

# LES HUILES ESSENTIELLES, DES BIOPESTICIDES « NOUVEAU GENRE »

par Hélène Chiasson et Nadine Beloin<sup>1</sup>

Les mécanismes d'action des propriétés pesticides des huiles essentielles sont méconnus et relativement peu d'études ont été réalisées à ce sujet (Isman 2000). On considère que ces mécanismes sont uniques et que les biopesticides à base d'huiles essentielles peuvent être des outils de choix dans les programmes de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides. Avec ces mécanismes d'action particuliers, ces biopesticides peuvent être utilisés seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs. Ils peuvent également être utilisés en alternance avec les pesticides de synthèse afin de prolonger la durée de vie de ces derniers. Les mécanismes d'action des huiles essentielles seront présentés en donnant des exemples tirés de la littérature et des essais effectués avec le produit FACIN, un insecticide/acaricide à base de l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides*.

## Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke et Kaufman 1999). Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, et des terpènes plus complexes, dont les sesquiterpènes.

Les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt.

➤ Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes.

➤ En étant très peu rémanents, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte; cette faible rémanence permet également aux travailleurs de retourner au champ ou dans une serre dans un court délai après le traitement.

➤ Les formulations sont stables à la température de la pièce et les huiles essentielles brutes peuvent être entreposées pendant plusieurs années.

➤ Les méthodes d'analyse de ces extraits ont beaucoup évolué depuis 10 ans et il est maintenant possible d'isoler et d'identifier des composés auparavant inconnus; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique.

➤ Un biopesticide peut être mis sur le marché dans un délai plus court qu'un produit de synthèse, car le processus d'homologation est moins exigeant.

En plus des particularités mentionnées ci-dessus, les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe de pesticides intéressante puisqu'en étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action multiples, elles ont des modes d'application variés (Tableau 1). Les extraits de plantes sollicitent simultanément plusieurs mécanismes physiologiques (par opposition à des pesticides n'ayant qu'une seule cible moléculaire), ce qui peut retarder l'apparition de populations résistantes d'insectes. Ainsi, des populations du puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulz.), traitées avec des extraits purifiés de neem ont développé 9 fois leur niveau initial de résistance en 40 générations, alors que des populations traitées avec des mélanges bruts n'avaient pas développé de résistance (Feng et Isman 1995).

Tableau 1. Moyens d'application de biopesticides à base d'huiles essentielles disponibles sur le marché

Moyens d'application	Exemples de produits	
	disponibles sur le marché	Huiles essentielles
Fumigation	Alli-up	Ail
Attractif ajouté aux pièges à phéromones	Methyl eugenol	Méthyl eugénol (giroflief)
Répulsif	Bite Blocker	Géranium
	Druide	Citronnelle
	Shoo Bug	Thé des bois ( <i>wintergreen</i> )
	Repel	Eucalyptus
	Apilife VAR	Thymol, cinéol, menthol
Contact	FACIN	<i>Chenopodium ambrosioides</i>
	Orange Guard	Agrumes
	EcoPCO	Eugénol (giroflief)
	Ecotrol	Romarin
	Cinnamite	Aldéhyde cinnamique (canelle)

Tiré de « 2006 Directory of least-toxic pest control products », The IPM Practitioner 27(11/12) : 1-40 (2006).

1. Codena inc., 426, chemin des Patriotes, Saint-Charles-sur-Richelieu (Québec) J0H 2G0.

Codena inc. est une filiale de AgraQuest inc., 1530 Drew Ave., Davis, CA 95618.

## Toxicité par fumigation

L'ajout d'échantillons de plantes vertes dans les caveaux de riz et de grains est une pratique courante des peuples africains pour chasser les insectes et les rongeurs des denrées stockées (Weaver *et al.* 1991). La fumigation au moyen des huiles essentielles a été étudiée avec le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (L.), des coléoptères des grains dont le bruchidae, *Callosobruchus chinensis* (L.); les résultats démontrent que les effets toxiques dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition à l'huile essentielle (Kim *et al.* 2003). À un taux de diffusion de 3,5 mg/cm<sup>2</sup>, l'activité insecticide a été déterminée pour les extraits de l'écorce de l'huile de cannelle (*Cinnamomum cassia*), du raifort (*Cochleria aromaticum*) et de l'huile de moutarde (*Brassica juncea*) (Kim *et al.* 2003). Les huiles d'origan, de basilic, de marjolaine, de thym, de sauge, de laurier, de romarin, de lavande, d'anis, de menthe, de céleri, de cumin, d'agrumes, de coriandre et de fenouil ont été testées et plusieurs ont causé jusqu'à 100 % de mortalité chez le petit perceur des céréales, *Rhyssopertha dominica* (F.), le cucujide dentelé des grains, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Hbst.) et le charançon du riz à un taux de diffusion de 10 à 15 µL/L d'air (Shaaya *et al.* 1991). Vingt-deux composés, dont surtout l'alpha-terpinéol (CI<sub>50</sub> de 4,05 µL/L) se sont avérés toxiques pour *Callosobruchus maculatus* (F.), *Sitophilus zeamais* Motsch, et *Dermestes maculatus* DeG. sur une sélection de 30 composés extraits d'agrumes (Don-Pedro 1996). Regnault-Roger et Hamraoui (1995) ont observé un effet toxique de monoterpènes (le linalool étant le plus toxique et l'estragole l'étant le moins) par fumigation avec le bruchide du haricot, *Acanthoscelides obtectus* (Say). Le matériel végétal broyé et l'huile essentielle d'une variété africaine de *Chenopodium ambrosioides* ont réduit de 80 à 100 % les densités des insectes de denrées stockées 24 h après l'application d'une dose de 0,2 µL/cm<sup>2</sup> (Tapondjou *et al.* 2002).

## Effet répulsif

Lors de tests de choix (*two-choice tests*), 13 huiles essentielles ont été testées avec le bruchide du haricot (Papachristos et Stamopoulos 1987) et 9 huiles avec la blatte américaine, *Periplaneta americana* (L.) (Ngho *et al.* 1998). Dans la majorité des cas, les insectes se sont dirigés vers le témoin non traité. Ces études ont également démontré que l'effet répulsif était étroitement lié à la structure de la molécule testée. Lors des tests d'absence de choix (*no choice tests*), la présence d'huiles essentielles a eu un effet inhibiteur sur la ponte, causant une rétention des œufs, et sur l'émergence des adultes. Les huiles d'ori-

gan (*Origanum vulgare*), de menthe (*Mentha microphylla* et *M. viridis*) et d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) ont été les plus toxiques (Papachristos et Stamopoulos 2002).

Le FACIN a démontré des propriétés répulsives avec le tétranyque à deux points *Tetranychus urticae* Koch et l'aleurode des serres *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Akalach, données non publiées). À une concentration de 0,5 % m.a., l'effet répulsif du FACIN était 80 % plus élevé que celui du témoin acétone pour le tétranyque. Lors d'un test de choix, les femelles ont pondu 74 % moins d'œufs sur les feuilles de fèves traitées que sur les feuilles témoins. La ponte des aleurodes femelles fut 4 fois plus élevée sur les feuilles témoins non traitées que sur les feuilles traitées avec le FACIN (0,5 % m.a.).

## Toxicité par contact

La toxicité par contact des huiles essentielles peut être très élevée avec des LC<sub>50</sub> de 9 µg/cm<sup>2</sup> (ex. le FACIN avec le tétranyque à deux points, Chiasson *et al.* 2004a). Ces produits ont donc leur place comme outils de phytoprotection en milieu agricole soit en serres ou en plein champ, par application topique (Chiasson *et al.* 2004a, 2004b; Coats *et al.* 1991; Isman 1999; Karpouhtsis *et al.* 1998) ou au sol (Lee *et al.* 1997).

## Effets physiques et physiologiques des huiles essentielles

Les mécanismes toxiques des huiles essentielles sont d'ordre physiologique ou physique.

### Effets physiologiques

Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. Regnault-Roger et Hamraoui (1995) ont observé l'effet du linalool, du thymol et du carvacrol sur la fécondité et le nombre d'œufs pondus du bruchide du haricot. Il y a eu également inhibition complète de la pénétration des larves dans les grains traités de linalool et de thymol. De plus, ce dernier produit s'est avéré inhibiteur de l'émergence des adultes.

Karr et Coats (1990) ont démontré que l'application des d-limonène, linalool, β-myrcène et α-terpinéol a un effet sur la croissance et le développement de la blatte germanique, *Blattella germanica* (L.). Ces monoterpènes ont influencé significativement le temps requis par les nymphes pour atteindre le stade adulte. L'application de doses élevées de d-limonène et de linalool a dimi-



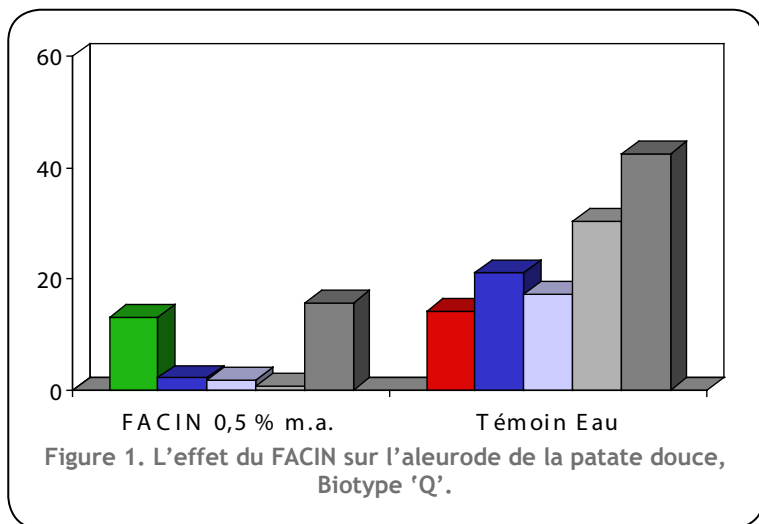


Figure 1. L'effet du FACIN sur l'aleurode de la patate douce, Biotype 'Q'.  
Essai réalisé par Dr. Ron Oetting, Université de Georgie, 2006. Les barres de l'histogramme représentent le nombre d'aleurodes vivants selon les dates d'observation, soit avant le traitement et 1, 2, 3 et 4 semaines après le traitement. Les données obtenues avec le FACIN étaient significativement différentes de celles du témoin.

nué l'émergence des nymphes quoique la mortalité des femelles n'a pas été affectée.

### Effet sur l'octopamine, un neurotransmetteur spécifique aux invertébrés

Roeder (1999) a réalisé une revue de littérature exhaustive sur l'octopamine, un neurotransmetteur spécifique au système nerveux des invertébrés. L'octopamine a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés. Enan (2000) a fait le lien entre l'application de l'eugénol, de l' $\alpha$ -terpinéol et de l'alcool cinnamique, et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. Il conclut que l'effet peut varier d'un terpène à l'autre et que les huiles essentielles peuvent agir en tant qu'agonistes ou antagonistes du neurotransmetteur.

### Effets physiques

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Isman (1999) émet cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes à corps mou. C'est le cas du FACIN qui exerce une répression satisfaisante sur les thrips, les pucerons, les aleurodes et certains acariens (Figure 1) et qui s'est avéré moins efficace avec des insectes à carapace dure tels que des coléoptères et hyménoptères adultes et certains acariens prédateurs. Entre autres, le FACIN est peu toxique pour le parasitoïde adulte, *Aphidius colemanii* Viereck et pour les acariens prédateurs, *Amblyseius fallacis* (Garman) et *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Tableau 2; Bostanian et al. 2005).

Il reste à déterminer le mécanisme par lequel les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes et acariens. Le rôle de la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule. Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable (Wigglesworth 1972). La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectés par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie. Il reste à déterminer précisément le(s) site(s) de dégradation de l'enveloppe externe de l'insecte et de l'acarien et le type de dommage causé par l'application des huiles essentielles, par application topique ou par fumigation. Des travaux en microscopie électronique et confocale seraient à privilégier. Cette dernière technique serait particulièrement intéressante, car elle permet d'observer l'effet du produit sur des cibles vivantes. À suivre....

Tableau 2. Effet du FACIN et autres produits sur quelques agents biologiques utilisés en serres

Agent biologique		Mortalité (%)	
		après 24 h	après 48 h
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Facin 0,5 % m.a.	28,7	58,6
	Abamectin	54,0	83,6
	Savon insecticide + poudre de pyrèthre	98,9	99,7
<i>Amblyseius fallacis</i>	Facin 0,5 % m.a.	19,3	23,1
	Abamectin	78,0	81,0
	Savon insecticide + poudre de pyrèthre	85,1	85
<i>Aphidius colemanii</i>	Facin 0,5 % m.a.	22,3	40,4
	Abamectin	67,5	90,1
	Savon insecticide + poudre de pyrèthre	99,5	99,5

### Références

Bostanian, N.J., M. Akalach et H. Chiasson. 2005. Effects of a *Chenopodium*-based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). Pest Manag. Sci. 61 : 979-984.

- Chiasson, H., N. Bostanian et C. Vincent.** 2004a. Acaricidal properties of a *Chenopodium*-based biopesticide. *J. Econ. Entomol.* 97 : 1373-1377.
- Chiasson, H., C. Vincent et N. Bostanian.** 2004b. Insecticidal properties of a *Chenopodium*-based biopesticide. *J. Econ. Entomol.* 97 : 1378-1383.
- Cseke, L.J. et P.B. Kaufman.** 1999. How and why these compounds are synthesized by plants. Pages 37-90 in P.B. Kaufman, L.J. Cseke, S. Warber, J.A. Duke et H.L. Brielmann (eds.), *Natural Products from Plants*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Coats, J.R., L.L. Karr et C.D. Drewes.** 1991. Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids. Pages 305-316 in P.A. Hedin (ed.), *Naturally Occurring Pest Bioregulators*. ACS Symposium Series. Washington, D.C.
- Don-Pedro, K.N.** 1996. Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of citruspeel oil components. *Pestic. Sci.* 46 : 79-84.
- Enan, E.** 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comp. Biochem. Physiol. Part C* 130 : 325-337.
- Feng, R. et M.B. Isman.** 1995. Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid *Myzus persicae*. *Experientia* 51 : 831-833.
- Isman, M.** 1999. Pesticides based on plant essential oils. *Pesticide Outlook*, April 1999 : 68-72.
- Isman, M.B.** 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot.* 19 : 603-608.
- Karpouhtsis, I., E. Pardali, E. Feggou, S. Kokkini, S.G. Scouras et P. Mavragani-Tsipidou.** 1998. Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 46 : 1111-1115.
- Karr, L.L. et J.R. Coats.** 1992. Effects of four monoterpenoids on growth and reproduction of the german cockroach (Blattodea : Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 85 : 424-429.
- Kim, S., J. Roh, D. Kim, H. Lee et Y. Ahn.** 2003. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *J. Stored Prod. Res.* 39 : 293-303.
- Lee, S., B. Tsao, C. Peterson et J.R. Coats.** 1997. Insecticidal activity of monoterpenoids to western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae), twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae), and house fly (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.* 90 : 885-892.
- Ngoh, S.P., L.E.W. Choo, F.Y. Pang, Y. Huang, M.R. Kini et S.H. Ho.** 1998. Insecticidal and repellent properties of nine volatile constituents of essential oils against the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.). *Pestic. Sci.* 54 : 261-268.
- Papachristos, D.P., D.C. Stamopoulos.** 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 38 : 117-128.
- Regnault-Roger, C. et A. Hamraoui.** 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res.* 31 : 291-299.
- Roeder, T.** 1999. Octopamine in invertebrates. *Prog. Neurobiol.* 59 : 533-561.
- Shaaya, E., U. Ravid, N. Paster, B. Juven, U. Zisman et V. Pissarev.** 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *J. Chem. Ecol.* 17(3) : 499-504.
- Tapondjou, L.A., C. Adler, H. Bouda et D.A. Fontem.** 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *J. Stored Prod. Res.* 38 : 395-402.
- Weaver, D.K., F.V. Dunkel, L. Ntezurubanza, L.L. Jackson et D.T. Stock.** 1991. The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. *J. Stored Prod. Res.* 27 : 213-230.
- Wigglesworth, V.B.** 1972. *The Principles of Insect Physiology*, 7<sup>e</sup> éd. Chapman and Hall.

.....  
 Hélène Chiasson, Ph.D. biologiste-entomologiste, est chercheure chez Codena inc.; elle possède une vaste expertise dans le développement des biopesticides.

Nadine Beloin, biologiste, M. Sc., travaille comme professionnelle de recherche au laboratoire de Codena inc.

