



Résistance du carpocapse *Cydia pomonella* aux insecticides

Tests par application topique sur des larves diapausantes collectées en automne 2001

P. J. CHARMILLOT et D. PASQUIER, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon
S. DESSIMOZ et M. GENINI, Office de la protection des plantes, CH-1950 Châteauneuf-Sion
R. OLIVIER, Station cantonale d'arboriculture, Marcellin, CH-1110 Morges

@ E-mail: pierre-joseph.charmillot@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 444.

Résumé

Des tests de dépistage de la résistance du carpocapse *C. pomonella* aux insecticides ont été effectués par application topique de dosages discriminants sur des larves diapausantes capturées dans différents vergers en 2001. Dans les cas les plus graves, l'efficacité des matières actives diflubenzuron, fénoxycarbe, tébufénozide, phosalone, indoxacarbe, chlorpyrifos-méthyl, chlorpyrifos-éthyl, deltaméthrine et méthoxyfénozide est très fortement réduite, voire nulle. Dans d'autres situations, la perte d'efficacité ne semble importante que pour quelques insecticides, les autres montrant toutefois aussi des signes incontestables de «fatigue».

Introduction

En 1996, un premier cas de résistance du carpocapse *Cydia pomonella* était mis en évidence en Suisse et depuis lors la situation s'est fortement aggravée. En 2001, plusieurs autres foyers de résistance croisée au diflubenzuron, au tébufénozide, au fénoxycarbe et à la phosalone ont été détectés dans des vergers situés dans les cantons de Vaud, de Genève et du Valais. Dans plusieurs localités, de nouveaux cas suspects nous ont été signalés, liés à de graves difficultés rencontrées dans la lutte contre le carpocapse. Cette publication relate les tests de dépistage de la résistance, réalisés en laboratoire au printemps 2002 sur des chenilles diapausantes prélevées dans différents vergers en automne 2001. La détection de la résistance est opérée par application d'une dose discriminante d'insecticide sur le dos de larves, après rupture de leur diapause hivernale par un séjour prolongé à basse température.

Matériel et méthode

Provenance des chenilles

La plupart des chenilles à tester ont été récupérées en automne 2001 dans les bandes-pièges installées dans des vergers vaudois, valaisans et genevois, où la lutte classique n'avait pas donné satisfaction et, à titre de comparaison, dans des vergers d'arbres à haute-tige non traités. D'autres ont été obtenues de pommes véreuses cueillies en verger et placées en cellule d'élevage. Enfin, des chenilles de la souche sensible de Changins (souche RAC), produites en élevage sous courte photopériode en automne 2001, servent de référence. Toutes ces larves diapausantes ont été stockées pendant l'hiver, dans des bandelettes de carton ondulé, en chambre froide à 6 °C, afin de rompre la diapause. Les tests insecticides sur ces chenilles ont été réalisés au printemps 2002, échelonnés de la mi-février à la fin d'avril.

Procédure expérimentale, produits testés et concentrations

Le jour du traitement, les cartons ondulés contenant les chenilles diapausantes sont transférés de la chambre froide au laboratoire et ouverts pour y récupérer les larves. Une solution de produit est appliquée sur le dos des chenilles au moyen d'une micropipette, à raison de 1 µl par individu. Quelques minutes plus tard, elles peuvent à nouveau tisser un cocon dans de nouveaux cartons ondulés. L'élevage est ensuite effectué en cellule climatisée (25 °C, 70% HR, 16/8 h J/N), jusqu'à l'émergence des adultes. L'efficacité des produits est calculée par rapport au taux moyen de survie obtenu dans les témoins traités uniquement avec le solvant.

En général, chaque produit est appliqué sur un lot de 20 chenilles par provenance. Selon le nombre de larves disponibles, un à neuf produits par provenance ont été testés et un procédé témoin a été mis en place. Parfois, en raison du nombre limité de larves de certains vergers, nous avons dû renoncer au témoin. Au total, 3445 chenilles ont été utilisées pour cette expérimentation.

La plupart des insecticides utilisés dans cet essai sont des produits techniques à haute pureté; d'autres sont des produits formulés (tabl. 1). Le diflubenzuron est dissous dans du tétrahydrofurane, les autres produits dans de l'acétone. En général, les concentrations discriminantes choisies correspondaient à une effi-

Tableau 1. Produits testés, concentrations discriminantes appliquées et efficacité exercée sur la souche de référence de l'élevage de la RAC.

Produit	Formulation (% m.a.)	Solvant	Concentration discriminante (ppm)	% efficacité sur souche RAC
Diflubenzuron	Prod. techn. > 99%	Tétrahydrofurane	10 000	71,6
Fénoxycarbe	Prod. techn. 99,5%	Acétone	1	97,8
Tébufénozide	Prod. techn. 98,5%	Acétone	300	94,7
Phosalone	Zolone EC 350 g/l	Acétone	3000	99,9
Indoxacarbe	DPX-MP062 100%	Acétone	10 000	88,6
Chlorpyrifos-méthyl	Reldan 400 g/l	Acétone	1200	95,6
Chlorpyrifos-éthyl	Prod. techn. 97,3%	Acétone	1200	96,7
Deltaméthrine	OP 210733 25 g/l	Acétone	100	99,5
Méthoxyfénozide	Prod. techn. 98,3%	Acétone	100	99,1

cacité d'environ 95-100% sur la souche sensible d'élevage de Changins (souche de référence RAC). Toutefois, pour le diflubenzuron et l'indoxacarbe, peu efficaces en application topique, une concentration de 10 000 ppm a été choisie même si elle ne conduit respectivement qu'à 71,6 et 88,6% de mortalité sur la souche de référence. Ce compromis a été adopté parce que ces deux matières actives sont peu solubles à des concentrations plus élevées.

Résultats et discussion

Taux de survie dans les témoins

Souche de référence RAC

Chez les carpocapses de la souche RAC, produits en élevage à 25 °C en automne 2001, puis transférés directement en chambre froide à 6 °C pour la rupture de la diapause, le taux de survie n'est que de 58,6%, probablement à cause

d'un changement de température trop brusque entre l'élevage et le stockage (tabl. 2). Toutefois, ce taux moyen est retenu pour calculer l'efficacité des produits sur les larves d'élevage.

Carpocapses capturés en vergers

Pour les lots de chenilles provenant des vergers, le taux de survie est calculé en déduisant de l'effectif les quelques parasitoïdes ayant émergé. Dans les témoins, le taux de survie jusqu'au stade de papillon est très élevé puisqu'il atteint en moyenne 90,8% et ne varie qu'entre 81,6 et 100% selon les provenances (tabl. 2). Par conséquent, ce taux moyen est retenu pour calculer l'efficacité de chaque produit testé sur les larves de tous les vergers.

Efficacité des produits sur les larves de la souche de référence RAC

Sur la souche RAC produite en élevage, l'efficacité de la plupart des produits testés est très élevée (tabl. 2 et fig. 1). Elle correspond assez bien à l'effet attendu des concentrations discriminantes

Tableau 2. Efficacité des produits en application topique sur des larves diapausantes de diverses parcelles.

Lieu	Parcelles	Témoin (survie en %)	% efficacité des produits									
			Diflubenzuron	Fénoxycarbe	Tébufénozide	Phosalone	Indoxacarbe	Chlorpyrifos-méthyl	Chlorpyrifos-éthyl	Deltaméthrine	Méthoxyfénozide	
Changins	Souche RAC, référence élevage	58,6	68,7	100,0	95,7	100,0	100,0	100,0	82,9	100,0	95,7	
Genolier, Trélex	Arbres à haute-tige	93,0	89,0	63,3	89,0	100,0	57,4	100,0	89,0	97,2		
Changins	Parcelle clinique 17	96,2	89,0	59,4	94,5	100,0	72,5	100,0	94,5	94,5		
Riddes	4 vergers commerciaux	91,6	11,9	20,3	46,3	24,7	10,1	67,0	73,8	26,6	46,3	
Fully	Ometz	92,5	11,9	11,9	44,9	0,9		83,5	72,5	0,0		
Saillon	Union fruitière, Clerc	83,3	28,4		44,9			89,0				
Saxon	Reuse, Defayes	90,0	6,4		16,3			89,0	67,0			
Conthey	Bianco	82,6	33,9	55,9	72,5	67,0	52,4	94,5	89,0	50,4		
Granges	Arbelley	100,0			67,0			58,7				
Ardon	Hubert, Quennoz	90,0	72,5		90,0			90,0				
Bramois	Morath, Schupach				86,8							
Sierre	Denou				70,0							
Prangins	Pasche	100,0	0,0	0,9	30,4	0,0		44,9	33,9	28,4		
Commugny	Bigler, Syngenta	83,6	9,1	11,9	39,4	6,4		89,0	86,7	0,9		
Féchy	Jan	85,0	17,4		33,9			100,0	89,0			
Aubonne	Roth		22,9									
Etoy	Oppliger		55,9									
Versoix	Serex		22,9									
Begnins	Marcins	94,4	89,0		72,5							

choisies (tabl. 1). Pour sept insecticides, elle varie comme prévu entre 95,7 et 100%. Pour le diflubenzuron, l'efficacité obtenue (67,8%) est assez proche des 71,6% que la concentration discriminante choisie (10 000 ppm) aurait théoriquement dû provoquer. L'efficacité du chlorpyrifos-éthyl n'est que de 82,9% pour une concentration discriminante censée atteindre 96,7%. Ces valeurs légèrement inférieures au résultat escompté peuvent être dues au nombre relativement faible de 20 larves testées par produit.

Efficacité des produits sur les larves provenant d'arbres à haute-tige non traités

Sur les larves des vergers non traités d'arbres à haute-tige de **Genolier** et **Trélex**, l'efficacité généralement très élevée montre que ces deux populations sont sensibles aux huit produits testés. Elles semblent toutefois légèrement moins sensibles au fénoxycarbe et à l'indoxacarbe que la souche de référence RAC (tabl. 2 et fig. 2). La situation est identique avec les larves de la **parcelle clinique de Changins** (tabl. 2), sur lesquelles ces deux matières actives accusent une certaine perte d'efficacité.

Efficacité des produits sur les larves des vergers commerciaux

Vergers valaisans

Les résultats obtenus varient relativement peu entre les différentes parcelles d'une même localité. Toutes les provenances d'un même village ont ainsi été regroupées pour calculer une efficacité moyenne par localité (tabl. 2).

A **Riddes**, vu la grande quantité de larves disponibles, les neuf insecticides ont

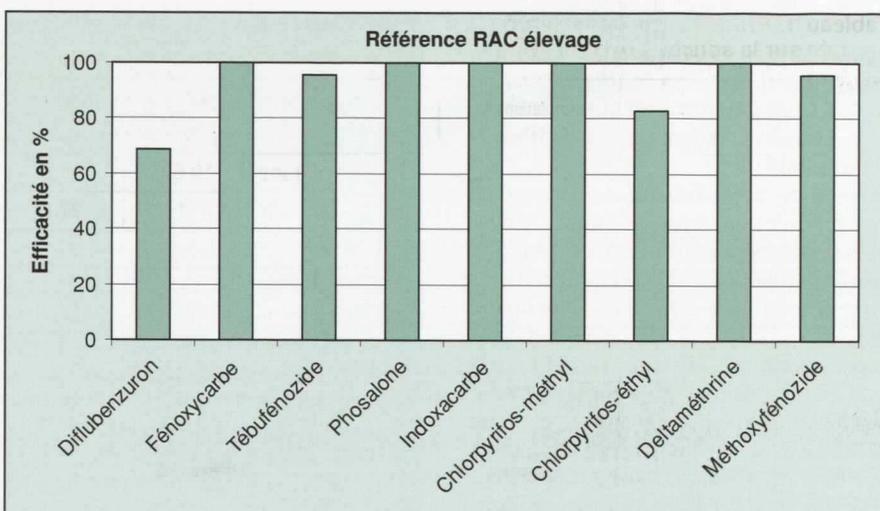


Fig. 1. Efficacité des produits testés en application topique sur des larves diapausantes de la souche de référence RAC.

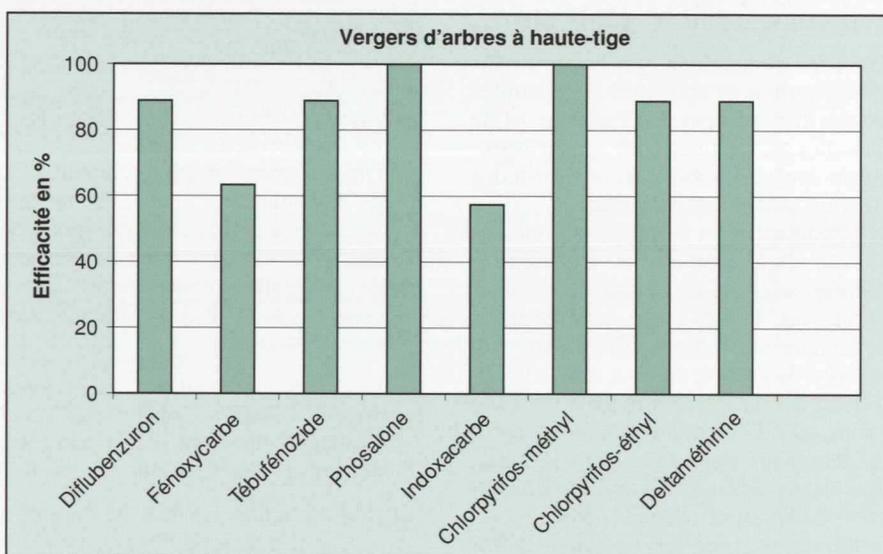


Fig. 2. Efficacité des produits testés sur les larves provenant des vergers d'arbres à haute-tige non traités de Genolier et de Trélex.

pu être testés et l'efficacité de la plupart d'entre eux y est dérisoire (fig. 3). En effet, elle est inférieure à 30% pour le diflubenzuron, le fénoxycarbe, la

phosalone, l'indoxacarbe et la deltaméthrine et elle n'est que de 46,3% pour le tébufénozide et le méthoxyfénozide. Seuls les produits chlorpyrifos-méthyl

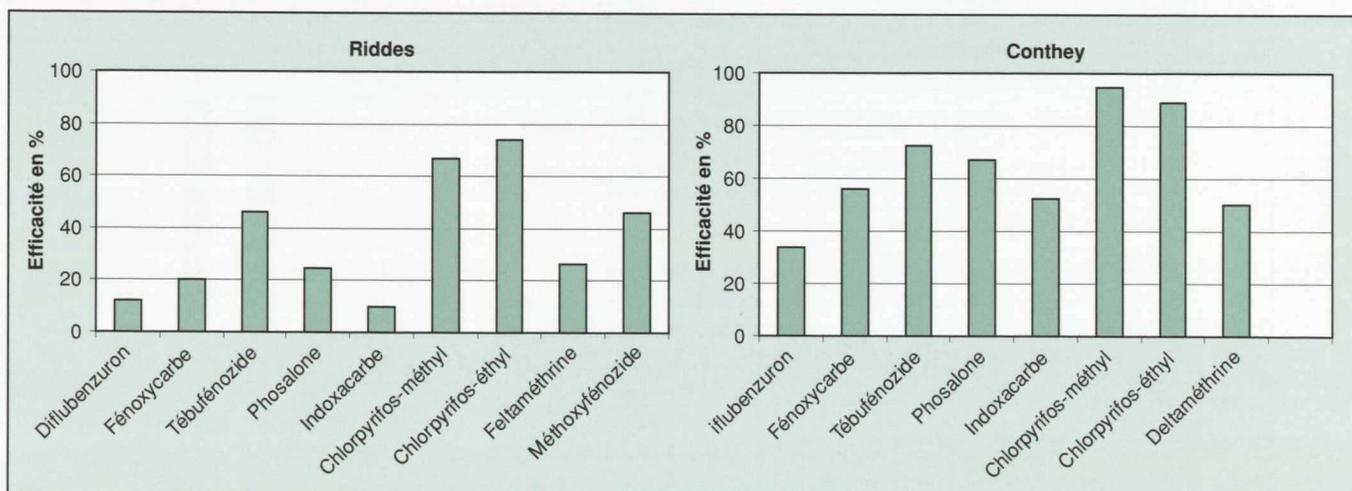


Fig. 3. Efficacité des produits testés en application topique sur les larves provenant des vergers commerciaux valaisans de Riddes et de Conthey.

(Reldan) et chlorpyrifos-éthyl (Pyrinex) conservent une certaine efficacité, respectivement de 67 et 73,8%. La situation est pratiquement identique à **Fully** et vraisemblablement aussi à **Saillon** et **Saxon** (tabl. 2).

A titre de comparaison, la plupart de ces produits gardent une bonne efficacité sur la population de **Conthey** qui, par conséquent, semble encore sensible aux insecticides (fig. 3). Cependant, dans ce village, l'efficacité relativement faible de certains produits tels que diflubenzuron, phosalone et deltaméthrine trahit déjà les prémices de la résistance. Des indications de perte d'efficacité sont également décelables à **Granges**. Par contre, tous les produits testés sur les chenilles d'**Ardon** et **Bramois** conservent une bonne efficacité.

Vergers vaudois et genevois

En ce qui concerne les vergers commerciaux vaudois et genevois, les chenilles testées proviennent essentiellement de parcelles où la résistance au diflubenzuron avait déjà été mise en évidence au cours des dernières années.

A **Prangins**, trois des sept insecticides n'ont pratiquement aucune efficacité: le diflubenzuron, le fénoxycarbe et la phosalone (fig. 4). Les autres, tébufénozide, deltaméthrine, chlorpyrifos-méthyl et chlorpyrifos-éthyl, ont une efficacité inférieure à 45%. A **Commugny** (fig. 4) de même qu'à **Féchy**, la situation est comparable, sauf pour le chlorpyrifos-méthyl et le chlorpyrifos-éthyl qui conservent une bonne efficacité. L'efficacité du diflubenzuron sur les chenilles d'**Aubonne**, **Etoy** et **Versoix** est faible puisqu'elle varie entre 22,9 et 55,9%. Par contre, dans le verger de **Begnins** où la lutte par confusion est appliquée depuis bientôt vingt ans, les deux insecticides testés, diflubenzuron et tébufénozide, ont conservé leur efficacité (tabl. 2).

Conclusions

❑ Les tests de dépistage de la résistance, effectués par application topique de dosages discriminants sur des larves diapausantes capturées en 2001 dans différents vergers, montrent que sur certaines souches du carpocapse l'efficacité de la majorité des produits testés est très fortement réduite, voire nulle.

❑ Dans les cas les plus graves, comme à **Prangins** (VD) ou à **Riddes** (VS), la résistance croisée semble affecter plus ou moins sévèrement tous les produits testés: diflubenzuron, fénoxycarbe, tébufénozide, phosalone, indoxacarbe, chlorpyrifos-méthyl, chlorpyrifos-éthyl, deltaméthrine et méthoxyfénozide.

❑ Parmi ces produits figure un pyréthrianoïde, la deltaméthrine, qui n'a jamais été utilisé en Suisse dans la lutte contre le carpocapse, n'étant pas homologué; l'indoxacarbe, lui, n'est homologué que depuis 2000 et le méthoxyfénozide est en cours d'homologation.

Il est donc probable que ce phénomène de résistance croisée s'applique également à d'autres insecticides qui n'ont pas été testés dans cet essai.

❑ Dans d'autres situations, la perte d'efficacité n'est importante qu'avec quelques produits, mais les autres insecticides montrent aussi des signes incontestables de «fatigue». C'est le cas notamment à **Fully**, **Saxon**, **Saillon** (VS), **Féchy** et **Commugny** (VD). Il s'agit vraisemblablement de vergers où la résistance progresse et où des populations mélangées de carpocapses sensibles et résistants cohabitent encore. Le maintien de la lutte insecticide classique y sélectionnerait rapidement les résistants (fig. 5).

❑ Dans quelques cultures où la résistance à certains insecticides est manifeste, comme à **Riddes**, **Conthey** ou **Commugny**, le chlorpyrifos-méthyl et le chlorpyrifos-éthyl conservent encore une efficacité assez élevée. Par contre, ces deux produits n'ont plus beaucoup d'effet sur la population de **Prangins**.

❑ Les différences d'efficacité constatées entre les vergers ou les villages semblent refléter des stades différents dans la progression de la résistance. Au début, elle ne concerne vraisemblablement que quelques matières actives mais est appelée à se généraliser en cas de poursuite de la lutte classique. Par conséquent, le recours au chlorpyrifos-méthyl ou au chlorpyrifos-éthyl, qui gardent leur efficacité dans certains cas, ne devrait constituer qu'une mesure d'exception, accompagnant la lutte biotechnique par confusion et le virus de la granulose, destinée à abaisser rapidement des populations trop élevées. Une utilisation prolongée de ces molécules sur plusieurs générations déboucherait inévitablement sur une résistance totale.

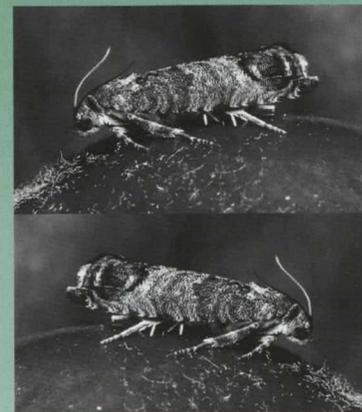


Fig. 5. Arboriculteurs de tous les pays, méfiez-vous! Rien ne ressemble autant à un carpocapse sensible qu'un carpocapse résistant. En haut: carpocapse sensible; en bas: carpocapse résistant... ou inversement (photo R. Rohner).

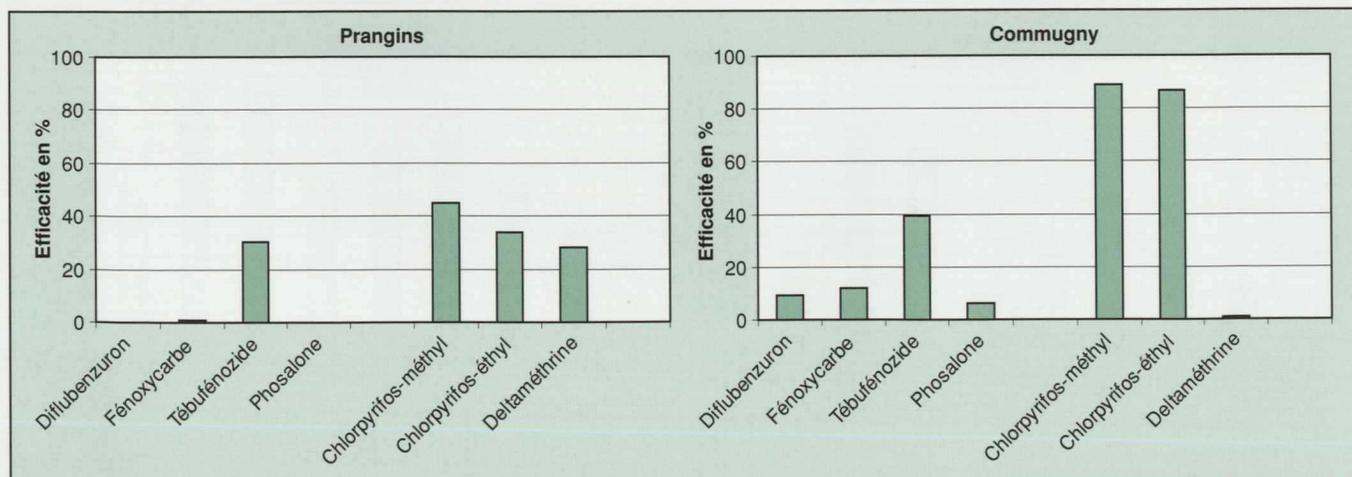


Fig. 4. Efficacité des produits sur les larves provenant de vergers commerciaux de Prangins et de Commugny.

Remerciements

Nous remercions vivement M^{mes} Martine Rhyn, Suzanne Tagini, Marina Pitrel, Stéphanie Verneau et MM. G. Andrey, Th. Degen, J. L. Guichard, Th. Heger, Ch. Keimer, R. Pasche et C. Verdun pour leur précieuse collaboration.

Bibliographie

Une liste de références bibliographiques concernant la résistance du carpocapse aux insecticides a été publiée récemment dans: CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., 2002. Progression de la résistance du carpocapse *Cydia pomonella* aux insecticides. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 34 (2), 95-100.

Summary

Resistance of the codling moth *Cydia pomonella* to insecticides: test by topical application on diapausing larvae collected in autumn 2001

A survey of codling moth resistance was carried out by topical application of discriminating concentrations on diapausing larvae collected in 2001 in different orchards. It showed that the effectiveness of diflubenzuron, fenoxycarb, tebufenozide, phosalone, indoxacarb, chlorpyrifos-methyl, chlorpyrifos-ethyl, deltamethrin and methoxyfenozide is very strongly reduced, in the most serious cases even zero. In some other orchards, the pronounced loss of effectiveness seems to concern only some products but the other insecticides also show undeniable signs of «fatigue».

Key words: codling moth, *Cydia pomonella*, Switzerland, insecticide, resistance.

Zusammenfassung

Insektizidresistenz beim Apfelwickler *Cydia pomonella*: Tests durch örtliche Anwendung auf diapausierende Larven, die im Herbst 2001 gesammelt wurden

Durch örtliche Anwendung von diskriminierenden Dosierungen auf diapausierende Larven, die im Jahre 2001 in verschiedenen Obstanlagen gesammelt worden waren, konnte Insektizidresistenz beim Apfelwickler nachgewiesen werden. Die Wirksamkeit der Produkte Diflubenzuron, Fenoxycarb, Tebufenozide, Phosalone, Indoxacarb, Chlorpyrifos-Methyl, Chlorpyrifos-Ethyl, Deltamethrin und Methoxyfenozide war sehr stark herabgesetzt, in den schlimmsten Fällen sogar gleich null. In anderen Lagen scheint der starke Wirksamkeitsverlust nur einige Produkte zu betreffen, aber auch die anderen Insektizide zeigten unbestreitbare Zeichen von «Ermüdung».

Riassunto

Resistenza della carpocapsa *Cydia pomonella* agli insetticidi: depistaggio tramite applicazione topica su larve raccolte durante l'autunno 2001

Il grado di resistenza della carpocapsa in vari meleti di tre diverse regioni svizzere è stato valutato tramite applicazioni topiche di dosi discriminanti di 9 insetticidi sulle larve diapausanti catturate nel 2001. Nei casi più gravi, l'efficacia di Diflubenzuron, Fenoxycarb, Tebufenozide, Fosalone, Indoxacarb, Clorpirifos-metile, Clorpirifos-etile, Deltametrina e Metossifenozide è fortemente ridotta, se non addirittura nulla. In altre situazioni, solo pochi di questi prodotti hanno perso la loro efficacia, ma gli altri mostrano già dei segni incontestabili di «fatica».

BAC À VENDANGES

Diamètre (extérieur)	100 cm
Hauteur	91 cm
Contenu (volume)	640 litres
Produit de qualité suisse	100%

- Encastrable
- Entièrement en acier inox DIN 1.4301
- Résiste aux coups et à la rupture
- Durée de vie illimitée
- Nettoyage simple, facile à manier
- Pas de problème de recyclage



GUSTAV WEGMANN AG
Metallwarenfabrik

CH-8957 Spreitenbach Tél. 056 419 70 90
Fax 056 419 70 99

www.wegmann.ch

Acier/INOX

