

Combinaison de la technique de confusion et du virus de la granulose contre les souches résistantes de carpocapse *Cydia pomonella*

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

Au cours de ces dernières années, le carpocapse des pommes (*Cydia pomonella*) a développé une résistance croisée à plusieurs insecticides dans de nombreux vergers suisses. Lorsque la résistance est mise en évidence dans une parcelle, la pression du ravageur est souvent importante, car l'attaque dépasse 2-3%, et la population hivernante, échantillonnée au moyen de bandes-pièges, est supérieure à 1-2 larves par arbre. Dans ces conditions, seule la combinaison de la technique de confusion et du virus de la granulose s'avère à même de contrôler le ravageur; cependant, il faut parfois plusieurs années pour ramener les populations à un très bas niveau. La rémanence du virus étant faible, le meilleur impact sur la dynamique des populations est obtenu en appliquant des dosages réduits, mais en raccourcissant l'intervalle entre les traitements à environ dix jours.

tement liées aux densités de population du ravageur (CHARMILLOT *et al.*, 1997a; PASQUIER et CHARMILLOT, 1998). Or, lorsque la pression initiale du carpocapse est très élevée, seul l'engagement combiné de la technique de confusion et du virus de la granulose durant une période prolongée permet de ramener ce ravageur à un niveau tolérable (DICKLER, 1999). C'est ce que nous tentons de démontrer dans cet article par deux exemples concrets.

Matériel et méthode

Etoy, parcelle N° 228

Description de la parcelle et historique de la lutte contre le carpocapse

La petite parcelle N° 228 d'Etoy (VD), d'environ 0,5 ha, plantée en 1989, est constituée de cinq variétés de pommiers ainsi que de quelques poiriers. De 1991 à 1994, elle n'a été traitée qu'une seule fois par année contre le carpocapse au moyen du fénoxycarbe ou du diflubenzuron. En 1995, aucun traitement insecticide n'a été appliqué contre ce ravageur, mais le taux d'attaque à la récolte dépassait 10% (fig. 5). En 1996, la lutte attracticide a échoué et, malgré deux traitements curatifs à la phosalone et au diflubenzuron, le taux de fruits attaqués à la récolte était de 10,8% et la population larvaire diapausante, estimée selon les captures dans les bandes-pièges, atteignait 6,34 larves par arbre (CHARMILLOT *et al.*, 1997b).

En 1997, une lutte plus soutenue a été appliquée avec quatre traitements (Insegar, Dimilin, Imidan et Reldan). Cependant, 6,4% des fruits ont été atteints et la population hivernante a légèrement diminué à 3,48 larves par arbre.

Introduction

Depuis plusieurs décennies, le carpocapse *Cydia pomonella* a développé une résistance à des esters phosphoriques en Amérique, en Afrique du Sud et en Océanie (CROFT et RIEDL, 1992). En Europe, les premiers cas de résistance au diflubenzuron, un inhibiteur de croissance d'insectes (ICI), ont été signalés en Italie et en France voilà environ dix ans (WALDNER, 1993; RIEDL et ZELGER, 1994; SAUPHANOR *et al.*, 1994; IORIATTI et BOUVIER, 2000). Par la suite, il s'est avéré qu'en France, la résistance était croisée à l'égard d'autres groupes d'insecticides, comme des pyréthrinoïdes et des esters phosphoriques, ou de régulateurs de croissance d'insectes (RCI) tels que le fénoxycarbe et le tébufénozide (BOUVIER *et al.*, 1995; SAUPHANOR et BOUVIER, 1995). En Suisse, le premier cas de résistance

du carpocapse a été mis en évidence en 1996 (CHARMILLOT *et al.*, 1999) mais, depuis lors, la situation s'est fortement aggravée (CHARMILLOT et PASQUIER, 2002). Plusieurs nouveaux foyers de résistance croisée aux matières actives diflubenzuron, tébufénozide, fénoxycarbe et phosalone ont été détectés dans des vergers des cantons de Vaud, de Genève et du Valais. Dans ces conditions, une intensification de la fréquence des traitements ou une augmentation du dosage des produits ne font que masquer momentanément le problème, tout en accélérant la sélection des individus résistants. Les densités de population du ravageur s'accroissent alors inexorablement, de sorte que le passage à une lutte spécifique, seul garant du succès à long terme, est très difficile à réaliser. En effet, l'efficacité de la technique de confusion sexuelle et celle du virus de la granulose sont for-



Fig. 1. Les diffuseurs Isomate-C Plus sont homologués pour la lutte par confusion contre le carpocapse à la densité de 1000 unités par ha.



Fig. 2. Les diffuseurs Isomate-CTT sont constitués de tubes doubles en plastique rouge, soudés ensemble par leurs extrémités. Ils sont homologués provisoirement à la densité de 500 unités par ha.



Fig. 3. Les diffuseurs Conscent CP sont des anneaux de plastique blanc dans lesquels est inséré un petit cylindre cellulosique imprégné d'un gel contenant l'attractif. Ils sont homologués provisoirement à la densité de 500 unités par ha.

Des tests de laboratoire ont alors démontré que cette souche de carpocapse était résistante au diflubenzuron, à la deltaméthrine et à l'azinphos-méthyl (CHARMILLOT *et al.*, 1999).

Lutte combinée de 1998 à 2001

Durant quatre années consécutives, de 1998 à 2001, une lutte combinant la technique de confusion et le virus de la granulose Madex a été réalisée pour tenter de ramener la population de carpocapses résistants à un niveau tolérable.

- **Lutte par confusion:** des diffuseurs Isomate-C Plus ont été installés chaque année au début de mai, un peu avant le début du vol du carpocapse, à la densité de 1000 unités par ha (fig. 1).
- **Lutte au moyen du virus de la granulose:** chaque année, le produit Madex 3 a été appliqué en même temps que les fongicides à un volume de 1000 l/ha, additionné de 0,25% de poudre de lait et 0,5% de sucre pour protéger le virus et améliorer sa rémanence (CHARMILLOT *et al.*, 1998). Le premier traitement visant le début des éclosions s'est effectué, selon la précocité de l'année, entre le 26 mai et le 7 juin. Les traitements suivants se sont succédé à un intervalle moyen de dix jours environ en juin et de quinze jours en août. En 1998, la parcelle a reçu huit traitements à pleine dose, soit 100 ml de Madex par ha. En 1999, les trois premiers traitements sont appliqués à pleine dose et les quatre suivants à demi-dose, soit 50 ml/ha. En 2000, un premier traitement à pleine dose est suivi de six autres à demi-dose. Enfin, en 2001, le premier traitement à pleine dose est suivi de cinq applications à demi-dose.

Begnins, Domaine de Marcins

Description du verger et historique de la lutte

Le verger du Domaine de Marcins à Begnins, d'une superficie totale de 9 ha, est planté de pommiers dans les parcelles est et ouest et de poiriers au centre. Il est bien isolé, entouré de vignobles et de cultures annuelles. En 1999, le taux moyen d'attaque sur pommes à la récolte atteignait en moyenne 3,7% et les pommiers hébergeaient une importante population diapausante de 1,89 larve par arbre. La population de carpocapses de ce verger est sensible aux insecticides de synthèse, mais leur usage y est proscrit, le domaine étant conduit en agriculture biologique.

Lutte par confusion en 2000 et lutte combinée en 2001

- **Lutte par confusion:** en 2000, la lutte par confusion est appliquée au moyen de 1000 diffuseurs Isomate-C Plus par ha. En 2001, des diffuseurs Isomate-CTT sont appliqués sur 3,2 ha de pommiers dans la parcelle est du domaine, à la densité de 500 unités par ha (fig. 2). Des diffuseurs Conscent CP sont appliqués sur 3 ha dans la parcelle ouest, à la densité de 500/ha (fig. 3). Le centre du domaine planté de poiriers est équipé de diffuseurs Isomate-C Plus, à 1000 unités/ha.
- **Lutte au moyen du virus de la granulose:** les populations initiales du carpocapse étant élevées en automne 2000, la lutte par confusion est complétée en 2001, sur tout le domaine, par quatre traitements au Madex, appliqués à demi-

dose de 50 ml/ha, avec adjonction de poudre de lait et de sucre, les 15 et 22 juin et 6 et 17 juillet.

Contrôles effectués en vergers

Estimation de l'attaque

Des contrôles d'attaque sur fruits sont réalisés durant l'été, suivis par un contrôle de prérecolte, portant sur 1000 à 1500 pommes par parcelle.

Captures de larves diapausantes de carpocapse dans les bandes-pièges

Chaque année, au début de juillet, 100 bandes-pièges de carton ondulé (fig. 4) sont réparties dans la parcelle N° 228 d'Etoy et 40 bandes-pièges dans les parcelles est et ouest de Begnins. Elles sont récupérées en automne après la récolte, afin de dénombrer les populations diapausantes du carpocapse.

Résultats et discussion

Etoy, parcelle N° 228

En 1998, malgré l'engagement de deux moyens biologiques spécifiques contre le carpocapse, l'attaque en cours de saison et à la récolte est restée à un niveau comparable à celui des années précédentes (fig. 5). Toutefois, la population hivernante, estimée au moyen de bandes-pièges, a diminué de 3,6 fois, pas-

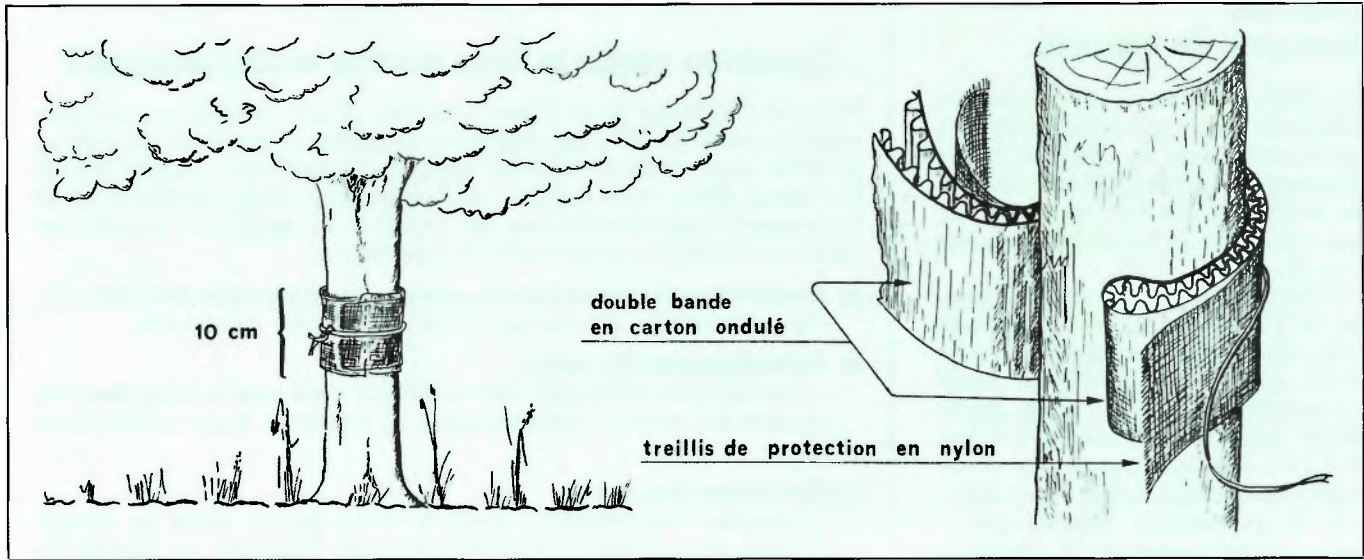


Fig. 4. Les bandes-pièges de carton ondulé sont installées sur les troncs pour capturer les chenilles diapausantes du carpopapse et estimer ainsi les populations hivernantes du ravageur (dessin de M. Baggiolini).

sant de 3,48 larves par arbre en 1997 à 0,98 en 1998. Ce n'est qu'en 1999 que ces deux moyens conjugués parviennent à maintenir l'attaque à un niveau acceptable. Parallèlement, la densité de la population hivernante s'abaissait encore d'un facteur de 1,6. La poursuite de la même stratégie en 2000, puis en 2001, a permis de réduire la population respectivement de facteurs 2,5 et 3,4. Ainsi, quatre années de lutte combinée, de 1998 à 2001, ont été nécessaires pour ramener progressivement la population à un niveau environ 50 fois plus

bas qu'en 1997. Un tel délai peut s'expliquer par les éléments suivants: d'une part, cette parcelle est trop petite pour que la technique de confusion puisse donner rapidement satisfaction et, d'autre part, la population initiale y était trop élevée. Quant au virus de la granulose, son mode d'action lent laisse le temps aux jeunes larves d'occasionner des dégâts superficiels avant de périr, surtout lorsque la pression du ravageur est très forte (KELLER, 1973; HUBER, 1982; JAKES *et al.*, 1987; HUBER et LÜDCKE, 1996; CHARMILLOT *et al.*,

1998). C'est pourquoi le taux d'attaque était encore très élevé en 1998. Ce n'est qu'à partir de 1999 qu'il a pu être contenu à un niveau assez bas puisque la densité de population avait fortement baissé en 1998.

Par conséquent, cet essai montre clairement qu'il n'est pas possible, avec les moyens biologiques ou biotechniques tels que le virus de la granulose ou la confusion, de réduire **rapidement** la pression du carpopapse lorsque la population initiale est très élevée et que la parcelle est de petite taille.

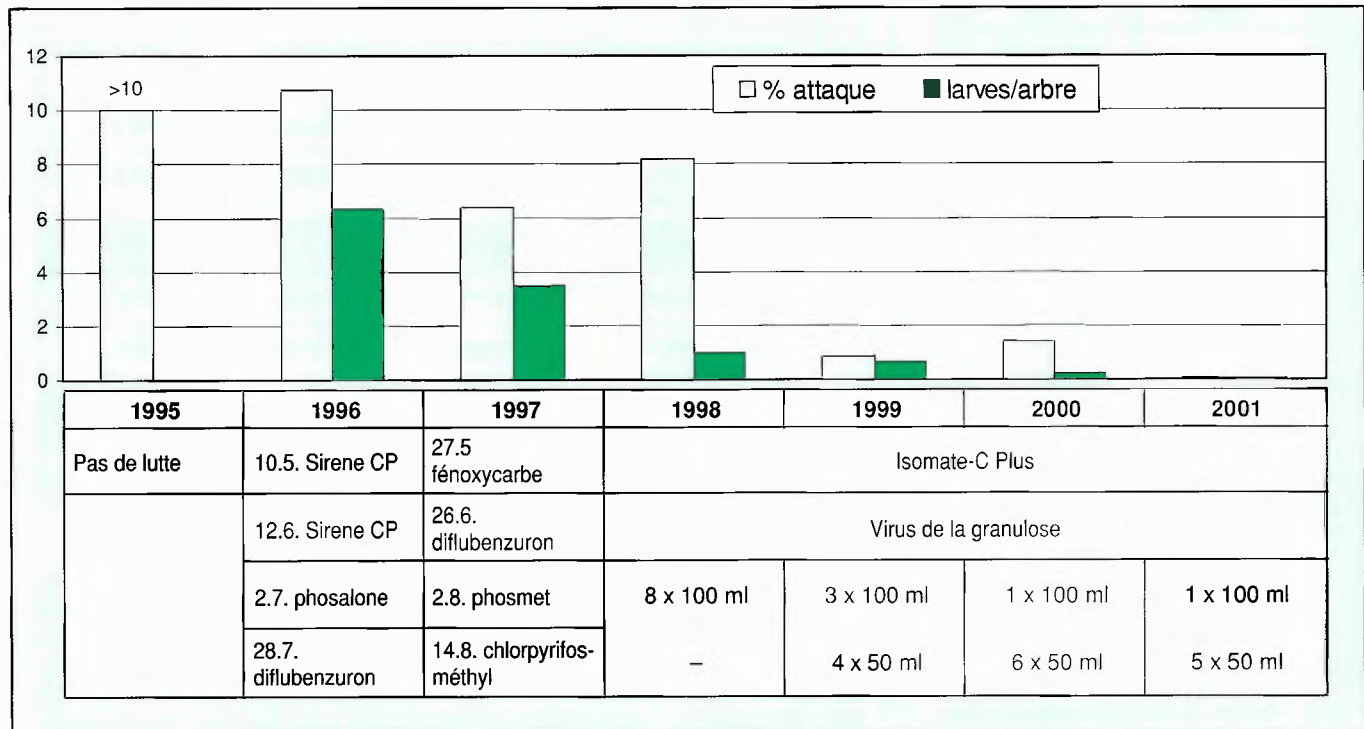


Fig. 5. Mesures de lutte, évolution du taux d'attaque à la récolte et des populations larvaires hivernantes dans la parcelle N° 228 d'Etoy, de 1995 à 2001.

Begnins, Domaine de Marcins

En 2000, l'utilisation de la lutte par confusion seule n'a pas permis d'éviter un accroissement de l'attaque et des populations, qui atteignaient en moyenne respectivement 4,15 et 1,80 larves par arbre, dans les parcelles est et ouest (fig. 6).

En 2001, malgré l'engagement combiné de la technique de confusion et du virus de la granulose, la proportion de fruits attaqués à la récolte est restée comparable à celle de l'année précédente, puisqu'elle a atteint 9,2% à l'est et 7,1% à l'ouest. Toutefois, ces importants dégâts étaient constitués en majorité de pénétrations stoppées par le virus, qui agit lentement; ils résultaient également du fait que le premier traitement, appliqué le 15 juin, avait été placé trop tard par rapport au début des éclosions. Par contre, les populations

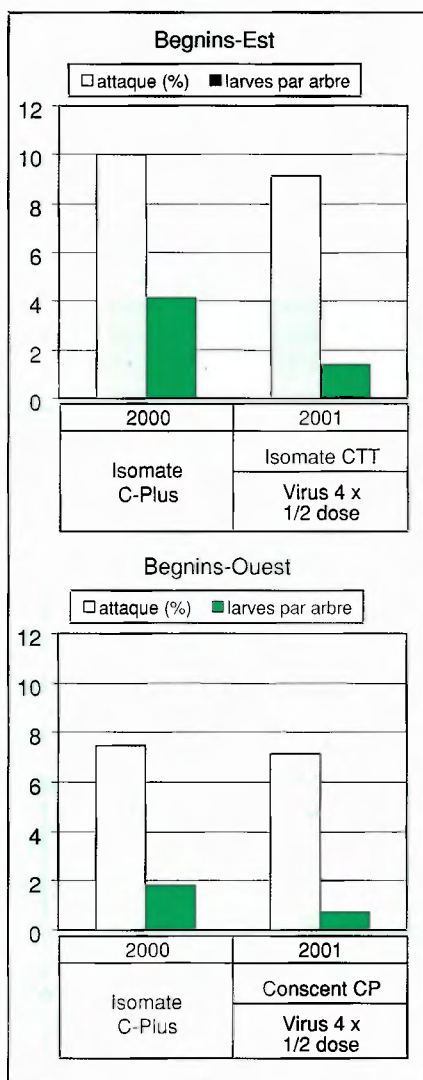


Fig. 6. Mesures de lutte, évolution de l'attaque à la récolte et des populations larvaires hivernantes dans les parcelles est et ouest du verger de Begnins, en 2000 et 2001.

Combien coûte la lutte contre le carpocapse?

Dans les conditions de la Suisse romande, la lutte contre le carpocapse peut être réalisée selon les différentes stratégies présentées ci-dessous. Le choix dépend entre autres du système de production, intégré (PI) ou biologique (BIO), de la pression du carpocapse, de sa sensibilité ou de sa résistance aux insecticides, de l'isolation du verger par rapport aux foyers extérieurs, de la motivation du producteur...

a) Régulateurs ou inhibiteurs de croissance d'insectes (RCI, ICI)

Deux interventions annuelles: fin mai - début juin, début juillet.

b) Indoxacarbe et RCI ou ICI

L'indoxacarbe n'étant pas très rémanent, deux interventions avec ce produit doivent être complétées par un traitement avec un RCI ou un ICI.

c) Confusion sexuelle

Application des diffuseurs avant le début du vol. Dans de grands vergers où la pression du carpocapse est très faible, la densité de diffuseurs peut être éventuellement réduite d'un tiers ou de moitié.

d) Virus de la granulose

En principe, le virus devrait être appliqué à raison de trois traitements par génération. Toutefois, l'efficacité peut être améliorée en raccourcissant l'intervalle entre les traitements et en réduisant de moitié le dosage pour abaisser les coûts.

e) Combinaison de la technique de confusion et du virus de la granulose

Cette stratégie constitue un dernier recours dans les situations de très fortes populations de carpocapse résistantes aux insecticides.

Coût approximatif de la lutte contre le carpocapse en fonction de la stratégie adoptée.

Stratégie		Fourchette des coûts (CHF/ha)
Carpocapse sensible, population modérée		
a	RCI - ICI, 2 traitements par année	220 à 280.-
b	indoxacarbe et RCI ou ICI, 2 traitements indoxacarbe + 1 RCI ou ICI	420 à 560.-
c	confusion, selon les surfaces et le type de diffuseur	288 à 335.-
d	virus, 3 traitements à plein dosage ou 6 traitements à demi-dosage	183 à 300.-
Carpocapse résistant, population modérée		
c	confusion, selon les surfaces et le type de diffuseur	294 à 320.-
d	virus, 3 traitements à plein dosage ou 6 traitements à demi-dosage	240 à 300.-
Carpocapse résistant, population élevée		
e	Combinaison confusion + virus	414 ^a à 600.-

^a Offre spéciale 2002, Isomate-C Plus + Madex.

Les prix mentionnés dans le tableau ne représentent que le coût des produits; ils ne comprennent ni l'application, ni les pertes dues aux fruits attaqués et au triage qu'ils occasionnent, ni l'impact négatif des traitements sur l'entomofaune auxiliaire. L'application des diffuseurs pour la lutte par confusion représente environ deux heures de travail par ha, soit 40 fr. En principe, l'application des insecticides ne doit pas être comptabilisée car ceux-ci peuvent être mélangés aux fongicides.

larvaires ont nettement diminué en 2001 par rapport à 2000. Le facteur de réduction des populations, de 3 dans la parcelle est et de 2,5 dans la parcelle ouest, laisse présager une diminution importante de l'attaque sur fruits en 2002, pour autant que la stratégie de lutte combinée, confusion et virus, soit poursuivie dans ce verger.

Bibliographie

- BOUVIER J. C., BROUSSE V., SAUPHANOR B., 1995. Insecticides. La résistance du carpocapse. *L'Arboriculture fruitière* **479**, 21-23.
- 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.
- CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., DORSAZ L., KEIMMER Ch., HERMINIARD Ph., OLIVIER R., ZUBER M., 1997a. 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.
- CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., SCALCO A., HOFER D., 1997b. Lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. par un procédé attracticide. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **29** (2), 111-117.
- CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., SCALCO A., 1998. Virus de la granulose du carpocapse *Cydia pomonella*. 2. Efficacité en microparcelles, rémanence et rôle des adjuvants. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (1), 61-64.
- 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.
- 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.
- DICKLER E., 1999. Möglichkeiten der Kombination von Apfelwicklergranulosevirus mit anderen selektiven Verfahren: 31-34. In: *Probleme und Perspektiven der Verwirrungsmethode gegen Wicklerarten im Apfelanbau und Kombination mit anderen biologischen Verfahren*. (Jutta Kienzle und Claus P. W. Zebitz, Ed.) Universität Hohenheim, 81 p.

- HUBER J., 1982. Comparison of field persistence of CpGV and AoGV. In: *Virus production and specific control techniques in orchards*. Proc. CEC Expert Group Mtg., Darmstadt, 2-3 December, 1982, 1-3.
- HUBER J., LÜDCKE C., 1996. UV-inactivation of baculovirus: The bisegmented survival curve. *Bull. OIBC/WPRS* **19** (9), 253-256.
- IORIATTI C., BOUVIER J. C., 2000. La resistenza agli insetticidi, il caso della carpocapsa (*Cydia pomonella* L.). *Informatore Fitopatologico* **9**, 5-10.
- JAQUES R. P., LAING J. E., LAING D. R., YU D. S. K., 1987. Effectiveness and persistence of the granulosis virus of the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (*Lepidoptera, Olethreutidae*) on apples. *Can. Ent.* **119**, 1063-1067.
- KELLER S., 1973. Mikrobiologische Bekämpfung des Apfelwicklers (*Laspeyresia pomonella* L.) (= *Carpocapsa pomonella*) mit spezifischen Granulosisvirus. *Z. ang. Ent.* **73**, 137-181.
- 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. C., 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 benzoyleureas and tebufenozide in the codling moth, *Cydia pomonella* L. *Pestic. Sci.* **45**, 369-375.
- WALDNER W., 1993. Rückblick und Vorschau auf die Bekämpfung des Apfelwicklers. *Obstbau-Weinbau* **12**, 355-357

Remerciements

Nous remercions vivement MM. R. Olivier de la Station cantonale d'arboriculture de Morges, les arboriculteurs H. Garin, P. Monnard, G. et L. Pfister, ainsi que Th. Degen, M. Jermini et L. Schaub pour leur très précieuse collaboration. Notre gratitude s'adresse également à la firme Andermatt Biocontrol AG, qui a fourni gracieusement le virus nécessaire à cette expérimentation.

Conclusions

- Lorsque, dans un verger, le taux d'attaque à la récolte dépasse 2-3% et que le nombre de larves diapausantes est supérieur à 1-2 individus par arbre, la pression du carpocapse peut être qualifiée d'importante. Dans ce cas, la technique de confusion ou le virus de la granulose, s'ils sont appliqués seuls l'année suivante, ne permettent généralement pas de réduire l'attaque et la densité de population, du moins si les conditions météorologiques sont favorables à ce ravageur.
- Dans les vergers où le carpocapse n'est pas encore résistant aux insecticides de synthèse, l'arboriculteur adepte de la PI peut recourir à ces produits comme complément à la technique de confusion ou au virus de la granulose. Si, par contre, le carpocapse est résistant aux insecticides ou si le domaine est conduit en agriculture biologique, il faut alors combiner la technique de confusion et le virus de la granulose pour venir à bout d'une population élevée.
- En première année de lutte combinée, l'attaque à la récolte reste parfois élevée, car le virus agit lentement et laisse apparaître des attaques stoppées.
- La lutte combinée, confusion et virus, permet de réduire en général la population hivernante de deux à trois fois par rapport à l'année précédente. Ainsi, lorsque la pression initiale du carpocapse est très élevée, il faut parfois plusieurs années pour ramener les populations à un bas niveau.
- La rémanence du virus étant faible, le meilleur impact sur la dynamique des populations est obtenu en appliquant des dosages réduits et en raccourcissant l'intervalle entre les traitements. Ainsi, six ou sept applications à demi-dose de virus effectuées à environ dix jours d'intervalle permettent de couvrir sans lacunes toute la période d'éclosion de la première génération qui s'étale des derniers jours de mai à la fin de juillet.

Summary

Combination of mating disruption (MD) technique and granulosis virus to control resistant strains of codling moth *Cydia pomonella*

During these last years, codling moth developed a cross-resistance to several insecticides in many swiss orchards. When resistance is apparent in an orchard, the pressure of the pest is often important. The damage exceeds 2-3% and the overwintering population, sampled by means of corrugated paper band traps, is higher than 1-2 diapausing larvae per tree. Under these conditions, only a combination of mating disruption and granulosis virus proves to be able to control the pest, but it takes sometimes several years to bring back the populations to a very low level. The persistence of the virus being weak, the best impact on the population dynamics is obtained by applying reduced dosages, but by shortening the interval between the treatments to approximately 10 days.

Key words: codling moth, mating disruption, granulosis virus, population dynamics, *Cydia pomonella*.