

Toxicité des insecticides sur les différents stades du développement du psylle du poirier (*Cacopsylla pyri* L.)

Robert Buès*, Liliane Boudinhon, Jean-François Toubon

INRA, Écologie
des Invertébrés,
Domaine Saint-Paul, Agroparc,
84914 Avignon Cedex 9,
France
bues@avignon.inra.fr

Toxicity of insecticides on various development stages of pear psylla (*Cacopsylla pyri* L.).

Abstract — Introduction. In France, *C. pyri* is a dreaded pest in pear tree orchards. The control of this insect includes, on the one hand, post-winter treatments on adults and eggs, and, on the other hand, spring treatments on young larvae. The withdrawal of nitrated dyes and the resistance of *C. pyri* to the pyrethrinoids used against the psylla adults at the end of winter make the post-winter control more difficult, involving the presence in spring of significant larval populations with, sometimes, failures in this control. In this study, we tested the effectiveness, on the various psylla development stages, of several insecticides and mineral oil used alone or combined. **Materials and methods.** Various psylla populations sampled on several dates in various French southeast localities were treated in the laboratory after migration of the larvae on young pear tree seedlings. Insecticide sprayings were applied to eggs and to various L1–L2, L3–L4 and L5 larval stages whereas the adult stage was treated by topical application and tarsal test, in particular with pyrethrinoids, abamectin, amitraze and mineral oils. **Results.** The abamectin and amitraze effectiveness was maximum on the L1 to L4 stages, and it slightly dropped on the L5 stage larvae. The lethal dose of these two insecticides varied according to the localities and the sampling dates. Whatever the psylla development, the pyrethrinoids only had a low effectiveness. The tests with oils revealed their effectiveness with tarsal contact on adults, which, added to their already described effectiveness on young larvae, shows the interest of their introduction into programs of protection against *C. pyri*.

France / *Pyrus communis* / *Cacopsylla pyri* / chemical control / insecticides / mineral oils / toxicity

Toxicité des insecticides sur les différents stades du développement du psylle du poirier (*Cacopsylla pyri* L.).

Résumé — Introduction. En France, *Cacopsylla pyri* est un ravageur redouté en vergers de poiriers. La lutte contre cet insecte repose d'une part sur les traitements post-hivernaux sur adultes et œufs, d'autre part sur les traitements printaniers sur jeunes larves. Le retrait du commerce des colorants nitrés et la résistance de *C. pyri* aux pyrèthroïdes utilisées contre les adultes en fin d'hiver rendent la lutte post-hivernale plus difficile, entraînant la présence au printemps de populations larvaires importantes avec parfois des échecs dans la lutte. Dans cette étude, nous avons testé l'efficacité, sur les différents stades de développement du psylle, de plusieurs insecticides utilisés seuls ou en association avec des huiles de pétrole. **Matériel et méthode.** Différentes populations de psylle prélevées à plusieurs dates dans différentes localités du sud-est français ont été traitées en laboratoire après migration des larves sur de jeunes plants de poiriers. Des pulvérisations d'insecticides ont été appliquées sur les différents stades larvaires L1–L2, L3–L4, L5 et œufs, alors que le stade adulte a été traité par application topique et test tarsal, notamment avec des pyrèthroïdes, de l'abamectin, de l'amitraze et des huiles de pétrole. **Résultats.** L'efficacité de l'abamectin et de l'amitraze a été maximale sur les stades L1 à L4, et elle a baissé faiblement sur les larves du stade L5. Les DL50 de ces deux insecticides ont varié selon les localités et les dates de prélèvements. Quel que soit le stade de développement du psylle, les pyrèthroïdes n'ont eu qu'une faible efficacité. Les tests avec les huiles ont fait apparaître une efficacité sur adultes par contact tarsal qui, ajoutée à leur efficacité sur jeunes larves, décrite par ailleurs, montrent l'intérêt de leur introduction dans les programmes de lutte contre *C. pyri*.

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 2 janvier 2003
Accepté le 30 avril 2003

Fruits, 2003, vol. 58, p. 283–295
© 2003 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved
DOI: 10.1051/fruits:2003016

RESUMEN ESPAÑOL, p. 295

France / *Pyrus communis* / *Cacopsylla pyri* / lutte chimique / insecticide / huile minérale / toxicité

1. Introduction

Le psylle (*Cacopsylla pyri* L.) demeure en France l'un des ravageurs les plus redoutés en vergers de poiriers. Devenu résistant aux organophosphorés et aux pyréthri-noïdes [1], la lutte pendant la période estivale, contre les stades larvaires, repose actuellement sur deux insecticides (abamectin et amitraze). Durant l'hiver et la période post-hivernale, la lutte contre les formes hivernantes, était, jusqu'à récemment, notamment basée sur l'emploi des colorants nitrés [2]. Leur retrait de la vente a remis en question une partie de la stratégie de lutte post-hivernale contre cet insecte. Actuellement, des traitements sont toujours réalisés en période post-hivernale (fin janvier à début mars). Ils sont dirigés contre les adultes hivernants, avant le début de la ponte, avec un adulticide, généralement un pyréthri-noïde, en association avec une huile de pétrole à (2 ou 3) %. La résistance aux pyréthri-noïdes, variable selon les localités [1], est vraisemblablement à l'origine des résultats irréguliers observés dans la lutte depuis (3 ou 4) ans. Les importantes populations larvaires printanières, qui peuvent résulter de cette baisse d'efficacité, sont parfois difficiles à maîtriser et des échecs de la lutte chimique sont fréquemment rapportés.

Le psylle n'est que l'un des ravageurs du poirier et d'autres traitements sont régulièrement appliqués contre le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella* L.), les acariens et les pucerons. Ces traitements affectent les prédateurs du psylle et peuvent être en partie responsables d'une augmentation des populations. La résistance du carpocapse aux benzoylurées [3] et l'utilisation plus fréquente d'organophosphorés qui en résulte accroît ce risque. Plus tardivement, en période estivale, on observe, généralement dans le sud de la France, une diminution des populations provoquée par les hautes températures. Une observation similaire a été faite en Amérique du Nord sur *Cacopsylla pyricola* Foerster [4]. Toutefois, cette chute des infestations est suivie entre fin août et octobre par un accroissement des populations larvaires avec, pour conséquences, en l'absence de traitements, des dégâts sensibles sur les organes fructifères et une population adulte hivernante importante.

Notre étude a testé l'efficacité de plusieurs insecticides utilisés en vergers de poiriers, soit seuls soit avec adjonction d'huiles de pétrole. Les traitements ont été appliqués sur les différents stades du développement de l'insecte. L'objectif a été d'aider à un meilleur aménagement de la lutte raisonnée par le choix des produits utilisés et des stades de l'insecte ciblés. Il s'agissait également de constituer une base de références permettant de suivre l'évolution ultérieure de la tolérance du psylle aux insecticides testés.

2. Méthodes et techniques

2.1. Les insectes

Des prélèvements ont été effectués dans les vergers de différentes localités du sud-est de la France : Charly et Valence dans la moyenne vallée du Rhône ; Caumont-sur-Durance et Saint-Rémy-de-Provence en basse vallée du Rhône ; Peyruis, Les Mèes et Mûnetier-Allemont dans la moyenne vallée de la Durance. Les insectes ont été collectés soit au stade adulte par frappage des rameaux et récupération sur un carré de toile par aspiration, soit au stade larvaire par prélèvements de rameaux infestés. Dans ce dernier cas, les larves ont été soit immédiatement utilisées pour les tests, soit transférées par contact puis migration sur de jeunes plants de poiriers porte-greffes [*Pirus Kirchensaller*, (10 à 20) cm de haut].

Tous les tests ont été réalisés en salles climatisées à (22 ± 1) °C, 16 h de lumière par jour et (60 à 70) % d'humidité relative, excepté pour une partie des tests hivernaux sur œufs qui ont été effectués sous abri insectarium.

2.2. Les insecticides

Les formulations commerciales des insecticides testés ont été : abamectin, $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ EC (Syngenta-agro), amitraze, $200 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ EC (Aventis Optimagro), azinphos-méthyl, 25 % WP (S.A. Bayer), cyperméthrine, $100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ EC (Capicol), deltaméthrine, $25 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ EC (Aventis), hexaflumuron, $100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ EC (Dow AgroSciences), L-cyhalothrine, $50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ EC

(Syngenta-Agro), méthomyl, 25 % WP (Cerexagri), phosmet, 50 % WP (Basf Agro). Les huiles d'été [Seppic (Sté Griffin), Oliocin (S.A. Bayer)], utilisées à différentes doses en association avec les insecticides, présentent un indice de sulfonation supérieur à 92 %. Une préparation adjuvante d'alcools terpéniques [Héliosol (Action Pin)] a également été testée, car fréquemment utilisée par les arboriculteurs.

Ces insecticides ont été dilués soit dans l'eau pour les pulvérisations, soit dans une solution alcoolisée à 40° pour les traitements topiques, afin de diminuer la tension superficielle de la micro-goutte déposée sur chaque adulte.

2.3. Tests par pulvérisation

2.3.1. Sur larves

Les larves du troisième au cinquième stade ont été différenciées en deux groupes : un groupe avec les troisième et quatrième stades (L3–L4) et un groupe avec le cinquième stade (L5). Les larves ont été prélevées sur les rameaux à l'aide d'un pinceau et déposées sur une languette de papier filtre transférée ensuite sur les feuilles de jeunes plants de poiriers sur lesquels elles ont migré. Chaque plant a été infesté avec 40 larves. Une à deux heures après l'installation des larves, les plants ont été traités, jusqu'au point de ruissellement, à l'aide d'un pulvérisateur de laboratoire à air comprimé. Après séchage sous une hotte, les plants ont été recouverts d'un cylindre grillagé et fermé par un couvercle aéré. Le contrôle a eu lieu 6 j après le traitement pour permettre d'observer l'efficacité de produits à action lente. Chaque test a porté sur cinq à six plants, chacun correspondant à une dose ; deux plants témoins ont été traités à l'eau.

Pour les tests sur larves de premier et second stades regroupés (L1–L2), trois couples d'adultes par plant de poirier ont été mis à pondre pendant 48 h, à l'issue desquelles les adultes ont été enlevés. Dix jours après la fin de la ponte, avant qu'elles ne se dispersent, les larves L1–L2 ont été comptées avant d'être traitées le jour même par pulvérisation, de la même façon que les larves plus âgées. Chaque plant infesté a été

recouvert d'un cylindre grillagé. Le comptage des larves survivantes a eu lieu 8 j après le traitement. Notons que le nombre de larves (L1–L2) traitées a pu être modulé, au moment du comptage, par le nombre de feuilles laissées sur le plant. Chaque test a comporté cinq ou six doses, à raison d'un plant par dose, avec au moins 50 larves par plant ; deux plants témoins ont été traités à l'eau.

La mortalité a été calculée par rapport au nombre de larves (L1–L2) comptées avant le traitement ou par rapport au nombre de larves (L3 à L5) installées.

2.3.2. Sur œufs

Pour les tests sur œufs, le dispositif a été semblable à celui permettant d'obtenir les larves (L1–L2). Des accouplements ont été réalisés soit sur plants en cours de végétation, soit, pour certains tests, sur plants hivernants. Les œufs ont été comptés au moment du retrait des adultes, puis traités par pulvérisation 24 h après ce dénombrement. Une seule dose a été utilisée : soit la dose homologuée sur psylles, soit, à défaut, la dose homologuée contre le carpocapse (*Cydia pomonella* L.). Le contrôle d'efficacité a eu lieu (10 à 12) j après traitement par comptage des œufs non éclos. De ce fait, le pourcentage de mortalité des œufs a inclus les œufs stériles dont le nombre a cependant pu être estimé à l'aide des observations faites sur plants témoins traités à l'eau.

2.4. Application topique sur adultes

Les psylles adultes ont été traités avec 0,5 µL d'une solution insecticide déposée sur le thorax à l'aide d'une micro-seringue après quoi ils ont été disposés par groupe de 10 dans un tube en verre de 7 cm de haut et 1 cm de diamètre, obturé par un tampon de coton. Les adultes de forme estivale ont été alimentés par dépôt d'une nervure de feuille de poirier dans chaque tube alors que les adultes de forme hivernale n'ont pas été alimentés. Chaque test a porté sur cinq à six doses avec 40 adultes traités pour chacune des doses ; un lot de psylles témoins a été traité avec la solution alcoolique. La mortalité a été évaluée 24 h après le traitement.

2.5. Traitement par contact tarsal sur adultes

Dix adultes de *C. pyri* L. de forme hivernale ont été placés en boîtes de Petri de 5 cm de diamètre, dont le fond et le couvercle avaient été préalablement traités par pulvérisation d'insecticide ($1,6 \text{ mg} \cdot \text{cm}^2$ de dépôt) sous une tour de Potter, puis mis à sécher sous une hotte. Les adultes ont été laissés 4 h au contact des parois traitées avant d'être transférés dans des boîtes non traitées. Une seule dose d'insecticide a été utilisée avec au moins huit répétitions. La mortalité a été contrôlée 24 h après le traitement.

2.6. Analyse des résultats

Les données de mortalités, corrigées par la formule d'Abbot, ont été analysées en log-probit à l'aide d'un logiciel (Probit and Logit Analysis program) [5] ; la régression entre la dose et la mortalité a été mesurée. Les différences de toxicité des insecticides entre populations des différents stades de développement de l'insecte ont été estimées par le rapport entre la DL50 d'une population donnée et la DL50 de la population constatée la plus sensible. Lorsque la régression n'a pas été calculée, l'efficacité des insecticides a été indiquée en pourcentage de mortalité.

3. Résultats

3.1. Tests sur larves

Pour l'abamectin et l'amitrazé, les DL50 ont augmenté avec l'âge larvaire. Sur la population de Caumont, les pourcentages de mortalités observés avec ces deux insecticides, aux doses homologuées pour le psylle, ont montré une efficacité élevée à tous les stades ($> 95 \%$) (*tableau I*).

Pour les trois pyréthrinoïdes, l'augmentation de la DL50 a eu lieu entre les stades (L1–L2) et (L3–L4) alors que, à l'inverse, la DL50 a diminué pour le stade L5. Ce résultat peut être expliqué par le fait que certaines

larves traitées au stade L5 ont pu parvenir au stade adulte avant que la mortalité n'ait été contrôlée et qu'une partie de ces jeunes adultes ait pu être tuée aussi bien par contact tarsal que par ingestion (voir ci-après). Aux doses homologuées, la deltaméthrine et la cyperméthrine n'ont eu qu'une faible efficacité aux stades L1 à L4 ($< 40 \%$).

À la dose homologuée pour le carpocapse, la mortalité avec le méthomyl a été relativement élevée aux stades L1 à L4 ($> 90 \%$), mais elle a diminué au stade L5 (78,6 %). L'efficacité de l'azinphos-méthyl a diminué de 85,3 % aux stades L1–L2 à seulement 25,4 % au stade L5.

L'effet adulticide ne semble pas avoir été observé avec le méthomyl et l'azinphos-méthyl, du moins avec la même importance que ce qui a pu être enregistré avec les pyréthrinoïdes. Les taux de mortalité des lots témoins calculés sur l'ensemble des tests ont été de 9,9 % pour le groupe (L1–L2), 15,5 % pour (L3–L4) et 17,1 % pour L5. Des tests sur (L1–L2) et (L3–L4), réalisés avec l'hexaflumuron, insecticide de la famille des benzoyl-phényl-urées, à la dose homologuée sur psylles jusqu'en 2002 ($125 \text{ mg ma} \cdot \text{L}^{-1}$), ont donné des pourcentages de mortalité respectifs de (45 et 36) %.

3.2. Tests sur larves L5, avec adjonction d'une huile

Si l'on considère les DL50, les taux de synergie de l'abamectin avec l'huile Oliocin à 0,3 % ont varié de (3 à 11,4) fois et ceux de l'amitrazé avec l'huile Seppic à 0,3 %, de (1,1 à 2,2) fois (*tableau II*). En se référant aux DL95, les taux de synergie observés pour l'abamectin ont été inférieurs à ceux révélés par les DL50, consécutifs à une pente plus faible pour les tests avec une huile, indiquant un pincement des droites de régression aux fortes doses. Pour l'amitrazé les taux de synergie ont été sensiblement identiques que ce soit à partir des DL50 que des DL95, excepté pour la localité de Monétier en juillet 1999, mais l'intervalle de confiance du test avec l'amitrazé seule est important, car il indique que la droite de régression est insuffisamment étayée. Un test sur la même population,

Tableau I.

Toxicité de différents insecticides sur les stades larvaires L1–L2, L3–L4 et L5 de *Cacopsylla pyri*, traités par pulvérisation sur plants de poiriers [population prélevée à Caumont (France), mai 2000 à juillet 2001].

Stades L1 et L2

Paramètre considéré	Abamectin $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Amitraze $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$	Deltaméthrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	L-cyhalothrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Cyperméthrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Méthomyl $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Azinphos-méthyl $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$
DL50 (seuil 5%)	0,154 (0,114–0,209)	0,023 (0,020–0,028)	33,742 (17,324–65,572)	15,226 (6,682–34,634)	313,39 (143,50–685,11)	0,135 (0,092–0,199)	0,178 (0,140–0,217)
Pente (écart type)	1,340 (0,135)	2,091 (0,212)	1,257 (0,264)	0,786 (0,151)	1,524 (0,577)	2,395 (0,583)	2,693 (0,376)
Mortalité ^a (%)	100	100	36,1	40,4	13,7	96,4	85,3

Stades L3 et L4

Paramètre considéré	Abamectin $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Amitraze $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$	Deltaméthrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	L-cyhalothrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Cyperméthrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Méthomyl $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Azinphos-méthyl $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$
DL50 (seuil 5%)	0,494 (0,273–0,890)	0,062 (0,048–0,077)	50,592 (40,47–6,68)	41,778 (31,078–54,975)	508,92 (384,41–770,84)	0,172 (0,146–0,201)	0,233 (0,187–0,277)
Pente (écart type)	1,933 (0,508)	2,623 (0,365)	1,612 (0,144)	1,543 (0,183)	1,739 (0,314)	2,001 (0,198)	2,314 (0,274)
Mortalité ^a (%)	100	100	22,9	12,5	5,3	89,9	88,1

Stade L5

Paramètre considéré	Abamectin $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Amitraze $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$	Deltaméthrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	L-cyhalothrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Cyperméthrine $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Méthomyl $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Azinphos-méthyl $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$
DL50 (seuil 5%)	1,003 (0,670–1,373)	0,086 (0,067–0,110)	26,34 (15,52–37,14)	21,518 (16,725–26,945)	207,368 (77,206–543,65)	0,297 (0,226–0,370)	0,724 (0,585–0,885)
Pente (écart type)	1,831 (0,314)	2,081 (0,271)	2,456 (0,498)	1,697 (0,173)	1,740 (0,681)	1,970 (0,279)	3,019 (0,419)
Mortalité ^a (%)	98,1	97,8	33,2	21,0	17,5	78,6	25,4

^a Pourcentage de mortalité à la dose homologuée contre le psylle (déduit de la régression) : Abamectin $13,5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, Amitraze $0,8 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$, Deltaméthrine $17,5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, Cyperméthrine $60 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, ou, à défaut, contre le carpocapse (*Cydia pomonella*): L-cyhalothrine $7,5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, Méthomyl $0,75 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$, Azinphos-méthyl $0,4375 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$.

L'augmentation des pourcentages de mortalité observée pour les pyréthrinoïdes au stade L5 est due à la mortalité d'adultes éclos avant le contrôle.

réalisé le 2 juillet 1998 avec l'amitraze, avait donné une DL50 de $0,085 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ et une DL95 de $0,530 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$.

3.3. Variabilité de la toxicité de l'abamectin et de l'amitraze sur les larves L5

Les taux de toxicité de l'abamectin et de l'amitraze utilisés sans huile ont été estimés en fonction des rapports de DL50 calculés en prenant pour dénominateur la DL50 la plus faible observée, soit celle des Mées

en juin 1999 pour l'abamectin (DL50 = $0,158 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) et de Peyruis en juin 1998 pour l'amitraze (DL50 = $0,024 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$). Dans un même verger, les taux de toxicité ont varié d'une date de prélèvement à l'autre (figures 1, 2). Quel que soit l'insecticide considéré, le regroupement des données par mois, indépendamment de l'année, ne montre pas de relation entre la période du test et la DL50. Les DL50 observées avec l'abamectin au cours de l'année 2002, dans trois localités (Caumont, Peyruis et Les Mées), ont été plus élevées que celles observées pendant les trois années précédentes ;

Tableau II.

Comparaison des DL50 et DL95 observées sur des larves du dernier stade, de populations de *Cacopsylla pyri* prélevées dans différentes localités du sud-est de la France et traitées en laboratoire par pulvérisation avec de l'insecticide seul (abamectine ou amitraze) ou en mélange avec une huile (Oliocin ou Seppic) à 0,3 %.

Localité	Traitement	Date	DL50 ^a ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Taux de synergie ^b	DL95 ^a ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Taux de synergie ^b	Pente (écart type)
Traitement par pulvérisation d'abamectin :							
Peyruis	Produit seul	Juillet	0,664 (0,495–0,825)		3,542 (2,569–5,962)		2,263 (0,318)
	Produit + Oliocin	1998	0,072 (0,011–0,428)	9,2	1,510 (0,038–78,94)	2,3	1,245 (0,937)
Charly	Produit seul	Juillet	1,177 (0,868–1,486)		6,223 (4,393–11,06)		2,275 (0,332)
	Produit + Oliocin	1998	0,228 (0,129–0,478)	5,2	5,938 (1,764–129,1)	1,0	1,163 (0,269)
St Rémy	Produit seul	Juillet	0,923 (0,572–1,490)		10,25 (3,153–38,11)		1,574 (0,371)
	Produit + Oliocin	1998	0,081 (0,033–0,144)	11,4	3,634 (2,100–8,324)	2,8	0,995 (0,136)
Monétier	Produit seul	Août	0,260 (0,103–0,652)		2,433 (0,386–16,18)		1,693 (0,687)
	Produit + Oliocin	1999	0,087 (0,008–0,175)	3,0	8,664 (1,501–)	–	0,823 (0,312)
Traitement par pulvérisation d'amitraze :							
Caumont	Produit seul	Avril 1999	0,099 (0,050–0,196)		1,603 (0,296–10,41)		1,360 (0,404)
	Produit + Seppic		0,071 (0,050–0,094)	1,4	0,600 (0,359–1,474)	2,7	1,771 (0,273)
Monétier	Produit seul	Mai 1999	0,031 (0,011–0,077)		0,691 (0,135–4,731)		1,227 (0,428)
	Produit + Seppic		0,027 (0,005–0,046)	1,1	1,180 (0,333–344,12)	0,6	0,999 (0,330)
Les Mées	Produit seul	Juin 1999	0,071 (0,054–0,092)		0,478 (0,311–0,956)		1,993 (0,269)
	Produit + Seppic		0,063 (0,048–0,079)	1,1	0,350 (0,239–0,640)	1,4	2,196 (0,289)
St Rémy	Produit seul	Juin 1999	0,086 (0,067–0,110)		0,531 (0,349–1,031)		2,081 (0,271)
	Produit + Seppic		0,038 (0,028–0,050)	2,2	0,442 (0,244–1,285)	1,2	1,544 (0,236)
Monétier	Produit seul	Juillet	0,068 (0,043–0,107)		2,638 (0,961–19,89)		1,036 (0,184)
	Produit + Seppic	1999	0,037 (0,023–0,052)	1,8	0,416 (0,244–1,117)	6,3	1,571 (0,267)

^a DL50 et DL95 (intervalle de confiance au seuil 5 %).

^b Taux de synergie (DL50 insecticide seul / DL50 insecticide + huile).

elles présentent aussi des intervalles de confiance élevés.

En considérant un ensemble de tests effectués sur larves L5 de 1998 à 2002, prélevées dans 14 localités (37 tests avec l'abamectin et 27 tests avec l'amitraze) [1], la distribution du nombre de ces tests (*figure 3*) en fonction des taux de toxicité (calculés comme précédemment en prenant pour dénominateur commun la DL50 la plus faible observée) montre des taux de tolérance plus étendue pour l'abamectin (1 à 25 fois) que pour l'amitraze (1 à 6 fois). Cependant, des six tests réalisés avec l'aba-

mectin, observés avec une DL50 supérieure à 10 fois, cinq appartiennent à l'année 2002 et un à l'année 1998 (Montauban).

3.4. Tests sur adultes hivernants

La mortalité des adultes hivernants, obtenue par application topique de deltaméthrine à la dose homologuée contre le psylle, a été faible dans tous les cas, 17 % lorsqu'utilisée seule, 16,3 % avec 1 % d'Oliocin et 11,3 % avec 3 % d'Oliocin (*tableau III*). Un résultat semblable a été observé avec le méthomyl à la dose homologuée contre le carpocapse

[(12,5, 20 et 38,8) %]. L'huile appliquée seule en topique n'a pas été efficace.

Par contact tarsal, la deltaméthrine ou le méthomyl, appliqués seuls, ont provoqué respectivement (37,5 et 56,3) % de mortalité. Leur association avec une huile à (1 ou 3) % a nettement accru ce pourcentage (tableau III). Toutefois, la forte mortalité observée [(57,5 et 98,8) %] par contact tarsal avec l'huile seule à (1 ou 3) %, respectivement, relativise les résultats obtenus avec le mélange insecticide et huile.

3.5. Tests sur œufs

3.5.1. Période estivale

Les pourcentages de mortalités observés aux doses homologuées sur psylles avec les pyréthriinoïdes ou l'abamectin, appliquées par pulvérisation sur des œufs pondus sur des plants de poiriers en cours de végétation ont été très faibles (< 10 %) ; ils ont été légèrement plus élevés pour l'amitraz (23,5 %) (tableau IV).

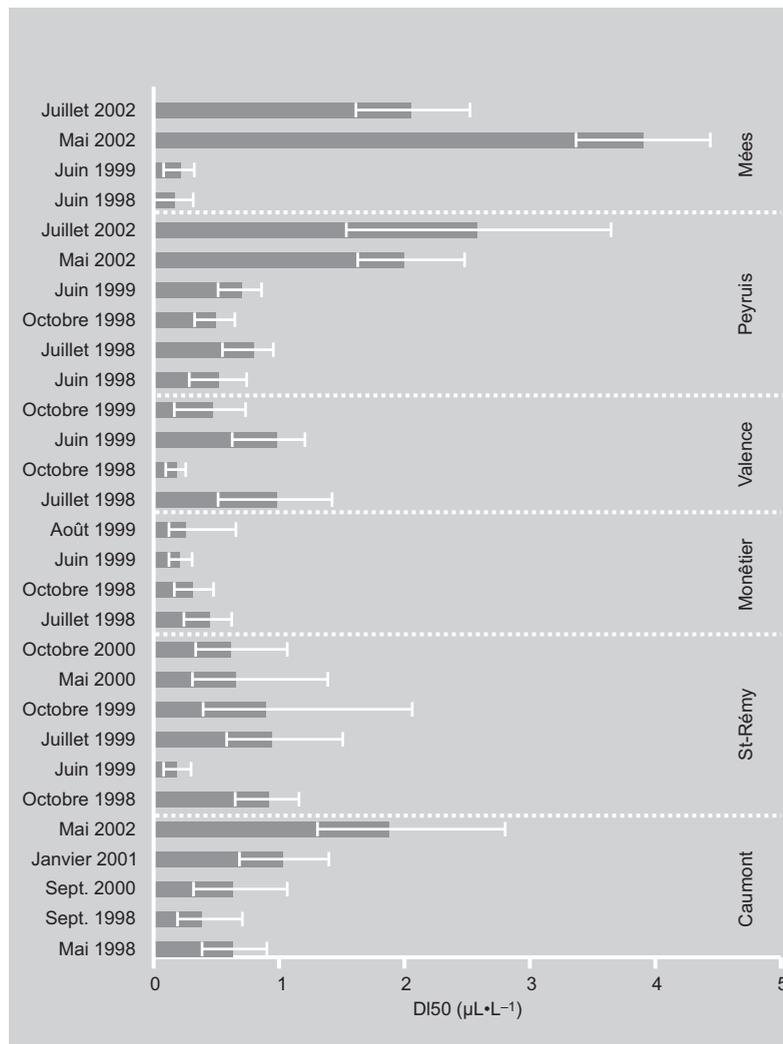
La mortalité observée (68,2 %) avec le méthomyl à la dose homologuée contre le carpocapse a été sensiblement plus élevée que celles observées avec deux organophosphorés (azinphos-méthyl et phosmet). L'association à l'insecticide d'une huile ou d'une solution d'alcools terpéniques à la dose de 0,3 % n'a pas permis d'augmenter l'efficacité de ces produits ; dans les cas de l'amitraz et du méthomyl, elle a même paru diminuer leur efficacité.

L'efficacité de l'hexaflumuron pulvérisé sur les œufs pondus a été nulle. Elle s'est faiblement accrue (21 %) lorsque la pulvérisation a été faite avant la ponte.

Le pourcentage de mortalité du lot témoin traité avec de l'eau a été dans certains cas supérieur (10,4 %) à celui des lots traités avec un insecticide. Ce résultat serait dû à des pourcentages élevés d'œufs stériles observés dans quelques lots lors de la reprise du développement ovarien, notamment lorsque des adultes ont été introduits trop tôt dans les conditions du laboratoire.

3.5.2. Période hivernale

Une étude semblable à celle effectuée en période estivale, mais réalisée en hiver sur



plants hivernants (les résultats obtenus au laboratoire n'ont pas été différents de ceux observés sous abri insectarium et ont été regroupés), a confirmé l'absence d'efficacité ovicide des pyréthriinoïdes (tableau V). Le méthomyl appliqué à la dose homologuée contre le carpocapse a montré une efficacité identique à celle observée pendant la période estivale (68,3 %). Elle est inférieure à celle obtenue avec le DNOC (85,4 %), interdit à la vente depuis 2000. L'association d'une huile à 3 %, autorisée en traitement avant floraison, n'a pas accru la mortalité par rapport aux insecticides utilisés seuls.

Figure 1. Toxicité de l'abamectin, évaluée par la mesure des DL50 ($p > 5$ %), sur des larves de *Cacopsylla pyri* L. au cinquième stade (L5) transférées sur plants de poirier et traitées par pulvérisation, en fonction de localités et de dates de prélèvement différentes.

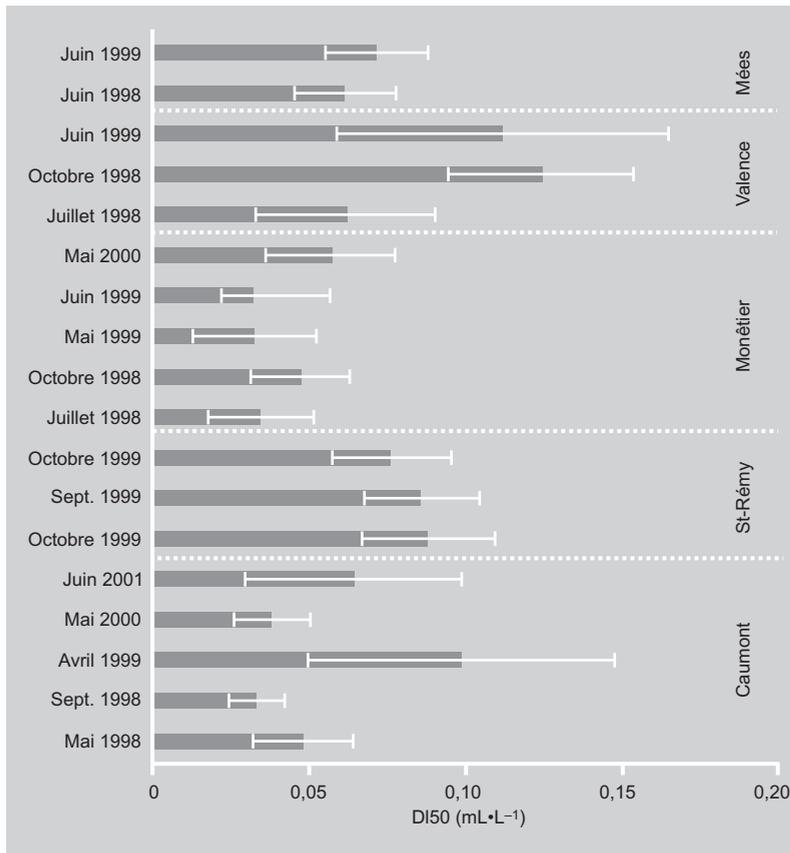


Figure 2. Toxicité de l'amitraz, évaluée par la mesure des DL50 ($p > 5\%$), sur des larves de *Cacopsylla pyri* L. au cinquième stade (L5) transférées sur plants de poirier et traitées par pulvérisation, en fonction de localités et de dates de prélèvement différentes.

4. Discussion et conclusion

Les tests par pulvérisation sur les différents stades larvaires de *C. pyri*, ont montré une efficacité maximale de l'abamectin et de l'amitraz aux stades L1 à L4 ; cette efficacité a baissé légèrement au stade L5 pour l'un et l'autre des insecticides.

Quel que soit le stade de développement de l'insecte, les pyréthrinoïdes n'ont eu qu'une faible efficacité. La diminution des DL50 observée lorsque le traitement avec des pyréthrinoïdes avait été effectué au stade L5 a correspondu au cumul de la mortalité qui s'est poursuivie au stade « jeune adulte » avant que le contrôle ne soit effectué 6 j après le traitement.

L'aziphos-méthyl n'a eu qu'une faible efficacité, ce qui est en concordance avec la résistance observée au stade adulte [6].

À la dose homologuée contre le carpocapse, le méthomyl a présenté une effica-

ité élevée aux stades L1 à L4, mais celle-ci a diminué au dernier stade larvaire. Compte tenu de l'effet adulticide du méthomyl, il peut être supposé que le pourcentage de mortalité au stade L5 a été surévalué. Les tests réalisés avec cet insecticide, non homologué contre le psylle, se justifient par le fait de son utilisation en vergers de poiriers contre le carpocapse et éventuellement d'autres Tortricidae et par l'absence de différence de sensibilité observée entre populations (résultats non publiés). Pour les pyréthrinoïdes, comme vraisemblablement pour les organophosphorés et les carbamates, la durée du test pourrait être réduite dans le cas des traitements sur stade L5. L'association d'une huile de pétrole d'été avec un indice de sulfonation élevé ($> 92\%$), utilisée sur L5 à la dose de $0,3\%$, a produit un effet de synergie assez net avec l'abamectin et relativement faible avec l'amitraz. La synergie de l'abamectin par les huiles de pétrole a été expliquée par une augmentation de la pénétration et par un rôle de transport de l'insecticide dans les tissus foliaires qui seraient imputables à l'utilisation d'huiles [7]. Dans les conditions naturelles, les huiles peuvent aussi avoir un rôle protecteur contre la dégradation de l'insecticide par le rayonnement solaire [8].

Les DL50 obtenues à l'issue des tests réalisés sur L5, de 1998 à 2002, avec l'amitraz et l'abamectin, sur des populations géographiquement éloignées, ont varié indépendamment de la localité et des dates de prélèvements. Les taux de toxicité, calculés par rapport à la population la plus sensible, se sont échelonnés de (2 à 6) fois pour l'amitraz et de (2 à 25) fois pour l'abamectin. Toutefois, pour l'abamectin, ce sont essentiellement les tests effectués au printemps 2002 qui ont présenté les plus forts rapports de DL50 (supérieurs à 10 fois). Il est regrettable qu'aucun test réalisé avec l'amitraz, durant cette même période, n'ait permis une comparaison. Actuellement, il n'est pas possible de savoir si cette baisse de sensibilité résulte de facteurs expérimentaux ou d'une tolérance nouvelle qui pourrait alors s'apparenter à une résistance. Signalons que tous les tests ont été réalisés sous éclairage artificiel sans adjonction d'huile et en l'absence de miellat. Si des résistances à l'abamectin ont été rapportées

contre différents insectes [9], à notre connaissance aucune mention n'a été faite concernant le genre *Cacopsylla*. D'autres tests seront nécessaires pour vérifier les résultats observés au printemps 2002. Aucun cas formel de résistance n'a également été rapporté en ce qui concerne l'ami-traze. En Suisse, bien qu'aucun signe d'une nette résistance à l'ami-traze n'ait été observé, une surveillance régulière est cependant préconisée, en rapport avec certains résultats constatés dans les cantons de Vaud et du Valais [10]. Les cas d'échecs de la lutte, observés après une application d'ami-traze ou d'abamectin, peuvent avoir différentes origines parmi lesquelles on peut citer de très fortes populations de larves avec des rameaux recouverts de miellat, des conditions climatiques défavorables, des difficultés techniques de pulvérisation entraînant un sous dosage lors du traitement. Dans ce dernier cas, la population restante présente alors une tolérance accrue lors du second traitement. Ce phénomène a été constaté dans différentes localités, les rapports de DL50 observés entre des larves prélevées avant et après un traitement peuvent varier de (2 à 3) fois. Néanmoins,

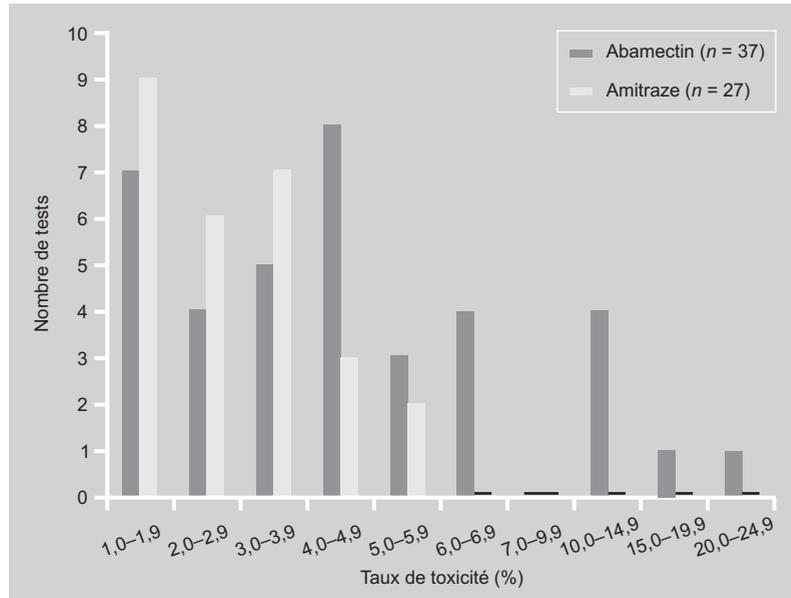


Figure 3. Distribution par classes des taux de toxicité calculés en prenant pour dénominateur commun la DL50 la plus faible observée, pour des larves de *Cacopsylla pyri* L. au cinquième stade (L5) prélevées dans 14 localités du sud-est français, transférées sur plants de poirier en laboratoire et traitées avec de l'abamectin ou de l'ami-traze, par pulvérisation (tests effectués de 1998 à 2002).

Tableau III.

Mortalité d'adultes hivernants de *Cacopsylla pyri* traités avec de la deltaméthrine ou du méthomyl, selon deux techniques (application topique ou contact tarsal), à la dose homologuée sur psylle ou sur carpocapse, seuls ou en mélange avec une huile de pétrole (Oliocin).

Insecticide	Traitement + Oliocin (%)	Application topique		Contact tarsal	
		Mortalité (%)	Nombre d'adultes traités	Mortalité (%)	Nombre d'adultes traités
Deltaméthrine à 17,5 µL·L ⁻¹ (dose homologuée sur psylle)	-	17,0	100	37,5	80
	1	16,3	80	97,5	80
	3	11,3	80	100	80
Méthomyl 0,75 mL·L ⁻¹ (dose homologuée sur carpocapse)	-	12,5	80	56,3	80
	1	20,0	80	95,0	80
	3	38,8	80	100	80
Aucun	1	4,6	130	57,5	120
	3	7,7	130	98,8	80
Témoin eau	-	5,2	171	11,5	320

Tableau IV.

Effet ovicide du traitement par pulvérisation d'œufs de *Cacopsylla pyri* pondus sur le feuillage de jeunes plants de poirier en période estivale : test de différents insecticides, à la dose homologuée sur le psylle du poirier ou, à défaut, sur le carpocapse (*Cydia pomonella* L.), utilisés seuls ou en mélange avec une huile de pétrole.

Traitement		Oeufs non éclos (%)	Nombre total d'œufs pondus
Insecticide	+ huile de pétrole à 0,3 %		
Amitraze (0,8 mL matière active · L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)	–	23,5	899
	Seppic	6,8	413
	Héliosol	5,2	672
Abamectin (0,0135 mL matière active · L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)		3,7	214
	Seppic	9,1	164
	Héliosol	9,1	285
		8,6	416
Deltaméthrine (0,0175 mL matière active · L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)	Seppic	7,9	675
	Héliosol	3,8	184
Cyperméthrine (0,06 mL matière active · L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)	–	1,2	422
	Seppic	0,3	631
	Héliosol	2,0	245
Méthomyl (0,75 mL matière active · L ⁻¹) (dose homologuée sur le carpocapse)		68,2	1132
	Seppic	46,9	823
	Héliosol	38,0	366
		–	38,1
Azinphos-méthyl (0,4375 mL matière active · L ⁻¹) (dose homologuée sur le carpocapse)		25,7	202
	Seppic	0,3	364
	Héliosol	4,9	287
Témoin eau	–	10,4	1707

des différences d'efficacité à ces deux insecticides peuvent apparaître entre des larves prélevées dans un même verger à différentes dates, sans qu'il soit toujours possible de les relier avec le programme de traitements.

Le psylle, insecte piqueur-suceur, est étroitement inféodé à sa plante hôte et son développement peut être influencé par la conduite culturale du verger [11]. Par ailleurs, nous avons constaté la présence chez l'adulte d'importantes variations des taux de synergie de la deltaméthrine avec le pypéronyl butoxide [12], qui laissent supposer la présence de mono-oxygénases dont

le rôle de détoxification vis-à-vis des xénotoxiques en général est connu [13–15].

Les tests réalisés sur adultes hivernants par contact tarsal semblent montrer que l'adjonction d'huile à (1 ou 3) % accroît la toxicité de la deltaméthrine et du méthomyl ; toutefois, l'efficacité de l'huile appliquée seule à (1 ou 3) %, relativise ce résultat. Il est vraisemblable que l'efficacité sur adultes de l'huile pulvérisée sur des jeunes plants au laboratoire ne correspond pas à celle observée dans les vergers sur des arbres avec une écorce rugueuse et des infractuosités difficiles à atteindre, sauf

Tableau V.

Effet ovicide du traitement par pulvérisation d'œufs de *Cacopsylla pyri* pondus sur le feuillage de jeunes plants de poirier en période hivernante : test de différents insecticides, à la dose homologuée sur le psylle du poirier ou, à défaut, sur le carpocapse (*Cydia pomonella* L.), utilisés seuls ou en mélange avec une huile de pétrole.

Insecticide	Traitement	Œufs non éclos (%)	Nombre d'œufs pondus
	+ huile de pétrole à 3 %		
Deltaméthrine (0,0175 mL matière active·L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)	–	12,9	529
	Seppic	6,3	995
Cyperméthrine (0,060 mL matière active·L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)	–	12,7	292
	Seppic	15,8	405
L-cyhalothrine (0,0075 mL matière active·L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)	–	13,1	677
	Seppic	4,2	633
Méthomyl (0,75 mL matière active·L ⁻¹) (dose homologuée sur le carpocapse)	–	68,3	877
	Seppic	53,5	377
DNOC ^a (6,15 g matière active·L ⁻¹) (dose homologuée sur le psylle du poirier)	–	85,4	501
	Seppic	86,7	271
–	Seppic	11,0	501
Témoin eau	–	8,3	1272

^a Interdit à la vente depuis 2000.

peut-être si le traitement est effectué avec un volume de pulvérisation important [16]. D'autre part, un effet inhibiteur des huiles sur le dépôt des pontes sur les plants hivernants a été rapporté [17, 18]. Cette action de différer la ponte peut avoir pour conséquence son regroupement sur les bourgeons en cours de débourrement. En revanche, l'efficacité par application topique est dans tous les cas très réduite.

Les tests réalisés sur œufs par pulvérisation confirment l'absence ou la faible efficacité des insecticides, aussi bien sur œufs pondus sur feuilles que sur plants hivernants. Parmi les insecticides testés, seul le méthomyl présente aux deux périodes, estivale et hivernale, une efficacité ovicide intéressante, inférieure toutefois à celle observée avec le DNOC. Le méthomyl présente cependant l'inconvénient d'avoir une

efficacité non négligeable sur la faune utile. L'adjonction d'une huile ou d'une solution d'alcools terpéniques ne procure pas d'accroissement de l'efficacité des insecticides testés. Notons que l'absence de synergie du méthomyl avec une huile avait déjà été observée [19]. Utilisée seule, l'huile n'a pas ou peu d'effet sur les œufs ; ce résultat a été confirmé par ailleurs [17].

De nombreux travaux ont montré l'intérêt des huiles dans la lutte contre les psylles [18, 19] et leur possible intégration dans un programme de lutte raisonnée [20]. On peut distinguer trois périodes dans la lutte contre le psylle du poirier : post-hivernale (février à mars), printanière (avril à juin) et, plus accessoirement, pré-automnale (fin août–début octobre). Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que la stratégie de lutte post-hivernale reste

actuellement la plus difficile à concevoir, compte tenu du retrait des colorants nitrés et de la résistance de l'insecte aux pyréthri-noïdes. Ce sont cependant les résultats obtenus durant la période post-hivernale qui conditionnent en partie la réussite de la lutte printanière contre *C. pyri* [3] et, en conséquence, la limitation par la suite du nombre de traitements spécifiques avec l'amitrazé ou l'abamectin. Les résultats obtenus au laboratoire, même s'ils doivent être étayés par des essais en vergers, montrent cependant l'intérêt et les limites de leur utilisation. Quelle que soit la stratégie de lutte, l'objectif reste la limitation du nombre de traitements et la prévention des résistances aux insecticides. Les résultats présentés dans cette étude peuvent aider à concevoir cette lutte raisonnée.

Remerciements

Les auteurs remercient les collègues qui ont facilité l'échantillonnage des populations de psylles ainsi que les sociétés phytosanitaires qui ont fourni les insecticides.

Références

- [1] Buès R., Toubon J.F., Boudinhon L., Bioassay methodology and resistance of pear psylla (*Cacopsylla pyri*) to insecticides, in: Denholm I., Loannidis P.M. (Eds.), *Combating insecticide resistance*, ENMARIA-IRAC, Entomological Society of Greece, Thessaloniki, Greece, 1999, pp. 58–64.
- [2] Atger P., Faivre d'Arcier F., Dynamique des populations de psylles (*Psylla pyri* L.) en verger de poirier, in: *Colloq. Rech. Fruit., Inra*, Bordeaux, France, 1981, pp. 277–286.
- [3] Sauphanor B., Brosse V., Monier C., Bouvier J.C., Differential ovicidal and larvicidal resistance to benzoylureas in the codling moth, *Cydia pomonella*, *Entomol. Exp. Appl.* 88 (1998) 247–253.
- [4] Horton D.R., Monitoring of pear psylla for pest management decisions and research, *Integr. Pest Manag. Rev.* 4 (1999) 1–20.
- [5] Raymont M., Probit CNRS-UMII, Licence L93019, Avenix, Saint-Georges-d'Orques, France, 1993, 24 p.
- [6] Buès R., Toubon J.F., Boudinhon L., Genetic analysis of resistance to azinphosmethyl in the pear psylla *Cacopsylla pyri*, *Entomol. Exp. Appl.* 96 (2000) 159–166.
- [7] Lasota J.A., Dybas R.A., Avermectins, novel class of compounds: implications for use in arthropod pest control, *Annu. Rev. Entomol.* 36 (1991) 91–117.
- [8] Horowitz A.R., Mendelson Z., Ishaaya I., Effect of abamectin mixed with mineral oil on the sweetpotato Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae), *J. Econ. Entomol.* 90 (1997) 349–353.
- [9] Clark J.M., Scott J.G., Campos F., Bloomquist J.R., Resistance to avermectins: extent, mechanisms, and management implications, *Annu. Rev. Entomol.* 40 (1994) 1–30.
- [10] Schaub L., Bloesch B., Pittet O., Rippstein F., La résistance des psylles du poirier à l'amitrazé menace, *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 29 (1997) 143–144.
- [11] Pfeiffer D.G., Burts E.C., Effect of tree fertilization on numbers and development of pear psylla (Homoptera: Psyllidae) and on fruit damage, *Environ. Entomol.* 12 (1983) 895–901.
- [12] Buès R., Boudinhon L., Toubon J.F., Resistance to deltamethrin and synergism by PBO in pear psylla (*Cacopsylla pyri* L.), *J. Appl. Entomol.* 127 (2003) 305–312.
- [13] Terriere L.C., Induction of detoxication enzymes in insects, *Annu. Rev. Entomol.* 29 (1984) 71–88.
- [14] Yu S.J., Host plant induction of microsomal monooxygenases in relation to organophosphate activation in Fall Armyworm larvae, *Fla. Entomol.* 69 (1986) 579–587.
- [15] Robertson J.L., Armstrong K.F., Suckling D.M., Preisler H.K., Effects of host plants on the toxicity of azinphosmethyl to susceptible and resistant Light Brown Apple Moth (Lepidoptera: Tortricidae), *J. Econ. Entomol.* 83 (1990) 2124–2129.
- [16] VanBuskirk P., Hilton R., Westigard P., Mating disruption in combination with oil sprays

- control pear pest during the foliar season, *Acta Hortic.* 475 (1998) 487–496.
- [17] Buès R., Boudinhon L., Faivre d'Arcier F., Toubon J.F., Toxicité des huiles de pétrole sur les différents stades de développement du psylle du poirier, in: *Fredec, 2^e conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux*, Fredec Nord-Pas-de-Calais, Lille, France, 2002, pp. 482–488.
- [18] Smith E.H., The susceptibility of the history stages of the pear psylla to oil treatment, *J. Econ. Entomol.* 58 (1965) 456–464.
- [19] Hesler L.S., Plapp F.W. Jr., Uses of oils in insect control, *Southwest. Entomol. Suppl.* 10 (1986) 1–8.
- [20] Zwick R.W., Westigard P.H., Prebloom petroleum oil applications for delaying pear psylla (Homoptera: Psyllidae) oviposition, *Can. Entomol.* 110 (1978) 225–236.

Toxicidad de los insecticidas en las diferentes fases de desarrollo de la psila del peral (*Cacopsylla pyri* L.).

Resumen — Introducción. En Francia, *Cacopsylla pyri* es una temible plaga de las plantaciones frutales. La lucha contra este insecto se basa, por un lado, en los tratamientos post-invernales en adultos y huevos y, por otro lado, en los tratamientos primaverales contra las larvas jóvenes. La retirada del mercado de compuestos nitrados y la resistencia de *C. pyri* a los piretroides utilizados contra los adultos al final del invierno hacen que el control post-invernal sea más difícil provocando la presencia en primavera de poblaciones larvianas importantes que pueden hacer fracasar el control. En este estudio, se probó la eficacia, en las distintas fases de desarrollo de la psila, de varios insecticidas y aceite de petróleo empleados solos o asociados. **Material y método.** Diferentes poblaciones de psila, tomadas en varias fechas en distintas localidades del sureste francés, fueron tratadas en laboratorio tras la migración de las larvas a plantas jóvenes de peral. Se aplicaron pulverizaciones de insecticida en las distintas fases larvales L1–L2, L3–L4, L5 y huevos, mientras que la fase adulta fue tratada por aplicación tópica y prueba tarsal con piretroides, abamectin, amitraz y aceites de petróleo. **Resultados.** La eficacia de abamectin y amitraz fue máxima en las fases L1 a L4, y disminuyó débilmente en las larvas de la fase L5. El DL50 de estos dos insecticidas varió en función de las localidades y las fechas de captura. La eficacia de los piretroides fue baja en todas las fases de desarrollo de la psila. Las pruebas con los aceites se mostraron eficaces frente a adultos por contacto tarsal lo que, añadido a su eficacia en larvas jóvenes, que ya fue descrita, muestra el interés de su introducción en los programas de lucha contra *C. pyri*.

Francia / *Pyrus communis* / *Cacopsylla pyri* / control químico / insecticidas / aceite mineral / toxicidad