

Evolution de la sensibilité de *Diparopsis watersi* (Roths) et d'*Helicoverpa armigera* (Hbn.) vis-à-vis des insecticides chimiques

T. Martin, A. Renou, I. Gopaye

Entomologistes, Station de Bébedjia, B.P. 31, Moundou, Tchad.

Résumé

Depuis 1962, pour combattre les chenilles carpophages, principaux ravageurs du cotonnier au Tchad, des matières actives variées ont été employées (organochlorés, organophosphorés et pyréthrinocides). La sensibilité d'*Helicoverpa armigera* (Hbn.) et celle de *Diparopsis watersi* (Roths.) à ces insecticides ont été

suivies par des tests en laboratoire (DL50), de 1968 à 1993. Ces études ne montrent pas d'acquisition de résistance aux pyréthrinocides, même si certains indices font penser qu'une évolution est en cours. Elles font apparaître également une réversion de sensibilité des deux noctuelles vis-à-vis des organochlorés.

MOTS-CLES : cotonnier, *Diparopsis watersi*, *Helicoverpa armigera*, DL50, organochlorés, organophosphorés, pyréthrinocides, Tchad.

Introduction

Au Tchad, en culture cotonnière, les chenilles carpophages sont les principaux responsables des pertes de production. En 1991, ces pertes atteignent sur 18 localités une moyenne de 400 kg de coton graine par hectare. D'après RENOÛ *et al.* (1990), ce complexe est dominé tantôt par *Helicoverpa armigera* (Hbn.) de 1964 à 1967 et de 1983 à 1987, tantôt par *Diparopsis watersi* (Roths.) de 1972 à 1976 et de 1980 à 1982. Les espèces appartenant au genre *Earias* représentent rarement plus de 20% des chenilles carpophages.

Pour contrôler ces ravageurs, un programme de protection insecticide est recommandé en culture cotonnière, depuis 1962. Il est composé de cinq traitements effectués à 14 jours d'intervalle et débute 45 jours après la levée. Il s'est toujours révélé satisfaisant (RENOÛ *et al.*, 1990 ; SILVIE et GOZÉ, 1991), assurant une bonne qualité de la fibre et des gains de production importants.

L'efficacité des matières actives employées contre ce complexe de ravageurs a été suivie périodiquement par des expérimentations de plein champ et, au laboratoire, par des tests de DL50 (dose létale 50). En 1968, sur la station de Bébedjia, BRADER avance l'hypothèse d'une baisse de la sensibilité de *D. watersi* à l'égard de l'endrine et du DDT

recommandés au Tchad depuis six ans. Ces deux produits sont alors remplacés par un mélange endosulfan-DDT-méthyl parathion. Dix ans plus tard, RENOÛ et VAISSAYRE (1979) comparant leurs résultats avec ceux de BRADER soupçonnent *D. watersi* d'évoluer vers une relative tolérance vis-à-vis de l'endosulfan. Ces auteurs remarquent également l'excellente efficacité des pyréthrinocides sur les chenilles d'*H. armigera* et de *D. watersi*. Au début des années 1980, les pyréthrinocides sont recommandés dans le programme de protection phytosanitaire de la culture cotonnière. Utilisés d'abord seuls, ils furent ensuite associés aux organophosphorés, devenus indispensables pour contrôler les infestations d'*Aphis gossypii* (Glov.).

Depuis quelques années, il a été constaté au champ une certaine recrudescence des populations de *D. watersi* (RENOÛ *et al.*, 1990), laissant supposer une baisse de la sensibilité de ce ravageur aux pyréthrinocides utilisés. Des tests de DL50 ont donc été repris sur *D. watersi* et *H. armigera* avec les matières actives testées par BRADER (1970) et par RENOÛ et VAISSAYRE (1979) pour analyser l'évolution de leur efficacité. Le chlorpyrifos méthyl, l'alpha-cyperméthrine, la bifenthrine, la cyhalothrine, la cyperméthrine et l'esfenvalérate ont aussi été testés, afin

de constituer une nouvelle base pour des observations ultérieures.

Depuis 1977, une souche d'*H. armigera* provenant du Tchad, sensible aux pyréthrinoïdes, est élevée sur un

milieu nutritif artificiel, au laboratoire CIRAD-CA d'élevage et de nutrition des insectes, LENI, à Montpellier, France. Cette souche pouvant servir de référence, nous avons comparé nos résultats à ceux de JOUVE (1986) et de MARTIN et JACQUEMARD (1991).

Matériels et méthodes

La méthodologie employée est comparable à celle décrite par RENOUE et VAISSAYRE (1979). Mais contrairement à celle-ci, les larves d'*H. armigera* ne sont pas issues des F1 d'un élevage sur milieu artificiel. Toutes les chenilles ont été prélevées le jour du test dans des parcelles non traitées de la station de recherche du CIRAD, à Bébedjia (Tchad). Les larves dont le poids varie entre 50 et 200 mg sont réparties en six lots pondéralement homogènes.

Les matières actives techniques sont testées par application topique d'une solution acétonique : 1 microlitre de solution pour 100 mg de poids vif est déposé sur le thorax des chenilles à l'aide d'un micro applicateur d'Arnold.

Cinq solutions acétoniques insecticides de concentrations croissantes ont été appliquées successivement sur cinq lots de chenilles, le lot témoin ne recevant que l'acétone pure. Les larves de *D. watersi* sont ensuite nourries avec des capsules fraîches (GALICHET, 1964), celles d'*H. armigera* avec un milieu nutritif artificiel (COUILLOUD et GIRET, 1980).

Les matières actives techniques testées nous ont été fournies par des firmes phytosanitaires (tabl. 1). Le fenvalérate nous a été fourni par la société Calliope pour les tests menés en 1989, et par Sumitomo pour ceux de 1990 et 1991.

TABLEAU 1

Matières actives testées in vitro.
Active ingredients tested in vitro.

Familles	Matières actives	Pureté (%)	Firmes
Organochlorés	Endosulfan	94,0	Calliope
	Endrine	95,3	Shell
Organophosphorés	Chlorpyrifos méthyl	99,8	Dow Elanco
	Monocrotophos	79,0	Calliope
	Triazophos	96,8	Hoechst
Pyréthrinoïdes	Alphacyperméthrine	95,6	Calliope
	Bifenthrine	95,9	Calliope
	Cyhalothrine	71,1	IRCT (F)
	Cyperméthrine	93,8	Calliope
	Deltaméthrine	99,7	Roussel
	Fenvalérate (1989)	95,6	Calliope
	Fenvalérate (90-91)	95,4	Sumitomo
	Esfenvalérate	96,3	Sumitomo

Un logiciel mis au point par le service de biométrie du CIRAD-CA nous a permis d'analyser statistiquement, suivant la méthode décrite par FINNEY (1971), l'effet des doses croissantes d'une matière active insecticide sur le

taux de mortalité de lots d'insectes (JOLY et GINER, 1991). Il estime en outre les doses létales entraînant 20, 50 et 90 % de mortalité dans la population et trace la droite de régression.

Résultats

Les résultats des tests de DL50 effectués en 1990 et 1991, au Tchad, sur *D. watersi* et *H. amnigera* sont présentés dans les tableaux 2 et 3. Les droites de régression figurent dans les figures 1 à 4.

Contre *Diparopsis watersi*

Sur *D. watersi*, les valeurs des DL50 des pyréthrinoides (tabl. 2 et fig. 1) confirment l'excellente efficacité obser-

TABLEAU 2

Valeurs des DL50 obtenues sur *D. watersi* au Tchad en 1989, 1990 et 1991. Doses létales et limites de confiance pour une probabilité fixée à 5 %.

LD50 values obtained on D. watersi in Chad in 1989, 1990 and 1991. Lethal doses and confidence intervals for a 5 % probability threshold.

Familles insecticides	Matière active	Date	DL50: µg/g	Limite inf.	Limite sup.	Pente
Organochlorés	Endosulfan	1990	50,00	36,13	69,20	2,31
	Endrine	1990	34,45	19,67	60,33	1,33
Organophosphorés	Monocrotophos	1990	2,16	1,33	3,51	1,82
	Monocrotophos	1991	2,72	0,55	13,42	1,14
	Triazophos	1990	5,58	4,46	6,99	2,89
	Chlorpyrifos methyl	1991	0,68	0,42	1,09	1,36
Pyrethrinoides	Esténvalérate	1991	0,26	0,19	0,36	2,26
	Alphacyperméthrine	1991	0,19	0,19	0,37	1,10
	Bifenthrine	1991	1,57	1,15	2,15	2,08
	Lambda-cyhalothrine	1991	0,13	0,06	0,26	0,84
	Cyperméthrine	1991	0,30	0,22	0,42	2,15
	Deltaméthrine	1989	0,09	0,06	0,13	2,05
	Deltaméthrine	1990	0,08	0,07	0,10	3,42
	Deltaméthrine	1991	0,13	0,10	0,17	2,51
	Fenvalérate	1989	3,40	2,38	4,85	2,46
	Fenvalérate	1990	1,00	0,86	1,17	3,83
	Fenvalérate	1991	0,65	0,43	0,97	1,44

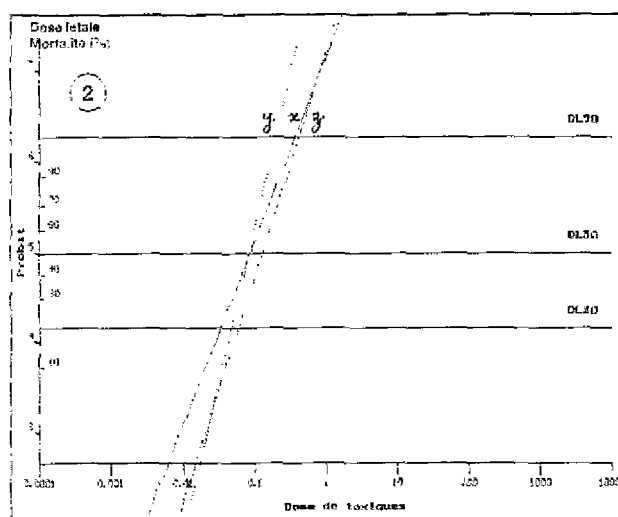
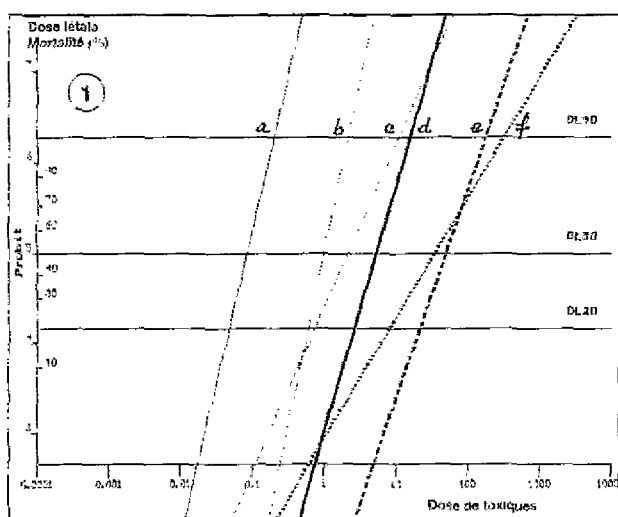


Figure 1

Droites de régression pour les six matières actives testées en 1990 sur *D. watersi* : deltaméthrine (a), fenvalérate (b), monocrotophos (c), triazophos (d), endosulfan (e) et endrine (f).

Regression curves for the six active ingredients tested against D. watersi in 1990: deltamethrine (a), fenvalerate (b), monocrotophos (c), triazophos (d), endosulfan (e) and endrine (f).

Figure 2

Droites de régression pour la deltaméthrine testée sur *D. watersi* en 1989 (x), 1990 (y) et 1991 (z).

Regression curves for deltamethrine tested against D. watersi in 1989 (x), 1990 (y) and 1991 (z).

vée au champ sur ce ravageur (RENOU et ASPIROT, 1984).

On remarque que les plus fortes valeurs sont obtenues avec le fenvalérate et la bifenthrine. La deltaméthrine se révèle la plus active.

Parmi les organophosphorés, le monocrotophos et surtout le chlorpyrifos méthyl montrent une certaine efficacité qui, pour ce dernier, n'est pas retrouvée au champ (RENOU *et al.*, 1991). Quant aux organochlorés, que ce soit l'endosulfan, l'endrine ou le DDT, ils présentent toujours une faible activité contre *D. watersi* (RENOU et VAISSAYRE, 1979 ; RENOU *et al.*, 1991).

On ne remarque aucune évolution des DL50 de la deltaméthrine depuis 1989 (fig. 2). La différence impor-

tante entre la DL50 du fenvalérate obtenue en 1989 et celles des deux années suivantes peut s'expliquer par un changement d'échantillon technique. Un cas similaire s'est présenté en Côte-d'Ivoire pour *H. armigera* avec la deltaméthrine (VAISSAYRE, 1989 et 1990).

Contre *Helicoverpa armigera*

Les résultats obtenus (tabl. 3 et fig. 3) confirment l'excellente activité des pyréthrinoïdes à l'égard d'*H. armigera*. Les DL50 de la deltaméthrine et du fenvalérate, de même ordre de grandeur, sont bien plus faibles que celles mesurées sur *D. watersi*. Les autres matières actives testées présentent une efficacité beaucoup plus faible. L'endosulfan a une DL50 trois cents fois plus élevée que celle de la deltaméthrine.

TABLEAU 3

Valeurs des DL50 obtenues sur *H. armigera* au Tchad, en 1990 et 1991. Doses létales et limites de confiance pour une probabilité fixée de 5 %.

LD50 values obtained on D. watersi in Chad in 1990 and 1991. Lethal doses and confidence intervals for a 5 % probability threshold.

Matières actives	Date	DL50 ($\mu\text{g/g}$)	Limite inf.	Limite sup.	Pente
Endosulfan	1991	21,53	13,21	35,11	1,62
Endrine	1990	39,74	25,46	62,03	1,46
Monocrotophos	1990	24,90	16,94	36,40	1,48
Monocrotophos	1991	25,95	17,97	37,46	2,27
Deltaméthrine	1990	0,022	0,015	0,032	1,54
Deltaméthrine	1991	0,074	0,028	0,200	1,23
Fenvalérate	1990	0,033	0,024	0,045	1,91
Fenvalérate	1991	0,057	0,037	0,088	1,87

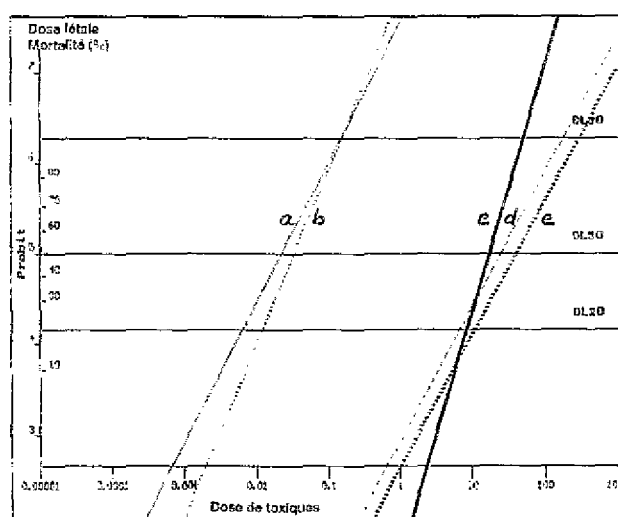


Figure 3

Droites de régression pour les cinq matières actives testées en 1990 sur *H. armigera* : deltaméthrine (a), fenvalérate (b), endosulfan (c), monocrotophos (d) et endrine (e).

Regression curves for the five active ingredients tested against H. armigera in 1990: deltamethrine (a), fenvalerate (b), endosulfan (c), monocrotophos (d) and endrine (e).

Discussion

Les tests de DL50 confirment une fois de plus l'excellente efficacité des pyréthrinoïdes contre *D. watersi* et d'*H. armigera*. En comparaison, aucune autre matière active ne présente de résultats similaires, qu'il s'agisse des organophosphorés sur *D. watersi* ou de l'endosulfan sur *H. armigera*.

Les valeurs des DL50 de la deltaméthrine et du fenvalérate obtenues sur *D. watersi* et *H. armigera* sont comparées dans le tableau 4 à celles obtenues en 1979 par RENOUE et VAISSAYRE. Dans la dernière colonne du tableau, figure le facteur de résistance (FR) défini comme le rapport de la DL50 obtenue en 1991 à celle obtenue en 1978.

TABLEAU 4
Evolution des valeurs des DL50 (en µg/g) de deux pyréthrinoïdes sur *D. watersi* et *H. armigera*.
Evolution of LD50 values (in µg/g) for two pyrethroids against *D. watersi* and *H. armigera*.

Chenilles	Matières actives	1978 (1)			1991			FR (2)
		DL50	limites 5%		DL50	limites 5%		
<i>D. watersi</i>	Deltaméthrine	0,04	0,03	0,06	0,13	0,10	0,17	3,25
	Fenvalérate	0,14	0,10	0,20	0,65	0,43	0,97	4,64
<i>H. armigera</i>	Deltaméthrine	0,06	0,05	0,07	0,07	0,03	0,20	1,17
	Fenvalérate	0,54	0,47	0,63	0,06	0,04	0,09	0,11

(1) RENOUE et VAISSAYRE (1979); (2) facteur de résistance (DL50 1991 / DL50 1978).

(1) RENOUE and VAISSAYRE (1979); (2) resistance factor (LD50 1991 / LD50 1978).

C'est sur *D. watersi* que l'on obtient les facteurs de résistance les plus élevés (FR>3). Ces résultats laissent supposer une légère baisse de sensibilité de *D. watersi* vis-à-vis des pyréthrinoïdes.

Au regard des valeurs des DL50 obtenues, il apparaît qu'aucun des produits testés n'a perdu de son efficacité sur *H. armigera*. Toutefois, l'observation des pentes de la

droite de régression de la deltaméthrine (tabl. 7) va nous amener à nuancer cette conclusion.

Si l'on suit l'évolution de l'activité des organophosphorés vis-à-vis des deux noctuelles (tabl. 5), le monocrotophos accuse une baisse d'efficacité à l'égard de *D. watersi*. Quant au triazophos testé sur *D. watersi*, les DL50 restent dans les intervalles de confiance obtenus en 1978.

TABLEAU 5
Evolution des valeurs des DL50 (en µg/g) de deux organophosphorés sur *D. watersi* et *H. armigera*.
Evolution of LD50 values (µg/g) for two organophosphorus products against *D. watersi* and *H. armigera*.

Chenilles	Matières actives	1978 (1)			1991 (2)			FR (3)
		DL50	Limites 5%		DL50	Limites 5%		
<i>D. watersi</i>	Monocrotophos	0,74	0,52	1,06	2,72	0,55	13,42	3,68
	Triazophos	3,90	1,90	7,30	5,58	4,46	6,99	1,43
<i>H. armigera</i>	Monocrotophos	92,2	10,0	251,0	25,9	18,0	37,5	0,28

(1) RENOUE et VAISSAYRE, 1979; (2) test réalisé en 1990 pour le triazophos; (3) facteur de résistance (DL50 1991 / DL50 1978).

(1) RENOUE and VAISSAYRE, 1979; (2) test with triazophos was carried out in 1990; (3) resistance factor (LD50 1991 / LD50 1978).

Pour l'action des organochlorés contre *D. watersi*, le facteur de résistance de l'endosulfan, déjà élevé en 1969, augmente encore jusqu'en 1976 (tabl. 6). Ce produit a été

abandonné en 1980. Actuellement, sa DL50 se rapproche de sa valeur initiale.

TABLEAU 6

Evolution des valeurs des DL50 (en $\mu\text{g/g}$) de deux organochlorés sur *D. watersi* et *H. armigera*.
 Evolution of LD50 values ($\mu\text{g/g}$) of two organochlorines against *D. watersi* and *H. armigera*.

Chenilles	Matières actives	1965 (1)	1967 (1)	1969 (1)	FR1 (3)	1976 (2)	FR2 (4)	1990	FR3 (5)
<i>D. watersi</i>	Endosulfan	21	32	92	4,38	198	9,43	50	2,38
	Endrine	14	25	53	3,73	44	3,14	34	2,42
<i>H. armigera</i>	Endosulfan	10	7	9	0,90	54	5,36	40	3,97
	Endrine	8	9	2	0,25	72	9,04	17	2,14
	D.D.T.	6	4	7	1,17	177	29,50		

(1) BRADER, 1970; (2) RENOUE et VAISSAYRE, 1979; (3) premier facteur de résistance (DL50 1969 / DL50 1965); (4) second facteur de résistance (DL50 1976 / DL50 1965); (5) troisième facteur de résistance (DL50 1990 / DL50 1965).

(1) BRADER, 1970; (2) RENOUE and VAISSAYRE, 1979; (3) first resistance factor (LD50 1969/LD 50 1965); (4) second resistance factor (LD50 1976/LD50 1965); (5) third resistance factor (LD50 1990/LD50 1965).

La DL50 de l'endrine atteignait son maximum en 1969. Cette matière active a été abandonnée l'année suivante. Dès 1976, RENOUE et VAISSAYRE peuvent déjà constater une légère baisse de sa DL50 qui se poursuit jusqu'en 1990.

La sensibilité d'*H. armigera* aux organochlorés était restée constante entre 1965 et 1969, mais a nettement diminué de 1969 à 1976, surtout vis-à-vis du DDT. Pour l'endosulfan et l'endrine, on constate actuellement une réversion de la sensibilité.

Malgré des facteurs de résistance importants (FR = 9,04 pour l'endosulfan, FR = 5,36 pour l'endrine et FR = 29,5 pour le DDT), RENOUE et VAISSAYRE (1979) pensaient expliquer l'évolution de 1969 à 1976 par l'introduction de larves issues d'un élevage sur milieu nutritif artificiel. Or, en travaillant sur des larves ramassées au champ, nous avons obtenu des valeurs de DL50 bien supérieures à celles de BRADER (1970) (FR = 3,97 pour l'endosulfan et FR = 2,14 pour l'endrine). Les différences méthodologiques n'auraient donc exercé qu'une faible incidence sur les résultats obtenus.

La comparaison des résultats de DL50 en 1991 avec ceux obtenus auparavant sur la station de Bébedjia, par RENOUE et VAISSAYRE (1979) et par BRADER (1970), fait ressortir une légère perte d'efficacité du fenvalérate, de la deltaméthrine et du monocrotophos vis-à-vis de *D. watersi*.

Cette évolution est peut-être liée à l'utilisation de ces matières actives depuis 1981, à la faible dispersion de *D. watersi* (BRADER, 1970) et à son régime monophage, qui favorisent la sélection d'une population de plus en plus tolérante aux insecticides.

On aurait pu envisager que l'utilisation des pyréthriinoïdes accentue le phénomène de perte d'efficacité des organochlorés constatée sur *D. watersi* (BRADER, 1970) et sur *H. armigera* (RENOUE et VAISSAYRE, 1979) du fait d'une résistance croisée. Au contraire, on observe une réversion de la sensibilité des ces deux noctuelles à l'égard des organochlorés après l'abandon de ces matières actives (1970 pour l'endrine et 1980 pour l'endosulfan).

Dans le tableau 7, nous avons comparé nos résultats à ceux obtenus sur la souche d'*H. armigera* élevée au LENI, à Montpellier (France).

Les valeurs de DL50 de la souche du Tchad sont deux fois plus faibles que celles de la souche française pour le monocrotophos et le fenvalérate, tandis qu'elles sont comparables pour la deltaméthrine.

Les DL50 de la deltaméthrine obtenues en 1986 en France (0,05 $\mu\text{g/g}$) et en 1991 au Tchad (0,07 $\mu\text{g/g}$) sont comparables à celle obtenue par VAISSAYRE en 1990 en Côte-d'Ivoire (0,108 $\mu\text{g/g}$).

On remarque la forte pente de la droite de régression de la deltaméthrine que l'on obtient avec la souche du LENI. Un résultat similaire avait été observé en 1978 par RENOUE et VAISSAYRE. Depuis, on constate une baisse importante de cette pente dans les tests réalisés au Tchad (fig. 4). Les résultats préliminaires obtenus en 1993 confirment cette tendance (pente inférieure à 1). La première conséquence de cette évolution est une augmentation considérable de la DL 90 (elle est multipliée par dix entre 1976 et 1991).

TABLEAU 7

Comparaison des valeurs des DL 20, 50 et 90 (en $\mu\text{g/g}$) obtenues sur deux populations d'*H. armigera*.

Comparison of the LD20, 50 and 90 values ($\mu\text{g/g}$) obtained on two *H. armigera* populations.

Matière active	Souche	Année	DL20	DL50	DL90	Pente
Monocrotophos	France (1)	1989	36,64	60,45	129,53	3,87
	Tchad	1991	11,06	25,95	95,08	2,27
Fenvalérate	France (1)	1989	0,07	0,14	0,34	3,21
	Tchad	1991	0,02	0,06	0,28	1,86
Deltaméthrine	France (2)	1986	0,04	0,05	0,09	6,36
	Tchad (2)	1986	0,06	0,14	0,42	2,53
	Tchad	1991	0,02	0,07	0,81	1,23

(1) MARTIN et JACQUEMARD, 1991 ; (2) JOUVE, 1986

(1) MARTIN and JACQUEMARD 1991 ; (2) JOUVE, 1986.

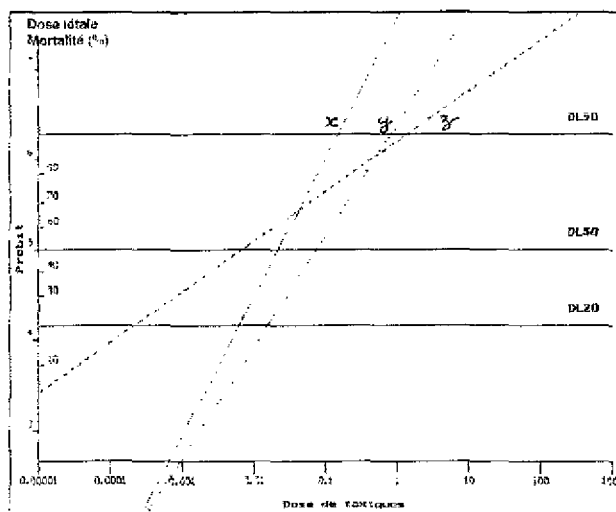


Figure 4

Droites de régression pour la deltaméthrine testée sur *H. armigera* en 1990 (x), 1991 (y) et 1993 (z, à confirmer).

Regression curves for deltamethrin tested against *H. armigera* in 1990 (x), 1991 (y) and 1993 (z, to be confirmed).

Conclusion

Si la valeur de la DL50 de la deltaméthrine sur *H. armigera* n'a pas évolué depuis 1978, la réduction progressive de la pente de la droite de régression est l'indice d'une perte de sensibilité d'une fraction de la population.

Pour *D. watersi*, la valeur des DL50 des pyréthrinoides a nettement diminué. Cependant, il ne paraît pas justifié de parler de résistance car les facteurs de résistance restent faibles (FR = 4,64 pour le fenvalérate). Le suivi de cette évolution au laboratoire sera nécessaire car, dans la prati-

que, l'efficacité des traitements reste bonne si la fréquence des individus résistants est faible, ou si les facteurs de résistance sont bas (DELORME, 1985).

La réversion de sensibilité des deux noctuelles vis-à-vis des organochlorés ouvre une voie vers la gestion de la résistance (IRM pour les anglophones). Pour limiter le risque d'une perte de sensibilité des insectes aux insecticides chimiques, on peut envisager d'utiliser alternativement différentes familles d'insecticides. Au Tchad, l'endosulfan est déjà recommandé en début de campagne

pour lutter contre *H. armigera*. Contre *D. watersi*, seul le monocrotophos en dehors des pyréthriinoïdes présente une légère activité au champ, mais sa forte toxicité constitue un sérieux handicap à son utilisation. La lutte microbiologique (GOPAYE *et al.*, 1992) associée à la lutte chimique dans un programme d'intervention sur seuil (RENOU *et al.*, 1991) est une perspective à envisager.

Dans la mise au point d'un programme de lutte intégrée pour la culture cotonnière, l'emploi raisonné d'insectici-

des chimiques sera possible grâce à un suivi de la sensibilité des ravageurs aux matières actives utilisées, pour déceler d'éventuelles acquisitions de résistance. Pour cette raison, la technique d'applications topiques se révèle être un outil précieux dans le choix des matières actives efficaces. D'autres critères devront être pris en compte, comme leur toxicité et leurs effets secondaires sur la faune auxiliaire. Il est donc important de contrôler périodiquement la sensibilité des principaux ravageurs aux matières actives recommandées.

Références bibliographiques

- BRADER L., 1970.- Tests de sensibilité de deux chenilles des capsules du cotonnier *Diparopsis watersi* (Roths.) et *Heliothis armigera* (Hbn.) à quelques insecticides organochlorés. *Coton Fibres Trop.*, 25, 4, 513-520.
- COUILLOUD C., GIRET M., 1980.- Multiplication d'*Heliothis armigera* Hbn. (Lep. noctuidae) : améliorations possibles grâce à l'adoption d'une technique d'élevage en groupe de chenilles. *Coton Fibres Trop.*, 35, 2, 217-224.
- DELORME R., 1985.- La résistance des insectes aux insecticides I et II. *Phytoma*. Défense des cultures, 364, 39-41 ; 365, 45-48.
- FINNEY D.J., 1971.- «Probit analysis». *Cambridge Univ. Press*, London, 3rd édition, 333 p.
- GALICHET P.F., 1964.- *Diparopsis watersi* Rothschild, Lepidoptera, Noctuidae, ravageur du cotonnier en Afrique centrale. *Coton Fibres Trop.*, 19, 3 et 4, 437-518.
- JOLY A., GINER M., 1991.- Analyse de la dose létale 50, DL50, version 4.4. Division de biométrie et d'informatique. *CIRAD-IRCT*, doc. non publié.
- JOUBE G., 1986.- Détermination de DL50 de quelques insecticides sur *Heliothis armigera* et *Spodoptera littoralis*. *CIRAD-IRCT*, doc. non publié.
- MARTIN T., JACQUEMARD P., 1991.- Mesure de la sensibilité de *Spodoptera littoralis* (Boisd.) et d'*Heliothis armigera* (Hbn.) vis-à-vis du fenvalérate, de cinq organophosphorés et de leur association à différents ratios. *Coton Fibres Trop.*, 46, 1, 5-13.
- GOPAYE I., RENOU A., MARTIN T., 1992.- Synthèse des résultats de lutte microbiologique en culture cotonnière au Tchad. *Revue scientifique du Tchad*, II, 1 et 2, 83-92.
- RENOU A., MARTIN T., 1989 et 1990.- Rapports d'activité, section entomologie, Station de Bébedjia, Tchad. *CIRAD-IRCT*, doc. non publié.
- RENOU A., MARTIN T., GOPAYE I., 1991.- Rapport d'activité, section entomologie, Station de Bébedjia, Tchad. *CIRAD-IRCT*, doc. non publié.
- RENOU A., ASPIROT J., 1984.- Considérations sur l'utilisation de pyréthriinoïdes en culture cotonnière au Tchad. *Coton Fibres Trop.*, 39, 4, 101-116.
- RENOU A., MARTIN T., N'DOYAM 1990.- Exploitation des résultats des parcelles à trois niveaux de protection sur la station de Bébedjia de 1962 à 1989. *Revue scientifique du Tchad*, I, 2.
- RENOU A., VAISSAYRE M., 1979.- Détermination *in vitro* de la toxicité de quelques matières actives insecticides vis à vis des chenilles de la capsule *Diparopsis watersi* (Roths.) et *Heliothis armigera* (Hbn.) (Lépidoptères Noctuidae). Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical. *Chambre de commerce et d'industrie de Marseille*, 13-16 août 1979, Marseille, 83-95.
- SILVIE P., GOZE E., 1991.- Estimation des pertes de production dues aux ravageurs du cotonnier au Tchad. *Coton Fibres Trop.*, 46, 1, 15-27.
- VAISSAYRE M., 1989 et 1990.- Rapports d'activités Côte-d'Ivoire, opération 5132, lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier. *CIRAD-IRCT*, non publié.

Changes in the sensitivity of *Diparopsis watersi* (Roths) and *Helicoverpa armigera* (Hbn.) to chemical insecticides

T. Martin, A. Renou, I. Gopaye

Abstract

Since 1962, various active ingredients (organochlorines, organophosphorus and pyrethroids) have been used to control bollworms, key pests of cotton in Chad. Through laboratory tests, their toxicity against *Helicoverpa armigera* (Hbn.), as well as

Diparopsis watersi (Roths.), was monitored from 1968 to 1993. These studies did not show any pyrethroid resistance. However, an evolution towards tolerance could be in progress. The tests also showed a return to sensitivity in these two pests to organochlorinated compounds.

KEY WORDS: cotton plant, *Diparopsis watersi*, *Helicoverpa armigera*, DL 50, organochlorines, organophosphorus, pyrethroids, Chad.

Introduction

Bollworms are the main cause of production losses on cotton in Chad. At 13 sites, average losses reached 400 kg of seed cotton per hectare in 1991. According to RENOÛ *et al.* (1990), this complex was dominated by *Helicoverpa armigera* (Hbn.) from 1964 to 1967 and from 1983 to 1987, and by *Diparopsis watersi* (Roths) from 1972 to 1976 and from 1980 to 1982. Species from the *Earias* genus rarely account for more than 20% of bollworms.

To control these pests, an insecticide protection programme has been recommended on cotton since 1962. It comprises five treatments at 14-day intervals and begins 45 days after emergence. It has proved consistently satisfactory (RENOÛ *et al.*, 1990; SILVIE and GOZE, 1991), ensuring good fibre quality and significant gains in production.

The effectiveness of the active ingredients used against this pest complex has been monitored from time to time in field tests and in the laboratory by LD50 (lethal dose 50) tests. In 1968, at the Bébedjia Station, BRADER put forward the hypothesis that the sensitivity of *D. watersi* to endrine and DDT, which had been recommended in Chad for the previous six years, had decreased. These two products were replaced by an endosulfan-DDT-methyl parathion blend. Ten years later, RENOÛ and VAISSAYRE (1979) compared their results with those of BRADER, and suspected *D. watersi* of shifting towards a

degree of tolerance with respect to endosulfan. They also noted the excellent effectiveness of pyrethroids against *H. armigera* and *D. watersi* worms. As of the early 1980s, pyrethroids were recommended in the cotton phytosanitary protection programme. They were initially used alone, then associated with organophosphorus, which had become essential in controlling *Aphis gossypii* (Glov.) infestations.

In recent years, a certain increase in *D. watersi* populations has been seen in the field (RENOÛ *et al.*, 1990), suggesting a drop in the sensitivity of this pest to the pyrethroids used. LD50 tests were resumed on *D. watersi* and *H. armigera* using the active ingredients tested by BRADER (1970) and RENOÛ and VAISSAYRE (1979) to analyze the change in their effectiveness. Chlorpyrifos methyl, alpha-cypermethrine, bifenthrine, cyhalothrine, cypermethrine and esfenvalerate were tested to establish a new basis for subsequent observations.

An *H. armigera* strain from Chad, sensitive to pyrethroids, has been reared on an artificial nutritive medium at CIRAD-CA's insect rearing and nutrition laboratory, LENI, in Montpellier, France, since 1977. This strain is a suitable reference, and was used to compare our results with those of JOUVE (1986) and MARTIN and JACQUEMARD (1991).

Material and methods

The methodology used was similar to that described by RENOUE and VAISSAYRE (1979), except that the *H. armigera* larvae were not from F1 reared on an artificial medium. All the worms were collected on the day of test from untreated plots at CIRAD's Bébedjia Research Station (Chad). The larvae, which weighed between 50 and 200 mg, were split into six uniform batches according to weight.

The technical active ingredients were tested by topical application of an acetone solution: 1 microlitre of solution per 100 mg live weight was deposited on the thorax of the worms using an Arnold microapplicator. Five insecticide acetone solutions at increasing concentrations were applied in succession on five batches of worms, with the control batch receiving only neat acetone. The *D. watersi* larvae were then fed with fresh bolls (GALICHET, 1964), and the

H. armigera larvae an artificial nutritive medium (COUILLOU and GIRET, 1980).

The technical active ingredients tested were supplied by phytosanitary companies (table 1). Fenvalerate was supplied by the Callope company for the tests carried out in 1989 and by Sumitomo for those in 1990 and 1991.

A software package developed by the CIRAD-CA biometry service enabled us to carry out a statistical analysis, using the method described by FINNEY (1971) of the effect of increasing doses of an insecticide active ingredient on the mortality rate of batches of insects (JOLY and GINER, 1991). It also estimated the lethal doses leading to 20, 50 and 90% mortality in the population in question and drew the regression curve.

Results

The results of the LD50 tests carried out in Chad on *D. watersi* and *H. armigera* in 1990 and 1991 are given in tables 2 and 3. The regression curves are shown in figures 1 to 4.

Against *D. watersi*

The pyrethroid LD50 results for *D. watersi* (table 2 and fig. 1) confirmed the excellent effectiveness observed in the field against this pest (RENOUE and ASPIROT, 1984). The highest values were obtained with fenvalerate and bifenthrin. Deltamethrin proved the most active.

Of the organophosphorus products, monocrotophos and particularly chlorpyrifos methyl showed a degree of effectiveness which, in the latter's case, is not seen in the field (RENOUE *et al.*, 1991). The organochlorines - endosulfan, endrin and DDT - proved largely ineffective against *D. watersi* (RENOUE and VAISSAYRE, 1979; RENOUE *et al.*, 1991).

Discussion

The LD50 tests once again confirmed the excellent effectiveness of pyrethroids against *D. watersi* and *H. armigera*. In comparison, no other active ingredient gave similar results, be it organophosphorus products against *D. watersi* or endosulfan against *H. armigera*.

The LD50 values for deltamethrin and fenvalerate obtained on *D. watersi* and *H. armigera* are compared to those obtained in 1979 by RENOUE and VAISSAYRE in table 4. The last column of the table gives the resistance factor (RF), defined as the ratio of the LD50 value obtained in 1991 to that obtained in 1978.

No change has been seen in deltamethrin LD50 values since 1989 (fig. 2). The significant difference between the LD50 obtained for fenvalerate in 1989 and those for the following two years can be put down to the change in the sample used. A similar case was seen in Côte d'Ivoire with *H. armigera* and deltamethrin (VAISSAYRE, 1989 and 1990).

Against *Helicoverpa armigera*

The results obtained (table 3 and fig. 3) confirmed the excellent effectiveness of pyrethroids against *H. armigera*. The LD50 values for deltamethrin and fenvalerate, which were similar to each other, were much lower than those measured on *D. watersi*. The other active ingredients tested were much less effective. Endosulfan had an LD50 value three hundred times that of deltamethrin.

The highest resistance factors were obtained with *D. watersi* (RF > 3). These results suggest a slight drop in the sensitivity of *D. watersi* with respect to pyrethroids.

In view of the LD50 values obtained, none of the products tested seemed to have lost its effectiveness against *H. armigera*. However, observation of the slopes of the regression curves for deltamethrin (table 7) led us to moderate this conclusion.

If one looks at the effectiveness of organophosphorus products against the two bollworms (table 5),

monocrotophos showed a drop in effectiveness against *D. watersi*. For triazophos tested against *D. watersi*, the LD50 values remained within the confidence intervals obtained in 1978.

As regards the effect of organochlorines against *D. watersi*, the resistance factor for endosulfan, which was already high in 1969, increased still further up to 1976 (table 6), and the product was abandoned in 1980. Its LD50 is currently close to its initial value.

The LD50 value for endrine reached its maximum in 1969. This active ingredient was abandoned the following year. As early as 1976, RENO and VAISSAYRE had already observed a slight fall in its LD50, which continued until 1990.

The sensitivity of *H. armigera* to organochlorines remained constant between 1965 and 1969, but fell considerably between 1969 and 1976, particularly with respect to DDT. A reversion towards sensitivity to endosulfan and endrine is currently being seen.

Despite high resistance factors (RF = 9.04 for endosulfan, RF = 5.36 for endrine and RF = 29.5 for DDT), RENO and VAISSAYRE (1979) thought that the evolution from 1969 to 1976 could be put down to the introduction of larvae reared on an artificial medium. However, using larvae collected in the field, we obtained LD50 values much higher than those of BRADER (1970) (RF = 3.97 for endosulfan and RF = 2.14 for endrine). Methodological differences must therefore have only slightly influenced the results obtained.

A comparison of the LD50 results for 1991 with those obtained previously at the Bébedjia Station by RENO and VAISSAYRE (1979) and BRADER (1970) revealed

a slight drop in the effectiveness of fenvalerate, deltamethrine and monocrotophos against *D. watersi*.

This evolution may be linked to the use of these active ingredients since 1981, to the only slight dispersion of *D. watersi* (BRADER, 1970) and to its monophagous diet, which favours the development of a population increasingly tolerant of insecticides.

The use of pyrethroids could have been expected to accentuate the reduced effectiveness of organochlorines against *D. watersi* (BRADER, 1970) and *H. armigera* (RENO and VAISSAYRE, 1979) due to crossed resistance. However, a reversion towards sensitivity to organochlorines has been seen in these two bollworms since these active ingredients were abandoned (1970 for endrine and 1980 for endosulfan).

Table 7 compares our results to those obtained on the *H. armigera* strain reared in the LENI, Montpellier, France.

The LD50 values for the Chad strain were half those for the French strain for monocrotophos and fenvalerate, but comparable for deltamethrine. The LD50 values obtained for deltamethrine in France in 1986 (0.05 µg/g) and in Chad in 1991 (0.07 µg/g) are comparable to those obtained by VAISSAYRE in 1990 in Côte d'Ivoire (0.108 µg/g).

The regression curve obtained for deltamethrine with the LENI strain sloped steeply. A similar result was observed in 1978 by RENO and VAISSAYRE. Since then, this slope has decreased considerably in the tests carried out in Chad (fig. 4). The preliminary results obtained in 1993 confirm this tendency (slope less than 1). The first consequence of this evolution has been a considerable increase in the LD90 (tenfold between 1976 and 1991).

Conclusion

Although the LD50 value for deltamethrine against *H. armigera* has not changed since 1978, the gradual reduction in the slope of the regression curve is the sign of a loss of sensitivity in a fraction of the population.

For *D. watersi*, the LD50 value for pyrethroids has fallen considerably. However, we do not feel we can talk of resistance, as its resistance factors are still low (RF = 4.64 for fenvalerate). This trend will have to be monitored in the laboratory as in practice, treatment effectiveness is still good if there are few resistant individuals, or if resistance factors are low (DELORME, 1985).

The reversion towards sensitivity to organochlorines in these two bollworms opens the way for resistance management (IRM). To reduce the risk of a loss in sensitivity to chemical insecticides, it is worth considering using different families of insecticides alternately. In Chad, endosulfan is already recommended at the start of campaigns to control

H. armigera. As regards *D. watersi*, monocrotophos is the only insecticide apart from pyrethroids that has even a slight effect in the field, but its high toxicity is a serious obstacle to its use. Microbiological control (GOPAYE *et al.*, 1992), combined with chemical control in a programme of intervention based on thresholds (RENO *et al.*, 1991) is worth looking at.

When drawing up integrated control programmes for cotton, the rational use of chemical insecticides is only possible if the sensitivity of the pests to the active ingredients used is monitored to detect the development of resistance. As a result, topical applications are a valuable tool for choosing effective active ingredients. Other criteria will also have to be taken into account, such as their toxicity and their side-effects on useful insects. It is therefore important to monitor the sensitivity of the main pests to the recommended active ingredients regularly.

Evolución de la sensibilidad de *Diparopsis watersi* (Roths) y de *Helicoverpa armigera* (Hbn.) frente a insecticidas químicos

T. Martin, A. Renou, I. Gopaye

Resumen

Desde 1962, para combatir las orugas carpófagas, principales enemigos del algodón en Chad, se han empleado variadas materias activas (organoclorados, organofosforados y piretrinoides). La sensibilidad de *Helicoverpa armigera* (Hbn.), así como la de *Diparopsis watersi* (Roths), a estos insecticidas ha podido observarse mediante pruebas de laboratorio (DL50) entre

1968 y 1993. Estos estudios no demuestran adquisición de resistencia a los piretrinoides, incluso si algunos indicios hacen pensar que se está produciendo una evolución. Además, presentan un reversión de sensibilidad de los dos noctuidos frente a los organoclorados.

PALABRAS CLAVE: algodón, *Diparopsis watersi*, *Helicoverpa armigera*, DL50, organoclorados, organofosforados, piretrinoides, Chad.