

Dynamiques annuelles des chenilles déprédatrices des organes florifères et fructifères du cotonnier au Tchad

P. Silvie

Entomologiste, Station IRCT, BP 1 Anié, Togo.

Résumé

Sont présentées ici les données enregistrées chaque année, depuis 1947, sur des parcelles non traitées des stations de Tikem et Bébedjia, au Tchad. Elles concernent la dynamique annuelle des populations larvaires des principaux lépidoptères déprédateurs de la culture cotonnière et ont été analysées à l'aide des critères suivants : nombre cumulé de chenilles observées, valeurs et position dans le temps des maxima d'infestation, valeur du rapport des nombres de chenilles d'*H. armigera*/D. *watersi*, évolution annuelle de chaque espèce. En 1987, deux méthodes d'observation ont été comparées.

Une certaine augmentation des populations d'*H. armigera* est constatée et, en 1986 et 1987, un décalage temporel existe entre cette espèce et *D. watersi*. Le premier ravageur cité se développe plus tôt dans la culture. Plusieurs considérations sont exposées sur l'interprétation des chiffres, la nature et les facteurs explicatifs de cette augmentation d'*H. armigera* et des points importants concernant la méthodologie sont rappelés.

MOTS-CLES : ravageurs, cotonnier, dynamique des populations, *H. armigera*, *D. watersi*, Tchad.

Introduction

Au Tchad, depuis plus de 40 ans, les ravageurs du cotonnier et plus particulièrement les lépidoptères dont les chenilles se nourrissent des organes florifères et fructifères, ont fait l'objet de nombreuses observations, le plus souvent consignées dans les rapports annuels des stations de l'IRCT de Tikem et de Bébedjia. A l'extérieur de ces centres de recherche, les observations sont malheureusement fragmentaires et discontinues.

Chaque entomologiste a, par ses méthodes d'observation et de travail, apporté des éléments nouveaux sur la connaissance de la biologie des principaux ravageurs et de l'évolution annuelle de leurs populations. GALICHET (1964) a, le premier, effectué depuis 1957 un travail monographique majeur sur le lépidoptère *Diparopsis watersi* (Rothschild). Les courbes d'évolution annuelle des chenilles de cette espèce à Tikem, au cours des années 1951 à 1961 ont été publiées (GALICHET, 1957, 1964).

COUILLOUD (1964, 1965) s'est intéressé à l'ensemble de l'entomofaune, tandis que BRADER (1967, 1969) a observé plus particulièrement celle des cotonniers sans glandes à gossypol. Les courbes d'évolution des chenilles

de *D. watersi*, *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *armigera* (Hübner), *Pectinophora gossypiella* Saunders et *Earias* spp. à Bébedjia ont été publiées par COUILLOUD (1964) et concernent les années 1958 à 1963.

Les modalités de l'attraction sexuelle chez *D. watersi* et le piégeage lumineux de cette espèce ont fait l'objet des études de BRADER-BREUKEL *et al.* (1968) et BRADER-BREUKEL (1968, 1969). Plus récemment, SILVIE *et al.* (1989) ont établi la liste des ravageurs du cotonnier et de leurs ennemis naturels recensés au Tchad. Mais depuis 1963, aucune courbe d'évolution n'a été publiée pour les espèces citées.

Le but de cette note est de présenter une synthèse de l'ensemble des observations faites au Tchad sur la dynamique des populations larvaires des principaux lépidoptères ravageurs actuels, à l'exception des espèces à chenilles phyllophages. Compte-tenu de la diversité notée dans les méthodes d'observation employées successivement, une présentation préalable de celles-ci s'est avérée indispensable afin de mieux analyser les données recueillies.



Matériel et méthodes

Les observations de ravageurs ont été faites dans des parcelles non traitées de grandes dimensions (1ha) jusqu'en 1962. Les années suivantes, elles ont été poursuivies dans les 2 parcelles non traitées du dispositif à 3 niveaux de protection, de dimensions variables de 20 à 30 lignes de 20 m (SILVIE et GOZÉ, 1990).

Les variétés cultivées ont changé selon les localités et les années, et les écartements ont varié de 0,8 m à 1,0 m entre lignes et 0,25 m à 0,4 m entre poquets, soit une variation des densités culturales de 25 000 à 40 000 plants/ha (tabl. 1 et 2).

Deux méthodes d'observations et de dénombrement des chenilles ont été employées :

- prélèvement d'un nombre connu de plants ou de l'ensemble des plants sur une longueur déterminée de la ligne. Ces plants sont ensuite analysés complètement au laboratoire ;

- observation directe au champ, sur un nombre variable d'échantillons de plants successifs. Cette méthode ne modifie pas, *a priori*, la composition de l'entomofaune présente.

A Tikem, seule la première méthode a été employée avec un prélèvement par semaine. Le nombre total d'observations réalisées ainsi que la surface des échantillons (de 20 à 80 m²) sont précisés dans le tableau 3. Selon les années, de 17 à 28 prélèvements ont été faits (11 seulement en 1966) ; ils ont commencé fin juillet-début août, soit 30 à 40 jours après le semis et se sont terminés fin janvier-début février.

A Bébedjia, la première méthode a été employée jusqu'en 1975 ; 50 à environ 800 plants (200 m de cotonniers prélevés en 2 fois 2 lignes de 50 m) ont été analysés chaque semaine. La surface échantillonnée a ainsi varié de 12 à 200 m² (tabl.4).

De 1975 à 1987, l'observation a été réalisée au champ, deux fois par semaine, sur 80 à 280 plants selon les années

(tabl.4). Le nombre total d'observations a varié de 11 (en 1972) à 51 (en 1968 et 1986) avec un nombre moyen de 25.

En 1987, une comparaison des 2 méthodes a été faite. En complément de l'observation habituelle sur les parcelles non traitées de l'essai à 3 niveaux de protection, une observation hebdomadaire a été entreprise après prélèvement au hasard de 40 plants (un par ligne) sur une parcelle non traitée (appelée NT) de 40 lignes de 40 m, située à l'écart du bloc de multiplication.

Lors des observations au champ, les chenilles des espèces suivantes ont été dénombrées: *H. armigera*, *D. watersi*, *Earias* spp. (les espèces *E. insulana* (Boisduval) et *E. biplaga* Walker ne sont pas différenciées lors des comptages). La méthode de prélèvement des plants a permis, en outre, de compter les larves du lépidoptère *P. gossypiella* ainsi que les oeufs des différentes espèces (les résultats concernant les comptages de ponte ne sont pas présentés dans cette note).

Compte-tenu de la diversité des échantillons observés, une homogénéisation des résultats collectés dans les différents rapports annuels a été nécessaire. Dans la présentation des dynamiques annuelles, l'unité retenue est le nombre de chenilles à l'hectare. Lorsque 2 comptages ont été réalisés par semaine, les données d'un seul comptage ont été utilisées. Il a ainsi été possible de comparer les schémas d'évolution des ravageurs entre différentes années.

Plusieurs autres critères ont été retenus dans notre analyse :

- valeurs et positions temporelles des maxima d'infestation, pour un ravageur donné ;

- valeur du rapport des nombres de chenilles *H. armigera*, *D. watersi*.

Les représentations graphiques d'évolution annuelle concernent plus particulièrement les données obtenues à Bébedjia, dans le cas d'*Heliothis armigera* et *D. watersi*.

Résultats

Les nombres cumulés des chenilles des 5 espèces rencontrées à Tikem et Bébedjia sont donnés dans les tableaux 3 et 4.

A Tikem, on peut noter la prédominance de l'espèce *D. watersi* avec une présence souvent importante d'*Earias* spp. Le nombre total de chenilles de *P. gossypiella* décroît au cours des années, à l'inverse de celui des chenilles d'*H. armigera*. De 1949 à 1951, seules les chenilles de *D. watersi* ont été dénombrées.

A Bébedjia, on peut également mentionner une diminution du nombre de chenilles de *P. gossypiella*, non liée à la méthode d'observation. En effet, aucune larve n'est rencontrée malgré l'analyse de nombreux prélèvements de 1966 à 1971. Pour des surfaces échantillonnées égales à celles de Tikem, une même méthode d'observation (prélèvement) et un nombre très voisin de comptages, on note un nombre plus faible de chenilles d'*Earias* spp. et plus élevé d'*Heliothis armigera* à Bébedjia.

TABLEAU 1

Données culturelles recueillies à Tikem.
Cultural data collected at Tikem.

Année	Variété cultivée	Date de semis	Ecartements (m)	Densité (plants)
1947	N'Kouala	25/VI	0,8 x 0,50	25 000
1948	Allen Zaria	3 et 4/VII	0,8 x 0,33	37 800
1949	Tika Bulk	11/VII	0,8 x 0,33	37 800
1950	Tika Bulk	6/VII	1,0 x 0,4	25 000
1951	Allen Zaria	20-21/VI	1,0 x 0,33	30 300
1952	Samaru 26	30/VI	-	-
1953	Samaru 26 C	29-30/VI	1,0 x 0,33	30 300
1954	58-333	3-5/VII	1,0 x 0,33	30 300
1955	Allen 58-151	13/VI	1,0 x 0,33	30 300
1956	Allen 58-151	7/VII	-	-
1957	Allen 58-151	12/VI	-	-
1958	-	17/VI	-	-
1959	-	16/VI	-	-
1960	A 51	-	-	-
1961	A 151	19-22/VI	-	-
1962	A 333	18/VI	-	-
1963	12/VI	-	-	-
1964	A 333	20-22/VI	-	-
1965	HG 9	19-21/VI	-	-
1966	HG 9	12/VI	1,0 x 0,33	30 300

TABLEAU 2

Données culturelles recueillies à Bébedjia.
Cultural data collected at Bébedjia.

Année	Variété cultivée	Date de semis	Ecartements (m)	Densité (plants ha)
1952	A 49-T	28/VI	1,2 x 0,50	16 600
1953	26-C-50	24/VI	-	-
1954	A50 T	28/VI	0,8 x 0,3	41 600
1955	-	-	-	-
1956	Allen 150	20/VI	1,0 x ?	-
1957	Allen 150	2-4/VIII	0,8 x ?	-
1958	-	-	-	-
1959	Allen 150	23/25/VI	-	-
1960	-	-	-	-
1961	-	-	-	-
1962	Allen 151	14-19/VI	-	-
1963	P14-T129	11-18/VI	0,9 x 0,35	31 700
1964	P14-T129	1-18/VI	0,9 x 0,32	34 600
1965	P14-T129	10-19/VI	0,9 x 0,32	34 600
1966	BJA 592	10-16/VI	-	-
1967	BJA 592	5-6/VI	1,0 x 0,25	40 000
1968	BJA 592	12/VI	1,0 x 0,25	40 000
1969	BJA 592	12/VI	1,0 x 0,25	40 000
1970	HG9	-	1,0 x 0,25	40 000
1971	HG9	14-15/VI	1,0 x 0,35	28 600
1972	HG9	8-10/VI	1,0 x 0,33	30 300
1973	-	-	-	-
1974	-	-	-	-
1975	Y1422	10/VI	1,0 x 0,25	40 000
1976	Y1422	6-7/VI	1,0 x 0,25	40 000
1977	Y1422	5-6/VI	1,0 x 0,25	40 000
1978	Y 1422	5-7/VI	1,0 x 0,25	40 000
1979	-	-	-	-
1980	SR1 F4	11-12/VI	1,0 x 0,25	40 000
1981	MK73	31/V	1,0 x 0,25	40 000
1982	SR1 F4	2-3/VI	1,0 x 0,25	40 000
1983	SR1 F4	23-24/VI	1,0 x 0,25	40 000
1984	K14	5-6/VI	1,0 x 0,25	40 000
1985	MK73	5-6/VI	1,0 x 0,25	40 000
1986	Q 70	16-17/VI	1,0 x 0,25	40 000
1987 (3 n)	IRMA 1243	9-13/VI	1,0 x 0,25	40 000
1987 (NT)	IRMA 1243	5/VI	1,0 x 0,25	40 000

- : donnée manquante

(3 n) : parcelles à 3 niveaux de protection

(NT) : parcelle non traitée proche des laboratoires

- : data missing

(3n): plots with three levels of protection

(NT): plots close to the laboratories and not treated

TABLEAU 3

Echantillons observés et nombres cumulés de chenilles rencontrées à Tikem.

Samples observed and cumulated totals of caterpillars observed at Tikem.

Année	N. total observations	L. (m) ou n. de plants observés	S. (m ²)	N. cumulé de chenilles				Total
				<i>H. armigera</i>	<i>D. watersi</i>	<i>Earias spp.</i>	<i>P. gossypiella</i>	
1947	-	30 m ⁽¹⁾	24	3	491	124	14	632
1948	23	25 m ⁽²⁾	20	-	393	149	276	818
1949	17	25 m ⁽²⁾	20	-	293	-	-	293
1950	19	25 m ⁽²⁾	25	-	451	-	-	451
1951	17	75	24	-	367	-	-	367
1952	21	75	28	14	397	267	530	1208
1953	24	75	24	35	448	533	319	1335
1954	24	75	24	9	381	219	715	1324
1955	24	75	24	9	503	434	441	1387
1956	25	75	-	55	812	410	383	1660
1957	25	75	-	16	524	236	375	1151
1958	28	75	-	47	217	287	297	848
1959	25	75	-	25	198	415	50	688
1960	-	-	-	-	-	-	-	-
1961	27	75	-	84	247	413	23	767
1962	22	75	-	74	748	196	16	1034
1963	22	75	-	54	489	126	7	676
1964	20	75	-	40	220	74	8	342
1965	21	75	-	99	577	142	15	833
1966	11	-	80	73	145	45	-	263

- donnée manquante

(1) : 6 fractions de 5 m prélevées sur la diagonale de la parcelle

(2) : 5 fractions de 5 m prélevées sur la diagonale de la parcelle

- data missing

(1) Six 5-metre fractions sampled diagonally across the plot

(2) Five 5-metre fractions sampled diagonally across the plot.

TABLEAU 4

Echantillons observés et nombres cumulés de chenilles rencontrées à Bébedjia.

Samples observed and cumulated totals of caterpillars observed at Bébedjia.

Année	N. d'observation/ semaine	N. total observations	N. de plants observés ou L. (m)	S. (m ²)	Nombre cumulé de chenilles				Total
					<i>H. armigera</i>	<i>D. watersi</i>	<i>Earias spp.</i>	<i>P. gossypiella</i>	
1952	1	23	50	30	19	342	210	134	705
1953	1	24	50	-	9	381	115	29	534
1954	1	22	50	12	24	414	50	26	514
1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1956	1	26	75	-	40	467	124	100	731
1957	1	24	75	-	37	185	43	133	398
1958	1	23	75	-	136	363	99	26	624
1959	1	25	75	-	22	392	42	146	602
1960	1	24	75	-	58	318	39	44	459
1961	1	26	75	-	109	491	37	6	643
1962	1	25	75	-	23	334	34	25	416
1963	1	23	75	24	94	219	16	11	340
1964	1	24	75	22	236	147	3	1	387
1965	1	21	75	22	122	122	44	4	292
1966	1	47	100 m ⁽¹⁾	-	178	213	108	0	499
1967	2	21	200 m ⁽¹⁾	200	326	99	89	0	514
1968	2	51	200 m ⁽¹⁾	200	37	721	49	0	907
1969	2	22	200 m ⁽¹⁾	200	338	341	11	0	690
1970	2	17	200 m ⁽¹⁾	200	123	297	- ou 0	0	420
1971	2	14	-	200	292	220	- ou 0	0	512
1972 à									
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	2	27	100	25	128	70	8	0	306
1976	2	25	-	50	42	87	15	0	144
1977	2	24	200	50	784	323	109	0	1216
1978	2	23	80	20	30	778	59	0	867
1979	Pas d'expérimentation								
1980	2	21	80	20	88	307	36	0	431
1981	2	23	80	20	61	150	61	0	272
1982	2	24	80	20	37	88	41	0	166
1983	2	22	80	20	95	29	12	0	136
1984	2	24	80	20	241	6	31	0	278
1985	2	25	80	20	274	25	39	0	338
1986	2	51	280	70	930	483	295	0	1708
1987 ^(3a)	2	11	280	70	740	587	255	0	1582
1987(NT)	1	21	40	10	45	123	56	2	226

- données manquantes ; (1) : 4 lignes de 50 m

- data missing ; (1) four 50 metre rows

Valeurs des maxima annuels d'infestation

Les valeurs des maxima annuels d'infestation de chaque espèce sont données en nombre de larves/ha dans les tableaux 5 et 6, à Tikem et Bébedjia respectivement.

A Tikem, les maxima enregistrés pour *D. watersi* varient entre 4 900 et 76 000 larves/ha avec une moyenne de 26 000 larves/ha. Dans le cas d'*Heliothis armigera*, la variation est plus faible : 1 050 à 5 600 larves/ha.

A Bébedjia, la valeur maximale de 55 000 larves/ha est atteinte en 1961 pour *D. watersi*, puis on constate de faibles valeurs de 1966 à 1977 et de 1982 à 1985 (valeurs inférieures à 10 000 larves/ha). La période 1966 à 1976 est marquée par des valeurs très faibles des maxima d'infestation. La valeur la plus élevée du maximum d'infestation d'*H. armigera* est enregistrée en 1964 (28 060 larves/ha).

Dans le cas d'*Earias* spp., l'intensité des maxima décroît en chaque localité. A Bébedjia, les valeurs passent de plus de 27 000 larves/ha en 1953 à une moyenne de 670 larves/ha de 1966 à 1976.

Pour *P. gossypiella*, une diminution est également constatée dans les deux localités. La valeur maximale d'infestation est de 45 000 larves/ha à Tikem (1952) et de 19 000 larves/ha à Bébedjia cette même année.

Position des maxima d'infestation dans le temps

A partir des dates des maxima d'infestation, il est possible de déterminer la position de ces pics par rapport à la date de semis (fig. 1 et 2).

- chenilles d'*H. armigera* (blanc)
et *D. watersi* (noir)

chenilles d'*Earias* spp. (blanc)
et *P. gossypiella* (noir)

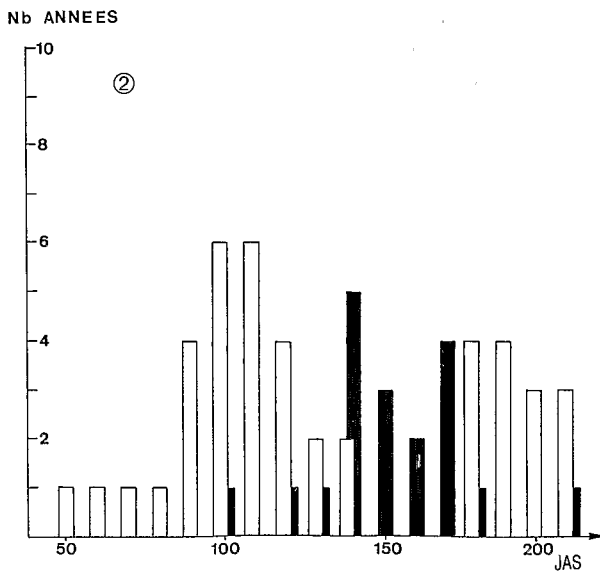
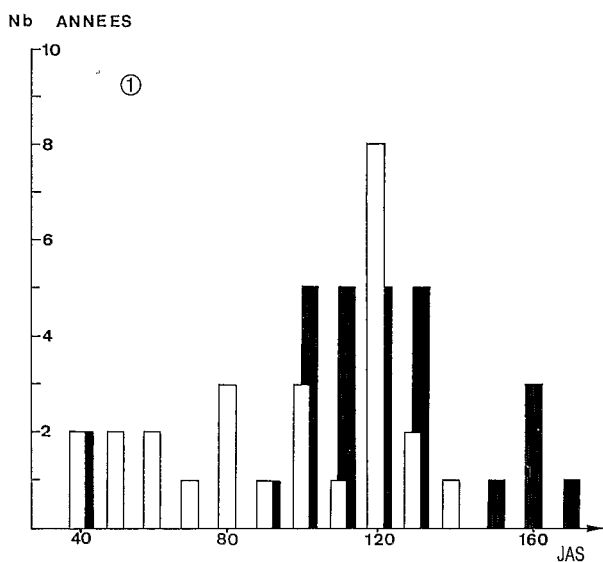


Fig. 1 et 2
Histogrammes de répartition du nombre d'années où le maximum de chenilles est observé à x jours après le semis (JAS, en abscisse) ; fig. 1 : chenilles d'*H. armigera* (blanc) et *D. watersi* (noir) ; fig. 2 : chenilles d'*Earias* spp. (blanc) et *P. gossypiella* (noir).

Distribution histograms of the number of years in which a maximum number of larvae were observed x days after sowing (DAS on x-axis) ; Fig. 1 : *H. armigera* larvae (white) and *D. watersi* larvae (black) ; Fig. 2 : *Earias* spp. larvae (white) and *P. gossypiella* larvae (black).

L'analyse des résultats obtenus montre que le maximum de populations larvaires d'*H. armigera* se situe généralement à 120 jours après le semis (JAS) (8 années concernées), mais qu'il peut se présenter dès 40 JAS (année 1975) et jusqu'à 140 JAS (année 1963). Dans le cas

100 à 170 JAS. Un décalage temporel existe entre l'intervention des deux espèces.

De même, un décalage encore plus sensible est constaté entre les pics d'infestation d'*Earias* spp. et de *P. gossypiella*.

TABLEAU 5

Dates et valeurs (en nombre de chenilles/ha) des maxima annuels d'infestation pour les espèces *H. armigera*, *D. watersi*, *Earias* spp. et *P. gossypiella*, à Tikem.

Dates and caterpillars per ha of peak annual infestation by H. armigera, D. watersi, Earias spp. and P. gossypiella at Tikem.

Années	<i>H. armigera</i>		<i>D. watersi</i>		<i>Earias</i> spp.		<i>P. gossypiella</i>	
	Max.	Date	Max.	Date	Max.	Date	Max.	Date
1952	1 429	10/X	11 429	22/XI*	25 000	2/I*	45 000	29/XI
1953	4 286	22/X	26 429	5/XI	33 214	28/I*	18 571	28/I
1954	2 143	26/VIII	21 071	4/XI	11 429	27/I*	-	-
1955	1 050	8/IX	20 900	8/IX	22 300	29/XII	25 200	8/XII
1956	5 100	25/X	48 000	22/XI	29 000	31/I*	15 600	22/XI
1957	3 000	12/IX	36 300	28/XI	13 500	19/XII	26 100	28/X
1958	4 800	16/X	10 700	30/X	17 500	26/XII	18 200	4/XII
1959	1 600	24/IX	9 700	26/XI	19 100	24/XII et 7/1	3 200	3/XII
1961	5 400	14/IX	10 800	26/X	18 360	25/I*	2 160	5/X
1962	5 600	30/VIII	76 000	1/XI	14 400	11/X	1 600	8/XI
1963	3 600	12/IX	24 400	26/IX	6 800	26/IX	1 200	14/XI
1964	5 600	8/X	4 000	15/X	13 600	24/XII	800	plusieurs dates
1965	5 200	5/VIII et 9/IX	49 600	2/XII	6 800	23/IX	3 600	28/X
1966	2 500	23/IX	4 875	6/X	1 750	23/IX et 6/X	-	-

- : donnée manquante.

* : lorsque la date est du 1^{er} mois, il s'agit de l'année suivante.

- : data missing.

* : month one dates refer to following year.

TABLEAU 6

Dates et valeurs en nombres de chenilles/ha des maxima annuels d'infestation pour les espèces *H. armigera*, *D. watersi*, *Earias* spp. et *P. gossypiella*, à Bébedjia.

Dates and caterpillars per ha of peak annual infestation by H. armigera, D. watersi, Earias spp. and P. gossypiella at Bébedjia.

Années	<i>H. armigera</i>		<i>D. watersi</i>		<i>Earias</i> spp.		<i>P. gossypiella</i>	
	Max.	Date	Max.	Date	Max.	Date	Max.	Date
1952	6 923	13/XI	26 923	13/XI	21 538	31/XII	19 231	18/XII
1953	3 077	1/X	38 462	26/XI	26 923	28/I	6 154	19/XI
1954	5 385	28/X	38 462	4/XI	6 154	21/X	6 154	25/XI
1956	4 200	31/X	22 800	21/XI	5 300	7/XI	4 600	19/XII
1957	2 800	24/X	8 900	12/XII	2 800	14/XI	8 500	28/XI
1958	12 917	23 et 30/X	18 750	23/X	4 167	15/I	2 500	13/XI
1959	2 590	29/X	24 140	15/X	4 310	24/IX	9 050	10/XII
1960	9 900	13/X	20 700	24/XI	9 000	15/XII	3 800	17/XI
1961	13 000	26/X	55 200	26/X	4 600	12/X	460	-
1962	2 800	18/X	21 400	22/XI	2 800	25/X	3 300	15/XI
1963	8 500	7/XI	11 900	14/XI	3 000	19/XII	2 100	14/XI
1964	28 060	15/X	11 040	15/X	460	-	460	-
1965	10 000	14/X	12 857	14/X	5 238	30/IX	476	-
1966	1 400	27/VIII	1 000	15/X et 3/XII	1 100	28/X	-	-
1967	2 450	3/VIII	1 000	20/VII	950	31/VIII	-	-
1968	700	12/VIII	1 850	21/X	200	19/VIII	-	-
1969	5 100	3 ^e sem/VIII	1 750	1 ^e sem/XI	150	2 ^e sem/XII	-	-
1970	2 150	-	3 400	-	-	-	-	-
1971	1 600	3 ^e sem/VIII	1 600	4 ^e sem/X	-	-	-	-
1972	6 500	3 ^e sem/VIII	8 500	2 ^e sem/X	-	-	-	-
1975	6 400	23/VII	8 000	23/VII	1 200	17/X	-	-
1976	1 000	5/VIII	1 600	30/IX et 7/X	400	9/IX	-	-
1977	19 200	10/X	8 600	17/X	3 600	10/X	-	-
1978	5 500	16/X	27 000	25/IX	3 000	2 et 16/X	-	-
1980	6 000	10/X	17 000	19/IX	2 500	17/X	-	-
1981	3 000	27/VIII	10 000	1/X	5 500	10/IX	-	-
1982	2 000	27/VIII	5 500	24/IX	3 000	1/X	-	-
1983	7 000	10/X	3 000	10/X	1 500	15/VIII	-	-
1984	18 000	17/IX	500	10 et 17/IX	2 000	1/X	-	-
1985	15 500	4/X	2 000	20/IX	2 000	20/IX	-	-
1986	8 286	14/X	6 571	2/XII	3 143	11/XI	-	-
1987 (3n)	7 715	9/X	8 429	17/XI	2 571	23/IX	-	-
1987 (NT)	11 000	14/VIII	37 000	16/XI	17 000	22/VIII	1 000	7/XII

90 et 140 JAS, puis à partir de 180 JAS. Les maxima d'infestation de *P. gossypiella* sont enregistrés de 140 à 180 JAS.

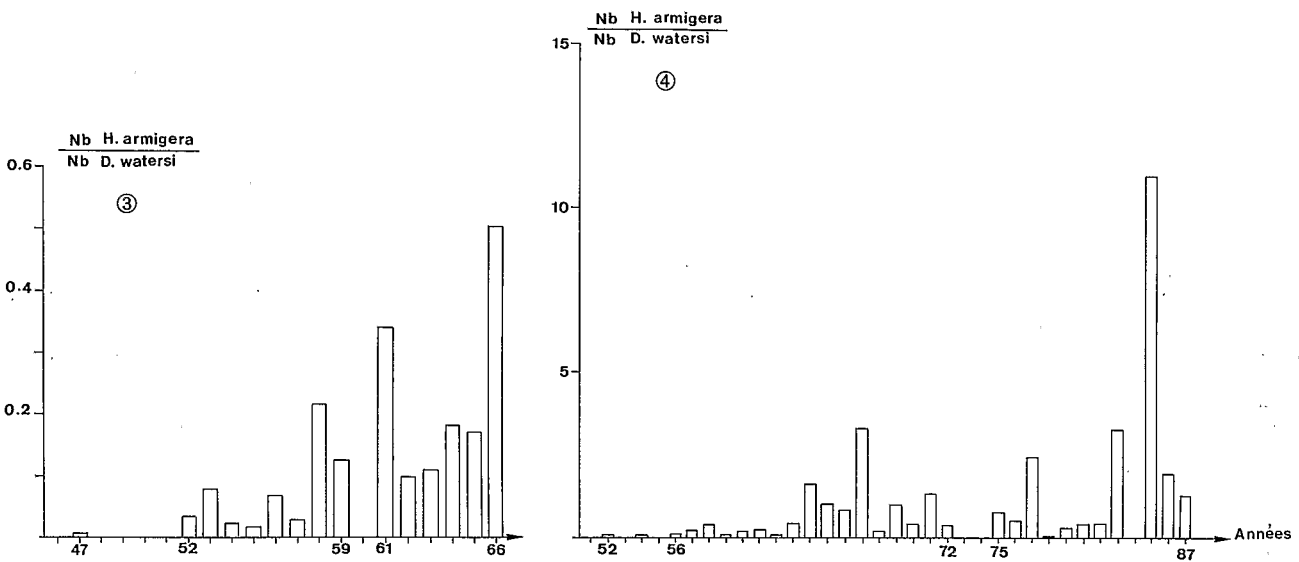
Rapport des nombres de chenilles d'*H. armigera*/ *D. watersi*

L'évolution du rapport des nombres cumulés de chenilles d'*H. armigera*/*D. watersi* à Tikem et Bébedjia est représenté

dans les figures 3 et 4. Ce rapport est toujours inférieur à 0,5 à Tikem. A Bébedjia, une valeur supérieure à 1 est atteinte les années 1964, 1965, 1971, 1977 et de 1983 à 1987. En 1984 et 1985, de très fortes populations d'*H. armigera* sont observées à Bébedjia. En 1984, le rapport atteint la valeur extrême de 40,2 (non représentée sur la figure 4).

Observations Tikem

Observations Bébedjia



Figures 3 et 4

Evolution pluriannuelle du rapport des nombres de chenilles d'*Heliothis armigera* et *D. watersi* ; observations faites à Tikem (fig. 3) ou à Bébedjia (fig. 4).

Pluri-annual evolution of the ratio of *Heliothis armigera* to *D. watersi* caterpillars. Observations made at Tikem (Fig. 3) and at Bébedjia (Fig. 4)

Evolutions annuelles

Les figures 5 à 6 représentent l'évolution annuelle à Bébedjia des populations larvaires d'*H. armigera* et *D. watersi* au cours de quelques années. La comparaison des graphiques permet de faire plusieurs remarques :

- un seul pic d'infestation est généralement observé dans la courbe de chaque espèce. Il est difficile de parler de succession de plusieurs générations car les observations ne tiennent pas compte des différents stades larvaires présents ;

- les infestations peuvent être très variables en intensité, et l'importance d'une espèce très variable d'une année à l'autre. Un cas extrême est représenté par les années 1977

et 1978 : la première de ces deux années est marquée par la dominance d'*H. armigera* alors que c'est *D. watersi* qui est surtout observée en 1978.

Les observations les plus récentes montrent une succession temporelle des deux espèces, avec des attaques plus précoces d'*H. armigera*. Des schémas d'évolution identiques ont été observés en 1969 et 1970.

Comparaison des évolutions constatées en 1987 avec deux méthodes d'observation

La figure 6 présente les résultats obtenus avec chaque méthode d'observation ; observation directe au champ (6a) ou prélèvement de plants et analyse au laboratoire (6b).

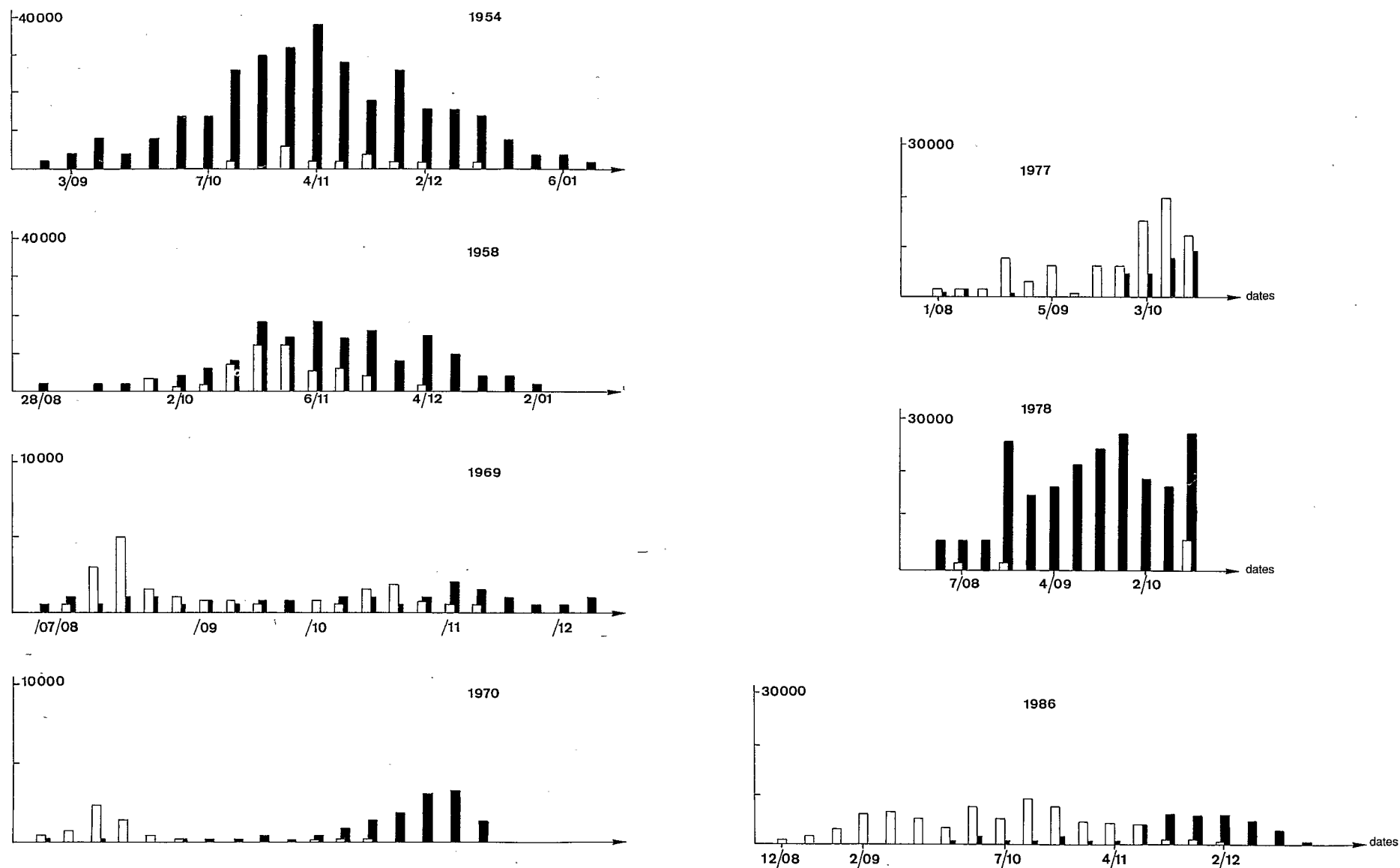


Figure 5
Evolution annuelle des populations larvaires d'*Heliothis armigera* (blanc) et *D. watersi* (noir) à Bébedjia au cours de plusieurs années.
*Annual evolution of larval populations of *Heliothis armigera* (white) and *D. watersi* (black) at Bébedjia in a number of different years.*

Avec la seconde méthode, le maximum de chenilles de *D. watersi* est de 37 000 larves/ha, alors qu'il n'atteint que la valeur de 8 500 dans le cas d'observations au champ. Cette remarque qui concerne la différence numérique entre les pics d'infestation, est également valable pour l'espèce *H. armigera* 11 000 larves/ha lorsque les plants sont analysés au laboratoire, 7 715 larves/ha lorsque l'observation est faite au champ.

Le prélèvement et l'analyse au laboratoire permettent d'observer des infestations d'*Earias* spp. plus importantes sur la parcelle NT située près des laboratoires, et de constater en 1987 la présence, certes très discrète, de *P. gossypiella*. Pour cette dernière espèce, la dernière observation de présence remontait à 1965.

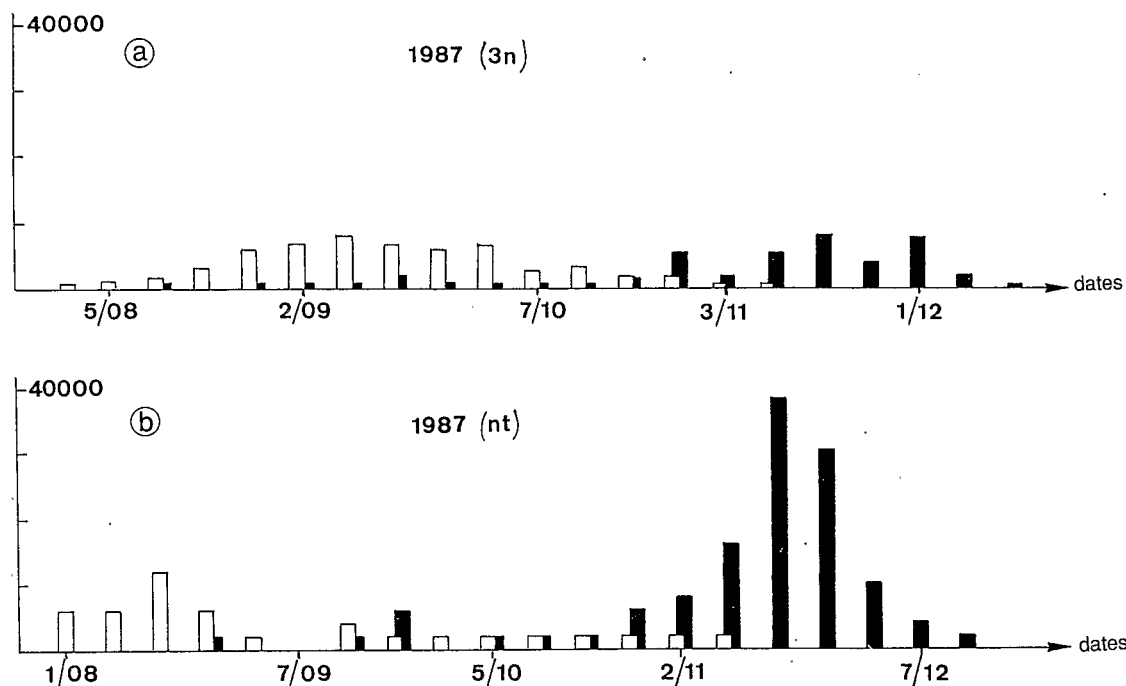


Figure 6
Evolution annuelle des populations larvaires d'*Heliothis armigera* (blanc) et *D. watersi* (noir) à Bébedjia, en 1987, et en fonction de la méthode d'observation employée : observation directe au champ sur les parcelles à 3 niveaux (fig. 6 a) ou prélèvement sur parcelle non traitée (fig. 6 b).
Annual evolution of larval populations of *Heliothis armigera* (white) and *D. watersi* (black) at Bébedjia in 1987 and according to the observation method used: direct observation in the field (Fig. 6a) in the 3 control level plots or sampling from an untreated plot (Fig. 6b).

Discussion

C'est la première fois qu'une analyse portant sur une période aussi longue (près de 40 ans) et simultanément sur plusieurs lépidoptères du cotonnier est réalisée. La plupart des études antérieures concernent l'évolution, généralement annuelle, rarement pluriannuelle (GLEDHILL, 1981; WILSON, 1983) d'une des espèces de ravageur citées dans cette note.

Toutefois, il convient de mentionner que les observations rapportées ont été réalisées sur stations de recherche qui, rappelle LE GALL (1947), constituent « un milieu un peu spécial où le parasitisme aurait tendance à être plus élevé que dans les zones voisines où la culture est moins intense ». Nos conclusions sont donc valables essentiellement sur les stations citées.

La principale conclusion qui se dégage de nos analyses est la grande variabilité des attaques de chaque ravageur selon les années, variabilité déjà signalée par JONES (1936), GALICHET (1957), COULLLOUD (1964) et

WILSON (1983). Néanmoins, il est possible de faire plusieurs remarques d'ordres biologique et méthodologique.

Evolution du «couple» de ravageurs *H. armigera*/*D. watersi*

Au Tchad, au regard des courbes annuelles de dynamiques des populations larvaires et du rapport des nombres de chenilles des deux espèces, une certaine augmentation des populations d'*H. armigera* est perceptible. Mais cette forte présence observée ces dernières années semble de nature conjoncturelle. En effet, l'espèce a déjà été observée à des niveaux importants dans le passé (années 1964, 1965, 1966, 1967, 1969, 1971, 1977, 1983 et suivantes) et les observations les plus récentes montrent une dominance de *D. watersi* dans le complexe de chenilles des capsules au Tchad (RENOU et MARTIN, 1989). La dominance de *D. watersi* sur *H. armigera* à Tikem peut s'expliquer par les valences

écologiques différentes des deux espèces. En effet, la première, certainement originaire de la zone subsaharienne, domine dans les régions les plus septentrionales.

Les évolutions annuelles observées ces dernières années

montrent un décalage temporel des pics d'infestation; *H. armigera* est suivie dans le temps par *D. watersi*. La figure 7 résume les observations faites par COUILLOUD (1964) et les nôtres, en 1986 et 1987.

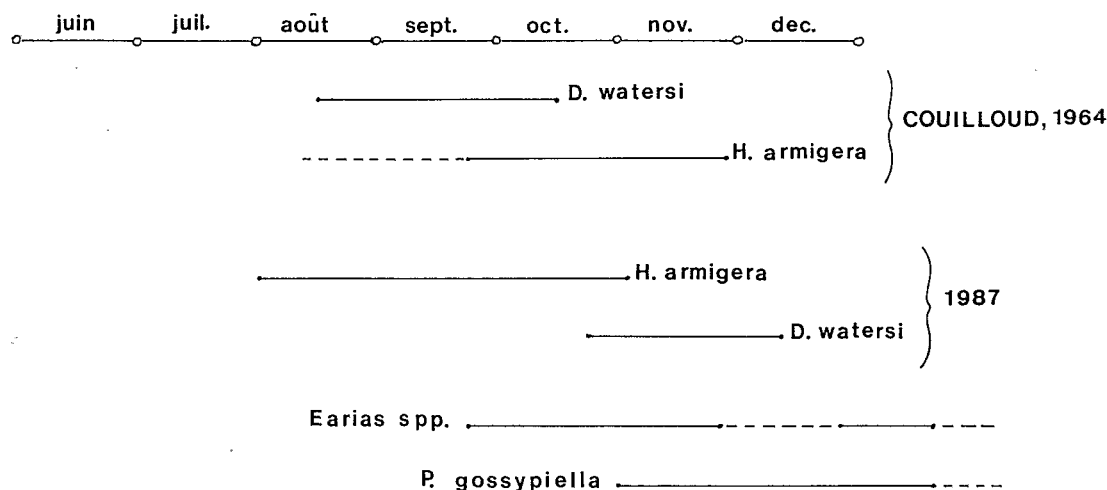


Figure 7

Comparaison des périodes de présence des chenilles sur les organes florifères et fructifères, à Bébedjia, les années 1964 et 1987.

Comparison of the periods of presence of caterpillars on flowers and fruit at Bébedjia in 1964 and 1987.

Valeurs des maxima d'infestation

La comparaison des valeurs de populations larvaires/ha rencontrées au Tchad avec celles observées dans d'autres pays africains n'est pas toujours aisée. En effet, peu de données sont disponibles et les conditions culturales peuvent être très différentes de celles pratiquées au Tchad.

Cas d'*H. armigera* et *D. watersi*

En Afrique Centrale, des courbes d'évolution annuelle récentes des ravageurs objets de notre étude sont données en République Centrafricaine par MENOZZI *et al.* (1985), MENOZZI et MIANZE (1986) et MENOZZI (1987). L'espèce *H. armigera* présente un pic d'infestation situé généralement fin octobre début novembre et d'une valeur inférieure ou égale à 5 000 larves/ha. En 1986 cependant, à Poumbaïdi, la valeur de 7 000 larves/ha est dépassée. En 1987, la valeur de 2 000 larves/ha est rarement atteinte.

D. watersi présente des populations de 6 000 larves/ha en 1987, début novembre, à Soumbé, mais sa présence est très discrète les autres années.

Les courbes d'évolution présentées au Cameroun par RENOUE *et al.* (1987) montrent une importance relative des deux espèces, variable selon les lieux, avec des populations d'*H. armigera* de 18 000 larves/ha à Djalingo

à la mi-août, et de 25 000 larves/ha de *D. watersi* à Ngong, dès le début août. Dans ce pays, les valeurs observées peuvent donc dépasser le seuil de 10 000 larves/ha considéré comme dangereux (GALICHET, 1957 ; COUILLOUD, 1964).

Dans les pays d'Afrique anglophone, les entomologistes ont privilégié l'observation des pontes et des populations d'adultes (PARSONS et ULLYETT, 1934 ; PARSONS, 1939 ; GEERING et BAILLIE, 1954 ; GLEDHILL, 1981 ; LINGREN *et al.*, 1981 ; TOPPER, 1987 a et b). Un inconvénient lié à cette méthode est que la mortalité au champ des pontes observées, qui peut atteindre 80 à 100 % n'est pas prise en compte.

Dans le cas de populations larvaires, COAKER (1959) en Ouganda donne des valeurs de maxima d'infestation de 9 000 larves d'*H. armigera*/acre sur cotonnier (soit 22 000 larves/ha). Pour la même espèce, REED (1965) en Tanganyika enregistre en 1962, et sur des parcelles traitées avec du D.D.T. un maximum de 40 000 larves/acre (soit 98 800 larves/ha). Le seuil de traitement adopté par cet auteur est 1 larve/5 poquets.

Ces valeurs concernent le plus souvent une seule année d'observation et ne permettent pas de conclure à une «explosion» récente d'*H. armigera*.

Cas des autres chenilles se nourrissant d'organes fructifères

En République Centrafricaine, selon les lieux et les années, *P. gossypiella* présente des populations larvaires variables : en 1986, à Ngoulinga, un pic de 8 000 larves/ha est observé mi-novembre. Des valeurs similaires sont atteintes à Soumbé, mi-octobre. Pour ce ravageur, les oscillations ne dépassent que rarement la valeur de 3 000 larves/ha. Dans des conditions très différentes (climatiques et culturales), ce ravageur peut devenir très important. Ainsi, une valeur maximale de 232 000 larves/ha est observée en 1962 par LE GALL au Maroc (LE GALL, 1966).

L'espèce *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) n'est pratiquement jamais mentionnée dans les rapports annuels du Tchad. Cette espèce, ainsi que *Cryptophlebia peltastica* (Meyrick) ont cependant été capturées dans des pièges à phéromones sexuelles à Bébedjia (SILVIE et DEGUINE, 1987). Deux chenilles de *C. leucotreta* seulement ont été retrouvées après analyse de capsules.

Relations entre dégâts sur cotonnier et populations larvaires

Afin d'essayer de relier les valeurs de maxima d'infestation relevées aux dégâts potentiels occasionnés par les ravageurs observés, il est nécessaire de tenir compte des voracités très différentes des chenilles de chaque espèce. Au cours de sa vie larvaire, une chenille d'*H. armigera* est capable de détruire jusqu'à 15 boutons et capsules. Ce chiffre est de 2 pour une chenille de *D. watersi*. La voracité des larves d'*Earias* spp. se situe entre les deux, et le développement de *P. gossypiella* se fait dans une seule capsule (MATTHEWS, 1989). Ainsi, une valeur observée de 10 000 larves/ha d'*H. armigera* n'aura pas la même incidence économique que cette même valeur notée pour *D. watersi*.

De plus, la position des pics d'infestation dans le cycle physiologique de la plante déterminera l'importance des dégâts. Ainsi, la présence d'*Earias* spp. en janvier-février ne revêt aucune importance particulière, comme les populations tardives de *P. gossypiella*.

Il est très difficile de relier les dénombrements de larves aux dégâts occasionnés (SILVIE et GOZÉ, 1990). Les conditions climatiques peuvent également jouer un rôle important dans le phénomène de compensation du cotonnier, en plus des dynamiques d'*H. armigera* et *D. watersi*.

MATTHEWS (1989) définit la période critique comme débutant 10 semaines après la formation des premiers boutons floraux. La comparaison des productions obtenues en 1964 et 1987 (figure 8) sur les parcelles à 3 niveaux de protection démontrent l'incidence économique importante des attaques précoces d'*H. armigera*.

D'une façon générale, des attaques ayant lieu au cours des trois premières semaines de floraison seront plus dommageables. MEGIE (1960) à Tikem écrit : «une protection complète de la production des trois premières semaines de floraison permet d'obtenir des rendements dix fois supérieurs à ceux enregistrés en culture traditionnelle». Rappelons ici les observations de PIERRARD (1972) : «les branches fructifères de la tige principale produisent 76 % de la récolte dont 60 proviennent des 7 premières branches ; 50 % du rendement total sont obtenus sur la première position capsulaire des 9 premières branches fructifères, ...»

Facteurs généralement invoqués pour expliquer le statut actuel d'*H. armigera* et cas du Tchad

Le statut actuel d'*H. armigera*, espèce très polyphage, est généralement expliqué par l'influence de facteurs biotiques et abiotiques.

Facteurs biotiques soumis à des modifications de nature anthropique

Les facteurs les plus souvent invoqués sont les suivants.

- La diminution de l'action des ennemis naturels (parasitoïdes et prédateurs) due à la généralisation de la lutte chimique.

- L'amélioration des conditions culturales qui permettent un meilleur développement des plants, facteur considéré comme favorable pour *H. armigera* (GALICHET *et al.*, 1964 ; REED, 1965 ; BRADER, 1968 ; BRADER-BREUKEL *et al.*, 1968 ; REED et PAWAR, 1981).

- L'augmentation des surfaces cultivées en maïs ou en d'autres plantes-hôtes cultivées, comme la tomate ou l'arachide (GAINES, 1932, 1933 ; PARSONS et ULLYETT, 1934 ; JONES, 1936 ; PEARSON, 1958 ; COAKER, 1959 ; BALLA, 1981 ; NYAMBO, 1981 ; REED et PAWAR, 1981 ; TOPPER, 1987a). Dans le cas de la culture du sorgho, WILSON (1983) observe en Australie une diminution des populations d'*H. armigera* qu'il attribue à la diminution des surfaces cultivées.

Des avis différents sont émis à propos du maïs. En Afrique du Sud, PARSONS (1940) rapporte que la pratique du «piégeage» d'*Heliothis* par le maïs a été abandonnée, car le nombre d'oeufs observés sur cette plante est inférieur à celui dénombré sur cotonnier. En revanche, plus récemment, MORTON (1979) envisage la culture de maïs comme plante-piège et «réservoir» d'ennemis naturels. Cette idée est développée outre-Atlantique, au Venezuela, par SALAZAR et MARTINEZ (1982).

- Le développement de la résistance aux insecticides, lié à une protection poussée dans certains pays (GOODYER *et al.*, 1975 ; GLEDHILL, 1981 ; GUNNING *et al.*, 1984 ; COLLINS, 1986 ; SAWICKI, 1986). REED et PAWAR

(1981), évoquant le cas de la Tanzanie, rappellent toutefois qu'*H. armigera* constituait déjà le ravageur dominant avant l'utilisation des pesticides à grande échelle.

- Le manque de respect des consignes culturales telles què l'arrachage des plants après la culture et l'entretien des plantations, facteurs susceptibles de favoriser ou non le développement de certains insectes. D'après GALICHET (1957), des semis tardifs favorisent *D. watersi*, par la présence de cotonniers en pleine végétation à la fin du mois d'octobre.

- La présence de plants non arrachés est particulièrement favorable à *P. gossypiella* qui effectue sa diapause dans les graines. Cette présence permet ultérieurement l'installation et la multiplication des espèces déprédatrices sur les repousses, dès la sortie des insectes en diapause (PROCTOR, 1962).

- Des facteurs propres à l'espèce *H. armigera* sont également évoqués, comme la possibilité de migrations sur des distances importantes (TAYLOR, 1932; POITOUT et BUES, 1979; RAULSTON *et al.*, 1981; REED et PAWAR, 1981; WILSON, 1983). Pour HACKETT et GATEHOUSE (1981), l'espèce est un migrateur facultatif.

Au Tchad, peu d'informations sont disponibles sur ces différents points. Aucune étude particulière ne permet d'infirmer l'une ou l'autre hypothèse.

En 1987, 51,4% des surfaces semées restent non traitées, bien que l'on constate un changement des matières actives appliquées et de la méthode de traitement au cours des dernières années (DEGUINE, 1988). Ceci peut en partie expliquer le fait qu'aucun phénomène de résistance d'*H. armigera* aux insecticides employés n'a été mis en évidence, après élevage d'insectes provenant du Tchad (JOUVE, JACQUEMARD, comm. pers.). Dans le cas de l'endrine, BRADER (1970) avait mis en évidence une diminution de la sensibilité de *D. watersi* à cet insecticide, sans toutefois parler de résistance.

Un certain développement de la culture du maïs est constaté, mais il ne concerne pas toutes les régions. Ainsi, dans la région du Moyen-Chari, les surfaces ont progressé de 500 ha en 1982 à plus de 10 000 ha en 1986. Hormis l'année 1986 au cours de laquelle des attaques d'*H. armigera* ont été observées sur cette culture à la ferme de Békamba et à la station de Bébedjia, peu de cas semblables sont signalés.

Le «déclin» relatif des populations larvaires de *D. watersi* sur station peut s'expliquer en partie par la très bonne efficacité des pyrèthrinoides de synthèse employés à partir de 1975 (RENOU et ASPIROT, 1984). Les observations tardives montrent un pic de population de cet insecte décalé par rapport à celui d'*H. armigera*. En outre, les observations effectuées en parcelles paysannes montrent toujours une forte présence de *D. watersi* dans des parcelles cultivées de façon traditionnelle : non traitées, à plants peu

développés et densités faibles. Les observations récentes de DIONGUE (1989) au Sénégal, NIBOUCHE (1989) au Burkina-Faso, et les données récentes non publiées des entomologistes de l'IRCT suggèrent que *D. watersi* n'est pas remplacé par *H. armigera*.

Facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques, essentiellement climatiques, agissent surtout à l'échelle annuelle. Les facteurs température et humidité relative sont considérés classiquement comme les plus importants, mais des observations précises au champ sont rares.

Dans le cas de *D. watersi*, GALICHET (1964) a établi qu'une corrélation négative existait entre le cumul des pluies tombées de janvier à fin mai et le nombre cumulé de chenilles observées aux mois de septembre et octobre. Ce même auteur rappelle l'importance des interactions entre facteurs. Ainsi, des pluies précoces influent sur les sorties de diapause et ceci, lié à la présence de cotonniers non arrachés de la précédente campagne, peut favoriser le développement ultérieur de *D. watersi*.

Importance de la méthodologie employée

L'ensemble des données présentées et les résultats de notre analyse soulignent l'importance qui doit être accordée à la méthodologie employée.

La technique d'observation, directe au champ ou après prélèvements, apporte des enseignements différents selon les cas. La comparaison des deux méthodes, réalisée en 1987, permet de noter l'intérêt d'employer une technique identique au cours des années successives.

Dans le cas des chenilles, il paraît utile de poursuivre les observations le plus tardivement possible, afin de détecter les éventuels décalages temporels entre espèces. Au plan pratique, la connaissance de la structure des populations (nombre d'individus de chaque stade larvaire) paraît utile car les premiers stades larvaires se révèlent plus sensibles que les derniers stades aux insecticides employés. Cependant, COUILLAUD (1964) a montré qu'il était difficile de différencier des générations du fait de l'imbrication "des populations larvaires de *D. watersi* provenant de la succession des générations depuis juillet et des adultes issus des sorties de diapause".

Dans le cas des insectes polyphages, la prise en compte des plantes-hôtes extérieures à la culture est un autre facteur à étudier pour expliquer l'évolution des populations observées. L'étude de REED (1974) sur les plantes-hôtes d'*Earias* sp. en constitue un bon exemple.

Il peut également paraître utile de réaliser des comptages d'insectes présents sur la culture qui n'apparaissent pas aujourd'hui comme déprédateurs importants mais qui peuvent le devenir par la suite. Le cas des aleurodes en est un exemple particulier.

Une uniformisation des méthodes d'étude semble souhaitable, au moins sur les parcelles d'observation non traitées de l'ensemble du réseau coton. En effet, il apparaît actuellement difficile de comparer nos résultats, non seulement au sein d'un même pays, mais aussi avec ceux des autres pays du continent africain.

Les auteurs anglophones étudient surtout l'évolution des pontes et des adultes. Lorsque des comptages de chenilles sont réalisés par ces auteurs, l'unité d'expression employée dans les courbes d'évolution annuelle peut être un nombre de larves par plant ou par unité de surface (are ou hectare). D'autres unités sont parfois employées. Ainsi, BROZA (1986) compte le nombre de larves présentes sur une longueur de 2 m de cotonniers. TOPPER (1987 a) donne l'évolution du logarithme de la densité moyenne de chenilles/ha en fonction du temps. Des cumuls mensuels, exprimés en nombre de larves/ha sont parfois utilisés.

Avec l'uniformisation des méthodes, la comparaison des évolutions constatées sera alors possible, aux échelles temporelle et géographique, et des termes tels que «populations faibles», «attaques importantes», sinon bannis

du vocabulaire courant, au moins soutenus par des valeurs quantitatives.

Ces remarques prennent toute leur importance à l'heure où les études sur les seuils d'intervention et la lutte intégrée se multiplient. L'adoption de traitements insecticides «ciblés» sur les ravageurs présents et économiquement nuisibles avec des doses de matières actives adaptées aux niveaux d'infestation réels nécessitent une bonne connaissance du cycle annuel et la définition préalable des niveaux d'infestation.

Afin d'essayer d'expliquer la variabilité des infestations observées, et, si possible, de pouvoir prévoir dès le début de la campagne une infestation qui sera ultérieurement néfaste, il importe d'accorder davantage d'attention à l'enregistrement des paramètres climatiques. Des études de modélisation du type de celle de HARSTACK *et al.* (1976) aux USA, quoique d'abord difficile dans les zones où la culture n'est pas irriguée (MATTHEWS, 1989) peuvent constituer à l'avenir un axe de recherches prometteur.

Remerciements

L'auteur remercie les entomologistes dont les noms suivent, par ordre chronologique de séjour au Tchad, car ils ont tous apporté, peu ou prou, leur contribution à ce texte :

- LE GALL, CADOU, GALICHET, JACQUEMARD à Tikem.

- GALICHET, CHAPELLE, ROIG, COUILLOUD,

BRADER, BRADER-BREUKEL, REISINGER, ATGER, DELALANDE, CADOU, SOUBRIER, MARTIN, LABOUCHEIX, VAISSAYRE, RENO, ASPIROT, MENOZZI, DEGUINE, à Bébedjia.

L'auteur remercie plus particulièrement R. COUILLOUD de ses remarques constructives apportées lors de la relecture du manuscrit.

Références bibliographiques

BALLA A.N., 1981.— Progress in research and development for *Heliothis* management in the Sudan. In : Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* management. ICRISAT, India, 15-20 november 1981, 363-368.

BRADER L., 1967.— La faune des cotonniers sans glandes dans la partie méridionale du Tchad. I. Les Altises. *Cot. Fib. Trop.*, 22, 2, 171-181.

BRADER L., 1968.— L'efficacité de quelques insecticides vis-à-vis des chenilles de la capsule *Diparopsis watersi* Roths. et *Heliothis armigera* Hb. *Cot. Fib. Trop.*, 23, 4, 483-492.

BRADER L., 1969.— La faune des cotonniers sans glandes dans la partie méridionale du Tchad. II. Les chenilles de la capsule. *Cot. Fib. Trop.*, 24, 3, 333-336.

BRADER L., 1970.— Tests de sensibilité de deux chenilles des capsules du cotonnier *Diparopsis watersi* (Roths.)

et *Heliothis armigera* (Hb.) à quelques insecticides organochlorés. *Cot. Fib. Trop.*, 25, 4, 513-520.

BRADER-BREUKEL L.M., 1968.— L'âge des papillons de *Diparopsis watersi* Roths. pris au piège lumineux au Tchad. *Cot. Fib. Trop.*, 23, 4, 477-481.

BRADER-BREUKEL L.M., 1969.— Modalités de l'attraction sexuelle chez *Diparopsis watersi* (Roths.). Observations écologiques et expérimentales dans le cadre des phénomènes de reproduction. *Cot. Fib. Trop.*, 24, 3, 261-297 ; 24, 4, 361-375.

BRADER-BREUKEL L.M., BRADER L., ATGER P., DELALANDE F., 1968.— Quatre années d'observations aux pièges lumineux en culture cotonnière au Tchad. *Cot. Fib. Trop.*, 23, 4, 463-467.

BROZA M., 1986.— Seasonal changes in population of *Heliothis armigera* (Hb.) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton fields in Israel and its control with a

- Bacillus thuringiensis* preparation. *Jour. Appl. Ent.*, 102, 4, 363-370.
- COAKER T.H., 1959. — Investigations on *Heliothis armigera* (Hb.) in Uganda. *Bull. Ent. Res.*, 50, 487-506.
- COLLINS M.D., 1986. — Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Heliothis armigera*. A case history from Thailand. *British Crop Protection Conference. Pests and Diseases*, 583-589.
- COUILLOUD R., 1964. — Les chenilles de la capsule du cotonnier dans le bassin du Logone (Tchad). *Cot. Fib. Trop.*, 19, 4, 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, 4, 517-530.
- DEGUINE J. P., 1988. — Bilan de la protection des cultures cotonnières au Tchad par la technique UBV. *Cot. Fib. Trop.* 43, 3, 235-247.
- DIONGUE I., 1989. — Evolution récente du parasitisme du cotonnier au Sénégal et perspectives de la protection phytosanitaire. In : Actes de la 1ère conférence de la recherche cotonnière africaine, Lomé, Togo. *IRCT éd.* Tome 2, 85-94.
- GAINES J.C., 1932. — Migration and population studies of the cotton bollworm moth (*Heliothis obsoleta* Fab.). *Jour. Econ. Ent.*, 25, 769-772.
- GAINES J.C., 1933. — Factors influencing the activities of the cotton bollworm moth (*Heliothis obsoleta* Fab.). *Jour. Econ. Ent.*, 26, 957-962.
- GALICHET P.F., 1957. — Les principaux parasites du cotonnier au Tchad. *Cot. Fib. Trop.*, 12, 3, 357-406.
- GALICHET P.F., 1964. — *Diparopsis watersi* Rothschild, Lepidoptera, Noctuidae, ravageur du cotonnier en Afrique Centrale. Monographie, écologie des populations, étude expérimentale de la diapause. *Cot. Fib. Trop.*, 19, 3-4, 437-518.
- GEERING Q.A., BAILLIE A.F.H., 1954. — The biology of red bollworm, *Diparopsis watersi* (Roths) in Northern Nigeria. *Bull. Ent. Res.*, 45, 4, 661-681.
- GLEDHILL J.A., 1981. — Progress and problems in *Heliothis* management in tropical southern Africa. In : Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* management. *ICRISAT*, India, 15-20 november 1981, 375-384.
- GOODYER G.J., WILSON A.G.L., ATTIA F.I., CLIFT A.D., 1975. — Insecticide resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Namoi valley of New South Wales, Australia. *Jour. Austr. Ent. Soc.*, 14, 171-173.
- GUNNING R.V., EASTON C.S., GREENUPL.R., EDGE V.E., 1984. — Synthetic pyrethroid resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *Jour. Econ. Ent.*, 70, 1283-1287.
- HACKETT D.S., GATEHOUSE A.G., 1981. — Studies on the biology of *Heliothis* spp. in Sudan. In : Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* management. *ICRISAT*, India, 15-20 november 1981, 29-38.
- HARTSTACK A.W. Jr., WITZ J.A., HOLLINGSWORTH J.P., RIDGWAY R.L., LOPEZ J.D., 1976. — MOTHZV-2: a computer simulation of *Heliothis zea* and *Heliothis virescens* population dynamics. *U.S. Department of Agriculture User's Manual ARS-S-127*, Washington DC, USA, 55 p.
- JONES E.P., 1936. — IV. Investigations on the cotton bollworm, *Heliothis obsoleta* Fabr. *Publ. Brit. S. Afr. Co.*, 4a, 21-82.
- LE GALL J., 1947. — Rapport Annuel 1947-1948. Section Entomologie, Tikem, Tchad. *Doc. IRCT*, ronéotypé (non publié), 75 p.
- LE GALL J. 1966. — «Les *Platyedra*». In : Traité d'Entomologie appliquée à l'agriculture. *Masson et Cie éd.*, Paris, Tome II, vol. 1, 399-442.
- LINGREN P.D., SPARKS A.N., RAULSTON J.R., 1981. — The potential contribution of moth behavior research to *Heliothis* management. In : Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* management. *ICRISAT*, India, 15-20 november 1981, 39-47.
- MATTHEWS G.A., 1989. — Cotton insect pests and their management. *Longman Scientific and Technical*, New York (USA), 199 p.
- MEGIE C., 1960. — Cycle de floraison et productivité du cotonnier. *Cot. Fib. Trop.*, 15, 388-390.
- MENOZZI P., 1987. — Rapport annuel section entomologie, RCA. *Doc. IRCT*, ronéotypé (non publié), 77 p.
- MENOZZI P., MIANZE T., 1986. — Rapport annuel section entomologie, RCA. *Doc. IRCT*, ronéotypé (non publié), 105 p.
- MENOZZI P., COREE S., YAKOUBOU G., NAMKOSSERENA S., N'GAO M., ZIKI E., N'VORO E., 1985. — Rapport annuel section entomologie, RCA. *Doc. IRCT*, ronéotypé (non publié), 163 p.
- MORTON N., 1979. — Time related factors in *Heliothis* control in cotton. *Pesticide Sci.*, 10, 254-270.
- NIBOUCHE S., 1989. — Protection phytosanitaire du cotonnier au Burkina-Faso. In : Actes de la 1ère conférence de la recherche cotonnière africaine, Lomé, Togo. *IRCT éd.* Tome 2, 137-145.

- NYAMBO B.T., 1981.— Problems and progress in *Heliothis* management in Tanzania, with special reference to cotton. In : Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* management. ICRISAT, India, 15-20 november 1981, 355-362.
- PARSONS F.S., 1939.— Investigations on the cotton bollworm *Heliothis armigera* Hübn. (*obsoleta* Fabr.). Part I. The annual march of bollworm incidence and related factors. *Bull. Ent. Res.*, 30, 321-338.
- PARSONS F.S., 1940.— Investigations on the cotton bollworm, *Heliothis armigera*, Hübn. Part III. Relationships between oviposition and the flowering curves of food-plants. *Bull. Ent. Res.*, 30, 147-172.
- PARSONS F.S., ULLYETT, G.C., 1934.— Investigations on the control of the American and red bollworms of cotton in S. Africa. *Bull. Ent. Res.*, 25, 349-381.
- PEARSON E.O., 1958.— The insect pests of cotton in tropical Africa. *Emp. Cott. Grow. Corp. Commonwealth Inst. Entomol. Eastern Press*, London, 356 p.
- PIERRARD G., 1972.— Le contrôle de *Dysdercus vólkeri* Schmidt défini par l'acquisition de connaissances de la biologie de l'insecte et de ses dégâts. *Fac. des Sciences Agronomiques, Gembloux*, Doctorat en sciences agronomiques, zool. et ent. trop., 136 p.
- POITOUTS., BUES R., 1979.— La noctuelle de la tomate (*Heliothis* ou *Helicoverpa armigera* Hbn). Son cycle évolutif dans le sud de la France. *La Défense des Végétaux*, 195, 12-27.
- PROCTOR J.H., 1962.— Biology and control of the Sudan Bollworm, *Diparopsis watersi* (Roths) in Abyan delta, West Aden Protectorate. *Bull. Ent. Res.*, 53, 311-335.
- RAULSTON J.R., WOLF W.W., LINGREN P.D., SPARKS A.N., 1981.— Migration as a factor in *Heliothis* management. In : Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* management. ICRISAT, India, 15-20 november 1981, 61-74.
- REED W., 1965.— *Heliothis armigera* (Hb.) (Noctuidae) in Western Tanganyika. I. Biology, with special reference to the pupal stage. II. Ecology and natural and chemical control. *Bull. Ent. Res.*, 56, 117-140.
- REED W., 1974.— Populations and host-plant preferences of *Earias* spp. (Lepidoptera, Noctuidae) in East Africa. *Bull. Ent. Res.*, 64, 33-44.
- REED W., PAWAR C.S., 1981.— *Heliothis* : a global problem. In : Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* management. ICRISAT, India, 15-20 november 1981, 9-14.
- RENOU A., ASPIROT J., 1984.— Considérations sur l'utilisation de pyréthrinoides en culture cotonnière au Tchad. *Cot. Fib. Trop.*, 39, 4, 101-106.
- RENOU A., MARTIN J., 1989.— Rapport Annuel Section Entomologie, Bébedjia, Tchad. *Doc. IRCT*, ronéotypé (non publié).
- RENOU A., BORCHARD A., EKUKOLE G., 1987.— Rapport Annuel Section Entomologie, Cameroun. *Doc. IRCT*, ronéotypé (non publié), 41 p.
- SALAZAR J.V., MARTINEZ N., 1982.— Control del complejo *Heliothis* en siembras comerciales de algodón mediante el uso de maíz cultivo trampa. *Agronomia Tropical*, 32, 187-194.
- SAWICKI R.M., 1986.— Rapport général sur «les insectes et la résistance aux insecticides. Solutions actuelles et perspectives». *IVe Congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical*, Marseille, 2-4 juillet 1986, 206-214.
- SILVIE P., DEGUINE J.P., 1987.— Rapport Annuel 1987-1988. Section Entomologie, Bébedjia, Tchad. *Doc. IRCT*, ronéotypé (non publié), 153 p.
- SILVIE P., GOZE E. 1990.— Estimation des pertes de production dues aux ravageurs du cotonnier au Tchad. *Cot. Fib. Trop.*, 46, 1, 15-32.
- 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.
- TAYLOR J.S., 1932. — Report on cotton insect and disease investigations. Part II. Notes on the American bollworm (*Heliothis obsoleta* Fbr.) on cotton and on its parasite *Microbracon brevicornis*. *Wesm. Sci. Bull., Dep. Agric.*, S. Afr., 113, 18p.
- TOPPER C.P., 1987a. — The dynamics of the adult population of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) within the Sudan Gezira in relation to cropping pattern and pest control on cotton. *Bull. Ent. Res.*, 77, 525-539.
- TOPPER C.P., 1987b.— Nocturnal behaviour of adults of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Sudan Gezira and pest control implications. *Bull. Ent. Res.*, 77, 541-554.
- WILSON A.G.L., 1983.— Abundance and mortality of overwintering *Heliothis* spp. *J. of the Australian Ent. Soc.*, 22, 191-199.

Annual dynamics of flower and fruit-eating caterpillars in cotton in Chad

P. Silvie

Summary

Presentation of the data recorded annually since 1947 of untreated plots at the Tikem and Bébedjia stations in Chad. They concern the annual dynamics of the larval populations of the main Lepidoptera pests in cotton growing and were analysed using the following criteria: cumulated total of caterpillars observed, values and position in time of infestation peaks, the ratio of *H. armigera* to *D. watersi* caterpillars and the annual evolution of each species. Two observation methods were compared in 1987.

A certain increase in *H. armigera* populations has been observed, and in 1986 and in 1987 *H. armigera* and *D. watersi* were staggered in time. The former developed earlier on cotton crops. Several features are discussed in connection with the interpretation of the figures, the nature and reasons for the increase in *H. armigera*, with a reminder of important points concerning the methodology.

KEY WORDS: pests, cotton, population dynamics, *H. armigera*, *D. watersi*, Chad.

Introduction

Cotton pests, and especially Lepidoptera whose larvae feed on the flower and fruit organs, have been observed for over 40 years in Chad. Much of the data has been recorded in the annual reports of the IRCT stations at Tikem and Bébedjia. Unfortunately, the data collected outside these research stations is fragmentary and discontinuous.

Through his methods of observation and work, each entomologist has contributed new features to knowledge of the biology of the main pests and their annual population changes. GALICHET (1964) was the first after 1957 to publish a major monograph on the Lepidoptera *Diparopsis watersi* (Rothschild). The 1951-1961 annual evolution curves of the caterpillars of this species at Tikem were published (GALICHET, 1957, 1964).

COUILLOUD (1964, 1965) investigated the whole of the entomological fauna, whereas BRADER (1967, 1969) concentrated more particularly on glandless cotton. The

evolution curves of the larvae of *D. watersi*, *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *armigera* (Hübner), *Pectinophora gossypiella* Saunders and *Earias* spp. at Bébedjia for the years 1958 to 1963 were published by COUILLOUD (1964).

The sexual attraction mechanism in *D. watersi* and light trapping of the species were studied by BRADER-BREUKEL *et al.* (1968) and BRADER-BREUKEL (1968, 1969). More recently, SILVIE *et al.* (1989) drew up a list of cotton pests and their natural enemies observed in Chad. However, no population curves for the species mentioned have been published since 1963.

The purpose of this note is to provide a synthesis of all the observations made in Chad on the dynamics of larval populations of the main Lepidoptera, with the exception of phyllophagous caterpillars. The various observation methods used over the years are discussed as a prerequisite to analysis of the data collected.

Material and methods

Pests were observed in large (1 hectare) untreated plots until 1962. They were continued in subsequent years in the two untreated plots of the treatment with three levels of protection. Plot size varied from twenty to thirty 20 m rows (SILVIE and GOZE, 1990).

Different varieties were grown according to place and year and spacing varied from 0.8 to 1 m between rows and

0.25 m to 0.4 m between planting holes, i.e. a cropping density ranging from 25,000 to 40,000 plants/ha (Tables 1 and 2). Two methods were used for observing and counting caterpillars:

- sampling a known number of plants or all the plants for a specific row length. The plants were then analysed in the laboratory;

- direct observation in the field of a varying number of samples of successive plants. This method does not *a priori* modify the composition of the entomological fauna present.

Only the first method was used at Tikem, with one sampling per week. The total number of observations and the sample area (20 to 80 m²) are shown in Table 3. Depending on the year, 17 to 28 samples were taken (only 11 in 1966). Sampling started in late July/early August, i.e. 30-40 days after sowing, and stopped in late January/early February.

The first method was used at Bébedjia until 1975. Some 50 to 800 plants were analysed each week (200 m of cotton plants were collected in two sets of two 50-m rows). The area sampled thus ranged from 12 to 200 m² (Table 4).

From 1975 to 1987, observations were performed in the field twice a week on 80 to 280 plants according to the year (Table 4). Total observations ranged from 11 (in 1972) to 51 (in 1968 and 1986), with an average of 25.

The two methods were compared in 1987. In addition to the usual observation of the untreated plots in the trial on three levels of protection, weekly observation was

undertaken after random sampling of 40 plants (1 per row) in a non-treated plot (NT) with forty 40 m rows separate from the multiplication block.

Caterpillars of the following species were counted in the field: *H. armigera*, *D. watersi*; *Earias* spp. (no distinction was made between *E. insulana* (Boisduval) and *E. biplaga* Walker during counting). The plant sampling method also made it possible to count *P. gossypiella* (Lepidoptera) larvae and the eggs of the various species (egg counts are not presented here).

The results from the various annual reports have been homogenised because of the diversity of the samples observed. The number of caterpillars per hectare is used in the presentation of annual dynamics. The data from a single count were used when there were two counts per week. This made it possible to compare pest evolution patterns in different years. Several other criteria were used in the analysis:

- infestation peaks and times for a given pest;
- the ratio of *H. armigera*/*D. watersi* caterpillars.

Graphs of annual evolution of *Heliothis armigera* and *D. watersi* are mainly for the data from Bébedjia.

Results

The cumulated numbers of caterpillars of the five species observed at Tikem and Bébedjia are shown in Tables 3 and 4. At Tikem, the predominance of *D. watersi* can be seen and frequent large numbers of *Earias* spp. The total number of *P. gossypiella* caterpillars decreased over the years whereas that of *H. armigera* increased. Only *D. watersi* caterpillars were counted from 1949 to 1951.

At Bébedjia, the number of *P. gossypiella* caterpillars also decreased; this was unrelated to the observation method. No larvae were observed although numerous samples were analysed from 1966 to 1971. With the same sampled areas as those at Tikem, the same observation method (sampling) and a similar number of counts gave fewer caterpillars of *Earias* spp. and more *Heliothis armigera* at Bébedjia.

Annual infestation peaks

Annual infestation peaks for each species are given in larvae per ha in Tables 5 and 6 for Tikem and Bébedjia respectively. *D. watersi* peaks at Tikem varied from 4,900 to 76,000 larvae/ha with an average of 26,000. The range was smaller for *Heliothis armigera* and ran from 1,050 to 5,600 larvae/ha.

At Bébedjia, the 55,000 larvae/ha peak was reached in 1961 for *D. watersi*. The figures were low from 1966 to

1977 and from 1982 to 1985 (less than 10,000 larvae/ha). The 1966-1976 period was marked by low infestation peaks. The highest *H. armigera* infestation peak was observed in 1964 (28,060 larvae/ha).

The peaks for *Earias* spp., decreased at both sites. The figures at Bébedjia changed from over 27,000 larvae/ha in 1953 to an average of 670 larvae/ha from 1966 to 1976. A fall in *P. gossypiella* numbers was also observed at both sites. The most serious infestation was 45,000 larvae/ha at Tikem (1952) and 19,000 larvae/ha at Bébedjia in the same year.

The siting of infestation peaks in time

The dates of infestation peaks can be positioned in relation to the sowing date (Figures 1 and 2). Analysis of the results shows that peak *H. armigera* populations have generally been observed 120 days after sowing (DAS) (in 8 years) but that it can occur from 40 DAS (1975) to up to 140 DAS (1963). Peak *D. watersi* infestation was more spread out in time, occurring from 100 to 170 DAS. The peaks of the two species were staggered. Likewise, there was even more marked staggering of *Earias* spp. and *P. gossypiella* peaks. Peaks of the former were at 90 to 140 DAS and then from 180 DAS. *P. gossypiella* infestation peaks were recorded from 140 to 180 DAS.

Ratio of *H. armigera* to *D. watersi* caterpillars

The evolution of the ratio of cumulated numbers of *H. armigera* to *D. watersi* caterpillars at Tikem and Bébedjia is shown in Figures 3 and 4. The ratio was always less than 0.5 at Tikem. A ratio of over 1 was attained at Bébedjia in 1964, 1965, 1971 and 1977 and from 1983 to 1987. Very large *H. armigera* populations were observed at Bébedjia in 1984 and 1985. The ratio attained the extreme figure of 40.2 in 1984 (not shown in Figure 4).

Annual evolution

Figures 5 and 7 show the annual evolution of the *H. armigera* and *D. watersi* larval populations at Bébedjia in a number of years. Comparison of the graphs leads to a number of comments:

- there is usually only one infestation peak in the curve for each species. It is difficult to talk in terms of a succession of several generations since the observations do not take the different larval stages into account;
- the intensity of infestations may vary considerably, and the importance of a species is very variable from one year to the next. An extreme case is that of 1977 and 1978;

H. armigera was dominant in the first year and *D. watersi* was dominant in the second.

The most recent observations display a staggering of the two species in time, with *H. armigera* observed earlier. Identical patterns were observed in 1969 and 1970.

Comparison of the evolutions observed in 1987 using two observations methods

Figure 7 shows the results obtained with two observation methods: direct field observation (7a) and sampling of plants followed by laboratory analysis (7b). The second method gave peak for *D. watersi* caterpillars of 37,000 larvae/ha whereas the figure was only 8,500 with field observation. This remark on the numerical differences between infestation peaks also applies to *H. armigera*, where 11,000 larvae/ha were counted in the laboratory and 7,715 larvae/ha in the field.

Sample taking and laboratory analysis revealed more serious infestation by *Earias* spp. in the NT plot near the laboratories and the presence - although slight - of *P. gossypiella* in 1987. The last observation of this species had been made in 1965.

Discussion

This is the first time that analysis has been applied to such a long period (nearly 40 years) and simultaneously on several Lepidoptera on cotton. Most previous work has been on the annual evolution and more rarely on pluri-annual trends (GLEDHILL 1981; WILSON, 1983) of one of the pest species mentioned here. However, the observations reported were performed at research stations which, as was reminded by LE GALL (1947) form "a somewhat special environment where parasitism may be more serious than in neighbouring zones where cropping is less intensive". Our conclusions are hence valid mainly for the research stations in question.

The main conclusion to be drawn from our analysis is the great variability of the attacks of each pest according to the year. This feature has been reported by JONES (1936), GALICHET (1957), COUILLOUD (1964) and WILSON (1983). However, a number of remarks on biological and methodological aspects can be made.

Evolution of the pest "pair" *H. armigera*/*D. watersi*

The annual curves of larval population dynamics and the ratio of the numbers of caterpillars of the two species reveal a certain increase in *H. armigera* populations in Chad. However, the strong presence observed in recent years appears to be due to circumstances. Indeed, high levels of this pest have been observed in the past (1964, 1965, 1966, 1967, 1969, 1971, 1977, 1983 and subsequent years) and

the most recent observations indicated the dominance of *D. watersi* in the caterpillar complex in bolls in Chad (RENOU and MARTIN, 1989). The predominance of *D. watersi* over *H. armigera* at Tikem may be caused by the different ecological valences of the two species. The former, which is probably from the sub-Saharan zone, is dominant in the more southerly regions.

Recent annual evolutions display a staggering of infestation peaks; *H. armigera* is followed in time by *D. watersi*. The observations made by COUILLOUD (1964) and by ourselves in 1986 and 1987 are summarised in Figure 7.

Peak infestation values

It is not always easy to compare the number of larvae per ha observed in Chad with the figures for other African countries. Indeed, few data are available and cropping conditions may be very different to those of Chad.

The case of *H. armigera* and *D. watersi*

Recent annual evolution curves in the Central African Republic for the pests discussed here were given by MENOZZI *et al.* (1985), MENOZZI and MIANZE (1986) and MENOZZI (1987). The infestation peak for *H. armigera* was generally in late October/early November and was 5,000 larvae/ha or less. However, the figure was

over 7,000 larvae/ha at Pombaïdi in 1986. Peaks rarely attained 2,000 larvae/ha in 1987. *D. watersi* attained 6,000 larvae/ha in early November 1987 at Soumbé, but was observed on small numbers in other years.

The evolution curves presented by RENOUE *et al.* (1987) for Cameroon showed that the importance of the two species was relatively great and varied according to site, with 18,000 larvae/ha of *H. armigera* at Djalingo in mid-August and 25,000 larvae/ha of *D. watersi* at Ngong at the beginning of August. The levels in Cameroon may thus exceed the threshold of 10,000 larvae/ha considered as the danger level (GALICHET, 1957; COUILLOUD, 1964).

In English-speaking African countries, entomologists have concentrated on observing oviposition and adult populations (PARSONS and ULLYETT, 1934; PARSONS, 1939; GEERING and BAILLIE, 1954; GLEDHILL, 1981; LINGREN *et al.*, 1981; TOPPER, 1987 a and b). A disadvantage of this method is that the egg death rate observed in the field (up to 80 to 100%) is not taken into account.

In the case of larval populations, COAKER (1959) reported infestation peaks of 9,000 *H. armigera* larvae/acre on cotton (22,000 larvae/ha) in Uganda. REED (1965) recorded a maximum of 40,000 larvae/acre (98,800 larvae/ha) in plots treated with DDT in Tanganyika in 1962. The latter author used a treatment threshold of 1 larva per 5 planting holes. The figures are usually for a single year of observation and it cannot be concluded that there has been a recent "explosion" of *H. armigera*.

Other caterpillars which feed on fruit organs

P. gossypiella populations have varied according to the site and the year in Central African Republic. A peak of 8,000 larvae/ha was observed at Ngoulinga in 1986 in mid-November. Similar values were attained at Soumbé in mid-October. Fluctuations of this pest rarely exceed 3,000 larvae/ha. It may become extremely numerous under very different climatic and cultural conditions. A peak of 232,000 larvae/ha was observed in 1962 by LE GALL in Morocco (LE GALL, 1966).

The species *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) is hardly ever mentioned in the annual reports from Chad. This species, together with *Cryptophlebia peltastica* (Meyrick), have nevertheless been captured in pheromone traps in Bébedjia (SILVIE and DEGUINE, 1987). Only two *C. leucotreta* caterpillars were found after analysis of bolls.

Relations between damage to cotton and larval populations

The great differences in the voracity of the caterpillars of different species must be taken into account in any attempt to relate the infestation peaks observed to potential

damage by pests. An *H. armigera* caterpillar can destroy up to 15 buds and bolls during its larval stage. *A. D. watersi* caterpillar can destroy 2. The voracity of *Earias* spp. larvae lies between the two previous species, and *P. gossypiella* develops in a single boll (MATTHEWS, 1989). Thus, 10,000 larvae/ha of *H. armigera* will not have the same economic consequences as the same number of *D. watersi* caterpillars. In addition, the position of the infestation peaks in the physiological cycle of the plant determines the extent of damage. The presence of *Earias* spp. in January/February is of no particular importance and neither are late populations of *P. gossypiella*.

It is difficult to relate larvae counts to crop damage (SILVIE and GOZE, 1990). Climatic conditions may also play an important role in the plant compensation phenomenon, in addition to the dynamics of *H. armigera* and *D. watersi*.

MATTHEWS (1989) defined the critical period as starting 10 weeks after the formation of the first flower buds. Comparison of 1964 and 1987 crops (Figure 8) in the plots with three levels of protection demonstrates the considerable economic effect of early attack by *H. armigera*. In a general manner, attacks during the first three weeks of flowering cause the most damage. MEGIE (1960) wrote on the subject of Tikem that "complete protection of production during the first three weeks of flowering gives yields ten times as great as in traditional growing". PIERRARD (1972) observed that "the fruit-bearing branches on the main stem produce 76% of the harvest and 60% is from the first 7 branches; 50% of total yield is from the first boll position on the first 9 fruit-bearing branches, ..."

Factors generally mentioned in explanation of the present status of *H. armigera* and the case of Chad

The present position as regards *H. armigera*, an extremely polyphagous species, is usually explained by the influence of biotic and abiotic factors.

Biotic factors subjected to anthropic modifications

The following factors are mentioned most frequently:

- A decrease in the effect of natural enemies (parasitoids and predators) as a result of widespread chemical control.

- Improved cultivation conditions, enabling better plant development. This factor is thought to be favourable for *H. armigera* (GALICHET *et al.*, 1964; REED, 1965; BRADER, 1968; BRADER-BREUKEL *et al.*, 1968; REED and PAWAR, 1981).

- Increases areas under maize or other cultivated host-plants such as tomato and peanut (GAINES, 1932, 1933; PARSONS and ULLYETT, 1934; JONES, 1936; PEARSON, 1958; COAKER, 1959; BALLA, 1981; NYAMBO, 1981; REED and PAWAR, 1981; TOPPER,

1987a). WILSON (1983) observed a decrease in *H. armigera* populations in sorghum growing in Australia, and attributed it to a decrease in the cultivated area.

Different opinions have been put forward concerning maize. In South Africa, PARSONS (1940) reported that the practice of using maize to "trap" *Heliothis* had been abandoned since fewer eggs were observed on maize than on cotton. However, more recently, MORTON (1979) envisaged using maize as a trap crop and a "reservoir" of natural enemies. The idea has been developed in Venezuela by SALAZAR and MARTINEZ (1982).

- The development of resistance to insecticides after intensive control in certain countries (GOODYER *et al.*, 1975; GLEDHILL, 1981; GUNNING *et al.*, 1984; COLLINS, 1986; SAWICKI, 1986). REED and PAWAR (1981) mentioned the case of Tanzania, specifying nevertheless that *H. armigera* was already the main pest before the large-scale use of pesticides.

- Failure to implement cultural rules such as grubbing up the plants after the crop and maintaining plantations which may or may not enhance the development of certain insects. According to GALICHET (1957), late sowing enhances *D. watersi* since the cotton plants are in full vegetation at the end of October.

Old plants are particularly favourable for *P. gossypiella*, whose diapause is in the seeds. This results in subsequent installation and multiplication of pests on the new shoots when the insects emerge from diapause (PROCTOR, 1962).

- Factors concerning the species *H. armigera* are also mentioned, such as the ability to migrate for long distances (TAYLOR, 1932; POITOUT and BUES, 1979; RAULSTON *et al.*, 1981; REED and PAWAR, 1981; WILSON, 1983). HACKETT and GATEHOUSE (1981) considered that the species is an optional migrant.

Little information on these points is available in Chad and no specific studies have been carried out which enable any of the hypotheses to be ruled out.

51.4% of the sown area was still not treated, although active ingredients and treatments methods had been changed in recent years (DEGUINE, 1988). This can be partly accounted for by the fact that no resistance on the part of the *H. armigera* to the insecticides used had been shown after breeding insects from Chad (JOUVE, JACQUEMARD, personal communication). BRADER (1970) showed a decrease in the sensitivity of *D. watersi* to endrin but did not talk in terms of "resistance".

Some development of maize growing has been observed but not in all regions. In the Moyen-Chari region, the planted area increased from 500 ha in 1982 to over 10,000 ha in 1986. Attacks by *H. armigera* were observed in 1986 on maize at Békamba farm and Bédédjia station and there have been very few similar cases.

The relative "decline" in larval populations of *D. watersi* at the experimental stations can be explained partly by the effectiveness of the synthetic pyrethroids used from 1975 onwards (RENOU and ASPIROT, 1984). Late observations revealed peak infestation by *D. watersi* after that of *H. armigera*. On-farm observations still reveal large numbers of *D. watersi* in traditionally cultivated plots (untreated, plants little developed, low densities). Recent observations by Diongue (1989) in Senegal, NIBOUCHE (1989) in Burkina Faso and recent unpublished data collected by IRCT entomologists suggest that *D. watersi* has not been replaced by *H. armigera*.

Abiotic factors

The effects of biotic factors (mainly climatic) are principally observed on an annual scale. Temperature and relative humidity are traditionally considered as being the most important, but accurate field observations are few and far between. GALICHET (1964) established that for *D. watersi* there is a negative correlation between the total rainfall from January to May and the total number of caterpillars observed in September and October. The same author stresses the importance of the interaction between factors. Thus, early rainfall affects the end of diapause and this, together with the presence of un-grubbed up plants from the previous season, may enhance the subsequent development of *D. watersi*.

The importance of the methodology used

All the data presented and the results of our analysis show the importance of the methodology used. Direct observation in the field and analysis after sampling can give different information. Comparison of the two methods in 1987 showed the advantages of using the same technique in successive years.

It would appear preferable to continue observation of caterpillars for as long as possible to detect any staggering between species. At a practical level, knowledge of the population structure (the number of specimens at each larval stage) appears to be useful since the first larval stages are more sensitive than the last to the insecticides used. However, COUILLOU (1964) shows that it is difficult to differentiate between generations because of the overlapping "of the larval populations of *D. watersi* as a result of the succession of generations from July onwards and of the adults resulting from the end of diapause".

In the case of polyphagous insects, other host plants should be taken into account in the population trends observed. The study by REED (1974) on host plants of *Earias* sp. is a good example. It may also be profitable to count the insects on cotton which do not appear to be serious pests today but which might become a problem in the future. Alenrods are a good example of this.

Standardisation of research methods appears desirable, at least for untreated observation plots throughout the cotton network. It would appear difficult today to compare

our results with others not only within the same country but with those of other African countries.

English-speaking authors study mainly oviposition and adult populations. When they count larvae, the units in annual evolution curves may be larvae per plant or per unit area (acre or hectare). Other units are sometimes used. Thus, BROZA (1986) counted the number of larvae in a 2-metre length of cotton plants. TOPPER (1987a) gave the evolution of the log of the average density of caterpillars per ha against time. Monthly total in larvae/ha are sometimes used.

Comparison of the changes observed would be possible with standard methods using time and geographical scales. Terms such as "small population" and "serious attacks" would either be forbidden or backed up by quantitative values.

These remarks are important at a time when studies of treatment thresholds and integrated pest management are increasing. The use of "targeted" insecticide treatments designed for the pests observed (and economically harmful) using dosages of active ingredients which match the real degree of infestation requires good knowledge of the annual cycle and prior definition of infestation levels.

More attention should be paid to recording meteorological data to attempt to explain the variability in infestation observed and, if possible, to be able to forecast at the beginning of the season infestation which will subsequently become harmful. Although they are initially difficult in dry-farming zones (MATTHEWS, 1989), modelling studies of the type carried out by HARSTACK *et al.* (1976) in the USA might form a promising line of research in the future.

Acknowledgements

The author thanks the following entomologists, listed in chronological order of their stays in Chad, since they have all aided in the preparation of this article:

- LE GALL, CADOU, GALICHET and JACQUEMARD at Tikem.

- GALICHET, CHAPELLE, ROIG, COUILLOU, BRADER, BRADER-BREÜKEL, REISINGER, ATGER, DELALANDE, CADOU, SOUBRIER, MARTIN, LABOUCHEIX, VAISSAYRE, RENO, ASPIROT, MENOZZI and DEGUINE at Bébedjia.

Special thanks are given to R. COUILLOU for his constructive remarks during reading of the manuscript.

Dinámicas anuales de las orugas devastadoras de los órganos floríferos y fructíferos del algodón en el Chad

P. Silvie

Resumen

Se presentan aquí los datos registrados cada año desde 1947 en parcelas sin tratar de las estaciones de Tikem y de Bébedjia, en el Chad. Estos datos se refieren a la dinámica anual de las poblaciones de larvas de los principales lepidópteros devastadores del cultivo del algodón, y han sido analizados con los siguientes criterios: número sumado de orugas observadas, valores y posición en el tiempo de los máximos de infestación, valor de la razón de los números de orugas de *H.armigera*/*D.watersi*, evolución anual de cada especie. En 1987, se compararon dos métodos de observación.

Se observa cierto aumento de las poblaciones de *H.armigera*, y en los años 1986 y 1987 existió una diferencia temporal entre esta especie y la otra, *D.watersi*, desarrollándose la primera más temprano en el cultivo. Se exponen varias consideraciones acerca de la interpretación de las cifras, la naturaleza de este aumento de *H.armigera* así como los factores que lo explican, y se repasan también unos puntos importantes referentes a la metodología.