

Effets de six insecticides sur *Neoseiulus fallacis*, un acarien prédateur des vignobles au Canada

Emilien LAMOTTE et Dominique FLEURY, Ecole d'ingénieurs de Changins EIC

Renseignements: Dominique Fleury, e-mail: dominique.fleury@eichangins.ch, tél. +41 22 363 40 43, www.eichangins.ch

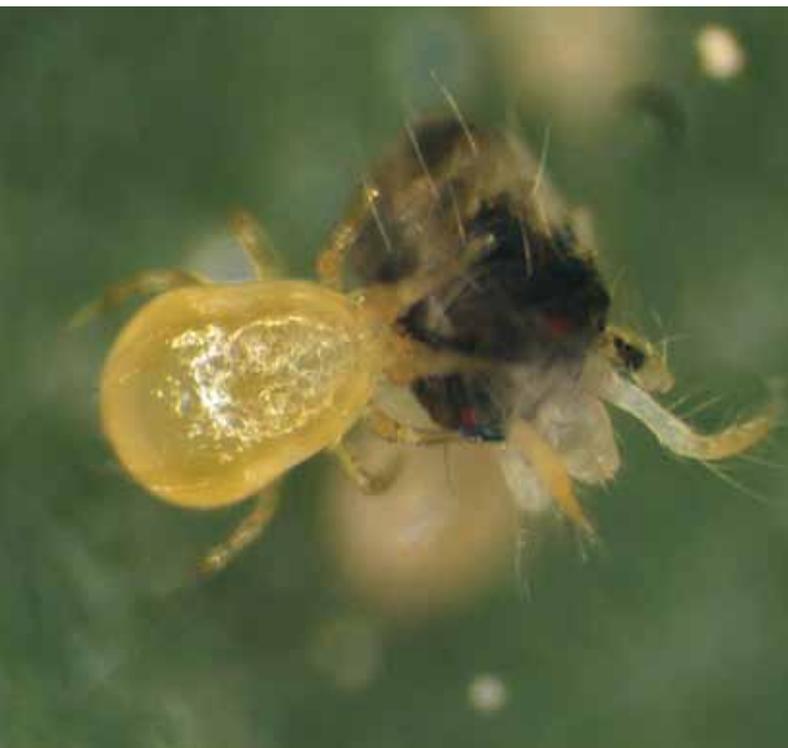


Figure 1 | *Neoseiulus fallacis* attaquant *Tetranychus urticae* (Lefebvre 2010).

Introduction

Au Canada, la vigne est cultivée sur environ 11 000 ha, notamment dans l'Ontario (7500 ha), la Colombie-Britannique (3000 ha), le Québec (250 ha) et la Nouvelle-Ecosse (125 ha) (AAC 2006).

En 1968, la lutte biologique contre les acariens s'est fortement développée après la découverte d'une souche de l'acarien prédateur *Galendromus occidentalis* résistante à certains pesticides (esters phosphoriques) (Bostanian et al. 2009a). Un autre acarien prédateur *Neoseiulus fallacis* (fig.1), résistant au DDT, carbamates et esters phosphoriques, peut être efficace contre les acariens nuisibles *Tetranychus urticae* (Koch) et *Pannychnus ulmi* (Koch) en viticulture et arboriculture, à condition d'utiliser des pesticides non nocifs à son égard, selon les principes de production et de lutte intégrées (Metzger 2001).

Les problèmes liés à la résistance des ravageurs aux pesticides, à la sécurité des utilisateurs et à la santé des consommateurs obligent les firmes phytosanitaires à développer de nouvelles matières actives plus spécifiques vis-à-vis des ravageurs ciblés et moins nocives pour l'homme et l'environnement (Bostanian et al. 2009a). Nous avons donc vérifié, en laboratoire, la toxicité de six nouveaux insecticides récemment homologués au Canada sur *N. fallacis*. Les pesticides homologués doivent respecter l'équilibre ravageurs-prédateurs des agro-écosystèmes et permettre l'application d'une lutte biologique durable. Ces informations sont pertinentes pour les viticulteurs et arboriculteurs, car elles indiquent les effets secondaires de diverses matières actives face aux auxiliaires utilisés dans les vignobles et vergers, comme le mentionnent les Index phytosanitaires viticole et arboricole mis à jour chaque année en Suisse.

Matériels et méthodes

Insecticides testés

Six insecticides utilisés dans diverses cultures ont été testés (tabl.1). Le chlorantraniliprole et la flubendiamide sont deux diamides qui agissent sur les récepteurs de ryanodine, activant la contraction musculaire par une mauvaise régulation du calcium et provoquant ainsi la paralysie du ravageur (Dupont 2008; Ebbinghaus-Kintscher et al. 2007). Le spinétorame, un neuroactif, est une spinosyne issu de deux métabolites de la fermentation aérobie de *Saccharopolyspora spinosa*. Elle agit de manière allostérique sur les récepteurs nicotiques d'acétylcholine (sur un autre site que les néonicotinoïdes) (Santé Canada 2008). Un autre neuroactif, la clothianidine, est un néonicotinoïde qui inhibe les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine (Arakawa 2004). Le spirotétramate est une molécule dérivée de l'acide tétramique. Elle inhibe la biosynthèse lipidique, empêchant la croissance des insectes aux stades juvéniles et la reproduction des adultes (Leblanc 2008). Finalement, le novaluron, de la famille des benzoylphénylurées, inhibe la formation de la cuticule et entraîne la mort de l'insecte ravageur avant la fin de sa mue (EPA 2001).

Production de plantes hôtes et élevage d'acariens

La souche testée de *N. fallacis* a été prélevée dans un verger abandonné et n'a jamais été en contact avec les insecticides testés.

Neoseiulus fallacis et sa nourriture *T. urticae* ont été élevés sur des haricots (*Phaseolus vulgaris* L.) produits dans des chambres climatisées à la température de 24°C, avec une humidité relative (HR) de 60 % et une photopériode de seize heures de jour pour huit heures de nuit (16:8). Les acariens *T. urticae* et *N. fallacis* ont été élevés dans des chambres de croissances séparées à 25°C, avec 70 % HR et une photopériode de 16:8 (fig. 2).

De jeunes pousses de pommier ont fourni les feuilles utilisées comme support dans les unités expérimentales (boîtes de Pétri). Ces pommiers étaient produits dans des chambres de croissance à 20°C le jour et 16°C la nuit, 50 % HR et une photopériode de 16:8.

Bio-essais sur boîte de Pétri

La méthode utilisée des bio-essais est décrite par Bostanian *et al.* (2009b). L'unité expérimentale est constituée d'une boîte de Pétri (50x9 mm) avec une feuille de pommier découpée à l'emporte-pièce déposée sur un coton imbibé d'eau. Trois femelles adultes *N. fallacis*

Résumé Des tests de toxicité en laboratoire ont été effectués au Québec avec six nouveaux insecticides sur des femelles adultes de *Neoseiulus fallacis*, un acarien prédateur de tétranyques des vignes et des pommiers. Deux insecticides toxiques (spinétorame et clothianidine) ont provoqué plus de 85 % de mortalité et ne devraient pas être utilisés en Production Intégrée (PI); un insecticide (spirotétramate) a eu un effet modérément toxique (> 60 % de mortalité et blocage des pontes) et devrait également être évité en PI; trois insecticides peu ou non nocifs (novaluron, chlorantranilprole et flubendiamide; moins de 20 % de mortalité en laboratoire) peuvent être employés en PI.

d'âge aléatoire, prélevées de l'élevage précédemment décrit, sont déposées avec trente à quarante *T. urticae* adultes. Une répétition est formée de dix boîtes de Pétri par modalité (fig. 3a). La pulvérisation des insecticides est effectuée avec un injecteur à chromatographie Kontes (fig. 3b) à une pression de 10,3 kpa (1,5 PSI) >



Figure 2 | Élevage de *Tetranychus urticae* (à gauche) et de *Neoseiulus fallacis* (à droite).

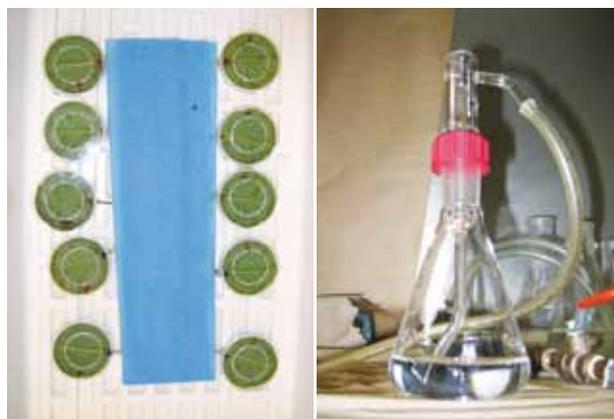


Figure 3 | Plateau de dix boîtes de Pétri (à gauche), injecteur à chromatographie Kontes (à droite).

Tableau 1 | Insecticides testés selon les ravageurs visés et les types de culture

Produit commercial / Concentration (m.a.) / Formulation	Matière active (m.a.)	Familles / Espèces visées	Culture
Delegate® 25 % WG	Spinétorame	Tordeuse, thrips, psylle, mouche.	Vignes, fruits à pépins et noyaux, légumes, maïs
Clutch® 50 % WDG	Clothianidine	Cochenilles, cicadelles, phylloxéra, psylle, tordeuses, doryphore	Vignes, pommes, poires, pomme de terre
Ultor® 15 % SC	Spirotétramate	Cochenilles, phylloxéra, pucerons, aleurodes	Vignes, pommes, poires, coings, noix
Rimon® 10 % EC	Novaluron	Tordeuse, pyrale, doryphore	Pommes, pomme de terre
Altacor® 35 % WG	Chlorantranilprole	Nombreux lépidoptères mais tordeuses principalement	Vignes, pommes, poires, fruits à noyaux (abricots, cerises, pêches)
Belt® 48 % SC	Flubendiamide	Idem	Vignes, pommes, cotons, tabacs

à 20–25 cm de hauteur et perpendiculairement aux boîtes de Pétri. La quantité de bouillie déposée est d'environ 0,002 ml/cm². Toutes les bouillies sont préparées à une concentration correspondant à un traitement de 600 l/ha. Les boîtes de Pétri traitées sont ensuite stockées en chambre de croissance à 24 °C, 70 % HR avec une photopériode de 16:8.

Les différents tests

Les six insecticides ont été testés à la dose recommandée sur des femelles adultes. La comptabilisation des individus vivants et morts a été effectuée toutes les 24 h pendant 144 h en même temps que celle des individus néoformés (pontes post-traitement) qui étaient retirés de chaque boîte de Pétri chaque jour. Les taux de mortalité présentés sont ajustés par la formule d'Henderson-Tilton (Henderson et Tilton 1955) prenant en compte la mortalité, dite naturelle, des valeurs témoins. Ces taux de mortalité sont comparés par analyse de variance (Anova), permettant de former les groupes de toxicité à l'aide du logiciel Minitab.

À la suite de cette première expérimentation, les insecticides les plus toxiques ont été testés à des dilutions successives pour calculer la concentration létale pour 50 % de la population (CL₅₀) avec le logiciel Polo-Pc (LeOra 1987) suivant une modélisation Probit. La durée du test était fonction de la vitesse à laquelle la réponse dose-mortalité devenait linéaire et respectait les paramètres statistiques imposés par le logiciel. Plus la CL₅₀ est petite, plus la molécule testée est toxique. Ainsi, cette valeur peut servir à observer l'apparition de résistance chez les prédateurs et chez les ravageurs. Ceci permet d'adapter, à long et moyen termes, l'usage des pesticides en protégeant mieux les espèces prédatrices et en ne visant pas des ravageurs devenus résistants.

Résultats

Mortalité et effet sur les pontes

Le spinétorame, une matière active du même groupe d'action que le spinosad, s'est avéré très toxique envers *N. fallacis*. Après 72 h, 100 % des femelles adultes sont mortes. Cette mortalité rapide entraîne logiquement l'absence totale de ponte.

La clothianidine et le spirotétramate ont montré une toxicité s'exprimant plus lentement, avec un effet répulsif de la clothianidine. Selon les observations faites 144 h après pulvérisation (tabl. 2), ces deux insecticides ont provoqué respectivement 84 % et 53,6 % de mortalité et les pontes se sont trouvées significativement atténuées (≤ 1 œuf/jour/femelle).

Le novaluron a semblé moins toxique envers *N. fallacis*. En effet, cette matière active n'a engendré que 17,4 % de mortalité après 144 h et pas eu d'effet significatif sur les pontes (tabl. 2). Enfin, les deux diamides (chlorantraniliprole et flubendiamide) n'ont montré aucune toxicité pour les femelles de *N. fallacis*, avec des mortalités et des pontes similaires à celles des témoins traités à l'eau.

CL₅₀ des femelles adultes de *N. fallacis*

Les insecticides spinétorame et clothianidine ont engendré des CL₅₀ inférieures de respectivement ± 14 fois et ± 6 fois la dose recommandée à 48 et 144 h (tabl. 3), confirmant leur toxicité extrême envers l'acarien femelle *N. fallacis*, à très faible dose. La CL₅₀ du spirotétramate se rapproche fortement de la dose homologuée ($\pm 0,3$ fois à 168 h); son impact est ainsi plus modéré que celui du spinétorame et de la clothianidine: théoriquement, seule la moitié de la population femelle adulte devrait périr lors d'un traitement au champ avec cette substance active.

Tableau 2 | Mortalité et pontes des femelles adultes de *N. fallacis* 144 h après pulvérisation

Produit commercial / Concentration (m.a.) / Formulation	Matière active (m.a.)	Dose (g/l) pour 600 l/ha	Nombre de femelles déposées	Taux de mortalité en % ¹ (P < 0,001) ²	«Fécondité en nombre d'œufs/jour/femelle (femelles vivantes) (P < 0,001) ²
Delegate® 25 % WG	Spinétorame	0,20417	85	100d	– (0)
Clutch® 50 % WDG	Clothianidine	0,350065	91	84c	0b (41)
Ultor® 15 % SC	Spirotétramate	0,2277135	100	53,6b	0,17b (12)
Rimon® 10 % EC	Novaluron	1,165	92	17,4a	3,39a (66)
Altacor® 35 % WG	Chlorantraniliprole	1,6667	92	0a	2,47a (83)
Belt® 48 % SC	Flubendiamide	0,987408	95	0a	3,03a (82)
–	Témoin (eau)	–	90	13,3a	2,56a (78)

¹Moyenne des taux de mortalité ajustés selon la formule d'Henderson-Tilton.

²Les lettres identiques signifient que les valeurs ne sont pas significativement différentes. Les groupes sont formés par analyse de variance (Anova) sur les données transformées par arcsinus pour les mortalités et par log (œuf pondu/jour/femelle + 1) pour les pontes, suivie de comparaisons multiples deux à deux par un test de Tuckey-Kramer ($\alpha = 0,05$).

Tableau 3 | $^{a}CL_{50}$ de trois insecticides pour les femelles adultes de *N. fallacis*

Produit commercial / Concentration (m.a.) / Formulation	Matière active (m.a.)	Temps après pulvérisation	n	df	X ²	CL ₅₀ (g.l ⁻¹)	Dose conseillée au champ (g.l ⁻¹)	Rapport: dose conseillée / CL ₅₀
Delegate® 25 % WG	Spinétorame	48h	470	4	3,81	0,015	0,20	13,74
Clutch® 50 % WDG	Clothianidine	144h	433	3	2,51	0,058	0,35	6,09
Movento® 24 % SC	Spirotétramate	168h	430	3	1,99	0,510	0,17	0,34

^aCalculé avec le logiciel Polo-Pc (LeOra 1994). L'ensemble des paramètres statistiques nécessaires à l'acceptation des résultats du logiciel ne sont pas présentés ici pour des raisons de clarté. Ils peuvent être obtenus par simple demande auprès de l'auteur via Agroscope Changins-Wädenswil. n = nombre de femelles déposées. df = degré de liberté. X² = Khi carré.

Discussion et conclusions

- Les insecticides testés se répartissent dans trois des quatre groupes de toxicité définis par Bostanian *et al.* (2010): les toxiques (75–100 % de mortalité), les modérément toxiques (50–74 %) et les non ou peu toxiques (0–24 %).
- Le spinétorame et la clothianidine appartiennent au premier groupe. Ils sont responsables de mortalités élevées, ce qui influe évidemment sur les pontes. Leur utilisation devrait être proscrite en PI, en attendant des tests complémentaires en vignoble ou en verger qui puissent compléter cette étude effectuée en laboratoire.
- Au deuxième groupe correspond le spirotétramate. Bien que la mortalité causée par cette matière active soit moins importante, elle gêne néanmoins considérablement les pontes et devrait de ce fait être évitée en PI.
- La troisième classe comprend le novaluron, le chlorantraniliprole et la flubendiamide, qui peuvent être admises en PI, car elles ont montré une faible toxicité (mortalité de 0 à 24 %) dans les conditions contraignantes de laboratoire.
- Dans le futur, l'observation de CL₅₀ plus élevées permettra de détecter le début de résistance aux matières actives. Il pourrait être intéressant d'effectuer un suivi et d'autres tests standardisés sur différents individus de la même espèce afin de sélectionner des souches résistantes d'acariens prédateurs, pour les mettre sur le marché, à disposition des exploitations agricoles.
- Ces tests pourraient également être menés sur les autres stades de développement de *N. fallacis* (larves, nymphes et œufs), pour mieux cerner la dynamique d'action de ces matières actives et mieux conseiller les viticulteurs et arboriculteurs.
- Ces résultats ne pouvant pas être extrapolés sur d'autres acariens prédateurs, comme l'ont démontré Bostanian *et al.* (2009a, 2010) avec deux acariens

Encadré | Spécificités suisses pour la préservation des acariens prédateurs

- Aucune des matières actives testées dans cet essai n'est autorisée en viticulture pour l'instant en Suisse; seul le novaluron et le spirotétramate sont homologués en arboriculture.
- *Neoseiulus fallacis* n'est pas le principal typhlodrome dans les vignobles et vergers suisses. Pour être transposable aux réalités helvétiques, ces tests devraient être conduits sur *Typhlodromus pyri*, *Amblyseius andersoni* et *Kampimodromus aberrans*.
- Ces résultats demeurent cependant très intéressants et donnent de premières indications pour la classification des insecticides testés vis-à-vis des acariens prédateurs (voir également les effets secondaires des matières actives dans les *Index phytosanitaires pour la viticulture et pour l'arboriculture*).

prédateurs (*G. occidentalis* et *N. fallacis*) qui, avec un comportement alimentaire proche, réagissent aux néonicotinoïdes parfois de manière identique (imidaclopride et thiaclopride) et parfois de manière différente (acétamipride et thiamétoxane). Ces six insecticides devraient ainsi être utilisés avec d'autres acariens et insectes auxiliaires afin de pouvoir affiner leur profil éco-toxicologique.

- Finalement, la mortalité et l'effet sur les pontes des pesticides les plus toxiques devraient être éprouvés en plein champ: l'efficacité des insecticides est souvent moins marquée à l'extérieur, car les conditions météorologiques peuvent dégrader ou diluer les matières actives; c'est notamment le cas avec le soleil (UV), les précipitations (lessivage), le vent (dérive) ou pour une zone du végétal non touchée par la bouillie. Pour toutes ces raisons, ces conclusions doivent être validées dans les conditions de la pratique, dans des vignobles et vergers commerciaux. ■

<p>Summary</p>	<p>Effect of six insecticides on <i>Neoseiulus fallacis</i>: a predatory mite in Canadian vineyards In Quebec, the toxicity of six insecticides was tested in laboratory on <i>Neoseiulus fallacis</i> female, a predatory mite against <i>Tetranychidae</i> pests in vineyards and orchards. Two insecticides (spinetoram and clothianidin) proved to be toxic for <i>N. fallacis</i> (more than 85 % of mortality) and should'nt be used in Integrated Pest management (IPM); the insecticide spirotetramat was moderately toxic (over 60 % of mortality) and stopped eggs laying and it should be avoided in IPM; three insecticides (novaluron, chlorantraniliprol and flubendiamid) were slightly or not toxic (under 20 % of mortality) and can be used in IPM.</p> <p>Key words: Integrated Pest Management (IPM), insecticides, predatory mite+mortality.</p>	<p>Zusammenfassung</p>	<p>Labor Toxizitätstest mit sechs Insektiziden auf <i>Neoseiulus fallacis</i>: eine Raubmilbe in Reblagen in Kanada In Quebec wurden im Labor Toxizitätstest mit sechs neuen Insektiziden auf adulten Weibchen von <i>Neoseiulus fallacis</i>, eine Raubmilbe im Reben- und Apfelnbau, durchgeführt. Zwei giftige insektizide (Spinetoram und Chlothianidin) dürfen im Rahmen der Integrierten Produktion (IP) nicht angewendet werden, da sie mehr als 85 % Sterblichkeitsrate verursachen; ein mässig giftiges Insektizid (Spirotremat), welches ausserdem die Eiablage verhindert, sollte im Rahmen der IP ebenfalls nicht angewendet werden, weil es mehr als 60 % Sterblichkeitsrate verursachte; drei wenig oder nicht toxische Insektizide (Novaluron, Chlorantraniliprol und Flubendiamid) können, mit weniger als 20 % Sterblichkeitsrate, im Rahmen der Integrierten Produktion angewendet werden.</p>	<p>Riassunto</p>	<p>Effetti di sei insetticidi su <i>Neoseiulus fallaci</i>: un'acaro predatore nei vigneti in Canada In Quebec, dei saggi tossicologici di laboratorio sono stati condotti con sei nuovi insetticidi sulle femmine adulte di <i>Neoseiulus Fallaci</i>, un acaro predatore dei tetranychidi nei viti e meli. Due tossici insetticidi (spinetoram e clothianidin) non devono essere utilizzati in Produzione Integrata (PI), perché causano più dell'85 % di mortalità; un insetticida moderatamente tossico (spirotetramat) che blocca le deposizioni dovrebbe essere evitato per la PI, perché causa più del 60 % di mortalità; tre insetticidi poco o non nocivi (novaluron, chlorantraniliprole e flubendiamide) possono essere usati in PI, con meno del 20 % di mortalità.</p>
-----------------------	--	-------------------------------	--	-------------------------	---

Remerciements

Nous remercions Noubar Bostanian et Gaëtan Racette, Centre de Recherche et Développement Horticole (CRDH), Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu (Qc), ainsi que Christian Linder (ACW) pour la relecture du manuscrit.

Bibliographie

- Arakawa H., Forney K. & Schiller C. T., 2004. Introduction of Two New Products for Use in Pome Fruit: CLUTCH™ Insecticide and KANEMITE™ Miticide. Adresse: <http://entomology.tfrec.wsu.edu/wopdmc/2004PDFs/Rep04%20Chemical%20Arakawa.pdf> [04 juillet 2012].
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), 2006. Centre pour la lutte antiparasitaire. Programme de réduction des risques liés aux pesticides. Profil de la culture de la vigne au Canada, 77 p.
- Bostanian N. J., Thistlewood H. A., Hardman J. M., Laurin M. C. & Racette G., 2009a. Effect of seven new orchard pesticides on *Galenromus occidentalis* in laboratory studies. *Pest Management Science* **65**, 635–639.
- Bostanian N. J., Beudjekian S., McGregor. E. & Racette G., 2009b. A modified excised leaf disc method to estimate the toxicity of slow and fast acting reduced-risk acaricides to mites. *Journal of Economic Entomology* **102**, 2084–2089.
- Bostanian, N. J., Hardman J. M., Thistlewood H. A. & Racette G., 2010. Effects of six selected orchard insecticides on *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. *Pest Management Science* **66**, 1263–1267.
- Dupont™, 2008. Maintenant homologué! Altacor® insecticide avec Rynaxypyr. Adresse: http://www2.dupont.com/Crop_Protection/fr_CA/assets/downloads/HORT_ALT_SS_FR_FINAL.pdf [04 juillet 2012].
- Ebbinghaus-Kintscher U., Lümmen K., Raming P., Masaki T. & Yasokawa N., 2007. Flubendiamide, the first insecticide with a novel mode of action on insect ryanodine receptor. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **60**, 117–140
- EPA, 2001. Pesticide Fact Sheet, novaluron. Adresse: <http://www.epa.gov/opprd001/factsheets/novaluron.pdf> [04 juillet 2012]
- Henderson C. F. & Tilton E. W., 1955. Test with Acaricides against the Brown Wheat Mite. *Journal of economic Entomology* **48**, 157–161.
- Leblanc M., 2008. Avertissement agricole n° 11 du 17 juillet 2008. Adresse: <http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/a11tn08.pdf> [04 juillet 2012].
- LeOra Software. 1987. Polo-Pc, Probit and Logit Analysis, Berkeley. Ca.
- Metzger J. A., 2001. *Neoseiulus fallacis* (Garman) (Acari: Phytoseiidae) as a potential biological control agent for spider mites (Acari: Tetranychidae) in Virginia vineyards. Master in entomology, Faculty of the Virginia polytechnic institute and State University, 77 p.
- Santé Canada, 2008. Projet de décision d'homologation: spirotetramate. Adresse: http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/part/consultations/_prd2008-07/index-fra.php#direct [04 juillet 2012]