

COMPATIBILITÉ DU VIROSOFT^{MC} CP4 EN MÉLANGE AVEC DIFFÉRENTS PESTICIDES BIOLOGIQUES

INTRODUCTION

- Pour lutter contre le carpocapse de la pomme (CP), *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), plusieurs pomiculteurs utilisent des moyens de lutte à risques réduits comme le Virosoft^{MC} CP4, un bio-insecticide à base de virus de la granulose (CpGV).
- Pour une lutte efficace, ce bio-insecticide doit être appliqué à plusieurs reprises pendant une période où d'autres ravageurs et maladies sont présents, ce qui mène à des mélanges de pesticides.
- Pendant cette période, les bio-fongicides sont surtout utilisés pour lutter contre la tavelure et le bio-insecticide *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (*Btk*) est utilisé pour lutter contre la tordeuse à bandes obliques, *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae).
- Cette étude visait à estimer l'efficacité du Virosoft^{MC} CP4 en mélange avec des bio-pesticides susceptibles d'être appliqués conjointement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Tableau 1. Bio-pesticides testés lors des bioessais en laboratoire

Produits commerciaux	Abréviation	Ingrédients actifs	Doses terrain (/ha)	Concentrations (/L)
Virosoft ^{MC} CP4	CpGV	<i>Cydia pomonella</i> granulovirus souche CMGv4	0,25 L	3,56 x 10 ⁹ CIs
Bioprotec PLUS [®]	<i>Btk</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>kurstaki</i> souche EVB113-19	1,8 L	0,65 ml
Bicarbonate de potassium technique	Bp	Bicarbonate de potassium	4 kg	8 g
Kumulus [®] DF	Soufre	Soufre	5 kg	10 g
Bouillie (chaux) soufrée	Chaux soufrée	Polysulfure de calcium	916 ml	9,16 ml



Mélanges:

CpGV
CpGV+Bp
CpGV+Soufre
CpGV+Soufre+Bp
CpGV+Chaux soufrée
CpGV+ *Btk*

1. Mélange 2. Mesure du pH 3. Dépôt du mélange 4. Introduction des larves 5. Incubation des larves 6. Observation

CpGV ajouté • 1 min après la dilution des autres produits	Temps après le mélange • T1 = 1 min • T15 = 15 min • Répétitions : 3	Dépôt de 6 µl de mélange sur 200 µl de diète de CP/ puits Période de séchage avant l'introduction des CP: 1 h	1 larve néonate de CP/ puits Total : 64 néonates/ mélange Répétitions : 4	25 ± 1°C; 65 ± 5% RH; 16:8 (L:D) Mortalité larvaire: 7 jours post-introduction des CP CP vivant : • Réaction au toucher avec un pinceau (A) CP mort : • Mortalité induite par le virus, aucune réaction, liquide blanchâtre autour ou sortant des larves (B) • Cause de mortalité inconnue, aucune réaction, sans liquide blanchâtre (C)
--	---	--	---	--

Analyses statistiques:

- Analyse de la variable pH : Modèles linéaires généralisés (GLM) avec traitements, temps et interaction traitement et temps comme facteurs. Tukey comme test de comparaison.
- Analyse de la variable mortalité : GLM avec une distribution binomiale et traitements comme facteur. Méthodes bayésiennes comme test de comparaison.
- Les valeurs sont exprimées en moyenne ± intervalle de confiance (IC) 95 %.

RÉSULTATS

Mélange CpGV + bio-fongicides

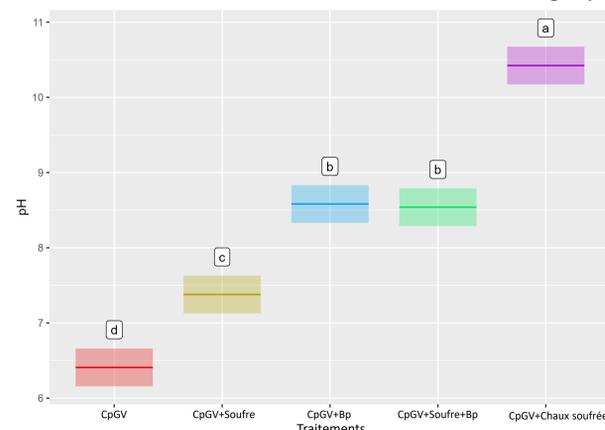


Figure 1. pH (moyenne ± IC 95 %) pour chaque traitement mesuré à l'aide d'un pH-mètre après la préparation des mélanges.

- Valeurs de pH statistiquement différentes entre les traitements ($p < 0,001$), mais non statistiquement différentes entre T1 et T15 ($p = 0,6$). Pas d'interaction significative entre le temps et les traitements ($p = 0,78$).
- Valeurs de pH différentes entre tous les traitements ($p < 0,0001$), sauf entre CpGV + Bp et CpGV + Soufre + Bp ($p = 0,9992$).

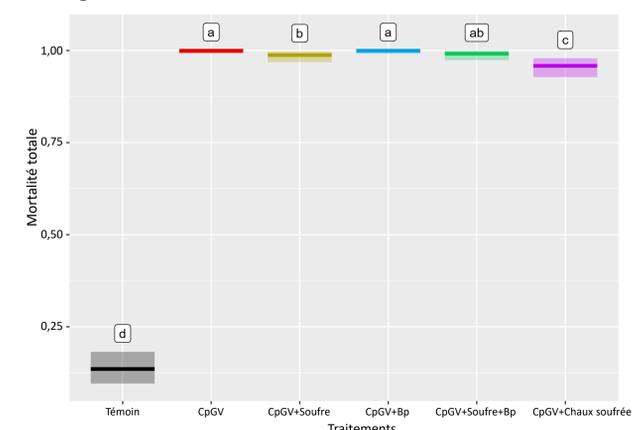


Figure 2. Mortalité totale (moyenne ± IC 95 %) des larves néonates de CP observée 7 jours post-introduction des CP.

- La mortalité des néonates a été significativement réduite dans les mélanges CpGV + soufre et CpGV + chaux soufrée ($p < 0,001$).
- La mortalité des néonates a été réduite, mais de façon non significative dans le mélange CpGV + soufre + Bp.

Mélange CpGV + *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (*Btk*)

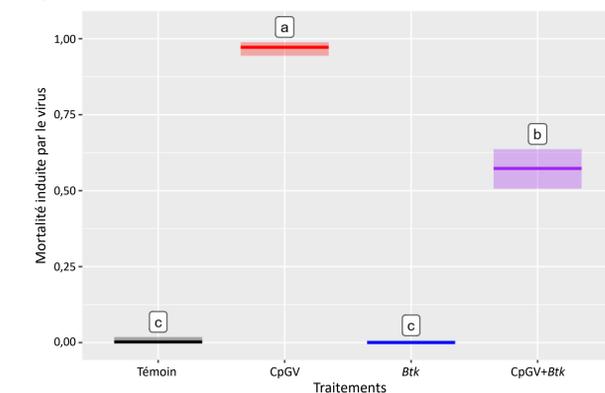
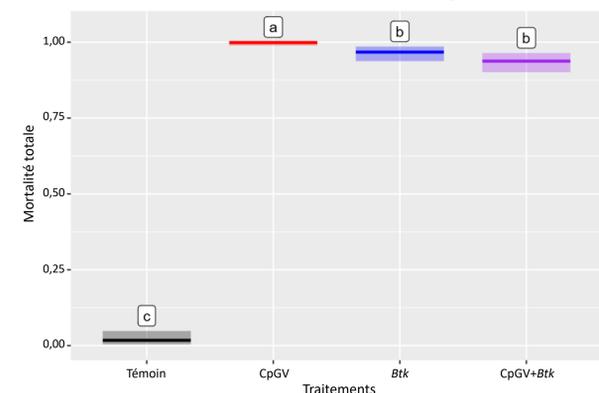


Figure 3. Mortalité totale (gauche) et mortalité induite par le virus (droite) (moyenne et intervalle de confiance 95 %) des larves néonates de CP observées 7 jours post-introduction des CP.

- La mortalité totale a été significativement plus élevée dans le traitement CpGV que dans les traitements *Btk* ($p = 0,001$) et CpGV + *Btk* ($p < 0,001$).
- La mortalité induite par le virus a été significativement plus faible dans le mélange CpGV + *Btk* que dans le traitement CpGV ($p < 0,001$).

DISCUSSION

- La réduction significative de la mortalité des néonates dans le mélange avec la chaux soufrée pourrait être associée à une valeur de pH supérieur à 10, connue pour dissoudre les corps d'inclusion virale (Harvey and Volkman 1983). Une réduction de la mortalité du CP a également été observée lorsque le CpGV était mélangé à des fongicides dans des conditions alcalines (Fritsch et al. 2012).
- La réduction de la mortalité observée dans le mélange CpGV + Soufre ($pH < 8$) n'a pas pu être associée à la dissolution des corps d'inclusion viraux dans les conditions alcalines suggérant que le soufre a joué un rôle dans la réduction de la mortalité des néonates. Le rôle du soufre n'est pas clair, mais il est connu pour être impliqué dans le processus de pénétration de certains virus à travers la membrane cellulaire (Cheng et al. 2020).
- Le mélange CpGV + *Btk* a réduit la mortalité totale des néonates et la mortalité induite par le virus. Une réduction semblable a été observée par Chancey et al. (1973), suggérant une inhibition de l'alimentation ou une inhibition du passage viral dans les cellules de l'intestin moyen. L'effet alimentaire inhibiteur du *Btk* sur les larves peut avoir entraîné une réduction de l'absorption de CpGV par les larves et une réduction du nombre de virus qui ont induit la mortalité (Pingel and Lewis, 1999). D'autre part, les deux entomopathogènes provoquent une pathologie dans l'intestin moyen et le *Bt* agit plus rapidement que le baculovirus (Knowles, 1994; Granados and William, 1986), ce qui peut avoir causé la mortalité plus rapide des néonates par le *Btk* que par le CpGV.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Mariloup Duchesne pour son aide technique et Mick Wu pour les analyses statistiques.

Ce projet a été financé par l'entremise du programme InnovAction Agroalimentaire, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.

RÉFÉRENCES

- Chancey, G., Jr., W.C. Yearian, et S.Y. Young. 1973. Pathogen mixtures to control insect pests. *Ark. Farm Res.* 22: 9.
- Cheng, Y., A.T. Pham, T. Kato, B. Lim, D. Moreau, J. López-Andarías, L. Zong, N. Sakai et S. Matile. 2021. Inhibitors of thiol-mediated uptake. *Chem. Sci.*, 12: 626-631.
- Fritsch, E., K. Undorf-Spahn, J. Kienzle, J. Huber et J.A. Jehle. 2012. Effect of mixtures with other products on the efficacy of codling moth granulovirus (CpGV). *Proceeding of the 15th International Conference on Organic Fruit-Growing*, 332-337.
- Granados, R.R., et K.A. Williams. 1986. *In vivo* infection and replication of baculoviruses, pp. 89-108. In R.R. Granados and B.A. Federici [eds.], *The biology of baculoviruses*, vol. 1. CRC, Boca Raton, FL.
- Harvey, J.P. et L.E. Volkman. 1983. Biochemical and biological variation of *Cydia pomonella* (codling moth) granulosis virus. *Virology* 124: 21-34.
- Knowles, B.H. 1994. Mechanisms of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal delta-endotoxins. *Adv. Insect Physiol.* 24: 275-307.
- Pingel, R.L. et L.C. Lewis. 1999. Effect of *Bacillus thuringiensis*, *Anagrapha falcifera* multiple nucleopolyhedrovirus, and their mixture on three lepidopteran corn ear pests. *J. Econ. Entomol.* 92: 91-96.