

VIROSOFT^{CP4} : PREMIER INSECTICIDE VIRAL HOMOLOGUÉ AU CANADA POUR USAGE EN AGRICULTURE

par Caroline Provost, Charles Vincent, José Valéro et Harnaivo Rasamimanana

La pomiculture occupe depuis toujours une place importante dans l'économie agricole du Québec. Dans cette culture, comme pour d'autres cultures horticoles, les consommateurs exigent que les agriculteurs se soucient de la santé humaine et de l'environnement, tout en produisant des fruits d'apparence parfaite, et ce, aux prix les plus bas et les plus stables.

Les pomiculteurs déploient des efforts considérables pour répondre aux attentes des consommateurs, mais la gamme de produits alternatifs disponibles est plutôt restreinte. Dans ce contexte, cet article présente l'insecte cible, le carpocapse de la pomme, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera : Tortricidae), et relate la recherche et le développement concernant le Virosoft^{CP4}, le premier insecticide viral homologué au Canada pour utilisation en agriculture.

L'insecte cible et sa situation

Les insectes ravageurs en vergers de pommiers sont très nombreux et exercent des pressions fortes et constantes sur les fruits et l'arbre. Parmi eux, le carpocapse de la pomme est le ravageur le plus important de plusieurs cultures (ex. la pomme, la poire et les noix) au niveau mondial (Falcon et Huber 1991). En zones relativement sèches (ex. Nord-Ouest américain, Italie, Argentine, Australie...), la lutte contre ce ravageur requiert plusieurs traitements insecticides par année. En zones relativement humides (ex. Nord-Est américain), une combinaison de méthodes de lutte est utilisée. Dans un premier temps, la lutte contre le carpocapse est réalisée de manière indirecte par l'intermédiaire des traitements insecticides effectués contre d'autres ravageurs importants dont le charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.) (Coleoptera : Curculionidae). Dans un second temps, des traitements insecticides plus ciblés sont exécutés en présence de fortes populations de l'insecte. Cependant, depuis quelques années, plusieurs populations de carpocapse ont développé une résistance à certains insecticides, rendant ces traitements moins efficaces (Boivin *et al.* 2001; Dunley et Welter 2000; Sauphanor *et al.* 2000, 2006). De plus, le contexte légal encadrant l'utilisation des produits phytosanitaires est de plus en plus sévère dans plusieurs pays. Ainsi, au Canada, l'azinthosméthyl serait exclu de la liste d'homologation par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire en 2012 (ARLA 2008a). Outre l'utilisation d'insecticides, d'autres méthodes sont disponibles pour lutter contre le carpocapse, en particulier la confusion sexuelle à l'aide de phéromones



© Olivier Aubry, UQAM

(Falcon et Huber 1991). Toutefois, l'utilisation de ces méthodes implique des coûts importants et requiert, en cas d'échec, des outils complémentaires ayant des modes d'action très différents et dont l'effet est immédiat.

La granulose du carpocapse : un baculovirus efficace contre cet insecte

Le virus de la granulose du carpocapse (CpGV) est un baculovirus spécifique au carpocapse de la pomme et inoffensif pour les organismes non ciblés, ceci incluant les autres insectes présents en verger, les oiseaux et les mammifères (Glen *et al.* 1984; Gröner 1986; Jacques *et al.* 1981). Le granulovirus est composé de particules virales insérées individuellement dans une capsule protéinique dénommée occlusion, contenant un seul virion. Le granulovirus doit être ingéré pour être actif chez les larves du carpocapse. Après ingestion par l'insecte, les granules sont hydrolysés par le pH alcalin et les enzymes intestinaux de l'animal, ce qui libère les virions qui pénètrent dans l'hémolymphe de l'insecte par les cellules épithéliales de l'estomac. La granulose envahit la plupart des tissus incluant l'épiderme et les corps gras, causant la mort de l'insecte (Federici 1997). Le virus de la granulose est très pathogène pour son hôte; il suffit de 1,2 granule de virus pour causer la mort d'une jeune larve de carpocapse. De plus, les chenilles mortes constituent des foyers d'infection virale pour les autres larves de carpocapse (infection horizontale).

Le Virosoft^{CP4}

Le virus CpGV est utilisé dans plusieurs pays du monde. Quelques compagnies ont développé et commercialisé des formulations insecticides à base de cette granulose. Ces insecticides ont pour noms commerciaux Carpovirusine[®], Madex[®], Granupom[®], Virin-CyAP, Cyd-X[®] et Virosoft^{CP4}[®] (Arthurs et Lacey 2004; Moscardi 1999). En 1997, la compagnie BioTEPP inc. de Mont-Saint-Hilaire (Biotepp 2008) a entrepris un programme de recherche et de développement en partenariat avec le Centre de recherche et de développement en horticulture d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada de Saint-Jean-sur-Richelieu. Ces travaux ont permis d'isoler une souche québécoise du virus de la granulose qui a été homologuée au Canada et aux États-Unis sous le nom commercial de Virosoft^{CP4} (ARLA 2008b; Vincent *et al.* 2007). L'insecticide viral actuellement produit à Cap-Chat (Québec) continue d'être l'objet de recherche en vue, d'une part, de l'affinement de son efficacité et, d'autre part, de la mise à niveau d'une production industrielle sur une plus grande échelle, créant ainsi des emplois en biotechnologie. Le principe actif du Virosoft^{CP4} est obtenu par infection de larves vivantes du carpocapse élevées en masse.

La recherche et le développement concernant le Virosoft^{CP4}

L'insecticide biologique Virosoft^{CP4} a fait l'objet de plusieurs études évaluant sa virulence contre le carpocapse (Arthurs et Lacey 2004; Provost *et al.* 2006), sa persistance en vergers (Arthurs et Lacey 2004; Cossentine et Jensen 2004), sa compatibilité avec différents agents liants (Cossentine et Jensen 2004) et son efficacité en vergers (Arthurs et Lacey 2004; Provost *et al.* 2006). Ces travaux ont été effectués dans diverses régions telles que le Québec, l'Ontario, la Colombie-Britannique et les états de Washington, du Michigan et de New York, représentant diverses conditions agronomiques.

Les résultats de ces multiples études démontrent que le Virosoft^{CP4} est efficace contre le carpocapse, tant en conditions de laboratoire qu'en vergers. Le Virosoft^{CP4} permet de réduire les populations du carpocapse dans différentes conditions agronomiques et il est compatible avec les méthodes de lutte utilisées en vergers commerciaux. Il est inoffensif pour les insectes bénéfiques observés en vergers, les animaux ainsi que les humains. Enfin, il a été démontré que le Virosoft^{CP4} a une persistance en champs allant jusqu'à huit jours. L'ajout d'additifs, tels que différentes huiles (minérale, de poisson et de soya), n'augmente pas et ne prolonge pas l'efficacité du Virosoft^{CP4} en verger (Cossentine et Jensen 2004; Provost *et al.* 2006).

Chaque année depuis 2003, différents essais sont menés dans un verger biologique de Mont-Saint-Hilaire (Provost *et al.* 2006). Ce mode de production est très exigeant et les produits antiparasitaires admissibles sont restreints. Le Virosoft^{CP4} est le seul insecticide viral valable contre le carpocapse admissible en verger biologique. Les essais réalisés en 2003 et 2004 démontrent, d'une part, que ce bioinsecticide réduit si-

gnificativement les dommages causés par le carpocapse (Fig. 1A et B), sauf en début de saison 2003 (28 juillet). D'autre part, l'ajout d'additif, comme le Surround, l'huile de soya ou l'huile minérale, n'améliore pas l'efficacité du produit (Fig. 1A et B). Par ailleurs, l'augmentation de la fréquence de traitements (nombre plus grand de traitements, avec un intervalle de temps réduit) n'améliore pas l'efficacité insecticide du Virosoft^{CP4}, sauf le 28 juillet 2003 (Fig. 1A). Ainsi, les résultats obtenus démontrent que ce produit permet de lutter contre le carpocapse en production biologique.

L'utilisation du Virosoft^{CP4} requiert toutefois une attention particulière. Comme le virus ne persiste que quelques jours une fois répandu sur le pommier, les traitements doivent être effectués de façon optimale. En effet, les jeunes larves du carpocapse se nourrissent durant une courte période de temps avant de pénétrer dans les fruits, le moment de l'application doit donc être synchronisé avec l'éclosion des jeunes larves, afin qu'elles absorbent le Virosoft^{CP4} avant de s'insérer dans la pomme. L'insecticide peut aussi être ingéré par la chenille lorsqu'elle se nourrit sur les feuilles et sur la surface de la pomme, et ce, en moins de 3,5 minutes (Ballard *et al.* 2000). La quantité de virus ingérée dépend de la concentration du Virosoft^{CP4} et du temps d'exposition de la larve à ce produit. Un dépistage régulier du carpocapse et une synchronisation du début des applications en utilisant le Biofix (cumul défini des degrés-jours à partir de la première capture soutenue de papillons mâles à l'aide de pièges à phéromone) sont deux conditions essentielles pour assurer l'efficacité de l'épandage du Virosoft^{CP4}.

La résistance du carpocapse au virus de la granulose

L'utilisation continue du virus de la granulose comme unique méthode de lutte contre le carpocapse pendant plusieurs années pourrait réduire l'efficacité du produit. En effet, dans les pays européens, une résistance au virus de la granulose a été observée dans certains vergers où il était utilisé depuis plusieurs années (Asser-Kaiser *et al.* 2007; Eberle et Jehle 2006; Fritsch *et al.* 2005; Sauphanor *et al.* 2006). La résistance au virus de la granulose peut être évitée par différents procédés tels que la réduction du nombre de traitements, l'association avec la confusion sexuelle et l'emploi de méthodes prophylactiques comme la pose de cartons ondulés à la base des pommiers à l'automne et la destruction des fruits affectés (Charmillot et Pasquier 2002; Sauphanor *et al.* 2006).

L'avenir du Virosoft^{CP4}

Les pomiculteurs sont toujours à l'affût de méthodes d'avant-garde pour gérer leurs vergers de façon efficace et responsable. Le Virosoft^{CP4} ayant fait l'objet d'expérimentations dans plusieurs localités d'Amérique du Nord, plusieurs producteurs connaissent l'existence et la valeur de cet insecticide spécifique contre le carpocapse. Comme pour n'importe quel insecticide, son utilisation doit être effectuée selon les normes d'application relatives à l'homologation. Il peut de surcroît



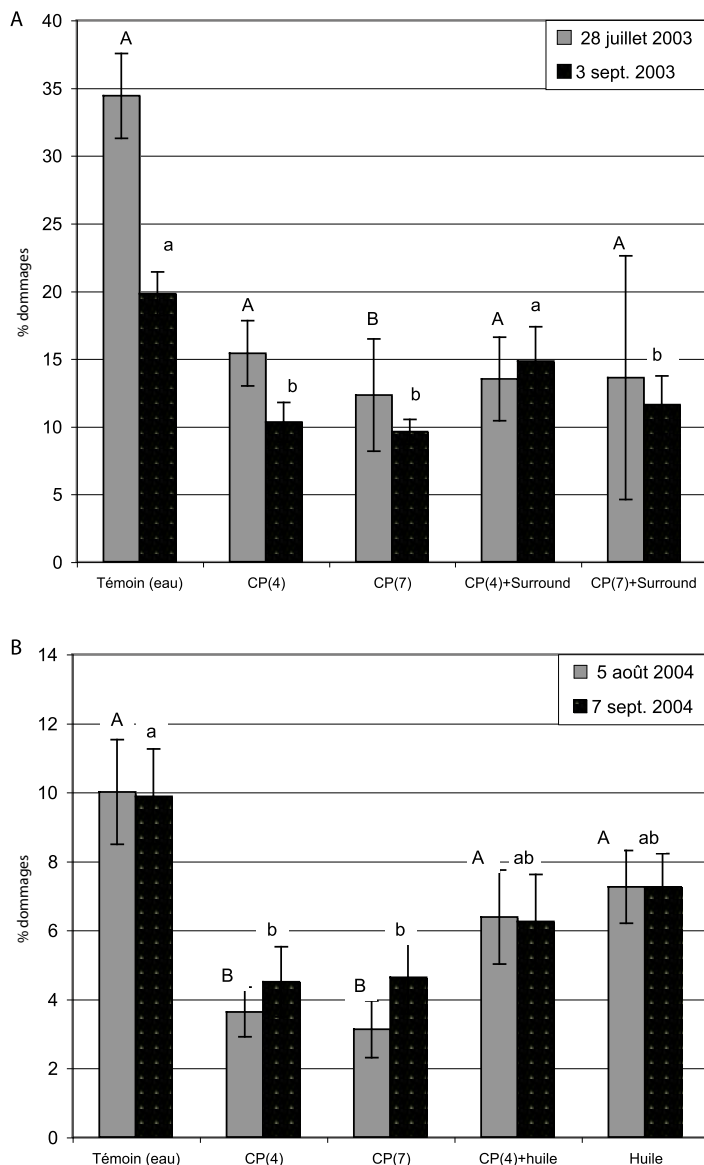


Figure 1. Évaluation des dommages du carpocapse selon différents traitements dans un verger biologique de Mont-Saint-Hilaire en 2003 (A) et en 2004 (B). Les lettres différentes indiquent une différence significative pour une même date d'évaluation selon un test de Tukey-Kramer. CP(4) = 4 applications du Virosoft^{CP4}; CP7 = 7 applications du Virosoft^{CP4}; CP(4)+Surround = 4 applications du Virosoft^{CP4} + Surround; CP7+Surround = 7 applications du Virosoft^{CP4} + Surround; CP(4)+huile = 4 applications du Virosoft^{CP4} + huile de soja; huile = 4 applications d'huile de soja. Les dosages des produits étaient les suivants : Virosoft^{CP4}, 250 mL/ha; Surround, 1,5 kg/100 L; huile de soja, 1 L/2000 L, ou 0,05 %.

être utilisé en complémentarité avec la confusion sexuelle. Dans ce contexte, BioTEPP investit continuellement dans la recherche et le développement pour optimiser et rentabiliser la production du Virosoft^{CP4} et réalise de nouveaux projets concernant d'autres insecticides viraux.

Remerciements

Les auteurs remercient Claude St-Jacques et Louis Samson pour leurs commentaires sur le manuscrit ainsi que Christian de Cavel (Verger Gaston à Mont-Saint-Hilaire) pour avoir mis à leur disposition son verger biologique pour fins d'essais.

Ils remercient aussi Joan Cossentine (AAC, Summerland) et Katryn Carter (OMAFRA) pour leur contribution aux essais en verger.

Références pertinentes

- Asser-Kaiser, S., E. Fritsch, K. Undorf-Spahn, J. Kienzle, K.E. Eberle, N.A. Gund, A. Reineke, C.P.W. Zebitz, D.G. Heckel, J. Huber et J.A. Jehle. 2007. Rapid emergence of baculovirus resistance in codling moth due to dominant, sex-linked inheritance. *Science* 317 : 1916-1918.
- ARLA. 2008a. Note de réévaluation Rev2007-08. [<http://www.pmra-arla.gc.ca/francais/pdf/rev/rev2007-08-f.pdf>] [consulté le 17 mars 2008].
- ARLA. 2008b. Information sur les produits : étiquette Virosoft^{CP4}. [http://pr-rp.pmra-arla.gc.ca/pls/portal/PUBLIC_REGISTRY.LBL_ABSTRACT_F?p_disp_regnum='26533'&p_regnum=26533] [consulté le 17 mars 2008].
- Arthurs, S.P. et L.A. Lacey. 2004. Field evaluation of commercial formulations of the codling moth granulovirus: persistence of activity and success of seasonal applications against natural infestations of codling moth in Pacific Northwest apple orchards. *Biol. Control* 31 : 388-397.
- Ballard, J., D.J. Ellis et C.C. Payne. 2000. Uptake of granulovirus from the surface of apples and leaves by first instar larvae of the codling moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Olethreutidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 10 : 617-625.
- BioTEPP. 2008. [<http://www.biotepp.com/>] [consulté le 17 mars 2008].
- Boivin, T., C. Chabert d'Hières, J.C. Bouvier, D. Beslay et B. Sauphanor. 2001. Pleiotropy of insecticide resistance in the codling moth, *Cydia pomonella*. *Entomol. Exp. Appl.* 99 : 381-386.
- Charmillot, P.J. et D. Pasquier. 2002. Combinaison de la technique de confusion et du virus de la granulose contre les souches résistantes de carpocapse *Cydia pomonella*. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 34 : 103-108.
- Cossentine, J.E. et L.B.M. Jensen. 2004. Persistence of a commercial codling moth granulovirus product on apple fruit and foliage. *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia* 101 : 87-92.
- Dunley, J.E. et S.C. Welter. 2000. Correlated insecticide cross-resistance in azinphosmethyl resistant codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 96 : 955-962.
- Eberle, K.E. et J.A. Jehle. 2006. Field resistance of codling moth against *Cydia pomonella* granulovirus (CpGV) is autosomal and incompletely dominant inherited. *J. Invert. Pathol.* 93 : 201-206.
- Falcon, L.A. et J. Huber. 1991. Biological control of the codling moth. Pages 365-369 dans L.P.S. Van der Geest et H.H. Evenhuis (éds.), *World Crop Pests. 5. Tortricid pests, their biology, natural enemies and control*. Elsevier, New York.
- Federici, B.A. 1997. Baculovirus pathogenesis. Pages 33-59 dans L.K. Miller (éd.), *The baculoviruses*. Plenum Press, New York.
- Fritsch, E., K. Undorf-Spahn, J. Kienzie, C.P.W. Zebitz et J. Huber. 2005. Codling moth granulovirus: First indication of variations in the susceptibility of local codling moth populations. *Nachrbl. Dtsch. Pflanzenschutzd.* 57 : 29-34.

- Glen, D.M., C.W. Wiltshire, N.F. Milsom et P. Brain.** 1984. Codling moth granulosis virus: effects of its use on some other orchard arthropods. *Ann. Appl. Biol.* 104 : 99-106.
- Gröner, A.** 1986. Specificity and safety of baculoviruses. Pages 177-202 dans R.R. Granados et B.A. Federici (éds.), *The biology of baculoviruses*, vol I. Biological properties and molecular biology. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Jacques, R.P., J.E. Laing, C.R. MacLellan, M.D. Proverbs, K.H. Sanford et R. Trottier.** 1981. Apple orchard tests on the efficacy of the granulosis virus of the codling moth, *Laspeyresia pomonella* (Lep.: Olethreutidae). *Entomophaga* 26 : 111-118.
- Moscardi, F.** 1999. Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 44 : 257-289.
- Provost, C., C. Vincent et J. Valéro.** 2006. Essais du Virosoft^{CP4} en verger biologique. Congrès Société d'entomologie du Québec et Société d'entomologie du Canada 2006. Montréal, 18 au 22 novembre 2006.
- Sauphanor, B., V. Brosse, J.C. Bouvier, P. Speich, A. Micoud et C. Marnet.** 2000. Monitoring resistance to diflubenzuron and deltamethrin in French codling moth populations (*Cydia pomonella*). *Pest Manag. Sci.* 56 : 74-82.
- Sauphanor, B., M. Berling, J.F. Toubon, M. Reyer et J. Delnatte.** 2006. Carpacap des pommes, cas de résistance aux virus de la granulose dans le sud-est. *Phytoma* 590 : 24-57.
- Vincent, C., M. Andermatt et J. Valéro.** 2007. Madex and Virosoft^{CP4}, Viral Biopesticides for Codling Moth Control. Pages 336-343 dans C. Vincent, M. Goettel et G. Lazarovits (éds.), *Biological Control: a global perspective. Case Histories from around the world.* CAB International, Wallingford, U.K.
-
- Caroline Provost est chercheure-entomologiste chez Biotep à Mont-Saint-Hilaire.*
- Charles Vincent est chercheur au Centre de recherche et de développement en horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu.*
- José Valéro est vice-président R & D chez Biotep à Mont-Saint-Hilaire.*
- Harnaivo Rasamimanana est directeur scientifique chez Biotep à Cap Chat.*
-

