnier dans la région de Tikem (Tchad). *Cot. Fib. Trop.*, 18, 251-262.
- REED W., 1972. Uses and abuses of unsprayed controls in spraying trials. *Cott. Gr. Rev.*, 49, 67-72.
- RAZOUX SCHULTZ L., JACKSON J.E., FAULKNER R.C., 1967. Studies on the sowing date of cotton in Sudan Gezira. II. The relationship between sowing date of cotton and the incidence of insect pests. *J. Agric. Sci., Camb.*, 69, 317-327.
- RENOU A., ASPIROT J., 1984. Considérations sur l'utilisation de pyréthriinoïdes en culture cotonnière au Tchad. *Cot. Fib. Trop.*, 34, 101-116.
- SILVIE P., DELVARE G., MALDES J.M., 1989. Arthropodes associés à la culture cotonnière au Tchad: ravageurs, prédateurs et parasitoïdes. *Cot. Fib. Trop.*, 44, 275-290.
- UNGAR E.D., WALLACH D., KLETTER E., 1987. Cotton response to bud and boll removal. *Agron. J.*, 79, 491-497.
- VAISSAYRE M., SEMENT G., TRIJAU J.P., 1984. Aspects phytosanitaires de la culture cotonnière en Côte d'Ivoire, d'après le réseau d'essais à trois niveaux de protection. *Cot. Fib. Trop.*, 39, 1-7.

Estimate of cotton production losses caused by pests in Chad

P. Silvie and E. Gozé

Summary

The cotton production losses caused by pests were assessed at the Tikem and Bébedjia stations (Chad) using a treatment with plots with different levels of phytosanitary protection under excellent cultivation conditions. Average production loss with no insecticide protection was estimated to be 50% of potential production. No correlation was noted between the annual levels of the larvae of the main pests and production losses. A regression model was designed to estimate the gain resulting from the recommended

programme; the parameters were sowing date and types of products applied. An average of 75% of potential production can be achieved by application of the recommended treatment programme. However, the economic advantage of using such a programme must be calculated allowing for the cultural practices under on-farm conditions. These are frequently very different to those at experimental centres.

KEY WORDS: pests, cotton plant, losses, model, Chad.

Introduction

Cotton is a cash crop of major importance to the economy of Chad. In 1987, slightly over 148 000 ha were sown and 68 000 ha (46%) were protected by ultra low volume (ULV) spraying. 1987 production totalled 127 796 t of seed cotton (source: CFDT⁽¹⁾).

Chad have been described by GALICHET (1957) and COUILLOUD (1964, 1965). More recently, DEGUINE and SILVIE (1988) recalled the main lines of the parasite facies observed and the protective methods used. SILVIE *et al.* (1989) drew up a list of the pests and their natural enemies recorded in Chad.

The characteristics of the pest complex on cotton in

(1) CFDT: Compagnie française pour le développement des fibres textiles.

The major pests today are above all species of noctuids (Lepidoptera) with caterpillars which feed on fruit organs: *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *armigera* (Hübner) and *Diparopsis watersi* (Rothschild). Large infestations of aphids have also been observed in recent years.

The plants may thus be attacked at all stages of development by insects with widely differing feeding habits. Trophic damage caused by sucking insects which are potential vectors of virus diseases (blue disease and mosaic diseases) is added to directly measurable quantitative damage caused by leaf removal or the total destruction of fruit organs. Puncturing by Heteroptera or the partial attack of bolls by caterpillars can lead to soiling of fibre and internal rot. Other damage may be caused by insects which excrete honeydew (Couilloud, 1986) on to the fibres when the bolls have opened. This leads to problems during fibre processing and decreases sales value.

Knowledge of the extent of the damage caused by the various pests is required for assessment of the advantages and effectiveness of the plant protection programmes extended.

Several types of experiment have been carried out in countries where IRCT is present to assess the proportion of damage caused by a pest (or group of pests): simulation of damage, specific treatments for the pest or group of pests concerned (filter plots). The overall estimate of production losses has been approached using plots protected in different ways. Plots with three levels of chemical protection were set up in Chad by entomologists from 1962 onwards; these were run at the Tikem research station until 1966 and at the Bébedjia station until the present day. Data for plots outside these stations are almost non-existent until 1987.

The main results obtained at the stations since 1962 are presented and discussed.

Material and methods

Treatments

The set-up used was described by DELATTRE and LE GALL (1982). There are three treatments: NT, untreated; ST, standard protection identical to the programme extended in the year in question; PF, subtotal treatment. There are two replicates with a systematic "double ladder" lay out (Fig. 1). The six plots of 20 to 30 twenty-metre rows were laid out in a linear arrangement at the edge of the field. The position of the trial varied at a given site each year, as did the field, in relation to genetics unit varietal multiplication.

This plot arrangement was chosen in order to assess the extent of potential pest damage. Plot size was such as to reduce the "ambient protection" phenomenon generally observed in trials on active ingredients or treatment programmes. The non-random plot distribution made it possible to group the two PF plots in the centre of the lay out to create sufficient mass effect for accurate assessment of the production potential with subtotal protection.

Cultural techniques

Tables 1 and 2 show - where data are available - the varieties used over the years, plot sowing dates, spacing, type of fertilizer and application method, the types of insecticides and the number of sprayings. No trials were carried out in 1979. The sowing dates range from 31 May to 23 June according to the year.

Fertilisation

Large amounts of organic fertilizer (10 to 20 t/ha) were applied to the fields cultivated from 1962 to 1972. NPKSB

fertilizer was introduced from 1970; this was followed by urea in some cases.

Crop protection

The two untreated plots (NT) at the extremities did not receive any particular protection. The two central plots received intensive, subtotal protection (PF plots). In this case, the first treatment was generally applied on the 30th day after emergence and treatments were applied weekly or twice-weekly according to the year. The two intermediate plots were protected by treatments according to recommended standard schedule (ST plots). This was drawn up in the light of many years of trials on numbers and dates of treatments and the choice of the most effective active ingredients for controlling the pest spectrum observed. The first treatment was therefore applied on the 45th day after emergence and subsequent treatments at fortnightly intervals. There were a total of 5 or 6 sprayings and exceptionally 8 in 1967 (Table 2). The type of products used evolved according to discoveries of new insecticides found to be effective on cotton pests.

Organochlorine insecticides were used (as concentrated emulsions) in the early years: endrine alone and then combined with DDT at 300-900 g active ingredient (a.i.) per hectare per spraying from 1965 to 1970. A ternary mixture of DDT and endosulfan-methylparathion was then used until 1980. Synthetic pyrethroids were used in the experimental treatment in 1981, first alone and then combined with one or two organophosphorus compounds in the ST and PF plots respectively. The types of insecticides used successively in trials thus evolved in a similar manner to that of the extension insecticides (DEGUINE, 1988).

Spraying apparatus has generally been hand-operated knapsack equipment (Berthoud Cosmos C18) fitted with a 4-nozzle horizontal boom to spray two rows of cotton plants per run. In 1975 and 1978, an over-the-row tractor (Derot Tecnomat) with a horizontal boom was used to spray eight rows per run. Ultra low volume (ULV) spraying has never been used. Spray volumes have been about 80 l/ha with knapsack sprayers and 200 l/ha with tractor sprayers.

Maintenance

Weeding and ridging were carried out as necessary.

Methods of analysis

Yield evaluation and analysis of the results

The yields obtained with each type of protection were calculated from the average yield of two plots after weighing 4 to 16 central rows, according to the year.

Absolute production loss is defined as PF - NT, and relative production loss as the ratio $[100 \times (PF - NT)/PF]$. The effectiveness of the recommended programme was assessed by the ratio of ST and PF plot yields $(ST/PF \times 100)$, whereas the difference $(ST - NT)$ is referred to as the "gain resulting from the recommended programme" or simply as the "gain".

Correlations between the different variables

Correlations like those presented by JOLY (1980) in

Benin and VAISSAYRE *et al.* (1984) in Côte d'Ivoire were not calculated. A simple correlation was first sought between the difference (PF-NT) or production loss $(100 \times (PF-NT)/PF)$ and the annual population levels of the following species of fruit organ pest larvae: *H. armigera*, *D. watersi*, *Earias* spp. (no distinction was made between the two species) and *Pectinophora gossypiella* (Saunders). This annual level is expressed by cumulating the number of larvae of each species observed in the NT plots during the first 11 weeks (one observation used each week). The numbers of larvae counted over the year and expressed per hectare are shown in Table 3. The data for 1973 and 1974 were not found and so 28 observations were used in the analysis.

Regression

Multiple regression was then performed with (ST-NT) as dependant variable; this represented the gain (in kg/ha) resulting from application of the recommended spraying programme in comparison with the untreated control, and for the independant explanatory variables PF (subtotal treatment plot production), sowing date, type of products used (pyrethroids or other active ingredients) and the annual level of larval populations. Only 26 observations were used in the analysis since the sowing dates for 1969 and 1970 were missing.

Results

The total seed cotton production with each type of crop protection is shown in Table 4, together with the pluri-annual averages calculated at Tikem and Bébedjia.

Plot production

The average seed cotton production of the PF plots was 2606 kg/ha at Tikem (extremes: 2189 and 2954) and 2663 kg/ha at Bébedjia (extremes: 1700 and 3412). High yields were obtained at the latter site even without organic fertilizer. The average pluri-annual yield of PF plots was 2743 kg/ha with 10 or 20 t of manure. The average was still 2584 kg/ha with chemical fertilizer only (1974 to 1987).

The average pluri-annual yields with protection by organochlorine or pyrethroid insecticides were as follows:

- Organochlorine compounds (or Pephrothion mixture)

"Standard" plots: 2166 kg/ha

PF plots: 2633 kg/ha

- Pyrethroids

"Standard" plots: 2466 kg/ha

PF plots: 2740 kg/ha

Yield of the "standard" plots increased by 300 kg/ha and that of the PF plots by only 100 kg/ha.

At Tikem, in 1962 and 1964, the yields of the untreated plots were slightly higher than those of the "standard" plots. The annual reports mention accumulation of water in the "standard" plots in 1962 and an intense attack by *Cosmophila flava* (Fabricius) foliar eating larvae in 1964.

The yields of some "standard" plots in Bébedjia were greater than those of the PF plots in some years (1977, 1982, 1983, 1986).

Table 5 shows the average yields of the three types of plot according to sowing dates. Early sowing dates (31/5

to 5/6) gave a lower average for untreated plots. The opposite was true for the treated plots.

Production loss and the effectiveness of the recommended programme

Variations in time

At Tikem, in 1962, the loss in untreated plots was only 20% of the yield of PF plots (Figure 2). The figure was at least 50% in the other years. At Bébedjia, there were losses of over 60% in 10 of the 25 years of monitoring. The difference in comparison to the PF plots was even greater than 80% in 1966, 1967, 1974 and 1984. It varied from 23% to 50% in the other years.

The effectiveness of the recommended programme is shown in Figure 3. In Tikem, the production of "standard" plots varied from 50 to 75% of that of the PF plots. In Bébedjia, the percentage was about 75% in 21 of the 25 years observed.

Correlation analysis

The correlation coefficients calculated for the pairs of ("absolute production loss" and "pest level") and ("relative production loss" and "pest level") were -0.189 and -0.142 respectively. No particular relation was thus found between these variables.

Regression model of gain

In contrast, the multiple regression taking as independent

the variables sowing date (coded in 10-day periods), type of products applied (pyrethroids or other), yield potential and annual level of larval populations explains a significant part of variations in gain. However, the two latter variables do not have a significant individual effect (at a $\alpha = 5\%$ level). The following model is obtained when they are removed:

$$G = 1275 - 40.7 X + 750 Y$$

where G is the gain (ST-NT) in kg/ha, X is the sowing date (in days after 29 May), Y = 1 if the product applied is a pyrethroid (alone or as a mixture), Y = 0 in other cases.

Table 6 shows the corresponding analysis of variance. It is verified in Table 7 that each parameter is significantly different to 0. Figure 5 shows the scatter of points whose abscissae are the gain calculated from the model (G) and whose ordinates are the corresponding observed values. The image obtained gives an idea of the validity of the model.

When Table 7 is used to calculate the 95% confidence intervals, it can be estimated that the fall in gain per day of sowing delay after 29 May is 41 ± 30 kg/ha and the gain obtained by use of pyrethroids is 750 ± 368 kg/ha. However, the latter statement should be modulated since the arrival of pyrethroids in 1981 (in the trials studied here) occurred after a considerable increase in gain from 1962 to 1970 followed by a decrease from 1971 to 1980 (Fig. 4). This extra 750 kg/ha cannot therefore be attributed solely to the use of pyrethroids. It can be seen in particular that sowing was earlier after 1971.

Discussion

Plot production and production loss

Relative production loss as defined here can be very different from one year to the next. The ratio [(PF - NT)/PF] x 100 is 48% on average in Tikem and 56.3% in Bébedjia.

COAKER (1960), in Uganda, showed a correlation between the number of *H. armigera* and *Earias* sp. larvae and the number of punctured buds and bolls. However, he did not find a correlation between the number of pests and crop yields; he accounted for this by the "large variation in yields between localities and seasons". Likewise, we were unable to establish direct relations between neither absolute nor relative production losses, and the annual levels of larvae populations. This suggests that other factors are also important in the trials.

A model was proposed with the sowing date and the type of products applied as the variables which account for the "gain resulting from the recommended programme". The model does not directly involve production losses as

defined above. The annual level of larval populations - as defined - has no significant influence.

In 1964, COUILLOUD stressed the difficulty of assessing production losses caused by pests, and recalled that "the damage depends on the different pests involved, the intensity of infestation, the period in which they appear and also the level of the crop".

According to DELATTRE (1982), the possible role of the phytotoxicity of certain active ingredients can be added to the influence of climate and soil factors on plant physiology. These substances "act in a devious way" and may cause a decrease in the potential yield without outward signs such as leaf burn. In contrast, other active ingredients such as monocrotophos may stimulate growth (DELATTRE, 1982).

The compensation phenomenon, which has been studied in detail in cotton, has an important effect, at least in untreated plots. Indeed, when the end-of-season climatic conditions are favourable, the plants can compensate for

the loss of organs which has occurred at the beginning of the season (UNGAR *et al.*, 1987). LIAPIS *et al.* (1984) mentioned this aspect in a study of the relations between the extent of damage by *Heliothis* spp. and production. "Over-compensation" phenomena were even reported in 1931 by EATON.

Study of flowering curves, which are always more spread out in time in the untreated plots, showed this compensation very simply. MAURÉ *et al.* (1980) stressed the importance of the grouping of flowering in the case of plots sprayed with pyrethroids or organochlorine-organophosphorus combinations. The authors above show that there is less compensation in the case of cotton plants protected by pyrethroids as these substances enhance early flowering.

All these remarks led DELATTRE (1982) to prefer the term "decrease in production" to that of "loss of production". It can be considered that in general the decrease in production caused by the combined action of pests and the factors mentioned above totals some 50% of the yield of the PF plots, which is considered as the potential crop yield (DELATTRE and LE GALL, 1982; DELATTRE, 1985).

Sowing dates

The variations between sowing dates in the years observed in this study were too small (31/5 to 23/6) to notice the influence of the sowing date on pest attacks or yield, as was carried out by RAZOUX SCHULTZ *et al.* (1967) in the Sudan and CADOU (1982) in Mali. However, it is interesting to see that the yield from untreated plots was greater when the cotton had been sown in the middle rather than at the beginning of June. The results shown can be compared with those of MEGIE (1963) who observed that yield was smaller from plants sown at the beginning of June in plots sprayed every week.

Very early sowing requires fairly early precipitation for satisfactory emergence and density. No information was gathered on plant density at harvesting in the trials reported here.

The economic advantages of the recommended programme

In theory, assuming that a litre of binary insecticide sprayed costs 1500 CFAF and that 15 l is sprayed per ha of cotton, with the price of seed cotton fixed at 100 CFAF, there must be a minimum gain of 225 kg/ha of seed cotton to refund treatment costs. This simplified picture does not allow for the cost or depreciation of sprayers, the cost of batteries, labour and factors which are difficult to assess such as the decrease of effectiveness of insecticides after storage. It can be seen that the average production gains in Tikem and Bébedjia show the advantages of the protection programme with 5 sprayings at fortnightly intervals which

is recommended today. However, this evaluation has a non-measurable bias caused by the systematic design used.

It is interesting to note that the type of active ingredients applied does not affect the yields of the PF plots. This can be accounted for by the large number of treatments of these plots, and appears to show that maximum protection level has been achieved. However, the gain in production in ST plots sprayed with pyrethroids should be related to the excellent effectiveness of these substances on the boll pests found in Chad (RENOU and ASPIROT, 1984).

The advantages and limits of the methodology used

The advantage of the methodology lies in the replication of the treatment in time and space. The limits should nevertheless be specified.

The numerous interferences between treated and untreated plots mentioned by REED (1972) may lead to under-estimating or over-estimating the yield of both untreated and "standard" plots. DELATTRE (1985) reported a levelling off of pest populations throughout the treatment.

In addition, yields were calculated as the average of two plots, but yields and pest attacks on the two untreated end plots may be very different. However, calculating the average weights these variations. The absence of randomization required to limit the interaction between neighbouring plots makes it impossible to estimate the annual precision of the observed averages.

The most important remark is that the loss estimates calculated using the treatment described cannot be transposed directly to on-farm conditions. Indeed, the fertilizing and maintenance of the trial plots are fully mastered under station conditions. A considerable amount of fertilizer is applied to the untreated plots; this does not occur under real conditions. The fertilizer affects plant development and hence the extent of pest attack, and it is obvious that an economic calculation is not justified and cannot necessarily be extrapolated in this case.

Only the studies which take into account the interactions between the treatments and crop management (fertilization, weeding, density, etc.) of the type initiated in Côte d'Ivoire by CRETENET and VAISSAYRE (1986) and run for several years could enable a satisfactory theoretical economic approach to be made in the light of the technical procedure adapted to yield potential, and hence to the agronomic and cultural conditions. Nevertheless, previous trials carried out at the Bébedjia station show that the interactions sought are not often revealed. The methodology used should also take into account the previous results obtained in other countries.

Acknowledgements

The authors thank R. COULLLOUD for his constructive criticism of the manuscript.

Estimación de las pérdidas de producción debidas a los devastadores del algodón en el Tchad

P. Silvie y E. Gozé

Resumen

Se evalúa la presión de los devastadores de los cultivos de algodón en las estaciones de Tikem y Bebedjia (Tchad) mediante un dispositivo de parcelas con diferentes niveles de protección fitosanitaria, en excelentes condiciones de cultivo. Cuando no existe ninguna protección insecticida, el promedio de las pérdidas de producción representa el 50% de la producción potencial. No se ha observado ninguna relación entre los niveles actuales de las poblaciones de orugas de los principales devastadores y las pérdidas de producción. Se ha establecido un modelo regresivo para estimar las ganancias aportadas por el programa

recomendado mediante los parámetros siguientes: fecha de siembra, tipo de producto aplicado, potencial de producción y nivel actual de las poblaciones larvarias. La aplicación del programa de protección recomendado permite obtener en promedio el 75% de la producción potencial. Sin embargo, en los cálculos que determinan el interés económico de semejante programa conviene tomar en cuenta las condiciones culturales del medio real, a menudo muy diferentes de las que prevalecen en los centros de experimentación.

PALABRAS CLAVE : devastadores, algodón, pérdidas, Chad.