

Impact d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine sur les prédateurs intraguiltes d'acariens phytophages en vergers de pommiers

Impacts of a sublethal dose of lambda-cyhalothrin on phytophagous mite intraguild predators in apple orchards

Caroline Provost, Daniel Coderre, Éric Lucas, Gérald Chouinard et Noubar J. Bostanian

Volume 84, numéro 2, août 2003

V^e Conférence internationale francophone d'entomologie. « La recherche de pointe en entomologie ». Montréal (Québec), Canada, 14-18 juillet 2002

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/007813ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/007813ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Société de protection des plantes du Québec (SPPQ)

ISSN

0031-9511 (imprimé)

1710-1603 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Provost, C., Coderre, D., Lucas, É., Chouinard, G. & Bostanian, N. J. (2003). Impact d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine sur les prédateurs intraguiltes d'acariens phytophages en vergers de pommiers. *Phytoprotection*, 84(2), 105–113. <https://doi.org/10.7202/007813ar>

Résumé de l'article

Les impacts d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine, une pyréthroïde de synthèse, sur des prédateurs intraguiltes d'acariens phytophages en vergers de pommiers ont été évalués en laboratoire. Les niveaux de mortalité de différentes combinaisons de prédateurs ont été notés en absence et en présence de l'insecticide. Deux combinaisons de prédateurs étaient observées : 1) la coccinelle *Harmonia axyridis* en présence de la punaise prédatrice *Hyaliodes vitripennis* et 2) *H. vitripennis* en présence de l'acarien prédateur *Amblyseius fallacis*. L'application d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine a engendré une mortalité importante du prédateur intraguilde due à une seconde exposition au produit chimique lors de l'ingestion de la proie contaminée. De plus, cette mortalité varie en fonction des stades de développement impliqués. La mortalité de *H. axyridis* est plus importante en présence d'immatures de *H. vitripennis*. Chez *H. vitripennis*, la mortalité des stades immatures est plus importante en présence de *A. fallacis*. Les effets d'une application d'insecticide sur les interactions entre prédateurs apparaissent donc comme des facteurs à considérer lors de l'établissement d'un programme de lutte intégrée en vergers de pommiers.

Impact d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine sur les prédateurs intraguïdes d'acariens phytophages en vergers de pommiers

Caroline Provost¹, Daniel Coderre¹, Éric Lucas¹,
Gérald Chouinard² et Noubar J. Bostanian³

Reçu 2002-08-15; accepté 2003-02-21

PHYTOPROTECTION 84 : 105-113

Les impacts d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine, une pyréthroïde de synthèse, sur des prédateurs intraguïdes d'acariens phytophages en vergers de pommiers ont été évalués en laboratoire. Les niveaux de mortalité de différentes combinaisons de prédateurs ont été notés en absence et en présence de l'insecticide. Deux combinaisons de prédateurs étaient observées : 1) la coccinelle *Harmonia axyridis* en présence de la punaise prédatrice *Hyaliodes vitripennis* et 2) *H. vitripennis* en présence de l'acarien prédateur *Amblyseius fallacis*. L'application d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine a engendré une mortalité importante du prédateur intraguïde due à une seconde exposition au produit chimique lors de l'ingestion de la proie contaminée. De plus, cette mortalité varie en fonction des stades de développement impliqués. La mortalité de *H. axyridis* est plus importante en présence d'immatures de *H. vitripennis*. Chez *H. vitripennis*, la mortalité des stades immatures est plus importante en présence d'*A. fallacis*. Les effets d'une application d'insecticide sur les interactions entre prédateurs apparaissent donc comme des facteurs à considérer lors de l'établissement d'un programme de lutte intégrée en vergers de pommiers.

[Impacts of a sublethal dose of lambda-cyhalothrin on phytophagous mite intraguïd predators in apple orchards]

The impacts of a sublethal dose of lambda-cyhalothrin, a pyrethroid, on intraguïd predators of phytophagous mite in apple orchards were evaluated in laboratory conditions. The mortality in the different combinations of predators was recorded in absence and presence of insecticide treatment. Two predator combinations were observed: 1) the ladybeetle *Harmonia axyridis* against the predatory bug *Hyaliodes vitripennis*, and 2) *H. vitripennis*

1. Université du Québec à Montréal, Département des sciences biologiques, C.P. 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal (Québec), Canada H3C 3P8. Pour correspondance : ac391598@er.uqam.ca

2. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, 3300 rue Sicotte, Saint-Hyacinthe (Québec), Canada J2S 7B8

3. Centre de recherche et de développement en horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 430 boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec), Canada J3B 3E6

nis against the predatory mite *Amblyseius fallacis*. A sublethal dose of lambda-cyhalothrin caused an increased mortality of the intraguild predator due to the second exposition to the pesticide when the contaminated prey is consumed. Moreover, the mortality level was related to the developmental stages. Mortality of *H. axyridis* increased in presence of *H. vitripennis* immatures stages, while mortality of *H. vitripennis* young instars increased in presence of *A. fallacis*. The effects of insecticide application on predator interaction should therefore be considered in the implementation of integrated control programs in apple orchards.

INTRODUCTION

Les effets de doses sublétales de pesticides sur les ravageurs et leurs ennemis naturels sont complexes et multiples. L'utilisation de pesticides chimiques affecte plusieurs comportements et aspects du cycle de vie des arthropodes, tels la mobilité, l'efficacité de recherche, la fertilité, la fécondité, l'oviposition, la longévité et le temps de développement (Croft 1990; Haynes 1988; Moriarty 1969; Penman *et al.* 1981; Roger *et al.* 1994, 1995). Par conséquent, cela modifie les interactions entre le ravageur et la plante ainsi qu'entre le prédateur et sa proie (Croft 1990; Jackson et Ford 1973; Wright et Verkerk 1995).

En vergers de pommiers, plusieurs ravageurs sont présents et exercent des pressions sur les fruits ainsi que sur l'arbre (Vincent et Bostanian 1988). Pour réduire les populations de ravageurs sous le seuil économique, une quinzaine de traitements pesticides sont utilisés en moyenne par saison dans les vergers du Québec (Chouinard 2001), soit trois à quatre traitements insecticides, un à trois traitements acaricides et huit à douze traitements fongicides (Vincent et Roy 1992). Des alternatives sont cependant envisagées afin de réduire l'utilisation de ces produits. La lutte intégrée, combinant l'utilisation de prédateurs efficaces et de pesticides compatibles avec ces derniers, constitue une perspective grandement considérée pour lutter contre les acariens phytophages.

Les interactions complexes et multiples entre les prédateurs peuvent affecter les programmes de lutte. La prédation intraguild est une interaction

trophique entre deux prédateurs partageant une proie commune (Polis *et al.* 1989). L'intensité et l'issue de la prédation intraguild peuvent être influencées par plusieurs facteurs, tels le stade de développement, la taille et la mobilité de l'insecte ainsi que la spécificité de consommation et la présence de proies extraguildes (Holt et Polis 1997; Lucas *et al.* 1998; Polis *et al.* 1989; Rosenheim *et al.* 1995). La prédation intraguild peut affecter la composition des communautés ainsi que la distribution, l'abondance et l'évolution des espèces (Holt et Polis 1997; Polis *et al.* 1989). Cette interaction influence donc la dynamique des populations d'un écosystème et peut engendrer une instabilité des communautés (Holt et Polis 1997). La prédation intraguild est présente dans plusieurs écosystèmes agricoles et peut engendrer l'échec d'un programme de lutte impliquant des agents de lutte biologique (Rosenheim *et al.* 1995).

Hyaliodes vitripennis (Say) [Heteroptera : Miridae] est reconnu comme étant un prédateur efficace d'acariens phytophages en vergers de pommiers, potentiellement utilisable pour l'établissement d'un programme de lutte intégrée contre ces ravageurs (Arnoldi *et al.* 1992; Brodeur *et al.* 1999). Les principales espèces d'acariens phytophages en vergers de pommiers sont le tétranyque rouge, *Panonychus ulmi* (Koch) [Acarina : Tetranychidae], le tétranyque à deux points, *Tetranychus urticae* Koch [Acarina : Tetranychidae], et l'ériophyide du pommier, *Aculus Schlechtendali* (Nal.) [Acarina : Eriophyidae] (Chouinard *et al.* 2000). D'autres prédateurs d'acariens phytophages sont présents en vergers, entre autres *Amblyseius fallacis* (Garman) [Acarina : Phytoseiidae] et *Harmonia axyridis*

Pallas [Coleoptera : Coccinellidae] (Chouinard 2001; Chouinard *et al.* 2000). Plusieurs études ont évalué la toxicité de pesticides sur le miride *H. vitripennis* (Bostanian et Larocque 2000; Bostanian *et al.* 2000, 2001; Horsburg 1969; Hull et Starner 1983; Morin *et al.* 1995), sur l'acarien prédateur *A. fallacis* (Berkett et Forsythe 1980; Croft 1975; Hill et Foster 1998; Hull et Starner 1983; Penman *et al.* 1981; Stanyard *et al.* 1998; Thistlewood et Elfving 1992) et sur la coccinelle asiatique *H. axyridis* (Cho *et al.* 1997). Cependant, l'impact d'une dose sublétales sur la prédation intraguilde n'a jamais été évalué.

Les probabilités de prédation entre les trois prédateurs sont relativement élevées. *Hyaliodes vitripennis* est fréquemment observé près des colonies de pucerons (*C. Provost*, observations personnelles), la proie préférée de *H. axyridis* (Lucas *et al.* 1997). Ainsi, les possibilités de rencontres et d'interactions entre les deux prédateurs sont importantes. Pour ce qui est des interactions entre *H. vitripennis* et *A. fallacis*, ces derniers recherchent les mêmes proies, les acariens phytophages. Des tests de prédation intraguilde et de comportement en absence et en présence de lambda-cyhalothrine, une pyréthrianoïde de synthèse, ont démontré une augmentation de la mobilité des deux prédateurs en présence de l'insecticide, ce qui favorisait les rencontres entre eux et un niveau de prédation intraguilde légèrement plus élevé qu'en absence du produit (Provost *et al.* 2003).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine sur le prédateur intraguilde de deux combinaisons de prédateurs, soit 1) *H. axyridis* qui consomme *H. vitripennis* et 2) *H. vitripennis* qui consomme *A. fallacis*, en conditions contrôlées. Ainsi, l'étude évalue le risque d'une exposition à l'insecticide pour le prédateur intraguilde par l'ingestion d'une proie contaminée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les différents stades de *H. vitripennis* utilisés pour les essais ont été récoltés dans un verger de pommiers commercial (Bel Horizon) à Rougemont, Québec, Canada (73°03'00''O; 45°26'00''N) et maintenus 1 à 2 j en laboratoire sur *T. urticae*. *Harmonia axyridis* a été récolté sur des sites d'hibernation dans la même région et élevé en laboratoire sur des œufs *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera : Pyralidae). *Amblyseius fallacis* provenait d'un élevage permanent à la station de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (St-Jean-sur-Richelieu) élevé sur *T. urticae*. Les conditions d'élevage des trois prédateurs étaient les suivantes : température de 20 ± 1°C; humidité relative de 60-70 %; photopériode de 16L:8O.

Les expériences ont été effectuées en laboratoire sur un dispositif constitué d'une tige de pommier sur laquelle on conservait les trois feuilles terminales (hauteur d'environ 15 cm). Les tiges ont été récoltées dans le verger Bel Horizon et nettoyées afin d'enlever les arthropodes et produits présents. Pour l'expérience, la tige de pommier était placée dans un récipient de plastique de 4 L troué à sa base, permettant de maintenir la tige dans une coupelle d'eau pour la durée du test. Les prédateurs étaient soumis à une période de jeûne de 16 h avant le début des tests (24 ± 1°C; 60-70 % HR; 8L:8O), de façon à stimuler la recherche de proies.

La prédation intraguilde a été évaluée pour deux combinaisons de prédateurs : *H. vitripennis* et *H. axyridis* ainsi que *H. vitripennis* et *A. fallacis*, et ce en absence et en présence d'une exposition à une dose sublétales de lambda-cyhalothrine (Warrior®), une pyréthrianoïde de synthèse utilisée en vergers de pommiers. La lambda-cyhalothrine est utilisée en vergers pour lutter contre les lépidoptères, les pucerons, les hémiptères et les acariens phytophages (Bostanian et Racette 1997). Les stades de développement utilisés, les immatures des stades 2 et 4 et les adultes de *H. vitripennis*, le 4^e stade larvaire de *H. axyridis* et les adultes de *A. fallacis*, ont été sélectionnés selon des tests de prédation intra-

guilde réalisés précédemment (Provost *et al.*, non publié). Un prédateur de chaque espèce était introduit dans le dispositif pour une période de 7 h. L'exposition à la lambda-cyhalothrine était réalisée en vaporisant uniformément tout le dispositif à l'aide d'un vaporisateur utilisé en chromatographie liquide à une distance de 25 cm et une pression d'air de 10,34 kPa (1,5 psi). La vaporisation était réalisée suite à l'introduction des deux prédateurs dans le dispositif. Les doses pulvérisées (ppm d'ingrédient actif) correspondent aux LC_{25} pour *H. vitripennis*, qui sont de 1,5 ppm pour les immatures et de 0,35 ppm pour les adultes (Bostanian *et al.* 2001). La dose de lambda-cyhalothrine recommandée pour les traitements en vergers est de 3,2 ppm, soit la LC_{50} pour les immatures, mais 9,4 fois plus que la LC_{25} pour les adultes (Bostanian *et al.* 2001). Toutes les expériences ont été réalisées en conditions contrôlées : $24 \pm 1^\circ C$, 60-70 % HR. Cette procédure entraîne deux expositions pour le prédateur intraguilde : 1) par contact; 2) par ingestion de la proie contaminée.

Après 7 h, les arthropodes étaient retirés du dispositif et la mortalité du prédateur intraguilde ainsi que l'évidence de consommation étaient notées. La mortalité naturelle et la mortalité due à l'exposition à la lambda-cyhalothrine étaient déterminées à l'aide de témoins, utilisant une seule espèce de prédateur dans le dispositif, en absence ou en présence d'exposition à l'insecticide. Pour chaque combinaison de prédateurs, 15 réplicats ont été effectués.

La mortalité due à l'interaction de prédation a été déterminée en corrigeant la mortalité du prédateur en fonction de la mortalité dans les témoins à l'aide de la formule de Soares (2000) :

$$P = (t - a) * ra$$

où:

P = nombre de réplicats avec prédation,

t = nombre total de réplicats (=15),

a = nombre de réplicats avec un individu vivant,

ra = ratio des réplicats avec un individu vivant dans le témoin.

La mortalité corrigée des prédateurs intraguildes a été utilisée pour calculer les niveaux de mortalité (IL : nombre de réplicats avec de la mortalité sur le nombre total de réplicats) (Lucas *et al.* 1998). Ces niveaux étaient comparés : 1) entre les traitements (absence et présence de lambda-cyhalothrine) individuellement pour chacune des combinaisons de prédateurs; et 2) entre les différents stades de développement de *H. vitripennis* pour une combinaison donnée de prédateurs, à l'aide d'un test de G (likelihood ratio) (Scherrer 1984). En présence d'une différence significative, un test de G était réalisé pour les stades de développement pris deux à deux afin de déterminer où se situait la différence significative.

RÉSULTATS

Harmonia axyridis vs *Hyaliodes vitripennis*

En absence de lambda-cyhalothrine, aucune mortalité de *H. axyridis* n'a été notée, tandis qu'en présence de l'insecticide, une mortalité similaire pour les trois combinaisons a été observée ($G_2 = 3,638$, $P = 0,1622$). Une mortalité significativement plus élevée de *H. axyridis* a été observée entre les traitements (absence et présence de lambda-cyhalothrine) pour les combinaisons impliquant des immatures de *H. vitripennis* (Fig. 1 A) (larve 4 vs stade 2, $G_1 = 9,834$, $P = 0,0017$; larve 4 vs stade 4, $G_1 = 9,834$, $P = 0,0017$).

Hyaliodes vitripennis vs *Amblyseius fallacis*

En absence de lambda-cyhalothrine, aucune mortalité de *H. vitripennis* n'a été observée pour les trois combinaisons. Toutefois, en présence de l'insecticide, une mortalité significativement plus élevée des immatures de stade 2 du miride a été observée (stade 2 vs stade 4, $G_1 = 18,028$, $P < 0,0001$; stade 2 vs adulte, $G_1 = 29,274$, $P < 0,0001$) et aucune mortalité des adultes n'a été notée (Fig. 1B). De plus, la mortalité entre les traitements, en absence et en présence de lambda-cyhalothrine, était significativement plus élevée pour la

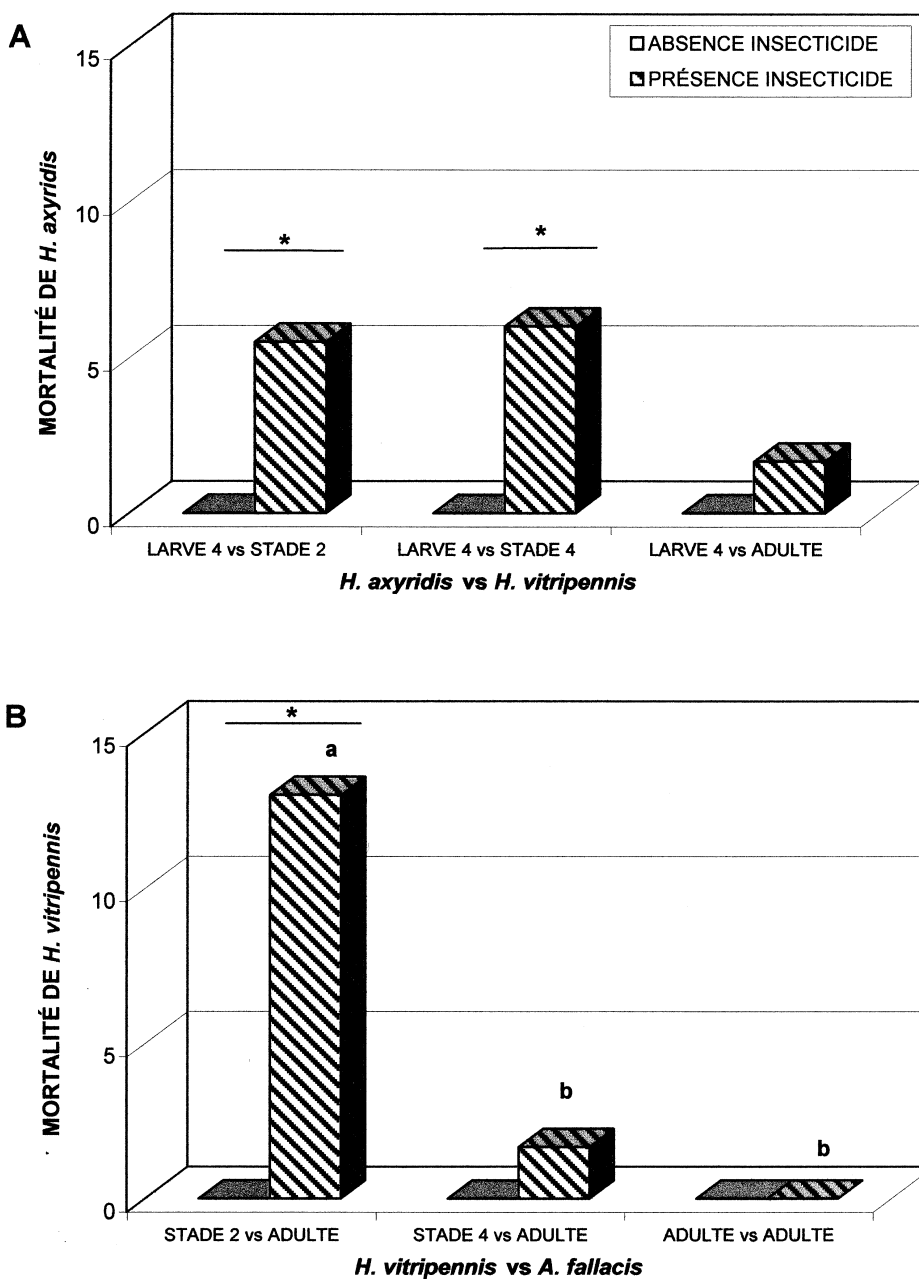


Figure 1. Mortalité du prédateur intraguilde, A) de la coccinelle *Harmonia axyridis* consommant le miride *Hyaliodes vitripennis* et B) du miride *H. vitripennis* consommant l'acarien prédateur *Amblyseius fallacis*, en absence et en présence d'une dose sub létale de lambda-cyhalothrine. Un astérisque indique une différence significative entre les traitements (absence et présence de lambda-cyhalothrine) (test de G, $P < 0,05$). Une lettre indique une différence significative entre les combinaisons de différents stades de développement (test de G, $P < 0,05$).

combinaison impliquant des immatures de stade 2 de *H. vitripennis* (stade 2 vs adulte, $G_1 = 29,274$, $P < 0,0001$).

DISCUSSION

Les résultats de l'étude démontrent que l'utilisation de lambda-cyhalothrine affecte la mortalité du prédateur intraguilde. Cette mortalité est influencée par le stade de développement attaqué et le stade du prédateur. En effet, on observe qu'en présence des immatures du miride, *H. axyridis* a une mortalité plus élevée, et que les immatures de *H. vitripennis* sont plus affectés par la consommation d'*A. fallacis* en présence de l'insecticide.

En absence de lambda-cyhalothrine, aucune mortalité n'est observée pour les deux prédateurs intraguildes. La prédation intraguilde est asymétrique en faveur de *H. axyridis* contre *H. vitripennis* et en faveur de *H. vitripennis* contre *A. fallacis*. Cette asymétrie est reliée à certains facteurs déterminants de l'interaction intraguilde, principalement la taille relative du prédateur et de la proie et la spécificité de consommation des prédateurs (Lucas *et al.* 1998).

Comme l'interaction de prédation intraguilde est asymétrique, la mortalité du prédateur intraguilde devrait être exclusivement reliée à la présence de lambda-cyhalothrine. La mortalité observée en présence de lambda-cyhalothrine peut s'expliquer par une seconde exposition au produit chimique engendrée par la consommation de la proie. La toxicité de la chaîne alimentaire est étudiée de façon exhaustive chez les prédateurs vertébrés mais beaucoup moins chez les prédateurs arthropodes (Croft et Brown 1975). Quelques études, dont celles de Binns (1971) et McClanahan (1967) avec *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot [Acarina : Phytoseiidae], Kiritani et Kawahara (1973) avec *Lycosa pseudoannulata* Boes. et Strand [Araneae : Lycosidae] et Olszak (1999) avec *Adalia bipunctata* L. [Coleoptera : Coccinellidae] ont démontré que la consommation de proies contaminées avec un produit chimique peut générer différents niveaux de mortalité du préda-

teur, dépendant de la toxicité du produit utilisé, de la dose appliquée et de la durée d'exposition. Ainsi, une première exposition à une dose sub létale ne cause pas la mort du prédateur intraguilde, mais lorsque ce dernier devore sa proie, il est exposé à une seconde dose de lambda-cyhalothrine, ce qui cause sa mort. Il faut cependant noter que dans cette étude, la toxicité de la lambda-cyhalothrine est sous-estimée due à l'absence de la proie extraguilde, qui constituerait une seconde proie contaminée.

Dans la combinaison *H. axyridis* vs *H. vitripennis*, l'exposition à la lambda-cyhalothrine a provoqué une mortalité significativement plus élevée chez la coccinelle en présence des immatures du miride. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les immatures sont plus vulnérables que les adultes à la prédation car leurs mécanismes de défense sont moins efficaces (Edmunds 1974; Lucas *et al.* 1997; Sih 1987). *Harmonia axyridis* ayant une plus grande efficacité de prédation sur ces stades (Provost *et al.* 2003), l'interaction de prédation aura accru l'exposition à l'insecticide.

Dans la combinaison *H. vitripennis* vs *A. fallacis*, en présence de lambda-cyhalothrine, les immatures de stade 2 du miride ont été significativement plus affectés par l'application de l'insecticide que ceux de stade 4 et les adultes. Les jeunes immatures sont plus affectés par une seconde exposition au lambda-cyhalothrine causée par la prédation. Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus dans une étude précédente (Provost *et al.* 2003), mais contrastent avec les résultats des études de toxicité de Bostanian *et al.* (2000, 2001), où il est observé que les immatures sont plus résistants à plusieurs pesticides, dont la lambda-cyhalothrine, que les adultes. Il faut cependant noter que l'exposition aux pesticides des études de Bostanian *et al.* (2000, 2001) se faisait par contact. Le mode d'exposition à un insecticide, par contact ou par ingestion de la proie contaminée, semble donc affecter différemment les stades de développement de *H. vitripennis*.

L'utilisation de pesticides à large spectre d'action en vergers engendre des instabilités dans les populations de prédateurs ce qui a pour conséquence d'augmenter les populations d'acariens phytophages (Clancy et Pollard 1952; Hill et Foster 1998; Sandford et Herbert 1970; Stanyard *et al.* 1998). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'augmentation des populations d'acariens phytophages suite à l'application d'un produit chimique : les populations d'ennemis naturels sont réduites, les comportements et le cycle de vie des prédateurs sont affectés et des espèces compétitrices non ciblées des acariens sont éliminées (Bower *et al.* 1995; Lord 1962; McMurtry *et al.* 1970; van de Vrie *et al.* 1972). Ainsi, la réduction des applications de pesticides et l'utilisation d'ennemis naturels des acariens phytophages seraient des plus avantageuses pour un programme de lutte contre ces derniers.

Plusieurs études ont démontré le potentiel d'*H. vitripennis* dans la lutte contre les acariens phytophages en vergers de pommiers (Arnoldi 1986; Arnoldi *et al.* 1992; Brodeur *et al.* 1999; Chouinard *et al.* 1999; Morin *et al.* 1995). Entre autres, une bonne capacité de dispersion et d'établissement des populations introduites a été observée (Firlej *et al.* 2003), de même qu'une tolérance à certains pesticides, tels que la phosalone (Bostanian *et al.* 2000), la perméthrine, le fenvalérate (Hull et Starnier 1983) et la lambda-cyhalothrine (Bostanian *et al.* 2001). De faibles niveaux de prédation intraguilde ont aussi été observés avec d'autres prédateurs d'acariens phytophages présents en vergers, dont *A. fallacis* et *H. axyridis* (Provost *et al.* 2003). Certains paramètres devront néanmoins être considérés au moment de l'introduction du prédateur; ce sont le moment de l'introduction (synchronisme avec l'application de pesticides), la densité et le stade de développement du prédateur, les conditions environnementales, la complexité de l'environnement ainsi que les interactions entre les différents prédateurs (Ehler 1992; Lucas *et al.* 1998).

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Fanie Courchesne pour son assistance technique. Merci au verger Bel Horizon pour avoir mis à notre disposition les insectes et leur verger, et à Yvon Morin (Agrilus inc.) pour nous avoir donné accès au verger pour la collecte de prédateurs. Les auteurs remercient aussi Syngenta Crop Protection Canada inc. pour nous avoir gracieusement fourni l'insecticide lambda-cyhalothrine, Warrior®. Cette étude a bénéficié d'une aide financière du Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (Programme d'action concertée FCAR-IRDA # 99-IR-0015).

RÉFÉRENCES

- Arnoldi, D. 1986.** Predation studies of mirids (Hemiptera : Miridae) in an apple orchard in southwestern Quebec. M.Sc. thesis. McGill University, Montréal. 293 pp.
- Arnoldi, D., R.K. Stewart et G. Boivin. 1992.** Predatory mirids of the green apple aphid *Aphis pomi*, the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and the european red mite *Panonychus ulmi* in apple orchards in Quebec. Entomophaga 37 : 283-292.
- Berkett, L.P. et H.Y. Forsythe Jr. 1980.** Predaceous mites (Acari) associated with apple foliage in Maine. Can. Entomol. 112 : 497-502.
- Binns, E.S. 1971.** The toxicity of some soil-applied systemic insecticides to *Aphis gossypii* (Hom. Aphididae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acarina : Phytoseiidae) on cucumbers. Ann. Appl. Biol. 67 : 211-222.
- Bostanian, N.J. et N. Larocque. 2000.** The use of LC₅₀ ratios to determine the toxicity of three insecticides used in Quebec apple orchards to the mirid *Hyaliodes vitripennis* (Say). Pesticide Beneficial Organisms, IOBC/WPRS Bull. 23 : 93-98.
- Bostanian, N.J. et G. Racette. 1997.** Residual toxicity of lambda-cyhalothrin on apple foliage to *Amblyseius fallacis* and the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*. Phytoparasitica 25 : 193-198.
- Bostanian, N.J., N. Larocque, C. Vincent, G. Chouinard et Y. Morin. 2000.** Effects of five insecticides used in apple orchards on *Hyaliodes vitripennis* (Say) (Hemiptera : Miridae). J. Environ. Sci. Health Part B 35 : 143-155.

- Bostanian, N.J., N. Larocque, G. Chouinard et D. Coderre. 2001.** Baseline toxicity of several pesticides to *Hyaliodes vitripennis* (Say) (Hemiptera : Miridae). Pest. Manag. Sci. 57 : 1007-1010.
- Bower, K.N., L.P. Berkett et J.F. Costante. 1995.** Nontarget effect of a fungicide spray program on phytophagous and predacious mite populations in a scab-resistant apple orchard. Environ. Entomol. 24 : 423-430.
- Brodeur, C., G. Chouinard, G. Laplante et Y. Morin. 1999.** Études préliminaires sur l'activité et l'efficacité du prédateur indigène *Hyaliodes vitripennis* (Heteroptera : Miridae) pour la lutte biologique contre les acariens en vergers de pommiers au Québec. Ann. Soc. Entomol. Fr. 35 (suppl.) : 458-462.
- Cho, J.-R., K.J. Yoo, J.R. Bang et J.O. Lee. 1997.** Comparative toxicity of selected insecticides to *Aphis citricola*, *Myzus malisuctus* (Homoptera : Aphididae) and the predator *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae). J. Econ. Entomol. 90 : 11-14.
- Chouinard, G. (coord.). 2001.** Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec. 226 pp.
- Chouinard, G., Y. Morin, N.J. Bostanian, J. Brodeur, C. Vincent et C. Brodeur. 1999.** Efficacité du prédateur *Hyaliodes vitripennis* pour la lutte biologique contre les insectes et acariens en vergers. Rapport de recherche, CORPAQ #4312. 6 pp.
- Chouinard, G., A. Firlej, F. Vanhoosthuysse et C. Vincent. 2000.** Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels. Conseil des productions végétales du Québec, Québec. 69 pp.
- Clancy, D.W. et H.N. Pollard. 1952.** The effect of DDT on mite and predator populations in apple orchards. J. Econ. Entomol. 45 : 108-114.
- Croft, B.A. 1975.** Integrated control of apple mites. Michigan State University, Extension Bulletin E-825. 12 pp.
- Croft, B.A. 1990.** Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley and Sons, New York. 723 pp.
- Croft, B.A. et A.W.A. Brown. 1975.** Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annu. Rev. Entomol. 20 : 285-335.
- Edmunds, M. 1974.** Defence in animals. A survey of anti-predator defences. Longman, New York. 357 pp.
- Ehler, L.E. 1992.** Guild analysis in biological control. Environ. Entomol. 21 : 26-40.
- Firlej, A., G. Chouinard, D. Cormier et D. Coderre. 2003.** Établissement et dispersion du prédateur *Hyaliodes vitripennis* (Hemiptera : Miridae) suite à des introductions dans une pommeraie commerciale au Québec. Phytoprotection 84 : 93-103.
- Haynes, K.F. 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. Annu. Rev. Entomol. 33 : 149-168.
- Hill, T.A. et R.E. Foster. 1998.** Influence of selective insecticides on population dynamics of european red mite (Acari : Tetranychidae), apple rust mite (Acari : Eriophyidae), and their predator *Amblyseius fallacis* (Acari : Phytoseiidae) in apple. J. Econ. Entomol. 91 : 191-199.
- Holt, R.D. et G.A. Polis. 1997.** A theoretical framework for intraguild predation. Am. Nat. 149 : 745-764.
- Horsburgh, R.L. 1969.** The predaceous mirid *Hyaliodes vitripennis* (Hemiptera) and its role in the control of *Panonychus ulmi* (Acari : Tetranychidae). Ph.D. thesis. Pennsylvania State University, Philadelphia, PA. 97 pp.
- Hull, L.A. et V.R. Starner. 1983.** Impact of four synthetic pyrethroids on major natural enemies and pests of apple in Pennsylvania. J. Econ. Entomol. 76 : 122-130.
- Jackson, G.J. et J.B. Ford. 1973.** The feeding behaviour of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina : Phytoseiidae), particularly as affected by certain pesticides. Ann. Appl. Biol. 75 : 165-171.
- Kiritani, K. et S. Kawahara. 1973.** Food-chain toxicity of granular formulations of insecticides to a predator, *Lycosa pseudoannulata*, of *Nephotettix cincticeps*. Bochu Kagaku 38 : 69-75.
- Lord, F.T. 1962.** The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. XI. Effects of low dosages of DDT on predator populations. Can. Entomol. 94 : 204-216.
- Lucas, É., D. Coderre et J. Brodeur. 1997.** Instar-specific defense of *Coleomegilla maculata lengi* (Col. : Coccinellidae): influence on attack success of the intraguild predator *Chrysoperla rufilabris* (Neur. : Chrysopidae). Entomophaga 42 : 3-12.
- Lucas, É., D. Coderre et J. Brodeur. 1998.** Intraguild predation among aphid predators: characterization and influence of extraguild prey density. Ecology 79 : 1084-1092.
- McClanahan, R.J. 1967.** Food-chain toxicity of systemic acaricides to predacious mites. Nature 215 : 1001.
- McMurtry, J.A., C.B. Huffaker et M. van de Vrie. 1970.** I. Tetranychid enemies : their biological characters and the impact of spray practices. Hilgardia 40 : 331-390.
- Moriarty, F. 1969.** The sublethal effects of synthetic insecticides on insects. Biol. Rev. 44 : 321-357.

- Morin, Y., G. Chouinard, C. Vincent et N.J. Bostanian. 1995.** Potentiel de prédation et stratégies d'utilisation des mirides prédateurs du genre *Hyaliodes* comme agent de lutte biologique en arboriculture fruitière. Rapport de fin de projet, Bureau des nouvelles méthodes de lutte antiparasitaire, Ottawa. 9 pp.
- Olszak, R.W. 1999.** Influence of some pesticides on mortality and fecundity of the aphidophagous coccinellid *Adalia bipunctata* L. (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 123 : 58-63.
- Penman, D.R., R.B. Chapman et K.E. Jesson. 1981.** Effects of fenvalerate and azynphosmethyl on two-spotted spider mite and phytoseiid mites. *Entomol. Exp. Appl.* 30 : 91-97.
- Polis, G.A., C.A. Myers et R.D. Holt. 1989.** The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20 : 297-330.
- Provost, C., D. Coderre, É. Lucas et N.J. Bostanian. 2003.** Impact of lambda-cyhalothrin on intraguild predation among three mite predators. *Environ. Entomol.* 32 : 256-263.
- Roger, C., D. Coderre et C. Vincent. 1994.** Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera : Coccinellidae) following pesticide applications. *J. Econ. Entomol.* 87 : 583-588.
- Roger, C., C. Vincent et D. Coderre. 1995.** Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera : Coccinellidae) following application of neem extracts (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae). *J. Appl. Entomol.* 119 : 439-443.
- Rosenheim, J.A., H.K. Kaya, L.E. Ehler, J.J. Marois et B.A. Jaffee. 1995.** Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. *Biol. Control* 5 : 303-335.
- Sandford, K.H. et H.J. Herbert. 1970.** The influence of spray programs on the fauna of apple orchards in Nova Scotia. XX. Trends after altering levels of phytophagous mites or predators. *Can. Entomol.* 102 : 592-601.
- Scherrer, B. 1984.** Biostatistique. Gaëtan Morin éditeur, Chicoutimi, Canada. 849 pp.
- Sih, A. 1987.** Predators and prey lifestyles: an evolutionary and ecological overview. Pages 203-224 in W.C. Ketfoot et A. Sih (éds.), *Predation. Direct and indirect impacts on aquatic communities.* University Press of New England, London.
- Soares, A.O.C.M. 2000.** Importância do polimorfismo na biologia de *Harmonia axyridis* Pallas. Provas de Doutorado, Universidade dos Açores, Ponta Delga. 171 pp.
- Stanyard, M.J., R.E. Foster et T.J. Gibb. 1998.** Population dynamics of *Amblyseius fallacis* (Acari : Phytoseiidae) and european red mite (Acari : Tetranychidae) in apple trees treated with selected acaricides. *J. Econ. Entomol.* 91 : 217-225.
- Thistlewood, H.M.A. et D.C. Elfving. 1992.** Laboratory and field effects of chemical fruit thinners on tetranychids and predatory mites (Acari) of apple. *J. Econ. Entomol.* 85 : 477-485.
- van de Vrie, M., J.A. McMurtry et C.B. Huffaker. 1972.** Biology, ecology, and pest status, and host-plant relations of tetranychids. *Hilgardia* 41 : 343-432.
- Vincent, C. et N.J. Bostanian. 1988.** La protection des vergers de pommiers au Québec : état de la question. *Nat. Can.* 115 : 261-276.
- Vincent, C. et M. Roy. 1992.** Entomological limits to biological control programs in Quebec apple orchards. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 27 : 649-657.
- Wright, D.J. et R.H.J. Verkerk. 1995.** Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. *Pestic. Sci.* 44 : 207-218.