

## Progression de la résistance du carpocapse *Cydia pomonella* aux insecticides

P. J. CHARMILLOT et D. PASQUIER, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon

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

### Résumé

En 1996, un premier cas de résistance du carpocapse *Cydia pomonella* était mis en évidence en Suisse et la situation s'est fortement aggravée depuis lors. Le procédé de détection de la résistance consiste soit à élever des larves collectées dans des fruits attaqués sur des pommes trempées dans une concentration discriminante d'insecticide, soit à appliquer, à l'aide d'une microseringue, une dose discriminante sur le dos de larves diapausantes collectées dans les bandes-pièges. Plusieurs nouveaux foyers de résistance croisée au diflubenzuron, au tébufénozide, au fénoxy-carbe et à la phosalone ont été détectés dans des vergers des cantons de Vaud, de Genève et du Valais. Actuellement, la technique de confusion et le virus de la granulose constituent les alternatives les plus appropriées à la lutte chimique.

### Matériel et méthode

#### Test par trempage des pommes

Des chenilles de carpocapse d'âge différent (stades L<sub>2</sub> à L<sub>5</sub>) sont récupérées dans des fruits attaqués provenant de parcelles où une résistance du carpocapse est suspectée. Une partie d'entre elles est installée dans un bac sur des pommes non traitées (témoin), les autres sont déposées sur des pommes traitées par trempage dans une solution d'insecticide à une concentration dite «discriminante». Selon les produits, les concentrations discriminantes choisies sont censées provoquer une mortalité de 81 à 90% sur les chenilles néonates de la souche sensible RAC (tabl. 1). Les bacs, fermés par un tulle, sont placés pendant 14 jours en cellule climatisée à 25 °C et 70% d'humidité relative (HR) puis toutes les pommes sont ouvertes pour dénombrer les chenilles survivantes. Selon le nombre de larves à disposition, de 16 à 44 individus ont été utilisés pour chaque produit ou en guise de témoin.

En 2000, seul le diflubenzuron a été testé sur des chenilles provenant de deux vergers suspects à Etoy et Versoix. Une concentration discriminante de 1200 ppm (mg/kg) a été choisie, qui provoque 81% de mortalité sur les larves L<sub>1</sub> de la souche sensible RAC et 77% sur celles âgées de 12 jours (L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>) (tabl. 1) (Charmillot *et al.*, 2001).

En 2001, en fonction du nombre de chenilles disponibles, un, deux ou trois produits ont pu être testés sur des chenilles provenant de cinq vergers dans quatre localités: Fully, Changins, Commugny et Prangins.

#### Test par application topique sur les chenilles diapausantes

Des larves diapausantes sont récupérées en automne dans des bandes-pièges de carton ondulé placées dans des vergers à la fin de juin. Stockées en chambre froide à 6 °C

### Introduction

En Amérique, en Afrique du Sud et en Océanie, où la lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* a longtemps été basée sur l'usage des esters phosphoriques, de nombreux cas de résistance à ces produits sont connus depuis des décennies (CROFT et RIEDL, 1992; DUNLEY et WELTER, 2000). En Europe, où la panoplie d'insecticides homologués était plus variée, un premier cas de résistance du carpocapse au diflubenzuron, un inhibiteur de croissance d'insectes (ICI), a été signalé en Italie il y a environ dix ans (WALDNER, 1993; RIEDL et ZELGER, 1994). En France, ce ravageur a développé une résistance non seulement à des ICI, mais aussi à d'autres groupes d'insecticides: pyréthrinoides, esters phosphoriques ou encore régulateurs de croissance d'insectes (RCI) comme le fénoxy-carbe et le tébufénozide (SAUPHANOR *et al.*, 1994; BOUVIER *et al.*, 1995; SAUPHANOR et BOUVIER, 1995). Des tests effectués sur quelques populations européennes de carpocapse

ont révélé la présence de souches résistantes à différents produits dans plusieurs pays (SAUPHANOR *et al.*, 1998a; IORIATTI et BOUVIER, 2000).

En Suisse, la lutte contre le carpocapse, réalisée dans la plupart des vergers en deux interventions par saison avec des RCI et ICI, n'a pas posé de problème jusqu'au milieu de la dernière décennie. Cependant, dès 1996, des difficultés sont apparues dans deux parcelles du bassin lémanique à Etoy (VD) qui ont fait apparaître une résistance croisée du ravageur au diflubenzuron, à l'azinphos-méthyl et à la deltaméthrine (CHARMILLOT *et al.*, 1999). Au cours de ces dernières années, les services cantonaux de Vaud, Genève et du Valais ainsi que quelques arboriculteurs nous ont fait part de graves difficultés rencontrées dans la lutte contre le carpocapse dans plusieurs localités. Cette publication fait état des tests de dépistage de la résistance que nous avons réalisés en laboratoire sur des chenilles prélevées dans ces vergers en 2000 et 2001.

**Tableau 1. Matières actives testées, concentrations discriminantes choisies et mortalité des larves L<sub>1</sub> de la souche sensible RAC. En haut: test par trempage des pommes sur les chenilles prélevées en été. En bas: test par application topique sur les larves diapausantes capturées dans les bandes-pièges en automne.**

Test	Matière active	Formulation	Solvant	Concentration discriminante (ppm)	% efficacité souche RAC
Trempage des pommes	diflubenzuron	Dimilin SC 480 g/l	eau	1200	81
	tébufénozide	Mimic 240 g/l		150	90
	méthoxyfénozide	Prodigy SC 240 g/l		7	90
	phosalone	Zolone EC 350 g/l		100	90
Application topique	diflubenzuron	prod. techn. > 99%	tétrahydrofurane	10 000	86
	tébufénozide	prod. techn. 98,5%	acétone	300	95
	fénoxycarbe	prod. techn. 99,5%		1	98
	phosalone	Zolone EC 350 g/l		1400	99

pendant l'hiver afin de rompre la diapause, elles sont utilisées au printemps suivant pour tester l'efficacité des produits en application topique (SAUPHANOR *et al.*, 2000). Le jour du traitement, les cartons sont déposés en laboratoire à 25 °C puis les larves en sont extraites. Une solution d'insecticide à une concentration discriminante est alors appliquée sur le dos des chenilles au moyen d'une micropipette, à raison de 1 µl par individu (tabl. 1). Pour que l'insecticide puisse pénétrer à travers le tégument des larves, il faut le dissoudre dans des solvants organiques tels que l'acétone ou le tétrahydrofurane, ce qui est rarement possible avec les produits formulés. Pour cette raison, il faut recourir à des produits techniques de haute pureté. Après l'application de la solution, les chenilles peuvent retisser 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.

En général, chaque procédé porte sur vingt larves et un témoin est mis en place pour chaque provenance. Cependant, en raison des faibles captures réalisées dans quelques vergers, nous avons parfois dû limiter le nombre de larves traitées dans certains procédés ou renoncer au témoin. L'efficacité

des produits est calculée par rapport au taux moyen de survie obtenu dans les témoins.

En 2000, seul le diflubenzuron a été testé sur des chenilles diapausantes capturées en automne 1999, provenant de neuf vergers. En 2001, en fonction du nombre de chenilles disponibles, un à quatre produits ont été testés sur des chenilles capturées en automne 2000 dans treize vergers. Il s'agit du diflubenzuron, du fénoxycarbe, du tébufénozide et de la phosalone.

## Résultats et discussion

### Test par trempage des pommes

#### Année 2000

Dans les témoins, le taux moyen de survie des chenilles après deux semaines d'élevage est de 46,7%. L'efficacité du diflubenzuron à 1200 ppm appliqué par trempage des pommes est de 40% sur les larves d'Etoy (parc. 228) et de 0% sur celles de Versoix (Serex) (fig. 1).

#### Année 2001

Dans les témoins, le taux de survie moyen atteint 85%.

**Parcelle clinique N° 17 de Changins:** les efficacités des diflubenzuron, méthoxyfénozide et tébufénozide sont très proches des valeurs obtenues sur la souche de référence sensible RAC, ce qui démontre que la population de cette parcelle est sensible à ces trois produits (fig. 1).

**Fully (Solverse):** les efficacités très faibles du tébufénozide et du diflubenzuron montrent que la population de Fully semble avoir développé une résistance à ces deux produits. L'efficacité du méthoxyfénozide, un nouveau RCI non encore homologué de la même famille que le tébufénozide, n'est que de 64% alors qu'elle atteint 88% sur les larves de la parcelle 17 de Changins.

**Commugny (Novartis):** les larves semblent résistantes au tébufénozide qui n'a montré que 25% d'efficacité. Celle du diflubenzuron est un peu plus élevée mais, avec 54%, elle reste nettement au-dessous des 81% qu'elle est supposée atteindre avec une souche sensible. Enfin, l'efficacité de la phosalone, qui n'est que de 17%, doit être interprétée avec prudence car, pour cet ester phosphorique, la courbe de la relation efficacité-dose est très pentue, de sorte que la variabilité de l'efficacité de la dose discriminante est très grande.

**Prangins:** l'efficacité du diflubenzuron n'atteint que 53%. Celle du tébufénozide est encore plus faible puisqu'elle n'est que de 12%.

**Commugny (Bigler):** en raison du faible nombre de chenilles disponibles, seule la phosalone a pu être testée. Son efficacité de 82% correspond pratiquement à l'attente, mais ce résultat n'a rien de définitif, l'interprétation de l'efficacité de cet ester phosphorique testé à la concentration discriminante de 100 ppm restant incertaine.

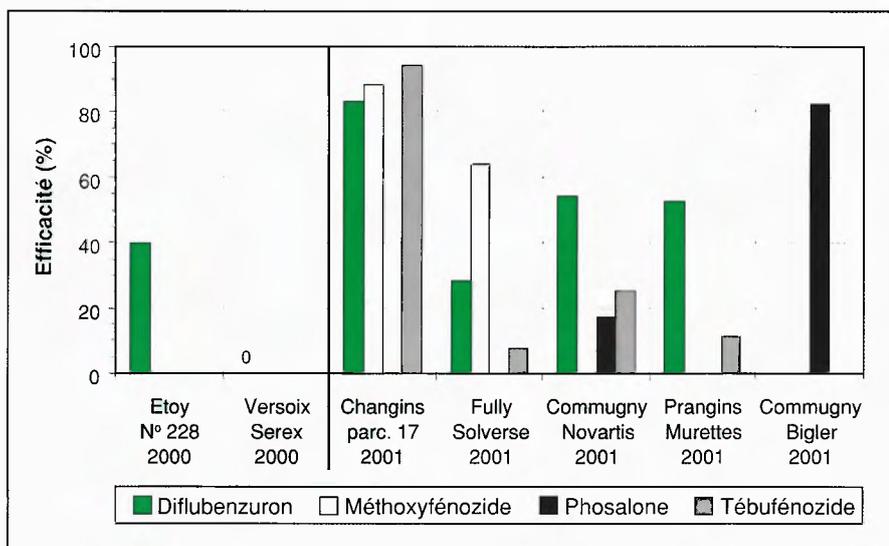


Fig. 1. Efficacité de quelques produits appliqués par trempage des pommes sur des larves de carpocapse *Cydia pomonella* prélevées dans différentes parcelles.

## Test par application topique sur les chenilles diapausantes

### Chenilles capturées en 1999, testées au printemps 2000

Dans les témoins, le taux moyen de survie jusqu'au stade de papillon est de 71,9%. A la concentration discriminante de 10 000 ppm censée provoquer une mortalité de 86% sur la souche sensible, l'efficacité du diflubenzuron est supérieure à 75% dans la majorité des vergers (fig. 2). Elle est inférieure à 45% sur les larves des deux parcelles d'Étoy, déjà reconnues résistantes (CHARMILLOT *et al.*, 1999). Ce produit n'a aucune efficacité sur des larves collectées à Versoix (Serex) dans un verger où la lutte n'a pas donné satisfaction en 1999.

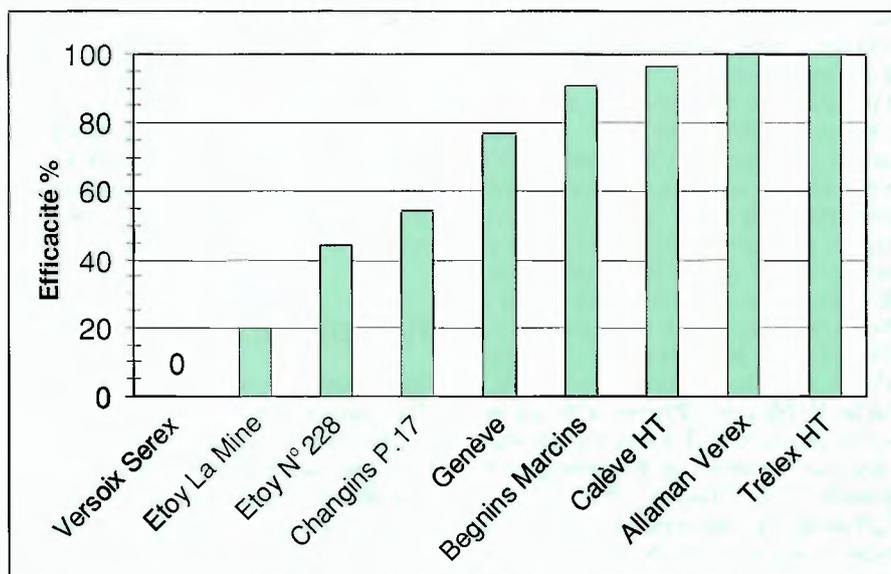


Fig. 2. Efficacité du diflubenzuron en application topique à 10 000 ppm sur des larves diapausantes de carpocapse *Cydia pomonella* capturées dans diverses parcelles en automne 1999.

### Chenilles capturées en 2000, testées au printemps 2001

Dans les témoins, le taux moyen de survie jusqu'au stade de papillon est de 80,8%.

**Efficacité du diflubenzuron:** elle varie très fortement selon les provenances des larves (fig. 3). Ce produit n'a aucune efficacité sur les individus d'un verger commercial de Commugny (Bigler) où

la lutte contre le carpocapse n'a pas donné satisfaction au cours des deux dernières années. L'efficacité est inférieure à 20% sur les larves provenant de vergers commerciaux à Féchy (Jan) et Versoix (Serex) tandis qu'elle se situe entre 30 et 40% sur des larves de deux vergers d'Étoy déjà connus pour héberger une population résistante. Elle atteint 50% sur les larves prélevées à

Aubonne (Roth), 60 à 70% sur les larves de Begnins (Marcins) et Prangins (Rives), 81% sur la souche d'élevage RAC ainsi que sur les larves de Changins (parc. 17) et 87% sur les individus prélevés dans un verger non traité d'arbres à haute-tige à Genolier (HT). Enfin, l'efficacité est de 100% sur les chenilles du verger d'arbres à haute-tige de Trélex (HT) ainsi que sur celles

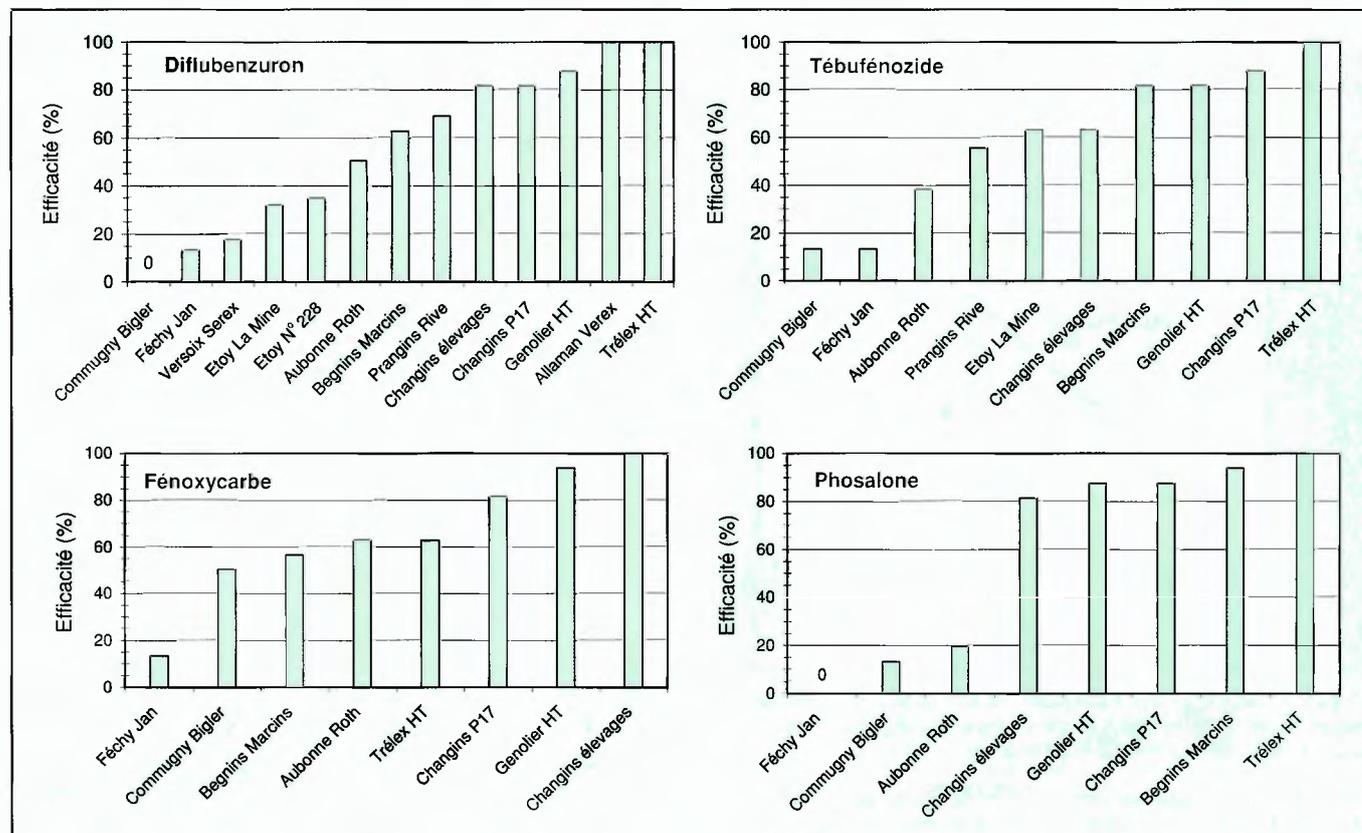


Fig. 3. Efficacité du diflubenzuron, du tébufénozide, du fénoxy-carbe et de la phosalone en application topique sur des larves diapausantes de carpocapse *Cydia pomonella* capturées dans diverses parcelles en automne 2000.

du verger commercial d'Allaman (Vexex) où la lutte par confusion est appliquée depuis bientôt vingt ans.

**Efficacité du tébufénozide:** à la concentration discriminante de 300 ppm censée provoquer une mortalité de 95% sur la souche sensible, l'efficacité varie très fortement aussi selon les provenances des larves (fig. 3). Elle est de moins de 20% sur les larves des vergers de Commugny et Féchy pour passer à 38% sur la souche d'Aubonne, puis à 50-70% sur les larves de Prangins, d'Etoy et de la souche d'élevage RAC. Enfin, l'efficacité dépasse 80% sur les larves des vergers d'arbres à haute-tige, ainsi que sur celles de Begnins et de la parcelle 17 de Changins.

**Efficacité du fénoxy-carbe:** à la concentration discriminante de 1 ppm, censée provoquer une mortalité de 98% de la souche sensible, l'efficacité du fénoxy-carbe est aussi très différente selon les provenances. De moins de 20% sur les larves de Féchy, elle atteint 50 à 70% sur les souches de Commugny, Begnins, Aubonne et Trélex et plus de 80% sur les larves de Changins, Genolier et de l'élevage RAC.

**Efficacité de la phosalone:** à 1400 ppm, concentration qui provoque la mortalité de 99% de la souche sensible, la phosalone a deux niveaux d'efficacité. Sur les chenilles de cinq provenances, ce produit se montre efficace à plus de 80%, résultat qui peut être qualifié de

satisfaisant (fig. 3). Par contre, l'efficacité est inférieure à 20% sur les souches de Féchy, Aubonne et Commugny (Bigler). Dans le cas de cette dernière parcelle, le test effectué par trempage des pommes en été 2001 montrait par contre que cette souche est sensible à la phosalone (fig. 1), sans que cette contradiction puisse être expliquée.

## Résistance croisée

Non seulement les essais effectués en 2001 sur les chenilles capturées en 2000 confirment la résistance au diflubenzuron des souches des vergers d'Etoy, Versoix et Commugny, mais ils montrent également que celle-ci progresse puisque l'efficacité de ce produit est limitée dans plusieurs autres parcelles. Dans certains cas où le carpocapse se

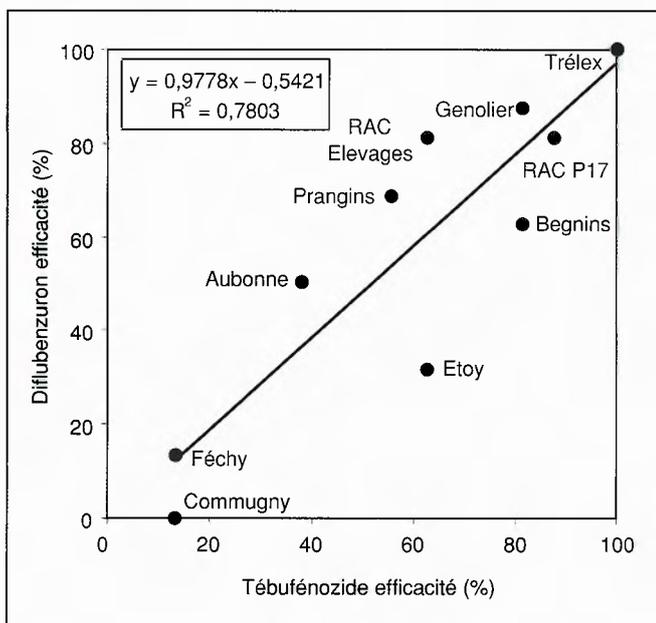
montre résistant au diflubenzuron, comme à Commugny, Féchy et Aubonne, on constate que l'efficacité des trois autres insecticides testés est également très faible, ce qui démontre qu'une résistance croisée s'exerce contre différentes familles d'insecticides (fig. 3).

A titre d'exemple, l'efficacité du diflubenzuron sur les chenilles de dix provenances est corrélée à celle du tébufénozide (fig. 4). Le coefficient de détermination  $R^2$  de 0,78 signifie que 78% de la variation est expliquée par la relation qui caractérise la résistance croisée et que les 22% restants de la variation sont résiduels. Le calcul de corrélation des efficacités de chaque couple de produits donne des coefficients allant de 0,62 à 0,97 qui sont tous positifs et des coefficients de détermination  $R^2$  variant entre 0,38 et 0,94 (tabl. 2). Ces valeurs signifient

**Tableau 2. Relation de l'efficacité de couples de matières actives testées par application topique sur les chenilles diapausantes de carpocapse *Cydia pomonella*.**

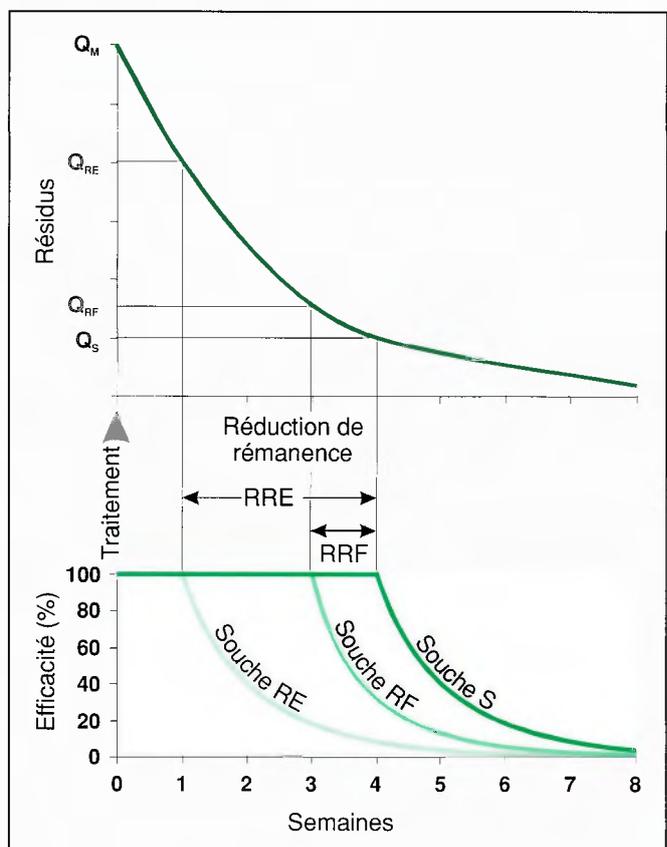
Couple de matières actives	Provenances (n)	R	R <sup>2</sup>
Diflubenzuron - tébufénozide	10	0,88	<b>0,78*</b>
Diflubenzuron - fénoxy-carbe	8	0,73	<b>0,54*</b>
Diflubenzuron - phosalone	8	0,90	<b>0,81*</b>
Tébufénozide - fénoxy-carbe	8	0,62	0,38
Tébufénozide - phosalone	8	0,97	<b>0,94*</b>
Phosalone - fénoxy-carbe	8	0,69	0,47

R: coefficient de corrélation; R<sup>2</sup>: coefficient de détermination. \*: significatif au seuil de 5%.



△ Fig. 4. Relation entre l'efficacité du diflubenzuron et du tébufénozide en application topique sur les chenilles diapausantes de carpocapse *Cydia pomonella* de différentes provenances.

Fig. 5. En haut: évolution dans le temps de la quantité (Q) des résidus à la suite d'un traitement. En bas: rémanence de l'efficacité du produit sur des souches sensibles (S), à résistance faible (RF) ou à résistance élevée (RE). ▷



que le carpocapse a développé une résistance croisée positive plus ou moins étroite entre ces quatre insecticides. Par conséquent, un traitement effectué avec n'importe lequel de ces quatre produits contribue à accroître la résistance aux trois autres (SAUPHANOR *et al.*, 1998b). Il est probable que ce lien existe également avec d'autres insecticides pour lesquels nous n'avons pas encore effectué de test de résistance. D'ailleurs, dans le cas de la population de la parcelle d'Etoy 228, une résistance croisée entre le diflubenzuron, la deltaméthrine et l'azinphos-méthyl a d'ores et déjà été démontrée (CHARMILLOT *et al.*, 1999). On voit donc que, en Suisse également, le carpocapse développe une résistance croisée à plusieurs familles d'insecticides, comme c'est le cas dans plusieurs autres pays européens, dont la France, l'Espagne et le Portugal (SAUPHANOR *et al.*, 1998a).

## Problèmes pratiques de lutte au verger

Les tests par application topique sur les chenilles diapausantes permettent déjà de déceler des souches de carpocapse résistantes à plusieurs produits alors même que, dans la pratique, la lutte avec ces insecticides ne montre pas encore de graves signes de faiblesse. C'est le cas notamment du verger de Féchy (fig. 3) où, après deux traitements avec des produits pour lesquels le carpocapse a développé une résistance, l'attaque de ce ravageur n'a pas dépassé 1% lors de la récolte 2000.

Ce phénomène est toutefois explicable. Le jour même du traitement, les résidus déposés sur les fruits et les feuilles sont en quantité maximale ( $Q_M$ ), largement supérieure à ce qui serait nécessaire pour tuer les larves ou les œufs (fig. 5). Par la suite, la concentration en résidus diminue rapidement avec la croissance des fruits, la dégradation du produit et le lessivage par la pluie. Cependant, l'efficacité reste totale jusqu'au moment où la quantité de résidus est encore juste suffisante ( $Q_S$ ) pour tuer une population sensible (souche S), soit, dans notre exemple, après quatre semaines. C'est précisément le surdosage de produit qui garantit la rémanence. Au-delà de cette limite, l'efficacité décroît progressivement (fig. 5, bas). Dans les vergers où le facteur de résistance du carpocapse est faible (souche RF), le traitement assure encore une efficacité totale jusqu'à ce que les résidus atteignent une quantité ( $Q_{RF}$ ) au-dessous de laquelle l'efficacité va diminuer, soit,

dans notre exemple, après trois semaines. Ainsi, la réduction de rémanence (RRF) du produit n'est que d'une semaine, si bien que les conséquences pratiques peuvent passer inaperçues si, à ce moment-là, les éclosions sont peu nombreuses ou les conditions météorologiques peu favorables.

Dans les vergers où le facteur de résistance du carpocapse est élevé (souche RE), le traitement assure encore une efficacité totale jusqu'à ce que les résidus atteignent une quantité ( $Q_{RE}$ ). Dans notre exemple, la rémanence sur les individus à résistance élevée (RRE) diminue de trois semaines.

Dans les vergers où la résistance commence à se développer, la population du ravageur est constituée d'un mélange de souches sensibles et résistantes. Or, pendant les périodes de réduction de rémanence (RRF ou RRE), les résidus sont suffisants pour éliminer les individus sensibles, mais ils épargnent les individus résistants. La sélection est alors drastique. Durant ce processus, la proportion et la densité de population des insectes résistants de même que le taux d'attaque sur fruits peuvent, selon les conditions climatiques, stagner pendant quelques années à un niveau relativement bas. Passé un certain palier, l'accroissement de la pression au fil des générations est impitoyablement exponentiel. La lutte chimique devient alors inefficace, entraînant l'arboriculteur dans une spirale d'interventions de plus en plus aléatoires (SAUPHANOR *et al.*,

1994; BERTIN, 1996). A ce stade extrême, le passage à une lutte spécifique, seul garante de succès à long terme, est très difficile à réaliser, car plusieurs années d'efforts soutenus sont alors nécessaires pour ramener les populations à un niveau tolérable. En effet, l'efficacité de la technique de confusion sexuelle comme celle du virus de la granulose sont fortement dépendantes des densités de population du ravageur (CHARMILLOT *et al.*, 1997; PASQUIER et CHARMILLOT, 1998).

## Remerciements

Nous remercions vivement M<sup>mes</sup> Anne-lore Kleijer, Martine Rhyn, Suzanne Tagini et MM. Th. Degen, S. Dessimoz, Ch. Keimer, M. Jermini, R. Olivier, Ph. Perez, S. Roncaglia, F. Sanchez et L. Schaub pour leur précieuse collaboration.

## Bibliographie

- BERTIN F., 1996. Dossier carpocapse. Progression continue du nombre de passages/ha. *Adalia* 31, 2<sup>e</sup> trimestre, 6-7.
- BOUVIER J. C., BROUSSE V., SAUPHANOR B., 1995. Insecticides. La résistance du carpocapse. *L'Arboriculture fruitière* 479, 21-23.
- CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., DORSAZ L., KEIMER CH., HERMINJARD PH., OLIVIER R., ZUBER M., 1997. Lutte par confusion contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. en Suisse en 1996 au moyen des diffuseurs Isomate-C Plus. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 29 (2), 91-96.

## Conclusions

- En 1996, un premier cas de résistance croisée du carpocapse au diflubenzuron, à l'azinphos-méthyl et à la deltaméthrine a été répertorié dans le bassin lémanique à Etoy (VD). Depuis, des arboriculteurs de différents cantons ont rencontré de graves difficultés dans la lutte contre ce ravageur.
- Un test de dépistage, consistant à élever des chenilles, prélevées en verger, sur des pommes trempées dans des concentrations discriminantes d'insecticides, a permis de détecter de nouveaux foyers de résistance au diflubenzuron, au tébufénozide et à la phosalone dans les cantons de Vaud, de Genève et du Valais.
- Un test de dépistage par application topique de dosages discriminants sur des larves diapausantes a montré que l'efficacité du diflubenzuron, du tébufénozide, du fénoxycarbe et de la phosalone sur différentes souches de carpocapse peut varier entre 100 et 0% selon les provenances.
- Le carpocapse a développé une résistance croisée à ces quatre insecticides et il est probable qu'elle concerne également d'autres insecticides.
- Actuellement, la technique de confusion et le virus de la granulose constituent les alternatives les plus appropriées à la lutte chimique. Dans les vergers où le carpocapse n'est pas encore résistant, la technique de confusion seule ou le virus de la granulose permettent en général de maintenir le ravageur à un niveau bas, pour autant que la population initiale soit faible. Par contre, dans les vergers où le carpocapse est résistant et sa densité élevée, seule la combinaison de ces deux moyens sur une période prolongée permettra de ramener la population du carpocapse à un niveau tolérable.

- CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., SAUPHANOR B., BOUVIER J. C., OLIVIER R., 1999. Carpocapse des pommes: premier cas de résistance au diflubenzuron en Suisse. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 31 (3), 129-132.
- CHARMILLOT P. J., GOURMELON A., FABRE A. L., PASQUIER D., 2001. Ovicidal and larvicidal effectiveness of several insect growth inhibitors and regulators (IGIs and IGRs) on the codling moth *Cydia pomonella* L. *Journal of applied Entomology* 125, 147-153.
- CROFT B. A., RIEDL H. W., 1992. Chemical control and resistance to pesticides of the codling moth. In *Tortricid pests: their biology, natural enemies and control*. L.P.S. Van der Geest & H.H. Evenhuis (Ed.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 371-387.
- DUNLEY J. E., WELTER S. C., 2000. Correlated cross-resistance in azinphosmethyl resistant codling moth (*Lepidoptera: Tortricidae*). *J. Econ. Entomol.* 93 (3), 955-962.
- IORIATTI C., BOUVIER J. C., 2000. La resistenza agli insetticidi: il caso della carpocapsa (*Cydia pomonella* L.). *Informatore fitopatologico* 9, 5-10.
- PASQUIER D., CHARMILLOT P. J., 1998. Virus de la granulose du carpocapse *Cydia pomonella*. 3. Essai pratique de longue durée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 30 (3), 185-187.
- RIEDL H., ZELGER R., 1994. Erste Ergebnisse der Untersuchungen zur Resistenz des Apfelwicklers gegenüber Diflubenzuron. *Obstbau-Weinbau* 31, 107-109.
- SAUPHANOR B., BENOÎT M., BOUVIER J. M., PERRON G., MALEZIEUX S., FREMOND J. C., 1994. Un cas de résistance du carpocapse des pommes au diflubenzuron dans le sud-est de la France. *Phytoma* 458, 46-49.
- SAUPHANOR B., BOUVIER J. C., 1995. Cross resistance between benzoylureas and tebufenozide in the codling moth, *Cydia pomonella* L. *Pestic. Sci.* 45, 369-375.
- SAUPHANOR B., AVILLA J., CHARMILLOT P. J., IORIATTI C., MICHELES S., MATIAS C., WALDNER W., 1998a. Coping with insecticide resistance in fruit production: The example of codling moth resistance in Europe. Abstract 6th European Congress of Entomology. Ceske Budejovice, August 23-29, 1998, 619-620.
- SAUPHANOR B., BOUVIER J. C., BROSSE V., 1998b. Spectrum of insecticide resistance in *Cydia pomonella* (*Lepidoptera: Tortricidae*) in Southeastern France. *J. Econ. Entomol.* 91, 1225-1231.
- SAUPHANOR B., BROSSE V., BOUVIER J. C., SPEICH P., MICOUD A., MARTINET C., 2000. Monitoring resistance to diflubenzuron and deltamethrin in French codling moth populations (*Cydia pomonella*). *Pest Manag. Sci.* 56, 74-82.
- WALDNER W., 1993. Rückblick und Vorschau auf die Bekämpfung des Apfelwicklers. *Obstbau-Weinbau* 12, 355-357.

## Summary

### Increasing resistance of the codling moth *Cydia pomonella* to insecticides

In 1996, a first case of resistance of the codling moth *Cydia pomonella* was recorded in Switzerland, and since then the situation got considerably worse. The detection of resistance was carried out either by rearing larvae collected from damaged fruits on apples, previously dipped in discriminating insecticide concentration, or by topical application with a microsyringe of a discriminating dose on the back of diapausing larvae collected in corrugated band traps. Several new hearts of cross-resistance to the products diflubenzuron, tebufenozide, fenoxycarb and phosalone were detected in orchards in the cantons of Vaud, Geneva and Valais. Currently, the technique of mating disruption and the granulosi virus constitute the most appropriate alternatives to chemical control.

**Key words:** codling moth, Switzerland, resistance, diflubenzuron, tebufenozide, fenoxycarb, phosalone, *Cydia pomonella*.

## Zusammenfassung

### Zunahme der Insektizidresistenz beim Apfelwickler *Cydia pomonella*

Nachdem 1996 in der Schweiz ein erster Fall von Resistenz beim Apfelwickler *Cydia pomonella* nachgewiesen worden war, hat sich die Lage im Laufe der letzten Jahre beträchtlich verschlimmert. Der Nachweis von Resistenz wurde auf zwei Arten geführt: einerseits wurden aus befallenen Früchten stammende Larven auf Äpfeln gezüchtet, die vorgängig in eine Insektizidlösung von diskriminierender Konzentration eingetaucht worden waren; andererseits wurde mit einer Mikrospritze örtlich eine diskriminierende Dosis auf den Rücken diapausierender Larven appliziert, die vorher mit Fanggürteln gesammelt worden waren. Mehrere neue Herde von Kreuzresistenz gegen Diflubenzuron, Tebufenozide, Fenoxycarb und Phosalone sind in Obstgärten der Kantone Waadt, Genf und Wallis festgestellt worden. Momentan stellen die Verwirrungstechnik und der Granulosevirus die geeignetsten Alternativen zur chemischen Bekämpfung dar.

## Riassunto

### L'espansione progressiva della resistenza della carpocapsa *Cydia pomonella* agli insetticidi

Dal primo caso di resistenza della carpocapsa *Cydia pomonella* evidenziato in Svizzera nel 1996, la situazione si è fortemente aggravata nel corso di questi ultimi anni. La determinazione della resistenza è eseguita sia per allevamento delle larve raccolte nei frutti attaccati su mele intinte in una concentrazione discriminante d'insetticida, sia per applicazione topica, con l'aiuto di una microsiringa, di una dose discriminante sul dorso delle larve diapausanti raccolte nelle fasce-trappola. Parecchi nuovi casi di resistenza incrociata ai prodotti diflubenzuron, tebufenozid, fenoxycarb e fosalone sono stati determinati nei frutteti dei cantoni di Vaud, Ginevra e Vallese. Attualmente, la tecnica di confusione e il virus della granulosi costituiscono le alternative più adeguate alla lotta chimica.



you search for **Agro Diagnostics** enter:

**www.bioreba.ch**