

# Premier cas de résistance en Suisse de la tordeuse de la pelure capua (*Adoxophyes orana*) aux insecticides

P. J. CHARMILLOT, G. BLANC et D. PASQUIER, Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 1012, CH-1260 Nyon 1

 E-mail: pierre-joseph.charmillot@rac.admin.ch  
Tél. (+41) 022 36 34 379.

## Résumé

La lutte contre la tordeuse de la pelure capua (*Adoxophyes orana*) s'est récemment soldée par un échec dans deux vergers du bassin lémanique, à Etoy et à Aigle. Des tests biologiques ont été réalisés en élevant sur des feuilles trempées dans différentes concentrations d'insecticides des larves néonates issues des souches prélevées dans ces vergers. Par rapport à des souches de référence, ces deux populations ont développé une résistance d'un facteur de 5 à 100 aux benzoylurées (hexaflumuron et lufénuron) et aux benzhydrazides (tébufénozide et méthoxyfénozide). La résistance n'affecte pas pour l'instant les insecticides neurotoxiques indoxacarbe, spinosad et chlorpyrifos-méthyl. La vitesse de développement des souches résistantes semble être ralentie, ce qui retarde le déroulement du vol des papillons et pourrait permettre à l'avenir de détecter de nouveaux foyers de résistance.

## Introduction

La tordeuse de la pelure *Adoxophyes orana*, communément appelée capua d'après son ancien nom latin, est présente dans tout le nord de l'Europe et de l'Asie. Cette tordeuse, très polyphage, se développe sur plus de trente genres de plantes-hôtes (Janssen, 1958). Elle est signalée, comme ravageur des pommiers et poiriers en Europe occidentale, à partir de 1939 en Hollande (De Jong, 1951), dès 1944 en Belgique et au nord-ouest de la France (Soenen, 1947), puis en Allemagne (Blunk et Ganssen, 1952), en Suisse (Geier, 1953, Klinger, 1956), en Italie du nord (Salvaterra, 1953), en Yougoslavie (Stamenkovic et Stamenkovic, 1984) et finalement au nord de la Grèce (Savopoulou-Soultani *et al.*, 1985, Kyparissoudas, 1988). Les pullulations d'*A. orana* sont étroitement liées à la qualité du feuillage disponible pour les larves: les densités de population peuvent être très élevées dans les vergers intensifs à forte croissance des pousses, tandis qu'elles restent toujours faibles dans les cultures extensives ou dans les vergers d'arbres à haute tige, dont la croissance annuelle est réduite.

En été, une lutte curative permet de protéger momentanément les fruits, mais son impact est faible sur la dynamique des populations, car les chenilles sont cachées dans les feuilles enroulées. La lutte réalisée au début des éclosions n'offre qu'une faible rémanence car les larves néonates se nourrissent exclusivement des nouvelles feuilles dont la croissance dilue les résidus. La lutte contre les larves hivernantes qui reprennent leur activité au printemps est incontestablement la plus efficace (Charmillot et Brunner, 1990). Les produits les plus fréquemment utilisés sont: fénoxycarbe, indoxacarbe, lufénuron, méthoxyfénozide, tébufénozide, spinosad, ainsi que le virus de la granulose Capex. Le diffuseur Isomate-CLR est homologué pour la lutte par confusion contre le carpocapse avec effet secondaire contre capua. Enfin, quelques esters phosphoriques sont également disponibles (Linder *et al.*, 2006). Au cours de ces quinze dernières années, les populations de capua ont été généralement bien maîtrisées par un traitement appliqué au printemps. Toutefois, deux cas de mauvaise efficacité ont été signalés, l'un dans un verger à Etoy en 2004, l'autre à Aigle en 2005.

Cette publication relate les essais effectués sur les deux souches de capua prélevées dans ces vergers.

## Matériel et méthodes

### Verger d'Etoy

En 2004, l'efficacité d'un traitement préfloral au lufénuron, appliqué le 28 avril dans un verger à Etoy (parcelle Novalle 2), s'est avérée nettement insuffisante. Des premiers tests de détection de la résistance ont été effectués en laboratoire à Changins, tout d'abord sur des chenilles prélevées dans ce verger avant la fin de leur développement ( $L_4$ - $L_5$ ), puis sur leurs descendants au stade de larves néonates ( $L_1$ ). Les tests ont démontré la résistance de cette souche de capua au lufénuron et au tébufénozide. Au printemps 2005, des chenilles ont à nouveau été collectées dans cette parcelle, afin de multiplier la souche en laboratoire et de disposer de néonates en nombre suffisant pour tester d'autres insecticides. Un traitement combiné au spinosad et Capex, appliqué le 21 avril, a fortement réduit la population printanière. Des pièges sexuels ont été installés dans ce verger afin de suivre le déroulement du vol des papillons et des contrôles d'attaque y ont été réalisés sur pousses en été et sur fruits en automne.

## Verger d'Aigle

Au printemps 2005, de nombreuses larves de capua ont survécu à un traitement au lufénuron appliqué le 19 avril sur une parcelle de poiriers à Aigle (verger Lieugex). Au début de juillet, des chenilles de la première génération sont prélevées dans leur tissage pour commencer un élevage. Ainsi, différents insecticides ont pu être testés à des concentrations discriminantes sur les néonates des générations suivantes. Un piège sexuel a permis de suivre le vol des papillons.

## Procédé expérimental

Des feuilles de pommier Golden Delicious sont prélevées dans une parcelle non traitée. Elles sont trempées pendant environ une minute dans des solutions d'insecticides de différentes concentrations puis séchées. Elles sont ensuite enroulées individuellement dans de petites boîtes en plastique (20 × 20 × 15 mm) et une larve néonate de capua *A. orana* y est déposée. Pour chaque produit et chaque souche étudiée, un témoin est réalisé avec des feuilles trempées dans l'eau. Chaque procédé comporte trente individus. L'élevage est réalisé à 25 °C, 65-70% d'humidité relative et sous une photopériode de 18 h/jour. Après sept jours, les larves survivantes sont dénombrées et l'efficacité des produits est calculée par rapport au taux de survie obtenu dans les témoins. Les  $LC_{50}$  et  $LC_{90}$  (concentrations qui tuent 50% et 90% des individus d'une population) sont estimées grâce au programme POLO-PC (LeOra Software, 1987); celui-ci met en équation le logarithme des concentrations exprimées en ppm (mg de matière active par litre) avec la proportion des individus morts, exprimée en probit. Les paramètres obtenus par ce programme permettent de construire des courbes «dose-effet» pour chaque produit testé et de les comparer avec des courbes de référence établies avec des souches de capua sensibles aux insecticides.

## Souches de capua

### Souche sensible de référence RAC (SS-RAC)

De 1996 à 2003, des courbes dose-effet avaient été établies pour plusieurs insecticides sur une souche d'*A. orana* de référence maintenue en élevage permanent à Changins. Cet élevage a ensuite été abandonné, son maintien ne se justifiant plus car la lutte contre ce ravageur ne semblait plus poser de problèmes dans la pratique!

### Souche sensible de référence Andermatt Biocontrol (SS-AB)

L'échec de la lutte contre capua à Etoy en 2004 nous a incités à redémarrer un élevage d'une souche sensible dont les géniteurs proviennent de l'élevage de la firme Andermatt Biocontrol AG.

## Souche d'Etoy (Etoy-04 et Etoy-05)

Les premiers essais de détection de la résistance ont été réalisés sur la souche de capua prélevée à Etoy en 2004. Les essais se sont poursuivis sur la nouvelle souche prélevée dans la même parcelle en 2005.

### Souche d'Aigle (Aigle-05)

Quelques insecticides ont pu être testés à des concentrations discriminantes sur une souche prélevée dans le verger de poiriers d'Aigle en été 2005.

## Insecticides testés

Les produits lufénuron (Match, EC 50 g/l), hexaflumuron (Consult, SC 100 g/l), tébufénozide (Mimic, SC 240 g/l), méthoxyfénozide (Prodigy, SC 240 g/l), indoxacarbe (Steward, WG 300 g/kg), spinosad (Audienc, SC 480 g/l) et chlorpyrifos-méthyl (Reldan, EC 400 g/l) ont été testés à 5-8 concentrations sur une ou plusieurs des souches SS RAC, SS AB, Etoy 04 ou Etoy 05. Sur la souche d'Aigle (Aigle 05), une seule concentration discriminante a été testée pour quatre produits, soit 2 ppm de lufénuron, 20 ppm de tébufénozide, 1 ppm de méthoxyfénozide et 60 ppm d'hexaflumuron. Ces concentrations discriminantes sont censées produire environ 90% d'efficacité sur les souches SS-RAC ou SS-AB

## Résultats

### Taux de survie dans les témoins

Dans les témoins, les taux de survie des larves après une semaine d'élevage sur des feuilles non traitées varie entre 83,3 et 96,7% pour les souches sensibles SS-RAC et SS-AB et entre 80 et 100% pour les souches issues d'Etoy et Aigle.

### Efficacité des produits sur la souche d'Etoy

La figure 1 illustre l'efficacité obtenue avec sept insecticides sur les souches de référence SS-RAC et SS-AB ainsi que sur les souches collectées à Etoy en 2004 et 2005. Le tableau 1 rapporte les paramètres caractérisant les courbes dose-effet. Les intervalles de confiance sont calculés avec une probabilité de 90%, sauf pour le chlorpyrifos-méthyl sur la souche Etoy-05 en raison de l'hétérogénéité des données.

## Lufénuron

Les  $LC_{50}$  du lufénuron sont situées respectivement à 0,15 et 0,43 ppm pour les souches SS-AB et SS-RAC, mais l'allure des courbes suggère que ces deux populations réagissent un peu différemment à ce produit. Avec une  $LC_{50}$  à 3,29 ppm, la population Etoy-04 est résistante, par rapport aux souches SS-RAC et SS-AB, respectivement d'un facteur de 7 et 21. La résistance de cette population au lufénuron s'est encore accrue entre 2004 et 2005. En effet, la  $LC_{50}$  grimpe à 16,18 ppm sur la souche Etoy 05, ce qui correspond à des facteurs de résistance de 30 et 100 par rapport aux références.

## Hexaflumuron

Comme le lufénuron, l'hexaflumuron est un inhibiteur de croissance d'insecte (ICI) qui perturbe la formation de la chitine; mais il n'est pas homologué contre capua. Nous l'avons tout de même testé du fait qu'une courbe de référence avait déjà été établie avec la souche SS-RAC. Or, la souche Etoy-05 s'avère également résistante à ce produit d'un facteur 31 par rapport à la souche SS-RAC.

## Tébufénozide

Les  $LC_{50}$  sont situées respectivement à 3,3 et 11,1 ppm pour les souches SS-AB et SS-RAC. Par contre, avec une  $LC_{50}$  à 25,2 ppm, la population Etoy-04 est résistante d'un facteur 8 par rapport à la souche SS-AB. Là aussi, la résistance de cette population s'est encore accrue entre 2004 et 2005. En effet, la  $LC_{50}$  grimpe à 59,8 ppm sur la souche Etoy-05, ce qui correspond à des facteurs de résistance de 5 et 18 par rapport aux références.

## Méthoxyfénozide

Comme le tébufénozide, le méthoxyfénozide est un régulateur de croissance d'insectes (RCI) agoniste de l'hormone ecdysone qui accélère les mues. Bien qu'il ne soit homologué que depuis 2004 contre capua, la souche Etoy-05 est déjà résistante d'un facteur 6 à ce produit par rapport à la souche SS-RAC, les  $LC_{50}$  étant respectivement situées à 2,83 et 0,49 ppm.

## Indoxacarbe

La sensibilité de la souche Etoy-05 à l'indoxacarbe ne se différencie pas de celle des souches de référence, les  $LC_{50}$  étant toutes trois proches de 0,5 ppm.

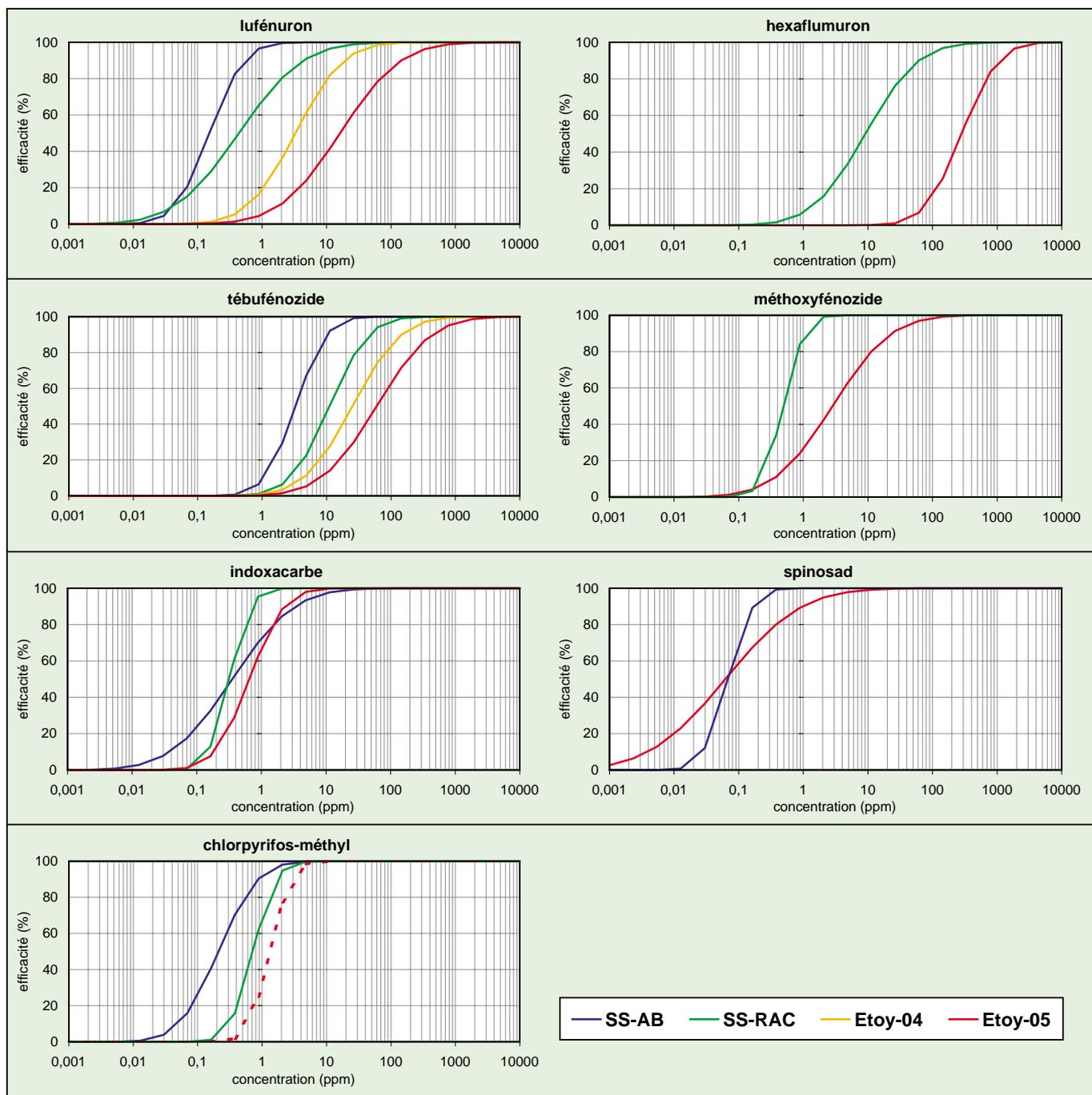


Fig. 1. Courbes dose-efficacité obtenues avec sept produits testés par trempage des feuilles sur les larves néonates d'*A. orana* issues des souches de référence SS-RAC et SS-AB ainsi que des souches Etoy-04 et Etoy-05.

La souche d'Etoy n'a par conséquent pas développé de résistance à ce produit.

### Spinosad

Au niveau des  $LC_{50}$ , la susceptibilité de la souche Etoy-05 au spinosad ne se différencie pas de celle de la souche SS-AB, toutes deux étant à 0,06 ppm. Toutefois, la  $LC_{90}$ , qui est 6 fois plus élevée que celle de la référence, pourrait constituer le premier signe d'une dérive. Cependant, pour l'instant, la souche d'Etoy doit être considérée comme susceptible au spinosad.

### Chlorpyrifos-méthyl

Les intervalles de confiance de la courbe de ce produit sur la souche Etoy-05 ne peuvent pas être calculés en raison d'une trop grande hétérogénéité des données (tabl.1 et fig.1). Des tests supplémentaires devront être effectués.

### Efficacité des produits sur la souche d'Aigle

Dans les deux témoins de la souche d'Aigle, le taux de survie des larves néonates après sept jours d'élevage est

de 86,7% et 80,0% (tabl. 2). Les pourcentages d'efficacité enregistrés sur la souche d'Aigle aux concentrations discriminantes (CD) de 2 ppm de lufenuron, 60 ppm d'hexaflumuron, 20 ppm de tébufénozide et 1 ppm de méthoxyfénozide, sont toutes nettement inférieures à l'attente. En effet, sur la souche de références SS-RAC, ces CD ont une efficacité entre 70 et 90%. Comme pour la population d'Etoy, la perte d'efficacité des ICI lufenuron et hexaflumuron est plus importante que celle des RCI tébufénozide et méthoxyfénozide.

**Tableau 1. Produits et concentrations homologués en champ. Paramètres décrivant les courbes dose-effet des différents produits testés par trempage des feuilles sur les chenilles néonates de différentes souches de capua *A. orana*.**

Produit Concentration homologuée	Souche	Pente	Err. stand.	Intercept	LC <sub>50</sub>	Inf.	Sup.	LC <sub>90</sub>	Inf.	Sup.
Lufénuron 40 ppm	SS-RAC	1,28	0,15	0,46	0,44	0,13	0,85	4,35	2,18	16,4
	SS-AB	2,38	0,31	1,94	0,15	0,09	0,22	0,53	0,35	1,21
	Etoy-04	1,72	0,48	-0,89	3,29	1,80	4,94	18,3	10,7	63,6
	Etoy-05	1,36	0,30	-1,64	16,2	5,84	30,5	142	66,2	939
Hexaflumuron 60 ppm	SS-RAC	1,55	0,15	-1,49	9,13	5,51	14,0	61,1	36,8	132
	Etoy-05	2,24	0,48	-5,50	284	173	430	1057	666	2256
Tébufénozide 120 ppm	SS-RAC	2,10	0,34	-2,20	11,1	7,46	14,9	45,2	33,5	68,1
	SS-AB	2,65	0,55	-1,37	3,29	1,18	5,06	10,0	6,63	22,9
	Etoy-04	1,69	0,47	-2,37	25,2	12,7	38,1	144	85,9	456
	Etoy-05	1,49	0,26	-2,65	59,8	31,0	108	434	209	2000
Méthoxyfénozide 96 ppm	SS-RAC	3,84	0,91	1,20	0,49	0,35	0,62	1,05	0,80	1,64
	Etoy-05	1,41	0,31	-0,63	2,83	1,77	4,58	23,1	11,6	90,4
Indoxacarbe 51 ppm	SS-RAC	3,82	1,36	1,88	0,32	0,15	0,40	0,70	0,58	1,13
	SS-AB	1,33	0,18	0,60	0,35	0,08	1,13	3,28	1,06	334
	Etoy-05	2,38	0,64	0,44	0,65	0,08	1,43	2,26	1,02	13,5
Spinosad 96 ppm	SS-AB	3,28	0,57	3,82	0,07	0,05	0,09	0,17	0,13	0,25
	Etoy-05	1,07	0,15	1,30	0,06	0,02	0,64	0,96	0,18	637
Chlorpyrifos-méthyl 480 ppm	SS-RAC	3,57	0,46	0,50	0,72	0,48	1,00	1,66	1,17	3,54
	SS-AB	2,08	0,39	1,41	0,21	0,11	0,30	0,87	0,55	2,54
	Etoy-05	3,87	0,95	-0,47	1,32 <sup>a</sup>			2,83 <sup>a</sup>		

SS-RAC: souche de référence Agroscope RAC; SS-AB: souche de référence Andermatt Biocontrol AG; Etoy-04 et Etoy-05: souches prélevées en 2004 et 2005 dans un verger où la lutte n'a pas donné satisfaction.

<sup>a</sup> Hétérogénéité trop grande ne permettant pas de calculer des intervalles de confiance réalistes.

**Tableau 2. Elevage durant sept jours de larves néonates d'*A. orana* issues d'une souche prélevée à Aigle en 2005 dans un verger où la lutte n'a pas donné satisfaction.**

Procédé	Témoin	Lufé- nuron	Témoin	Hexa- flumuron	Tébufé- nozide	Méthoxy- fénozide
Concentration (ppm)	0	2	0	60	20	1
Larves déposées	30	30	30	30	30	30
Larves survivantes	26	23	24	25	17	14
Survie (%)	86,7	76,7	80,0	83,3	56,7	46,7
<b>Efficacité (%)</b>	–	<b>11,6</b>	–	<b>0,0</b>	<b>29,2</b>	<b>41,7</b>
Efficacité théorique sur SS-RAC	–	80,2	–	89,8	70,5	88,5

## Index de sécurité

L'index de sécurité d'un insecticide correspond au rapport obtenu en divisant la concentration de matière active (m.a.) recommandée au champ, exprimée en ppm (mg/l), par la LC<sub>90</sub> de la souche sensible, également exprimée en ppm (Berti *et al.*, 2002). Cet index donne une image de la réserve, du surdosage ou de la marge de sécurité au moment du traitement. La réserve

s'épuise plus ou moins vite au fil des jours en fonction de la stabilité intrinsèque du produit, de la croissance du végétal qui dilue les résidus ainsi que des facteurs météorologiques tels que la pluie, le soleil ou le vent, qui lessivent, dégradent ou évacuent l'insecticide. Ainsi, un index de sécurité de 1,0 signifierait que le produit appliqué n'est dosé que pour tuer 90% de la population au moment de l'application et qu'il ne bénéficie pas d'un potentiel de réma-

nence. A titre d'exemple, pour une lutte préflorale contre capua, le produit Mimic (SC 240 g de tébufénozide/l) est homologué à 800 g de produit formulé/ha, soit 192 g de m.a. à appliquer dans 1600 l/ha, ce qui correspond à une concentration de la bouillie de 120 ppm. Par conséquent, l'index de sécurité de ce produit s'élève à 2,7 ou à 12,0 selon que l'on adopte comme référence la souche SS-RAC ou la souche SS-AB qui ont respectivement des LC<sub>90</sub> de 45,2 et 10,0 ppm (tabl. 1 et fig. 2). L'index de sécurité de l'hexaflumuron, non homologué contre *A. orana*, n'est que de 1,0 pour la souche sensible de ce ravageur lorsqu'il est appliqué avant fleur pour lutter contre les noctuelles et arpeuteuses. Il serait donc capable d'éliminer 90% d'une population sensible mais il n'aurait par contre pas de réserve. Pour les autres insecticides testés et homologués contre capua, l'index de sécurité est plus élevé; il varie entre 10 et plus de 500 selon les produits et la souche de référence considérée. Parmi les produits homologués auxquels la souche Etoy-05 a développé une résistance, le lufénuron et le tébufénozide, avec des LC<sub>90</sub> respectivement à 142 ppm et 434 ppm, sont les moins

efficaces, les concentrations homologuées pour ces deux insecticides étant de 40 et 120 ppm (fig. 3 et tabl. 1). Ils peuvent toutefois encore exercer une efficacité initiale un peu supérieure à 50%, leur  $LC_{50}$  étant inférieure aux concentrations homologuées. Bien que la souche d'Etoy soit résistante au méthoxyfénoside, l'efficacité initiale de ce produit peut encore être momentanément suffisante en raison d'un indice de sécurité très élevé ainsi que d'un facteur de résistance relativement faible. Dans un premier temps, c'est essentiellement la rémanence qui est affectée mais la poursuite des traitements induirait inévitablement un renforcement de la résistance.

Concernant les produits indoxacarbe, spinosad et chlorpyrifos-méthyl, les  $LC_{90}$  de la souche Etoy-05 sont encore largement inférieures aux concentrations homologuées. Toutefois, la limite supérieure de l'intervalle de confiance du spinosad dépasse sa concentration homologuée.

## Piégeage sexuel et attaque au verger

Le premier vol de 2005 a généralement débuté à fin mai et s'est arrêté à fin juin. Le vol de la génération d'été a commencé à mi-juillet et s'est terminé à fin août. A Etoy, le piège n'a capturé que 58 papillons au premier vol, car les effectifs larvaires avaient été fortement réduits par le traitement combiné au spinosad et Capex appliqué le 21 avril. Mais la population a augmenté à nouveau en été si bien que 168 papillons ont été capturés au deuxième vol. L'attaque suit la même évolution, passant de 0,4% de pousses occupées le 13 juillet à 2,4% de fruits attaqués le 14 septembre.

A Aigle, 104 papillons ont été pris lors du premier vol et seulement 42 lors du second vol, le traitement au chlorpyrifos-méthyl appliqué le 12 juillet ayant réduit la pression.

La figure 4 illustre le pourcentage moyen des captures cumulées des deux vols de 2005 dans douze pièges du bassin lémanique comparativement à celui de la parcelle Novalle 2 d'Etoy. On voit que le vol de cette souche résistante est nettement retardé par rapport au vol moyen enregistré dans les autres vergers de la région. Comme cela a été démontré chez le carpocapse *Cydia pomonella* (Boivin et Sauphanor, 2005), les souches résistantes de capua ont vraisemblablement aussi un développement ralenti.

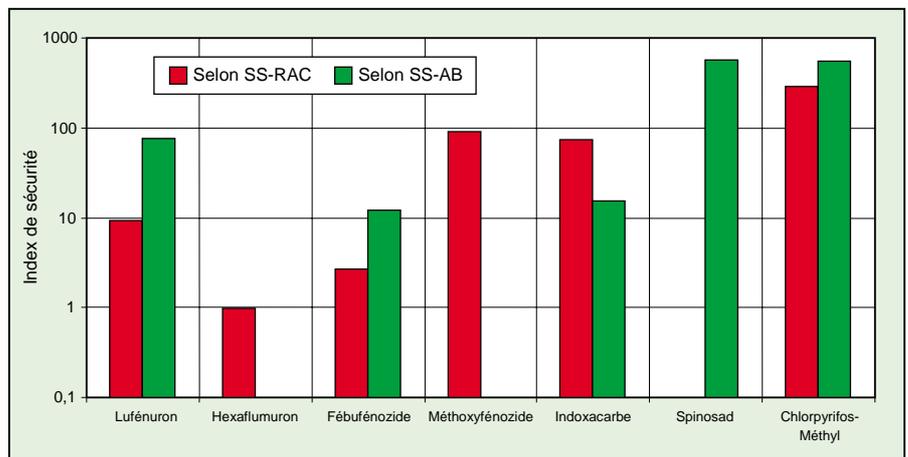


Fig. 2. Index de sécurité lors de traitement en verger (concentration homologuée /  $LC_{90}$  des souches de référence SS-RAC ou SS-AB) des sept insecticides testés sur les larves néonates d'*A. orana*.

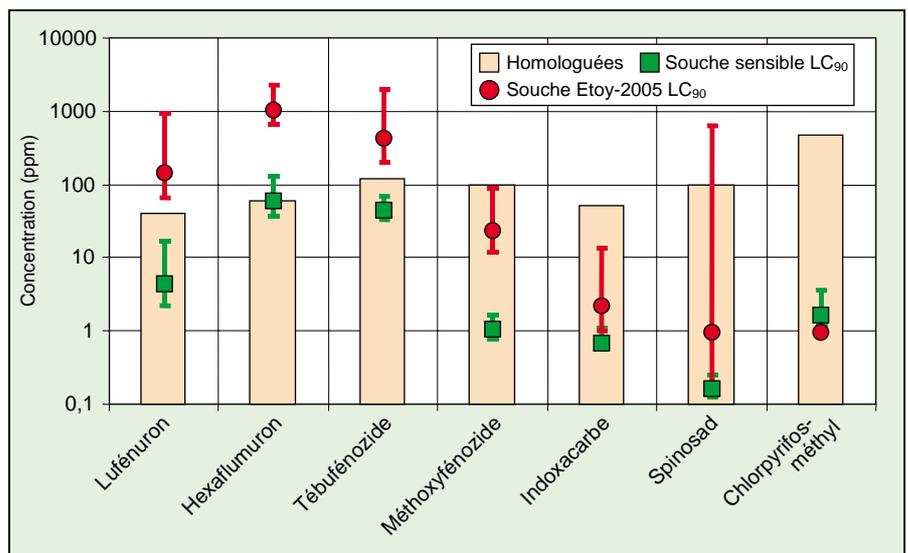


Fig. 3. Concentrations homologuées en ppm (mg m.a./l de bouillie) de sept insecticides.  $LC_{90}$  et intervalles de confiance déterminés par trempage des feuilles sur les larves néonates d'*A. orana* des souches de référence SS-AB (SS-RAC pour hexaflumuron et méthoxyfénoside) ainsi que de la souche résistante Etoy-05.

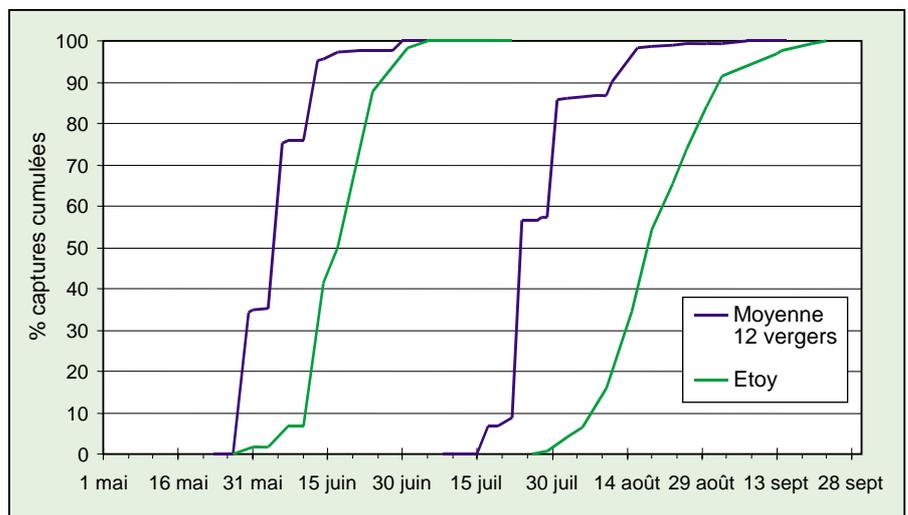


Fig. 4. Pourcentage cumulé des captures des deux vols de capua *A. orana* en 2005 dans douze pièges du bassin lémanique (moyenne) en comparaison avec le déroulement des vols dans la parcelle Novalle 2 d'Etoy.

## Discussion

Il y a une trentaine d'années, la lutte curative d'été appliquée au moyen d'esters phosphoriques dans les vergers à forte pression de capua permettait de protéger la récolte de façon plus ou moins satisfaisante. Toutefois, l'impact de cette lutte sur la dynamique des populations restait relativement limité. L'homologation d'une nouvelle génération d'insecticides tels que le fénoxy-carbe, suivi du lufénuron et du tébufénozide, puis plus récemment de l'indoxacarbe, du méthoxyfénozide et du spinosad, a révolutionné la lutte contre ce ravageur. En effet, appliqués sur les larves de la génération hivernante, juste avant fleur ou immédiatement après fleur en Valais, ces produits maintiennent les populations des générations d'été et d'automne en dessous du seuil de tolérance. Ainsi, durant ces vingt dernières années, la tordeuse de la pelure n'a pratiquement plus causé de soucis aux arboriculteurs.

La résistance à quatre insecticides, mise en évidence sur les souches collectées en 2004 et 2005 à Etoy et Aigle, risque de modifier la donne si des mesures énergiques ne sont pas entreprises pour enrayer ces deux foyers. Jusqu'à maintenant, aucun cas flagrant de résistance d'*A. orana* n'avait été signalé. Toutefois, des tests biologiques ont montré que des souches d'Angleterre, issues de parcelles régulièrement traitées, sont moins sensibles au chlorpyrifos d'un facteur 2 à 3 que celles provenant de vergers qui n'ont jamais reçu d'insecticides (Cross, 1997). Des cas de susceptibilités régionales différentes, mais également de résistance induite par les traitements sont connus chez d'autres tordeuses phyllophages des vergers telles que *Choristoneura rosaceana*, *Pandemis limitata* ou *Platynota idaeusalis* (Biddinger *et al.*, 1996; Waldstein et Reissig, 2000; Smirle *et al.*, 2002, 2003).

La résistance des souches de capua d'Etoy et Aigle est induite par les traitements, puisque la lutte chimique avait toujours bien fonctionné auparavant. Cette résistance concerne au moins deux familles d'insecticides, les benzoylurées (hexaflumuron et lufénuron) et les benzhydrazides (tébufénozide et méthoxyfénozide). Pour la souche d'Etoy, le facteur de résistance a fortement augmenté entre 2004 et 2005; cela montre que la pression de sélection causée par les traitements continue à éliminer les individus sensibles. Fort heureusement pour l'instant, la résistance ne semble pas affecter les insecticides neurotoxiques tels que spinosad, indoxacarbe et chlorpyrifos. Des essais supplémentai-

res seront effectués pour déterminer si le fénoxy-carbe, fréquemment engagé dans la lutte contre capua, garde son efficacité sur les souches résistantes.

## Conclusions

- ❑ Selon les tests biologiques effectués sur des souches de la tordeuse de la pelure *A. orana* prélevées à Etoy et Aigle, la résistance est la cause des échecs enregistrés dans la lutte contre ce ravageur en 2004 et 2005.
- ❑ Cette résistance concerne deux familles d'insecticides: les benzoylurées (hexaflumuron et lufénuron) et les benzhydrazides (tébufénozide et méthoxyfénozide). Par rapport aux souches de référence, le facteur de résistance va de 30 à 100 pour les benzoylurées et de 5 à 18 pour les benzhydrazides. Il se peut que ce phénomène de résistance s'applique à d'autres insecticides non testés dans cet essai.
- ❑ Dans le cas d'Etoy, le facteur de résistance a progressé entre 2004 et 2005. Cela s'explique vraisemblablement par la cohabitation d'individus sensibles et résistants et par le maintien de la lutte classique, qui réduit la population sensible sans affecter les résistants.
- ❑ La résistance ne concerne pas pour l'instant les insecticides neurotoxiques indoxacarbe et spinosad. Des tests complémentaires sont encore nécessaires avec le chlorpyrifos-méthyl afin de réduire l'hétérogénéité des données.
- ❑ Pour enrayer ces deux foyers de résistance, un programme soutenu de lutte est préconisé sur les trois périodes d'activités larvaires, au moyen de produits tels que le virus de la granulose, spinosad, indoxacarbe et chlorpyrifos-méthyl, en y ajoutant éventuellement la technique de confusion qui a une efficacité secondaire contre capua.
- ❑ D'autres insecticides devront être testés à l'avenir sur ces souches résistantes, en particulier le fénoxy-carbe, un produit souvent utilisé contre ce ravageur.
- ❑ Comme le développement des souches résistantes est plus long, un second vol de capua se prolongeant anormalement par rapport à celui des autres vergers de la région devrait permettre de détecter rapidement de nouveaux foyers.

## Remerciements

Nous remercions vivement M<sup>mes</sup> Jeanne Bazille, Françoise Briand, Martine Rhyn, Charlotte Salamin, Suzanne Tagini, Monique Thorimbert et MM. A. Baugier, J. Derron, U. Eggenberger, Ch. Linder, R. Olivier et L. Schaub pour leur précieuse collaboration. Nous remercions également la firme Andermatt Biocontrol AG qui nous a fourni une souche de capua de référence.

## Bibliographie

- Berti M., Delaiti M., Ioriatti C., Sofia M. & Tomasi C., 2002. Caratterizzazione dell'attività larvicida di alcuni insetticidi su *Pandemis heparana* (D. & S.). *Atti giornate fitopatologiche*, 407-412.
- Biddinger D. J., Hull L. A. & McPherson B. A., 1996. Cross-resistance and synergism in azinphosmethyl resistant and susceptible strains of tufted apple bud moth (*Lepidoptera: Tortricidae*) to various insect growth regulators and abamectin. *J. Econ. Entomol.* **89** (2), 274-287.
- Blunk H. & Janssen M., 1952. Ein neuer gefährlicher Apfelschädling. *Gesunde Pflanzen* **4**, 115-116.
- Boivin T. & Sauphanor B., 2005. Modélisation de la phénologie du carpocapse des pommes. *Phytoma. La Défense des Végétaux*, **581** (avril), 25-27.
- Charmillot P. J. & Brunner J., 1990. La tordeuse de la pelure *Adoxophyes orana* F.v.R. (Capua): biologie, avertissement et lutte. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **22** (4), 243-254.
- Cross J. V., 1997. Susceptibility of the summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana* (*Lepidoptera: Tortricidae*), to chlorpyrifos and strategies for insecticidal control in orchards. *Ann. Appl. Biol.* **131**, 197-212.
- De Jong D. J., 1951. Bladrollers (*Tortricidae*) op vruchtbomen. Voorlopige resultaten van het onderzoek naar de bestrijdingsmogelijkheden in Nederland. *Meded. Direct. Tuinb.* **12**, 131-150.
- Geier P., 1953. *Adoxophyes orana* F.v.R. (= *Capua reticulana* Hüb.) une nouvelle tordeuse observée dans le verger romand en 1953. *Revue rom. Agr.* **9**, 83-84.
- Janssen M., 1958. Über Biologie, Massenwechsel und Bekämpfung von *Adoxophyes orana* Fischer von Roeslerstamm (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Beiträge zur Entomologie* **8** (3/4), 291-324.
- Klinger J., 1956. Wicklerschäden an Blättern und Früchten unserer Obstbäume. *Schweiz. Z. Obst. U. Weinbau.* **65**, 78-84.
- Kyparissoudas D. S., 1988. The occurrence and seasonal flight of *Adoxophyes orana* males in orchards of northern Greece. Proc. 2nd International Meeting on Mediterranean Tree Crops 2-4 Nov. 1988. Chania, Greece, 145-149.
- LeOra Software, 1987. POLO-PC. A user's guide to probit or logit analysis. Berkeley, CA.
- Linder Ch., Viret O., Charmillot P. J. & Delabays N., 2006. Guide de traitements. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **38** (1), 22-23.
- Salvaterra G., 1953. La ricamatrice della frutta (*Capua reticulana* Hübner). *Agric. Trentina VII* (8), Trento 1-2.
- Savopoulou-Soultani M., Hatzivassiliadis A., Vlugh H. J., Minks A. K., Smirle M. J., Lowery T. & Zurowski C. L., 2002. Resistance and cross-resistance to four insecticides in populations of obliquebanded leafroller (*Lepidoptera: Tortricidae*). *J. Econ. Entomol.* **95** (4), 820-825.
- Smirle M. J., Lowery T. & Zurowski C. L., 2003. Susceptibility of leafrollers (*Lepidoptera:*

*Tortricidae*) from organic and conventional orchards to azinphosmethyl, spinosad and *Bacillus thuringiensis*. *J. Econ. Entomol.* **96** (3), 879-884.

Soenen A., 1947. Les tordeuses de nos arbres fruitiers. Centre de Recherches de Gorseem, Belgique. Publ. 4, 44 p.

Stamenkovic S. & Stamenkovic T., 1984. A contribution to the study of the life cycle of the summerfruit tortricid *Adoxophyes orana* F.v.R. (*Lepidoptera*, *Tortricidae*). *Zastita Bilja* **35**, 233-247.

Tzanakakis M.E., 1985. First records of the summerfruit tortricid, *Adoxophyes orana* F.v.R., in Greece. *Entomologia Hellenica* **3**, 65-66.

Waldstein D. E. & Reissig W. H., 2000. Synergism of tebufenozide in resistant and susceptible strains of obliquebanded leafroller (*Lepidoptera*: *Tortricidae*) and resistance to new insecticides. *J. Econ. Entomol.* **93** (6), 1768-1772.

## Summary

### First case of summer fruit tortrix moth (*Adoxophyes orana*) resistance to insecticides in Switzerland

Recently, the insecticide control of the summer fruit tortrix moth (*A. orana*) failed in two orchards at Etoy and Aigle in the Lake of Geneva region. Biological tests were carried out by dipping apple leaves in different concentrations of insecticides for rearing newborn larvae from the strains collected in these orchards. Compared with reference strains, these two populations proved to have developed a resistance of a factor 5 to 100 to two families of products, the benzoylureas (hexaflumuron and lufenuron) and the benzhydrazides (tebufenozide and methoxyfenozide). For the moment, resistance does not affect the neurotoxic insecticides indoxacarb, spinosad and chlorpyrifos-methyl. The development of the resistant strain seems to be slowed down, causing a delay in the course of the flight of the moths, which could allow to detect new cases of resistance.

**Key words:** summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*, Switzerland, insecticide, resistance.

## Zusammenfassung

### Ein erster Fall in der Schweiz von Resistenz des Apfelschalenschwärmers (*Adoxophyes orana*) gegen Insektizide

Die Bekämpfung gegen den Apfelschalenschwärmer *A. orana* in zwei Obstanlagen bei Etoy und Aigle im Genferseegebiet führte kürzlich zu einem Misserfolg. Neugeborene Larven von Stämmen dieser beiden Obstanlagen wurden, auf Blättern die in verschiedene Insektizidkonzentrationen getaucht worden waren, gezüchtet.

Im Vergleich mit Referenzstämmen, haben diese beiden Populationen, eine Resistenz von Faktoren 5 bis 100 an den beiden Insektizidengruppen der Benzoylurea (Hexaflumuron und Lufenuron) und den Benzhydraziden (Tebufenozide und Methoxyfenozide) aufgewiesen. Im Augenblick besteht keine Resistenz gegen die neurotoxischen Insektizide Indoxacarb, Spinosad und Chlorpyrifos-Methyl. Da die Entwicklung der resistenten Stämme etwas langsamer scheint, wird der Schmetterlingenflug verspätet, was erlauben könnte, neue Resistenzherde aufzudecken.

## Riassunto

### Primo caso in Svizzera di resistenza della Capua (*Adoxophyes orana*) agli insetticidi.

In due frutteti del bacino del lago di Ginevra, a Etoy ed a Aigle, la lotta contro la Capua (*A. orana*) si è recentemente tradotta con uno scacco. Dei test biologici sono stati realizzati allevando larve neonate, generate da ceppi prelevati da questi frutteti, su foglie imbevute di insetticidi a tassi di concentrazione differenti.

Confrontate ai ceppi di referenza, si nota che queste due popolazioni hanno sviluppato una resistenza di un fattore che va da 5 a 100 rispetto a due famiglie di prodotti: le benzoyluree (hexaflumuron e lufenuron) e i benzidrazidi (tebufenozide e metoxifenozide). Per il momento la resistenza non concerne gli insetticidi neurotossici indoxacarb, spinosad e clorpirifos-metil. Lo sviluppo dei ceppi resistenti sembra essere rallentato, provocando un ritardo nello svolgimento del volo delle farfalle, ciò che all'avvenire potrebbe permettere di rivelare nuovi focolai di resistenza.