



Chenilles de *Spodoptera exigua* capturées en France

Résistance aux insecticides de cette noctuelle

Robert Bues*, Jean-Charles Bouvier* et Liliane Boudinon*

La noctuelle *Spodoptera exigua* ne devrait pas pouvoir hiverner sous climat français sauf dans les serres chauffées... mais ces dernières sont de plus en plus répandues. C'est d'ailleurs en Hollande que *S. exigua* a fait de nombreux dégâts après avoir été introduite accidentellement de Floride. Surtout cette noctuelle est imprévisible car très « migrante ». Nuisible sur un très grand nombre de cultures, sa répartition géographique est mondiale. L'INRA a mis au point des essais comparant la résistance de population de *S. exigua* venue de serres d'Angers avec celle d'une population de la région d'Avignon. L'un des résultats a été la mise en évidence du mécanisme de résistance.

Adulte de la noctuelle *S. exigua*. Parmi les deux populations testées, celle issue de Val-de-Loire résiste à tous les insecticides testés, celle du Sud-Est à seulement trois d'entre eux.

La noctuelle *Spodoptera exigua* a une large répartition géographique. Elle est présente du sud-est de l'Asie d'où elle est originaire, en Afrique, Amérique et en Europe. Nuisible sur un grand nombre de cultures (Cayrol, 1972), de nombreuses études lui ont été consacrées. Cette espèce, qui ne présente pas d'arrêt de développement hivernal, ne peut pas hiverner en France, excepté dans les serres chauffées.

Dans le sud de la France, *S. exigua* est capturée aux pièges lumineux de mars-avril jusqu'à début novembre, avec un maximum en juillet-août. L'espèce est connue comme migrante (Mitchell, 1979) et les premières captures sont observées sur le littoral méditerranéen au printemps (mars-avril), en coïncidence avec les périodes des vents du sud, comme cela est également observé pour une autre noctuelle migrante *Agrotis ipsilon* (Buès *et al.*, 1990).

Les femelles immigrantes pondent sur une grande diversité de plantes, et leurs descendes peuvent se disperser quelquefois au delà du 45° parallèle (Cayrol, 1972).

Les dégâts en France, le plus souvent sporadiques, peuvent être parfois importants : ils sont difficilement prévisibles du fait du caractère migrant de l'espèce. L'extension des cultures sous serres est susceptible d'accroître les

risques de dégâts, à l'exemple de ce qui a été observé en Hollande (Smits et Vlak, 1988). Dans ce pays, l'espèce a été accidentellement introduite en 1976 avec des boutures de chrysanthèmes en provenance de Floride (Van Rossem *et al.*, 1977) et l'espèce a pu se maintenir dans les serres chauffées.

En novembre 2000, un échantillon d'une population de *S. exigua* est parvenue à l'INRA, issue d'une serre située dans la région d'Angers. L'INRA a procédé à un ensemble d'essais de sensibilité à différents insecticides, qui ont été comparés à ceux réalisés durant la même période, sur la descendance d'adultes capturés à un piège lumineux, disposé en juin 2001 dans la région d'Avignon.

Ces essais, réalisés suivant une technique relativement standardisée, permettent une comparaison avec les résultats obtenus dans différentes régions de son aire de répartition.

Déroulement des essais insecticides

Insectes d'Angers et Avignon

Les populations prélevées soit sur cultures florales dans la région d'Angers, soit aux pièges

* UMR INRA-UAPV Écologie des Invertébrés, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9.

Tableau 1 - Toxicité de différents insecticides sur les populations d'Avignon et d'Angers de *S. exigua* traitées par application topique.

Insecticide	Population d'Avignon		Population d'Angers		TR***
	DL50 (95 %)*	Pente s**	DL50 (95 %)*	Pente ± s**	
Deltaméthrine	0,099 (0,086-0,114)	1,983 ± 0,127	2,521 (2,231-2,848)	2,541 ± 0,184	25,5
Alphaméthrine	0,098 (0,078-0,123)	2,917 ± 0,570	3,868 (2,826-5,357)	1,698 ± 0,265	39,5
Cyfluthrine	0,031 (0,026-0,037)	3,045 ± 0,374	0,856 (0,694-1,103)	2,988 ± 0,493	27,6
λ-cyhalothrine	0,127 (0,087-0,184)	1,754 ± 0,272	3,216 (2,661-3,833)	2,549 ± 0,331	25,3
Cyperméthrine	0,082 (0,060-0,015)	1,577 ± 0,195	2,972 (2,616-3,373)	3,192 ± 0,274	36,2
Fenvalérate	0,644 (0,502-0,876)	3,115 ± 0,540	12,724 (9,77016,563)	2,087 ± 0,315	19,8
Acéphate	15,99 (13,06-19,71)	1,253 ± 0,099	192 (a)/	1,108 ± 0,298	12 (a)
Méthomyl	0,855 (0,678-1,054)	1,295 ± 0,089	18,720 (15,63-22,13)	1,651 ± 0,122	21,9
Endosulfan	4,990 (4,027-6,257)	2,778 ± 0,309	29,352 (19,93-47,14)	1,517 ± 0,274	5,9

* DL50 en µg/larve de matière active, entre parenthèses l'intervalle de confiance au seuil 95 % ; ** Écart type de la pente ; *** Taux de résistance ; (a) Données approximatives à cause de la limite de concentration de la matière active utilisée (125 g/l).

lumineux dans la région d'Avignon, ont été maintenues en élevage sur alimentation artificielle suivant une technique décrite par ailleurs (Poitout et Buès, 1974), sans contact avec un insecticide.

Les essais

Les larves ont été élevées en groupe jusqu'à la date des traitements. Tous les tests ont été réalisés, sur des larves du 3^e stade pesant entre 8 et 11 mg, par application topique de 1 µl de solution insecticide déposée sur la partie dorsale à l'aide d'une micro-pipette. Après le traitement, la larve a été placée individuellement dans une boîte cubique (2 cm de côté), alimentée avec un fragment d'aliment artificiel. Les DL50 sont exprimées en µg m.a./larve.

Chaque essai comprend 5 à 6 doses et un lot témoin avec 20 à 30 individus par dose. Les larves traitées sont mises à 22° ± 1°, photopériode LO 16 : 8. Le contrôle de mortalité a lieu 3 jours après le traitement.

Familles insecticides testées

Les insecticides, en formulation commerciale, sont préparés dans une solution d'alcool à 40°. Ceux en formulation technique, méthomyl et acéphate, sont d'abord dissous dans l'acétone puis dilués dans une solution alcoolique à 40°. Tous les témoins sont traités avec la solution alcoolique.

Sept pyréthrinoides ont été testés : (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine, cyperméthrine, cyfluthrine, alphaméthrine, tau-fluvalinate et fenvalérate (ce dernier n'est plus commercialisé en France, mais les résultats permettent une comparaison avec ceux indiqués dans la bibliographie) ; un organo-phosphoré, l'acéphate ; un carbamate, le méthomyl et un organo-halogéné, l'endosulfan.

Trois synergistes, également préparés dans une solution alcoolisée à 40°, ont été utilisés afin de préciser la nature des mécanismes de résistance : un inhibiteur des mono-oxygénases (MFO), le pipéronyl butoxide (PBO, 94 % de pureté) ; un inhibiteur des estérases (EST), le

S,S,S-trubutyl phosphotriothioate (DEF, 97,5 % de pureté) ; un inhibiteur des glutathione S-transférases (GST), le diéthyl maléate (DEM, 97 % de pureté). Les inhibiteurs ont été appliqués en topique, 1 µl par larve, 3 heures avant l'insecticide, aux doses de 0,5 µg/larve pour le PBO et le DEF, 10 µg/larve pour le DEM. Les inhibiteurs ont été testés sur une même génération. Chaque essai comprend un témoin traité avec le synergiste seul.

Essais enzymatiques

Les essais enzymatiques sont réalisés sur des larves de deuxième stade. La fluorescence et l'absorbance sont mesurées à l'aide d'un lecteur de microplaque (HTS 7000, Perkin Elmer).

Activités des mono-oxygénases à cytochrome P450-dépendant

Elles sont étudiées en mesurant l'activité ECOD (7 éthoxycoumarine-O-deethylation) de larves entières, par fluorescence (excitation = 380 nm ; émission = 465 nm), selon la méthode de De Sousa *et al.* (1995). Les larves de chaque souches sont placées individuellement dans des puits de microplaques noires, et analysées. Chaque puits contient 100 µl de tampon phosphate à 50 mM (pH 7,2) et 0,4 mM de 7-éthoxycoumarine. La réaction est stoppée après 4 heures en ajoutant 50 µl de tampon glycine (10⁻⁴ M, pH 10,4) et 50 µl d'éthanol. Six puits recevant le tampon d'arrêt avant la période d'incubation sont utilisés comme témoins.

Préparations enzymatiques pour EST et GST

Les larves sont broyées individuellement à 4 °C dans 225 µl de tampon phosphate à 50 mM (pH 7,2) contenant 0,4 mM final de phényl méthyl sulfonyle fluorure. Le broyat est centrifugé pendant 15 mn à 4 °C et 15 000 tours/mn, et le supernatant est utilisé comme extrait enzymatique. La concentration protéique de ces extraits est obtenue par la méthode de Bradford (1976).

Activités des estérases

L'activité des estérases totales non-spécifiques est mesurée en microplaque avec le β-naphtyl acetate comme substrat (Van Asperen, 1962). Chaque puits contient 70 µl d'extrait enzymatique, 110 µl de tampon phosphate (pH 6,5) et 0,1 mM de beta-naphtyl acetate. La réaction est réalisée à 30 °C pendant 10 mn et stoppée en ajoutant 20 µl d'une solution de coloration (3 g/l Fast garnet et 35 g/l sodium dodécyl sulfate).

Six puits sans extrait enzymatique sont utilisés comme témoins. L'absorbance du complexe naphthol-Fast garnet est mesurée après 10 mn d'incubation à température ambiante et à 492 nm.

Activités des glutathion S-transférases

L'activité des glutathion S-transférases est déterminée dans des microplaques UV avec comme substrat le 1-chloro-2,4-dinitrobenzène (CDNB). Chaque puits contient 4 µl d'extrait enzymatique, 184 µl de tampon phosphate à 50 mM (pH 7,2), 2 µl de glutathion réduit à 0,1 M, et 10 µl de CDNB à 30 mM. La densité optique est mesurée à 340 nm après 1 mn à 30 °C. Les mêmes solutions sans extrait enzymatique sont utilisées comme témoins.

Analyse des données

Les mortalités, corrigées selon la formule d'Abbot, ont été analysées en log-probit à l'aide d'un logiciel (Probit and Logic analysis program) (Raymond, 1993) afin d'estimer la régression entre les doses et les pourcentages de mortalités. Les taux de résistance (TR) ont été calculés en divisant la concentration létale pour 50 % des individus traités (DL50) de la population d'Angers, par la DL50 de la population d'Avignon.

Les taux de synergie (TS) ont été calculés en divisant la DL50 des individus traités avec l'insecticide seul par la DL50 des individus traités avec un synergiste et l'insecticide.

Les données biochimiques ont été analysées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA), et les comparaisons de moyennes réalisées à l'aide du test de Neuman-Keuls.

Résultats

Essais insecticides

Les DL₅₀, obtenues pour chacune des populations avec différents insecticides sont indiquées dans le tableau 1. Le taux de résistance à la deltaméthrine (25,5 fois) est sensiblement du même ordre que ceux observés avec les cinq autres pyréthriinoïdes qui varient de 19,8 fois pour le fenvalérate à 39,5 fois pour l'alphaméthrine. Le tau-fluvalinate, testé à la dose de 75 µg/larve ne provoque aucune mortalité dans la population d'Angers et 60 % dans la population d'Avignon.

Le taux de résistance au méthomyl est de 21,9 fois et celui de l'endosulfan de 5,9 fois. Pour l'acéphate, le taux de résistance est de 12 fois, mais ce calcul n'est qu'approximatif du fait de la limite de concentration de la matière active, qui ne permet pas pour la population d'Angers d'obtenir une régression complète. Les taux de mortalité des témoins sont toujours inférieurs à 5 %.

Les taux de synergie de la deltaméthrine avec le PBO, sont plus élevés pour la population d'Avignon (50,8 fois), que pour la population d'Angers (16,3 fois) (Tableau 2), ils sont relativement faibles avec le méthomyl pour les populations d'Avignon et d'Angers, respectivement 2 et 3,6 fois. Les taux de synergie de la deltaméthrine avec le DEF sont de 3,3 fois pour la population d'Avignon, 2,6 fois pour la population d'Angers. Avec le méthomyl, les taux de synergie sont plus élevés dans la population d'Angers que dans la population d'Avignon, respectivement 7,7 et 2,6 fois.

Les tests de synergie de la deltaméthrine et du méthomyl avec le DEM n'ont été effectués qu'à une seule dose d'insecticide, respectivement 0,06 et 0,3 µg/larve pour la population d'Avignon, 0,5 et 2,5 µg/larve pour la population d'Angers. Dans tous les cas, la mortalité du lot traité avec le DEM est identique à celle du lot traité avec l'insecticide seul. Les témoins traités avec les synergistes seuls ont une mortalité inférieure à 5 %.

Activité enzymatique

La population d'Angers présente une l'activité MFO significativement différente ($P < 0,0001$) de la population d'Avignon avec une augmentation de l'activité ECOD de 3 fois (Tableau 3). Aucune différence significative de l'activité EST et GST n'est observée entre les deux populations.

Discussion et conclusion

Les taux de résistance entre les populations d'Angers et d'Avignon, élevées sans pression de sélection, varient entre 20 à 40 fois selon le pyréthriinoïde. Ces résultats ont été obtenus selon un protocole comparable à celui utilisé par différents auteurs.

Torrès-Vila *et al.* (1998), observent avec la deltaméthrine, sur une population d'Extrémadure en Espagne, une DL₅₀ de 0,04 µg/larve et Perez *et al.* (2000) au Nicaragua sur une population

sensible une DL₅₀ de 0,05 µg/larve, toutes deux sont peu différentes de la DL₅₀ de la population d'Avignon.

Le taux de résistance à la deltaméthrine, calculé entre les deux populations françaises (24,2 fois) peut donc être considéré comme représentatif, il est très inférieur à celui observé par Perez *et al.* (2000) sur une population résistante, environ 2 000 fois.

Pour les autres pyréthriinoïdes, les DL₅₀ observées par Torrès-Vila *et al.* (1998) sont, par rapport à la population d'Angers, inférieures pour la lambda-cyhalothrine, le fenvalérate, cyperméthrine et la cyfluthrine (respectivement, de 160, 38, 33 et 5 fois). Aldosari *et al.* (1996) indiquent pour la cyfluthrine, sur une population d'Arizona (E.U.), une DL₅₀ qui varie de 0,02 à 0,056 µg/larve et Perez *et al.* (2000), pour la cyperméthrine dans une population du Nicaragua, des DL₅₀ qui varient de 16,9 à 129,6 µg/larve.

Pour le méthomyl, la DL₅₀ de la population d'Avignon est supérieure à celles observées sur des populations sensibles en Arizona par Aldosari *et al.* (1996) ; 0,320 µg/larve, par Kerns *et al.* (1998) ; 0,175 µg/larve, en Californie par Byrne *et al.* (2001) ; 0,030 µg/larve, ou au Nicaragua par Perez *et al.* (2000) ; 0,037 µg/l. Par ailleurs, Aldosari *et al.* (1996) indique une résistance croisée entre la cyfluthrine et le méthomyl.

Pour l'acéphate, la DL₅₀ observée par Torrès-Vila *et al.* (1998) en Extrémadure est 8 fois faible que celle de la population d'Avignon et environ de 93 fois à celle de la population d'Angers. La DL₅₀ relativement élevée, observée dans la population d'Avignon explique le faible rapport observé dans cette étude (12 fois).

Le taux de résistance à l'endosulfan est relativement faible, à cause vraisemblablement d'une tolérance élevée de la population d'Avignon. La DL₅₀ observée par Torrès-Vila *et al.* (1998) est 55 fois inférieure à celle de la population d'Avignon.

Il semble donc, malgré toutes les réserves que l'on doit faire vis-à-vis de ces comparaisons, que la population prélevée dans la région d'Angers est résistante à tous les insecticides testés, alors que la population prélevée dans le Sud-Est n'est résistante qu'au méthomyl, à l'acéphate et à l'endosulfan.

La présence de mono-oxygénases comme mécanisme de détoxication est étayée dans les deux populations par de forts taux de synergie de la deltaméthrine avec le PBO et une activité moyenne du cytochrome P-450 significativement plus élevée dans la population d'Angers que dans la population d'Avignon. L'application de deltaméthrine avec du PBO, sur la population d'Angers, restaure une DL₅₀ comparable à celle observée sur la population d'Avignon. Cependant, le taux de

Tableau 2 - Synergie de la deltaméthrine et du méthomyl avec le PBO ou le DEF, traitements par application topique sur les populations d'Avignon et d'Angers.

Insecticide	Population d'Avignon		
	DL ₅₀ (95 %)*	Pente ± s**	TS***
Deltaméthrine	0,066 (0,053-0,080)	1,832 ± 0,195	
+PBO	0,0013 (0,0009-0,002)	1,443 ± 0,180	50,8
+DEF	0,020 (0,014-0,032)	1,223 ± 0,192	3,3
Méthomyl	0,559 (0,421-0,731)	1,609 ± 0,155	
+PBO	0,273 (0,189-0,387)	1,708 ± 0,229	2,0
+DEF	0,477 (0,324-0,707)	1,479 ± 0,205	1,2
Population d'Angers			
Deltaméthrine	2,525 (2,054-3,253)	2,400 ± 0,338	
+PBO	0,155 (0,104-0,228)	1,458 ± 0,201	16,3
+DEF	0,954 (0,694-1,238)	1,788 ± 0,240	2,6
Méthomyl	9,068 (5,924-14,41)	1,243 ± 0,189	
+PBO	2,494 (1,784-3,502)	1,100 ± 0,130	3,6
+DEF	1,179 (0,849-1,612)	1,340 ± 0,163	7,7

* DL₅₀ en µg/larve de matière active, entre parenthèses l'intervalle de confiance au seuil 95 % ; ** écart type de la pente ; *** taux de synergie

Tableau 3 - Activité *in vitro* des enzymes de détoxication dans les populations de *S. exigua* d'Avignon et d'Angers.

Population		Activité enzymatique	Test de F	Angers/Avignon
Activité ECOD	Avignon	452 ± 100	24,93	
(pg de 7OH formé/larve/min)	Angers	1196 ± 109 *		2,6
Activité des Estérase (nmol de beta-naphtol/mg de protéine/min)	Avignon	0,90 ± 0,19	1,58	
	Angers	0,55 ± 0,19		0,6
Activité des Glutathiones S-transférases (nmol de CDNB conjugué/mg de protéine/min)	Avignon	0,55 ± 0,07	2,01	
	Angers	0,66 ± 0,03		1,2

* Indique une différence significative entre les deux populations ($P < 0,05$ au test de Newmann-Keuls).

Bibliographie

synergie de la deltaméthrine avec le PBO est 3 fois plus élevé dans la population d'Avignon que dans la population d'Angers. Par ailleurs, l'activité estérasique est légèrement plus élevée dans la population d'Avignon que dans la population d'Angers.

L'application du PBO avec le méthomyl sur la population d'Angers, ne restaure pas une DL50 comparable à celle observée sur la population d'Avignon avec un traitement sans synergiste. Ce résultat suggère l'implication d'un autre mécanisme de résistance aux carbamates dans la population d'Angers.

Les taux de synergie de la deltaméthrine et du méthomyl avec le DEF sont faibles dans les deux populations, bien que plus élevés avec le méthomyl dans la population d'Angers. Testé à une seule dose d'insecticide, le DEM ne modifie pas le pourcentage de mortalité par rapport aux lots témoins traités avec la deltaméthrine ou le méthomyl. Ce résultat est étayé par l'absence de différence d'activité des glutathione S-transférases entre les deux populations.

Delorme *et al.* (1988) ont montré sur une population d'origine guatémaltèque l'implication des estérases dans la métabolisation de la deltaméthrine et une diminution de la pénétration de cet insecticide au travers de la cuticule.

Byrne et Toscano (2001) indiquent une modification de la cible acétylcholinestérase comme mécanisme de résistance au méthomyl ; ce mécanisme n'a pas été étudié ici. Par ailleurs, Van Laecke et Degheele (1991) constatent, sur une population en provenance de Hollande, une synergie du diflubenzuron avec des inhibiteurs des hydrolases (profénofos et DEF), des glutathiones-S-transférases (DEM) et, de façon moins importante, des mono-oxygénases (PBO).

Plusieurs mécanismes peuvent donc intervenir dans la résistance aux insecticides chez *S. exigua*, mais nos résultats ne permettent pas de préciser s'il existe des résistances croisées entre les différents insecticides testés.

Cette espèce qui doit chaque année ré-occuper les zones géographiques situées au nord du littoral méditerranéen, n'est nuisible en France que de façon sporadique.

Il est évident que la population prélevée à d'Angers a été introduite déjà résistante dans cette localité. L'absence de serres chauffées dans la zone d'introduction explique probablement l'absence de dégâts signalés depuis novembre 2000.

Toutefois, l'extension de cultures protégées et chauffées durant l'hiver peut permettre sa survie hivernale, à l'exemple de ce qui a été observé en Hollande (Smits et Valk, 1988), et faire de ce ravageur occasionnel un problème phytosanitaire.

Les taux de résistance observés, liés à l'existence de résistances multiples, doivent inciter à une surveillance attentive sur les risques d'introduction en provenance de zones géographiques où l'espèce est résistante à divers insecticides.

- **Aldosari S.A., Watson T.F., Sivasupramaniam S., Osman A.A., 1996** - Susceptibility of field populations of Beet Armyworm (Lepidoptera : Noctuidae) to cyfluthrin, methomyl, and profenofos, and selection for resistance to cyfluthrin. *J. Econ. Entomol.* 89 : 1359-1363.
- **Bradford M.M., 1976** - A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- **Buès R., Poitout S., Toubon J.F., 1990** - Études bio-écologiques de *Agrotis ipsilon* Hufn. Dans le sud de la France. *Bulletin OILB/SROP XIII/3* : 75-81.
- **Byrne F.J., Toscano N.C., 2001** - An insensitive Acetylcholinesterase confers resistance to methomyl in the Beet Armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera : Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 94 :524-528.
- **Cayrol R., 1972** - Entomologie appliquée à l'agriculture, tome II Lépidoptères, 2^e vol. pp 1401-1411.
- **Delorme R., Fournier D., Chaufaux J., Cuany A., Bride J.M., Auge D., Berge J.B., 1988** - Esterase metabolism and reduced penetration are causes of resistance to deltamethrin in *Spodoptera exigua* Hub. (Noctuidae; Lepidoptera). *Pestic. Biochem. Physiol.* 32: 240-246.
- **De Sousa G., Cuany A., Brun A., Amichot M., Rahmani R., Berge J.B., 1995** - A microfluorometric method for measuring Ethoxycoumarin-O-Deethylase activity on individual *Drosophila melanogaster* abdomens: interest for screening resistance in insect populations. *Anal Biochem* 229: 86-91.
- **Kerns D.L., Palumbo J.C., Tellez T., 1998** - Resistance of field strains of Beet Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) from Arizona and California to carbamate insecticides. *J. Econ. Entomol.* 91 : 1038-1043.
- **Michell E.R., 1979** - Migration of *Spodoptera exigua* and *S. frugiperda* C North American style, pp 386-393. In *Movement of highly mobile insects. Concepts and methodology in research.* North Carolina State University, Raleigh. NC.
- **Perez C.J., Alvarado P., Narvaez C., Miranda F., Hernandez L., Vanegas H., Hruska A., Shelton A.M., 2000** - Assessment of insecticide resistance in five insect tests attacking field and vegetable crops in Nicaragua. *J. Econ. Entomol.* 93 : 1779-1787.
- **Poitout S., Buès R., 1974** - Élevage de chenilles de 28 espèces de Lépidoptères Noctuidae et de deux espèces d'Arctiidae sur milieu artificiel simple. Particularité de l'élevage selon les espèces. *Ann. Zool. Ecol. Anim.* 6: 431-441.
- **Raymond M., PROBIT CNRS-UMII.** Licence 193019. 1993; Avenix 34680 St George d'Orques, France: 24 p.
- **Smits P.H., Vlak J.M., 1988** - Selection of nuclear polyhedrosis viruses as biological control agents of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomophaga* 33: 299-308.
- **Torres-Vila L.M., Rodriguez-Molina M.C., Lacasa M., Palo E., Mejias Tapia M., Guerrero M., 1998** - Susceptibilidad a 20 insecticidas de *Helicoverpa armigera* Hb. y *Spodoptera exigua* Hb. (Lepidoptera : Noctuidae) en las Vegas del Guadiana (Extramadura). *Bol. San. Veg. Plagas* 24 : 353-362.
- **Van Asperen KJ., 1962** - A study of housefly esterases by means of a sensitive colorimetric method. *J. Insect Pathol* 8: 401-416.
- **Van Laecke K., Degheele D., 1991** - Synergism of diflubenzuron and teflubenzuron in larvae of Beet Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 84: 785-789.
- **Van Rossem G., Van de Bund C.F., Burger H.C., 1977** - Remarkable cases of insect damage in the Netherlands in 1976. *Entomol. Ber. (Amsterdam)* 37: 97-99 (in Dutch, with English summary).

Résumé

La résistance aux insecticides de deux populations de la noctuelle *Spodoptera exigua* capturées dans les régions d'Angers et d'Avignon a été évaluée par application topique sur des larves du 3^e stade (8-11 mg).

La DL50 de la population d'Angers, la plus résistante, était 2,52 µg/larve pour la deltaméthrine, 3,87 pour l'alphaméthrine 0,86 pour la cyfluthrine, 3,21 pour la lambda-cyhalothrine, 2,97 pour la cyperméthrine, 18,72 pour le méthomyl, 29,35 pour l'endosulfan 192 pour l'acéphate. Les taux de résistance par rapport à la population d'Avignon sont respectivement de 25,5 ; 39,5 ; 27,6 ; 36,2 ; 21,9 ; 5,9 et 12 fois.

Les taux de synergie obtenus avec des inhibiteurs et les résultats des analyses biochimiques montrent l'implication des mono-oxygénases comme mécanisme de résistance. Toutefois, on ne peut exclure la présence dans les deux populations testées d'autres mécanismes de résistance.

Mots-clés :

Summary

SPODOPTERA EXIGUA CATERpillars CAPTURED IN FRANCE INSECTICIDE RESISTANCE OF THIS MOTH SPECIES

The resistance to insecticides of two populations of *Spodoptera exigua* moth captured in the regions of Angers and Avignon has been assessed by topical application on 3rd stage larvae (i.e. 8 - 11 mg).

The DL50 results for the Angers population, the more resistant of the two, were 2.52 µg/larva for deltamethrin, 3.87 for alphamethrin 0.86 for cyfluthrin, 3.21 for lambda-cyhalothrin, 2.97 for cypermethrin, 18.72 for methomyl, 29.35 for endosulfan and 192 for acephate. The levels of resistance compared to the Avignon population were as follows: 25.5; 39.5; 27.6; 36.2; 21.9; 5.9 and 12 times respectively.

The synergy levels achieved with inhibitors and the results of biochemical analyses indicate the involvement of mono-oxygenases as a resistance mechanism. Nevertheless, the presence of other resistance mechanisms in the two populations tested can not be excluded.

Signum,
l'art de cultiver
performance et polyvalence



• **Signum**, enfin un fongicide capable
de conjuguer efficacité et polyvalence !



- Deux molécules innovantes qui renforcent l'efficacité par l'excellence et l'originalité de leurs modes d'action,
- Maîtrise un vaste champ d'espèces de champignons parasites, notamment les *Alternaria*, *Oldium*, *Sclerotinia*, *Mycosphaerella*,
- Vous offre plus de flexibilité dans la construction de vos programmes,
- Convient particulièrement à la lutte intégrée.

U N E I N N O V A T I O N S I G N É E

Retrouvez l'ensemble de nos informations produits sur www.basf-agro.fr

Fongicide cultures légumières

 **BASF**

The Chemical Company