

Méthodes alternatives à la lutte chimique

en

Pomiculture

*Principales techniques applicables
au Québec*

Direction :



Rédaction :

Édith Smeesters, vice-présidente,
Nature-Action Québec



Gérald Chouinard, agronome-entomologiste,
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
Sandra Gagnon, entomologiste,
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

Révision :

Équipe de coordination Stratégie phytosanitaire
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Photo couverture : **Éric Labonté**, photographe,

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Graphisme :

Pierre Caron
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Mise en page :

Sylvie Ouellet

Dépôt légal :

Bibliothèque nationale du Québec 2001
ISBN 2-550-37101-1

RÉSUMÉ

En pomiculture et dans les cultures fruitières en général, les producteurs et productrices biologiques et les autres personnes désireuses de réduire leur dépendance aux pesticides chimiques ont accès à un nombre restreint de méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs. Quantité de solutions existent, mais elles sont souvent méconnues, peu éprouvées ou difficilement accessibles. Lorsqu'elles sont connues et bien utilisées, les méthodes alternatives sont souvent plus respectueuses de l'environnement et plus stables que les méthodes de lutte chimique. La gestion intégrée des vergers nécessite une bonne connaissance de ces méthodes et de leur impact. La présente mise à jour des connaissances concernant les principales méthodes alternatives à la lutte chimique pour les principaux ravageurs et maladies de la pomme au Québec a été réalisée pour faciliter la réduction de l'utilisation intensive des pesticides chimiques et l'incidence de leurs effets négatifs, dont le développement de la résistance, la dérive, l'accumulation dans l'environnement, les résidus dans les aliments et les effets possibles sur la santé.

La première étape a consisté à faire la revue de la littérature disponible sur le sujet. Une description détaillée et exhaustive des méthodes alternatives connues en pomiculture ainsi que leurs possibilités d'utilisation dans les vergers du Québec est présentée. Ces méthodes sont classées en cinq grandes catégories, soit la lutte culturale, la lutte physique, la lutte biologique, les produits d'origine naturelle (animale, végétale et minérale) et la confusion sexuelle. L'efficacité, les avantages et les inconvénients de chaque méthode sont examinés. La compatibilité et la complémentarité des méthodes a également été abordée.

La deuxième étape consistait à voir comment ces méthodes pourraient être appliquées pour gérer les principaux ravageurs de la pomme. Les ravageurs étudiés sont le charançon de la prune, le carpocapse de la pomme, la punaise terne, la mouche de la pomme, le tétranyque rouge et le tétranyque à deux points, le champignon responsable de la tavelure de la pomme, et deux ravageurs occasionnels, soit l'hoplocampe des pommes et la tordeuse à bandes obliques. Cependant, l'hoplocampe des pommes peut être un ravageur prépondérant dans des vergers en régie biologique. Un aperçu de la biologie de chaque ravageur est présenté, suivi des moyens alternatifs de lutte. Pour chaque ravageur, un tableau récapitulatif des moyens à haut potentiel de réussite est aussi proposé.

Les moyens à haut potentiel de réussite pour lutter contre le charançon de la prune sont : premièrement, l'aménagement du verger de façon à réduire la présence de foyers d'infestation du charançon; deuxièmement, le frappage mécanique des branches pour déloger et éliminer les charançons et troisièmement l'utilisation de champignons entomopathogènes. Contre le carpocapse de la pomme, les moyens recommandés sont l'utilisation de la carpovirusine et la confusion sexuelle. La lutte biologique, par l'encouragement de l'action des ennemis naturels et par l'utilisation des champignons entomopathogènes, est la méthode à favoriser pour lutter contre la punaise terne. On peut efficacement abaisser les populations de la mouche de la pomme en disposant des sphères rouges appâtées dans le verger et en récoltant régulièrement les pommes tombées au sol. Dans le cas du tétranyque rouge et du tétranyque à deux points, la meilleure stratégie consiste à enrayer ou limiter l'utilisation d'insecticides à large spectre d'action de façon à favoriser l'action des ennemis naturels, dont les acariens prédateurs, présents ou introduits dans les vergers. Enfin pour la tavelure, les moyens à haut potentiel de réussite sont l'utilisation de cultivars résistants, de fongicides minéraux et d'antagonistes.

L'application des techniques présentées dans ce document constitue une étape importante dans la réduction de l'utilisation des pesticides dans les vergers et vers une exploitation pomicole intégrée et respectueuse de l'environnement.

Les résultats issus de ce travail répondent à l'objectif 3.1 du *Plan d'action triennal pour diminuer les risques à la santé et à l'environnement*, préparé par le Comité de concertation sur les vergers le 12 mars 1998. Ils font suite aux recommandations de l'*Étude exploratoire sur l'exposition aux organophosphorés et les risques pour la santé : vergers de la Montérégie* (« diminuer l'exposition des résidents, des travailleurs, des pomiculteurs et de leur famille aux pesticides pulvérisés dans les vergers »).

LES AUTEURS

Sandra Gagnon est entomologiste et spécialiste de la lutte contre les insectes ravageurs des cultures. Elle a travaillé, jusqu'à maintenant, à différents projets de recherche en lutte biologique utilisant des ennemis naturels. Elle détient une maîtrise en entomologie de l'UQAM (laboratoire du professeur Daniel Coderre).

Gérald Chouinard est agronome-entomologiste et chercheur spécialisé dans la lutte intégrée en vergers. Il est titulaire d'un doctorat en entomologie fruitière. Ses travaux ont eu pour incidence la réduction de l'utilisation des pesticides dans la lutte contre le charançon de la prune, un ravageur prépondérant des pommes. M. Chouinard est responsable du Groupe d'experts en protection du pommier, outil efficace de concertation dans le milieu de la phytoprotection, tant entre les différents chercheurs que par l'approche filière.

Édith Smeesters est diplômée en biologie de l'Université de Louvain (Belgique). Elle est vice-présidente de Nature-Action Québec, un organisme environnemental qui a géré le verger du Mont Saint-Bruno entre 1996 et 2000. Madame Smeesters a donné plus de 200 conférences depuis 20 ans, elle a écrit un livre sur les pelouses et couvre-sols (2000), un autre sur le compostage domestique (1993), ainsi que de nombreux articles de vulgarisation sur le compostage, la pelouse écologique, les alternatives aux pesticides et le bois raméal, pour des revues comme *Humus*, *Fleurs-plantes et jardins*, *Québec vert* et *Protégez-vous*.



REMERCIEMENTS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du Programme agroenvironnemental de soutien à la Stratégie phytosanitaire avec une aide financière du Plan d'action Saint-Laurent, lequel est une entente de concertation Canada-Québec.

Plusieurs personnes ont contribué à la réalisation du présent rapport : MM. Alain Désilets, Jean Larose et Stefan Sobkowiak nous ont fourni une quantité appréciable d'informations et conseils lors des consultations. Merci également à Mme Sylvie Bellerose, MM. Daniel Cormier, Régis Charbonneau, Michel Letendre, Raymond-Marie Duchesne, Yvon Brochu, Guy Langlais et Jacques Lasnier pour leurs commentaires éclairés lors de la révision technique et grammaticale, ainsi qu'à Mmes Agathe Favreau et Danielle Porret pour la révision grammaticale.

Nous remercions tous ces précieux collaborateurs qui nous ont permis de présenter un travail qui, nous l'espérons, pourra faire progresser les connaissances sur les alternatives aux pesticides chimiques en pomiculture.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
LES AUTEURS	iii
REMERCIEMENTS	v
TABLE DES MATIÈRES	vii
LISTE DES TABLEAUX	x
 CHAPITRE 1 : LES MÉTHODES ALTERNATIVES	 1
1.1 Introduction	1
1.2 La lutte culturale	1
1.2.1 Diversité et association de cultures	1
1.2.2 Résistance des cultivars aux ravageurs	2
1.2.3 Autres méthodes culturales	2
1.3 La lutte physique	2
1.3.1 Piégeage de masse	2
1.3.2 Lutte autocide	2
1.4 La lutte biologique	2
1.4.1 Les auxiliaires de lutte	3
1.5 Les produits d'origine naturelle	4
1.6 La confusion sexuelle	6
1.7 Les pesticides à faibles risques	6
1.8 Récapitulation des méthodes alternatives	7
 CHAPITRE 2 : LES RAVAGEURS ET MALADIES PRÉPONDÉRANTS	 9
2.1 Charançon de la prune	9
2.1.1 Introduction	9
2.1.2 La lutte culturale	9
2.1.3 La lutte physique	10
2.1.4 La lutte biologique	10
2.1.5 Les produits d'origine naturelle	11
2.1.6 Récapitulation des moyens alternatifs	11

2.2 Carpocapse de la pomme	12
2.2.1 Introduction	12
2.2.2 La lutte culturale	12
2.2.3 La lutte physique	12
2.2.4 La lutte biologique	13
2.2.5 Les produits d'origine naturelle	14
2.2.6 La confusion sexuelle	14
2.2.7 Récapitulation des moyens alternatifs	15
2.3 Punaise terne	16
2.3.1 Introduction	16
2.3.2 La lutte culturale	16
2.3.3 La lutte physique	16
2.3.4 La lutte biologique	16
2.3.5 Les produits d'origine naturelle	18
2.3.6 Récapitulation des moyens alternatifs	18
2.4 Mouche de la pomme	18
2.4.1 Introduction	18
2.4.2 La lutte culturale	18
2.4.3 La lutte physique	18
2.4.4 La lutte biologique	19
2.4.5 Les produits d'origine naturelle	19
2.4.6 Récapitulation des moyens alternatifs	19
2.5 Tétranyque rouge et tétranyque à deux points	19
2.5.1 Introduction	19
2.5.2 La lutte culturale	21
2.5.3 La lutte physique	21
2.5.4 La lutte biologique	21
2.5.5 Les produits d'origine naturelle	22
2.5.6 Récapitulation des moyens alternatifs	24
2.6 Tavelure de la pomme	24
2.6.1 Introduction	24
2.6.2 La lutte culturale	25
2.6.3 La lutte biologique	25
2.6.4 Les produits d'origine naturelle	26
2.6.5 Récapitulation des moyens alternatifs	26

CHAPITRE 3 : LES RAVAGEURS OCCASIONNELS	29
3.1 Hoplocampe des pommes	29
3.1.1 Introduction	29
3.1.2 La lutte culturale	29
3.1.3 La lutte physique	29
3.1.4 La lutte biologique	29
3.1.5 Les produits d'origine naturelle	29
3.1.6 Récapitulation des moyens alternatifs	30
3.2 Tordeuse à bandes obliques	30
3.2.1 Introduction	30
3.2.2 La lutte culturale	30
3.2.3 La lutte physique	30
3.2.4 La lutte biologique	31
3.2.5 Les produits d'origine naturelle	32
3.2.6 La confusion sexuelle	32
3.2.7 Récapitulation des moyens alternatifs	32
CONCLUSION:	33
BIBLIOGRAPHIE	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Récapitulation des méthodes alternatives de lutte : avantages et inconvénients	7
Tableau 2	Les ennemis naturels les plus importants du charançon de la prune	10
Tableau 3	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du charançon de la prune	12
Tableau 4	Les ennemis naturels du carpocapse de la pomme	13
Tableau 5	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du carpocapse de la pomme	15
Tableau 6	Les ennemis naturels de la punaise terne	17
Tableau 7	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la punaise terne	18
Tableau 8	Les ennemis naturels de la mouche de la pomme	20
Tableau 9	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la mouche de la pomme	21
Tableau 10	Les principaux ennemis naturels des tétranyques	23
Tableau 11	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle des tétranyques rouges et à deux points	24
Tableau 12	Caractéristiques de certains cultivars résistants à la tavelure de la pomme	26
Tableau 13	Utilisation des fongicides biologiques et minéraux contre la tavelure de la pomme	27
Tableau 14	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tavelure de la pomme	27
Tableau 15	Les ennemis naturels de l'hoplocampe des pommes	30
Tableau 16	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de l'hoplocampe des pommes	30
Tableau 17	Les ennemis naturels de la tordeuse à bandes obliques	31
Tableau 18	Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tordeuse à bandes obliques	32

CHAPITRE 1

Les méthodes alternatives

1.1 Introduction

Depuis la Deuxième Guerre mondiale, l'utilisation des pesticides de synthèse s'est généralisée et intensifiée. En effet, synthétisés à faible coût, ces pesticides étaient facilement disponibles et utilisables, et leur efficacité a été, pour plusieurs années, fulgurante. Les problèmes de résistance et l'accumulation des résidus dans l'environnement se sont par contre rapidement manifestés. Les contextes du marché et de la production intensive ont mené l'industrie à développer de nouveaux pesticides. La pomiculture est l'une des cultures qui utilise le plus de pesticides à l'hectare. En effet, des frais allant jusqu'à 603 \$ l'hectare par année sont engendrés par leur utilisation (Chouinard et Charbonneau 1997).

Depuis plusieurs années, gestionnaires, chercheurs, conseillers agricoles, consommateurs, environnementalistes et producteurs, sont préoccupés par les problèmes de résistance, d'impacts négatifs sur les organismes utiles, d'accumulation de résidus de pesticides dans l'environnement et par les effets de tous ces produits sur la santé. Ils s'affairent à trouver des solutions alternatives qui s'inscrivent dans une démarche de régie intégrée des vergers. Plusieurs de ces méthodes alternatives ne datent pourtant pas d'hier. En effet, bien avant l'avènement de l'utilisation intensive des pesticides de synthèse, les agriculteurs connaissaient et utilisaient plusieurs méthodes alternatives, notamment la lutte culturale.

Le premier chapitre présente un résumé des méthodes alternatives utilisées en pomiculture. Elles sont regroupées dans les six catégories suivantes : 1) la lutte culturale, 2) la lutte physique, 3) la lutte biologique, 4) les produits d'origine naturelle, 5) la confusion sexuelle et 6) les pesticides à faibles risques. Cette dernière partie présentera un survol des régulateurs de croissance; ces produits chimiques, beaucoup plus sélectifs que les pesticides conventionnels, peuvent être employés à défaut d'autres méthodes ou en transition vers une gestion complètement naturelle des ravageurs et maladies.

Le chapitre suivant traite des méthodes alternatives disponibles ou employées contre les principaux ravageurs et maladies de la pomme au Québec. La production commerciale de pommes au Québec abrite un complexe de cinq ravageurs prépondérants et vingt-deux ravageurs occasionnels. Cet ouvrage traite principalement des ravageurs prépondérants : la tavelure du pommier, le charançon de la prune, le carpocapse de la pomme, la punaise terne, la mouche de la pomme et le tétranyque rouge. Le

tétranyque à deux points, ravageur occasionnel, est traité avec le tétranyque rouge. Il traite aussi de deux ravageurs pouvant occasionnellement causer des dégâts importants, soit l'hoplocampe des pommes et la tordeuse à bandes obliques. Pour chaque ennemi, sont décrits brièvement le cycle biologique, les dommages, les méthodes alternatives de lutte, et un tableau résume les méthodes à haut potentiel de réussite pour le Québec. Des descriptions détaillées des ravageurs, des méthodes d'identification de dépistage et des seuils d'intervention sont disponibles dans le Manuel de l'observateur (Chouinard 1997) et le Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels (Chouinard *et al.* 2000). Par conséquent, ces volets ne sont pas abordés ici, sauf dans les cas de recherches qui risquent de déboucher sur des moyens alternatifs de lutte.

1.2 La lutte culturale

La lutte culturale vise à diminuer la sensibilité des agro-écosystèmes aux attaques de ravageurs. Il s'agit d'un ensemble de pratiques peu dommageables pour l'environnement. L'emphase est généralement mise sur la manipulation de l'habitat pour diminuer les populations de ravageurs, d'abord directement, en rendant l'environnement défavorable à leur développement et établissement, ensuite indirectement, en favorisant la présence et l'action des ennemis naturels ou auxiliaires (Coaker 1987). Bien que ces méthodes culturales existent depuis de nombreuses décennies, leur application n'a été reconnue que récemment comme une étape importante dans la lutte contre les ravageurs de cultures (Pickett et Bugg 1998).

1.2.1 Diversité et association de cultures

L'environnement du verger doit être aménagé de façon à encourager la présence des auxiliaires tout en décourageant celle des ravageurs. On encourage la présence des auxiliaires en leur fournissant des niches favorables. Celles-ci doivent comprendre un abri et une source alternative de nourriture (proies ou hôtes) pour les adultes. Les plantes couvre-sol peuvent fournir un abri et du pollen pour les auxiliaires, ainsi qu'un engrais vert. Le sarrasin, la phacélie, la moutarde ou des légumineuses sont autant de plantes couvre-sol utiles (Duval 1993). Il est important de choisir des plantes qui fleurissent longtemps ou de choisir des espèces dont la floraison se succède. Par contre, la floraison ne doit pas être trop hâtive pour ne pas

détourner les pollinisateurs des fleurs de pommiers et il faut aussi éviter des couvre-sols qui favorisent l'établissement et la prolifération des ravageurs.

Des cultures-pièges peuvent être utilisées dans le but d'attirer les ravageurs des pommiers pour mieux les détruire par la suite. Les insectes ravageurs attirés vers ces plantes pièges doivent cependant être gérés judicieusement. Ils peuvent être éliminés avec un insecticide biologique avant que l'insecte ne termine son cycle reproductif, ou bien être conservés en faible nombre pour maintenir les auxiliaires. En dernier recours, la culture-piège peut être détruite. Duval (1993) fait une revue détaillée des plantes compagnes et couvre-sols en verger.

1.2.2 Résistance des cultivars aux ravageurs

La résistance d'une plante à un ravageur est sa capacité de se défendre contre les attaques de ce ravageur ou de supporter une grande densité de ravageurs sans que des pertes économiques n'y soient associées. Trois facteurs expliquent la résistance :

Préférence : Selon les caractéristiques biochimiques et physiques de l'hôte, un ravageur acceptera ou refusera un hôte comme site de ponte, d'alimentation ou d'abri.

Antibiose : Un hôte résistant peut avoir un impact négatif direct sur un ravageur, et ce, par des voies physiologiques ou biochimiques telles que la présence et la sécrétion de métabolites toxiques (nicotine, pyréthrine, roténone et phénols), ou encore la carence ou le déséquilibre des éléments nutritifs (protéines, glucides et lipides) nécessaires aux ravageurs. Ces composés peuvent causer la mort des ravageurs pendant l'un des stades de la métamorphose ou influencer leur développement et causer une augmentation anormale de la durée des stades larvaires, une diminution du taux de reproduction de la femelle, une diminution de la taille et/ou du poids, etc.

Tolérance : Capacité de la plante à se développer et à se reproduire malgré la présence de ravageurs.

Différents programmes d'amélioration génétique visent à mettre au point des cultivars résistants à des ravageurs. C'est notamment le cas des recherches sur le champignon causant la tavelure du pommier, qui se déroulent depuis plusieurs décennies dans plusieurs régions productrices de pommes (Canada, États-Unis et Europe). Il faut cependant reconnaître que d'autres maladies peuvent se développer sur ces cultivars. La diversité s'impose afin d'éviter la propagation rapide d'une maladie à tout le verger.

1.2.3 Autres méthodes culturales

En retournant le sol (labour), les ennemis s'y trouvant (par exemple les larves ou pupes de charançon de la prune) sont soit exposés aux ennemis naturels soit détruits

mécaniquement par l'action des outils ou encore desséchés par le soleil. Une taille favorisant la circulation de l'air et la pénétration du soleil stimule la productivité de l'arbre et contribue à diminuer le développement de maladies comme la tavelure. L'utilisation de paillis est une bonne mesure pour réduire la croissance des mauvaises herbes. Enfin, une fertilisation organique adéquate permet aux arbres d'atteindre leur équilibre mise à fruit-vigueur et les aide également à mieux résister aux attaques de ravageurs. Par contre, une surfertilisation en azote peut causer des problèmes notamment avec les pucerons, la tordeuse à bandes obliques et la brûlure bactérienne.

Une méthode des plus généralisées est l'hygiène du verger. En effet, pour la plupart des ravageurs, le fait de ramasser les fruits atteints qui sont tombés au sol réduit considérablement les populations et leurs dommages. D'autre part, les déchets de coupe ou de taille, infectés ou non, doivent être brûlés. On interrompt ainsi leur cycle de développement. Il faut cependant vérifier auprès des autorités municipales si un permis est nécessaire.

1.3 La lutte physique

1.3.1 Piégeage de masse

Le piégeage peut se faire à l'aide de différents types de pièges, la plupart du temps attachés aux branches des pommiers, sur les troncs ou fixés sur des piquets plantés autour du verger. Ils peuvent être rectangulaires ou sphériques, faits de carton ou de Plexiglas de différentes couleurs. Par exemple, des sphères rouges engluées, avec ou sans attractifs, sont utilisées pour capturer les mouches de la pomme (Prokopy 1975). Des bandes pièges sont aussi utilisées pour capturer les larves hivernantes de carpocapse.

1.3.2 Lutte autocide

Une technique de plus en plus utilisée, notamment en Colombie-Britannique, consiste à stériliser des mâles aux rayons X ou gamma en laboratoire. Les mâles stériles sont ensuite relâchés en grande quantité dans leur environnement. Sans changer leur comportement sexuel, ils s'accoupleront avec les femelles mais ne produiront pas de descendants (Cloutier et Cloutier 1992).

1.4 La lutte biologique

La lutte biologique consiste en l'utilisation d'organismes vivants (auxiliaires de lutte) ou de leur produit (biopesticide inerte) pour combattre les ravageurs ou maladies des cultures ainsi que les mauvaises herbes (Cloutier et Cloutier 1992). Les auxiliaires de lutte peuvent être des arthropodes prédateurs et parasitoïdes, des nématodes, ainsi que des micro-organismes entomopathogènes tels que les virus, champignons, bactéries ou protozoaires.

Les biopesticides inertes sont généralement des toxines dérivées de bactéries ou de champignons. Dans ce cas, l'approche est semblable à celle qui est utilisée avec des pesticides de synthèse, mais beaucoup plus spécifique. L'équipement standard d'application de pesticide peut être utilisé pour les biopesticides. C'est une méthode curative, rapide mais à faible rémanence (persistance dans le milieu) (Cloutier et Cloutier 1992).

Dans un contexte de lutte, différentes utilisations des auxiliaires peuvent être faites. Premièrement, des auxiliaires peuvent être relâchés dans le milieu. On parle alors de trois types de lâchers :

- La lutte biologique classique : elle consiste à lâcher un petit nombre d'ennemis provenant de la région d'origine du ravageur (habituellement exotique), dans le but qu'ils s'établissent et contrôlent par la suite la population du ravageur. C'est une méthode préventive plutôt que curative. Les délais d'action sont en effet généralement beaucoup plus longs que ceux des produits de synthèse.
- Lâchers inoculatifs : lâchers visant à augmenter le rapport entomophages/ravageurs (Cloutier et Cloutier 1992). Les ennemis sont lâchés en grande quantité pour une action souvent préventive.
- Lâchers innondatifs : lâchers massifs de façon à réprimer une population de ravageurs. L'effet est généralement assez rapide, comparable à celui des insecticides chimiques.

Deuxièmement, l'action des auxiliaires déjà présents ou introduits par lâchers peut être encouragée, par l'aménagement de niches favorables, comme il est mentionné dans la section traitant des méthodes culturales. Si des insecticides sont utilisés, ils doivent être spécifiques au ravageur et/ou appliqués d'une façon moins dommageable pour l'auxiliaire. Il est également conseillé de respecter les seuils d'intervention recommandés, à l'aide du dépistage, de façon à éviter les traitements inutiles, qui entraînent des coûts supplémentaires et nuisent aux auxiliaires de lutte. Les seuils d'intervention recommandés doivent être rehaussés en présence d'auxiliaires puisque ces derniers exercent déjà un contrôle du ravageur.

1.4.1 Les auxiliaires de lutte

Les prédateurs

Les prédateurs, qui se nourrissent d'organismes nuisibles, sont souvent généralistes, c'est-à-dire qu'ils peuvent se nourrir d'une grande variété d'insectes. Parmi les oiseaux insectivores présents en vergers, on trouve notamment parulines, mésanges, moucherolles, pics et merles d'Amérique. Les chauves-souris sont des prédateurs importants du papillon du carpocapse de la pomme. Il existe aussi des nichoirs que l'on peut installer dans les vergers.

Les acariens prédateurs, tels les phytoséiides et les stigmatéides, sont un groupe très utile en pomiculture. On estimait qu'au Québec plus de 500 hectares bénéficiaient de la répression des acariens ravageurs par les acariens prédateurs en 1998. Plusieurs espèces d'araignées exercent aussi une action notable sur certains ravageurs, notamment les tétranyques et les tordeuses. Toutefois leur présence est peu compatible avec l'utilisation des insecticides de synthèse, notamment ceux qui sont appliqués contre la mouche de la pomme, et elles sont beaucoup plus abondantes dans les vergers non traités aux pesticides de synthèse (Madsen et Madsen 1982). C'est aussi le cas pour certains autres prédateurs, tels les cécydomyies et syrphides, qui sont encore plus nombreux et efficaces dans les vergers biologiques. Les chrysopes sont aussi abondantes en verger et sont très voraces contre les pucerons. *Chrysopa oculata* Say peut être élevée en laboratoire, ce qui peut faciliter son utilisation comme prédateur. Les chrysopes sont également tolérantes à plusieurs pesticides utilisés en vergers commerciaux.

Les coccinelles aussi sont très utiles en vergers, particulièrement la coccinelle asiatique (*Harmonia axyridis* Pallas). Présente depuis quelques années, elle est la coccinelle la plus vorace et la plus importante dans les vergers au Québec. Elle est très efficace contre les pucerons, acariens, tordeuses etc. La coccinelle à 14 points (*Propylea quatuordecimpunctata*) est aussi un bon prédateur; elle s'attaque aux pucerons ainsi qu'aux larves et œufs de lépidoptères. La coccinelle maculée (*Coleomegilla maculata*) s'attaque surtout aux pucerons. La coccinelle à deux points (*Adalia bipunctata*) s'attaque également aux pucerons ainsi qu'aux œufs de lépidoptères, aux cochenilles et aux acariens.

Les carabes sont de leur côté très actifs au niveau du sol. Ils sont efficaces contre les insectes passant une partie de leur cycle au sol, comme le charançon de la prune. Le carabe *Pterostichus melanarius* est tolérant à certains pesticides et se disperse rapidement (Holliday et Hagley 1978).

Les parasitoïdes

Les parasitoïdes sont des organismes qui se développent sur ou dans un hôte et qui finissent par le tuer (Godfray 1994). Les hôtes peuvent être les œufs, les larves, les pupes ou les adultes d'une espèce ou d'un petit groupe d'espèces d'insectes. De l'ordre des hyménoptères, ce sont les chalcides, les ichneumonides et les braconides qui sont les parasitoïdes les plus souvent étudiés et utilisés en lutte biologique. Les diptères tachinides sont également bien connus.

Les nématodes entomopathogènes

Les genres *Steinernema*, *Neoplectana* et *Heterorhabditis* sont des nématodes bien connus en lutte biologique. Une

bactérie qui cause une septicémie mortelle de l'hôte est associée au nématode. Ce complexe nématode-bactérie est d'ailleurs nécessaire à l'obtention d'un effet insecticide. Tous les stades des ravageurs peuvent être sensibles sauf le stade œuf. Les nématodes entomopathogènes pénètrent dans l'insecte par un orifice, que ce soit la bouche, l'anus ou les spiracles. Les stades immatures peuvent se déplacer dans l'eau, ce qui augmente leur pouvoir de dispersion. Une contrainte pour leur utilisation est qu'ils ne sont pas adaptés à la vie sur le feuillage, car ce sont des organismes du sol et ils sont très sensibles aux rayons du soleil et à la sécheresse. Par contre, ils peuvent se développer sur une grande variété d'hôtes et ils peuvent être multipliés sur des milieux de cultures simples et peu coûteux.

Les champignons

Plusieurs champignons sont connus comme étant entomopathogènes. Ces champignons peuvent pénétrer par les spiracles des insectes ou par ingestion. Ils peuvent ainsi infester tous les stades des ravageurs, même les œufs. Ils germent et se développent dans l'insecte, causant sa mort, et peuvent ensuite être propagés à d'autres individus. L'humidité est nécessaire à la germination. Les genres les plus couramment étudiés et/ou utilisés sont *Beauveria*, *Metarrhizium*, *Verticillium*, *Entomophthora*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Neozygites* et *Entomophaga*. D'autres champignons peuvent s'attaquer aux mauvaises herbes ou « compétitionner » les micro-organismes pathogènes.

Les bactéries

Les bactéries pénètrent l'insecte par ingestion. Dans le cas des espèces communément utilisées en lutte biologique (ex : *Bacillus thuringiensis*), le cristal protéique produit par la bactérie est l'agent toxique. Dès l'ingestion, le cristal provoque l'arrêt de l'alimentation de l'insecte puis une septicémie mortelle. La bactérie la plus connue et utilisée en phytoprotection est le *Bacillus thuringiensis*. Différentes souches peuvent être utilisées, notamment, la souche *israelensis* contre les diptères et la souche *kurstaki* contre des lépidoptères. Les souches *tenebrionis* et *san diego* sont efficaces contre les coléoptères. Des formulations commerciales existent déjà : TEKNA, VECTOBAC, RACTIMOS, BACTOSPEÏNE, BACTUR, DIPEL, THURICIDE, FORAY. Dans le but de prolonger la persistance du *B.t.*, des formulations bio-encapsulées avec des polymères synthétiques sont à l'étude au Québec (Côté et Vincent 1996).

Les virus

Les virus sont utilisés depuis longtemps en lutte biologique, particulièrement les baculovirus. Les viroses les plus fréquemment observées chez les insectes sont soit des polyhédroses nucléaires (NPV) ou des granuloses (GV).

Normalement, le virus est ingéré sous forme de cristal (protéine), puis passe dans le système sanguin où il prend le contrôle de plusieurs cellules et se multiplie, jusqu'à la mort de l'insecte (Ware 1991). Les virus sont sensibles aux rayons ultraviolets. La production de masse pour l'utilisation en lutte biologique est souvent coûteuse car elle nécessite l'utilisation de tissus vivants comme hôtes. L'utilisation des NPV et des GV est toutefois inoffensive pour l'humain et autres mammifères. De plus, les virus sont spécifiques et risquent peu de nuire aux auxiliaires de lutte. Le granulovirus du carpocapse de la pomme, homologué dans plusieurs pays d'Europe et depuis l'an 2000 au Canada, en est un bon exemple. Des stimulants alimentaires peuvent être ajoutés pour augmenter le pouvoir infectieux de la formulation.

1.5 Les produits d'origine naturelle

Dans cette section sont regroupés les insecticides, acaricides et fongicides d'origine animale, végétale et minérale. De façon générale, ces produits ont un très large spectre d'action et risquent donc d'être nuisibles aux auxiliaires de lutte. Par contre ils sont, la plupart du temps, rapidement biodégradés.

Les antibiotiques

Les antibiotiques sont produits par un organisme pour en tuer ou inhiber un autre et sont utilisés en protection des cultures. La streptomycine est un antibiotique à large spectre d'action utilisée contre la brûlure bactérienne. L'abamectine, dérivée d'un champignon actinomycète, est utilisée comme insecticide et acaricide sélectif. AGRIMEK est un exemple de produit à base d'abamectine. Plusieurs fongicides d'origine microbiologique sont actuellement à l'étude (Ware 1991).

La terre diatomée

Selon Hill (1986), la poudre naturelle la plus efficace est probablement la terre diatomée. Elle est composée d'algues marines fossilisées appelées diatomées. Son mode d'action, par contact ou par ingestion, est relié à sa structure sous forme d'aiguilles microscopiques qui créent de fines lésions et causent la déshydratation ou la destruction d'organes vitaux, puis la mort de l'insecte.

Elle a déjà été expérimentée par quelques producteurs biologiques en solution dans l'eau. La meilleure façon de l'utiliser serait, d'après Désilets (communication personnelle), avec l'aide d'une poudreuse électrostatique. La mort de l'insecte survient normalement quelques jours après le contact ou l'ingestion. Elle possède une très longue activité résiduelle puisqu'elle n'est pas inactivée par les rayons ultraviolets. Elle est inoffensive pour les mammifères. Il est toutefois important de porter un masque pour éviter l'inhalation et l'irritation des voies respiratoires. Les vers

de terre ne seraient pas affectés. La terre à diatomées a un très large spectre d'action, elle touche tous les insectes. Elle doit donc être utilisée judicieusement pour ne pas détruire les organismes utiles.

La roténone

La roténone est extraite des racines de légumineuses indigènes à l'Amérique du Sud et à l'Extrême Orient. Les genres utilisés sont généralement *Lonchocarpus* et *Derris* (Henn et Weinzierl 1989). Son mode d'action est d'inhiber la respiration cellulaire des nerfs et des muscles. L'insecte cesse rapidement de se nourrir et meurt dans un délai de quelques heures à quelques jours après avoir été mis en contact avec la matière active. La roténone est toxique pour tous les animaux à sang froid, dont les insectes et notamment les poissons. Il est donc conseillé de ne l'utiliser qu'en dernier recours de façon à ne pas affecter les pollinisateurs. Elle est aussi toxique pour les humains. La roténone est sensible à la chaleur et à la lumière, donc les applications doivent être faites préférentiellement le matin ou le soir. Comme elle est aussi sensible aux milieux alcalins, du vinaigre ou un autre acidifiant peut être ajouté à la solution si nécessaire. Seule une homologation domestique est encore disponible au Canada.

La pyréthrine

Des fleurs broyées de *Chrysanthemum cinerariaefolium*, le pyrèthre, on extrait la pyréthrine qui est toxique aux insectes (Henn et Weinzierl 1989). En affectant le transport d'ions sodium et potassium dans les fibres nerveuses, la pyréthrine altère l'émission d'influx nerveux, provoquant rapidement une paralysie, puis la mort prématurée de l'insecte. C'est un insecticide à très large spectre, dommageable pour les ravageurs, les ennemis naturels ainsi que les mammifères y compris l'homme. La pyréthrine peut se conserver environ trois ans en entrepôt mais perd très rapidement ses propriétés insecticides à la lumière, à la chaleur et en milieu alcalin. Un synergiste, le pipéronylbutoxide est souvent ajouté à la pyréthrine. Il augmente grandement l'efficacité du produit, mais il n'est pas considéré comme un produit biologique. Seules quelques formulations domestiques sur cultures vivrières sont encore disponibles au Canada.

Ryania, neem et nicotine

Le ryania est une préparation à base de *Ryania speciosa*, un arbuste qui croît en Amérique latine. C'est un poison stomacal qui tue lentement l'insecte. Ce produit est assez sélectif, affecte principalement les lépidoptères, et est peu néfaste pour les organismes utiles.

Le neem est dérivé du margousier (*Azadirachta indica*), un arbre qui croît dans plusieurs pays tropicaux. Ce produit a plusieurs modes d'action : c'est notamment un antiappétant et un régulateur de croissance pour les insectes.

La nicotine peut également être utilisée, mais elle est très toxique et ne se dégrade pas rapidement.

Les savons insecticides

Les savons insecticides sont composés d'acides gras d'origine végétale. Agissant par contact, ils détruisent la membrane protectrice des insectes (cuticule) et attaquent le système nerveux. Non sélectifs, ils sont utilisés pour lutter contre les organismes à corps mou comme les pucerons, les cercopes, les aleurodes, les cochenilles et les tétranyques. Leur utilisation est sans danger pour les mammifères et est non corrosive pour les appareils de pulvérisation.

Les décoctions végétales

Une décoction végétale peut stimuler les défenses naturelles des pommiers contre certaines maladies, telles l'oïdium, la fonte des semis, le mildiou, la rouille et la tavelure. L'ortie, le bouleau ou la prêle sont généralement utilisés. On fait bouillir 1 kg de plantes fraîches dans 10 litres d'eau pendant 20 minutes, ensuite on dilue dans l'eau (un dans cinq). L'application se fait le matin par temps sec.

Différentes décoctions maison à base de produits végétaux ou animaux ont potentiellement des propriétés fongicides, mais leur efficacité n'est pas suffisamment documentée. Une préparation à base d'ail, d'oignon et de poivre de cayenne en est un exemple.

Les huiles de dormance

L'huile de dormance est un insecticide/acaricide de contact. Son mode d'action est d'étouffer la respiration des œufs, et elle demeure très efficace contre tous les stades d'acariens phytophages, les œufs de pucerons et tous les stades de cochenilles. L'huile minérale supérieure est largement utilisée; elle peut s'appliquer du stade débourement jusqu'au stade pré-bouton rose, lors de journées chaudes et lorsque le risque de gel est très faible durant au moins trois jours. Après le stade pré-bouton rose, une application risque de brûler le feuillage et les fleurs. Il existe cependant une forme d'huile ultra raffinée qui peut être appliquée en tout temps. Elle n'est toutefois pas encore homologuée au Canada.

L'huile végétale est plus recommandable au point de vue écologique; son coût est cependant très élevé, et elle est donc peu utilisée. L'huile n'est pas compatible avec l'utilisation du soufre dans les 30 jours qui suivent ou précèdent son application.

Soufre, cuivre et autres minéraux

Le soufre et le cuivre sont des éléments bien connus en agriculture biologique.

Certains minéraux et argiles peuvent être ajoutés au soufre pour augmenter son action fongicide comme

le silicate de soude. Le Silkaben, produit commercialisé en Europe, est une combinaison de poudre de roche (à base de silice, de craie et de bentonite). Il s'utilise à raison de 1 kg de Silkaben et 400 g de soufre par hL d'eau (Duval 1992a). La bentonite et l'algomine sont d'autres composés qu'il est possible de mélanger au soufre, pour contrôler les maladies. Le Kolo spray est, par ailleurs, un mélange d'argile bentonite et de soufre. Ce produit est moins pratique d'utilisation que les autres puisqu'il risque de bloquer le pulvérisateur. Il est donc conseillé de l'utiliser en première application seulement avant le débourrement. Plus récemment, l'argile kaolinite (SURROUND) a obtenu une homologation aux États-Unis. La couche d'argile procure une barrière physique contre l'attaque de plusieurs insectes et acariens.

La bouillie sulfocalcique est un mélange de chaux et de soufre mouillable. Elle ne doit être employée que dans les situations d'infection sévère puisqu'elle est toxique pour les pommes et les auxiliaires.

Plusieurs formulations de cuivre existent : oxychlorure de cuivre, cuivrol (cuivre avec oligo-éléments) ou sulfate de cuivre, mais c'est sous forme de bouillie bordelaise qu'il est le mieux connu pour la lutte contre les maladies.

Le cuivre peut être utilisé jusqu'au débourrement avancé. S'il est utilisé jusqu'au stade pré-bouton rose, une légère roussissure peut apparaître sur les fruits. Le cultivar Délicieuse jaune est particulièrement susceptible à la roussissure.

Le cuivre est plus efficace que le soufre au stade pré-bouton rose et a une activité résiduelle plus prolongée qui va jusqu'à trois semaines s'il n'y a pas de pluie. Même s'il est phytotoxique à températures froides, il est quand même préférable au soufre.

La bouillie bordelaise est un mélange de sulfate de cuivre et de chaux hydratée. Lorsqu'elle est utilisée avant le stade calice, elle est très efficace. Par la suite, elle risque de causer de la roussissure sur les fruits. On recommande d'appliquer la bouillie bordelaise au printemps, puisque c'est elle qui fonctionne le mieux à températures plus froides (inférieur à 12 °C), et d'appliquer ensuite le soufre. À l'automne, la bouillie peut être appliquée contre les chançres mais à une concentration deux fois moins élevée (Désilets, communication personnelle).

Les fongicides à base de soufre et de cuivre doivent couvrir complètement et constamment les bourgeons, le feuillage ou les fruits (particulièrement en début de saison) pour être efficaces contre la tavelure. Leur application doit donc être renouvelée après une pluie et à mesure que les feuilles se développent (attention aux périodes de forte croissance). La quantité de pluie nécessaire à un nouvel épandage dépend du produit. Une application répétée de soufre ou de cuivre peut causer un excès de ces éléments dans le sol. Le bicarbonate de soude en solution (15 ml/L d'eau) et l'urée sont aussi des fongicides naturels.

1.6 La confusion sexuelle

Le principe de cette technique est de saturer l'air ambiant de phéromones sexuelles synthétiques qui imitent la phéromone sexuelle produite naturellement par les femelles. Cette technique interfère dans le processus de communication pré-accouplement. Les mâles sexuellement actifs qui entrent dans une zone saturée de phéromone ne réussissent pas à localiser les femelles et, finalement, meurent sans avoir pu fertiliser les femelles.

La phéromone doit être dispersée dans le verger aussi uniformément que possible, et sa concentration doit rester à un niveau suffisant pour créer la confusion chez les mâles. Ce niveau est déterminé par des expériences en verger, et la concentration à utiliser est sensiblement l'équivalent de la dose d'emploi d'un pesticide. Elle relève de l'homologation du produit.

La confusion sexuelle est une technique très spécifique et sans risques pour la santé humaine. Par contre, elle peut être difficile à réaliser dans des régions où les vergers ne sont pas assez isolés les uns des autres ou dans les vergers petits, étroits ou découpés, comme c'est souvent le cas au Québec. En effet, cette technique n'empêche pas l'arrivée de femelles accouplées provenant de l'extérieur du verger et prêtes à pondre. La probabilité d'immigration des femelles de l'extérieur augmente avec la proportion de l'espace occupé par la bordure d'un verger avec une source d'infestation. On recommande l'utilisation de la confusion sexuelle dans les vergers d'au moins 2 à 3 hectares. Dans les vergers plus petits, la confusion sexuelle peut fonctionner si la population de départ est très faible.

Les capsules ou diffuseurs de phéromone sont actuellement placés à la main sur les arbres. Dans le but de réduire la main-d'œuvre nécessaire à l'utilisation de la technique de la confusion sexuelle et de stimuler son emploi à grande échelle, des études sont en cours afin de développer des formulations de phéromone pulvérisables. Les pulvérisateurs conventionnels pourraient ainsi être employés. Une technique de microencapsulation est également en voie d'être développée (Alway 1998a).

1.7 Les pesticides à faibles risques

Depuis quelques années, les recherches sur les insecticides chimiques se tournent vers les pesticides à faible risque. Une loi américaine interdit d'ailleurs toute utilisation de pesticides présentant des risques trop élevés pour la santé de la population et des utilisateurs de pesticides. Plusieurs insecticides non spécifiques risquent de disparaître. Même si c'est une loi américaine, cette loi aura des répercussions ici puisque plusieurs produits ne seront plus disponibles ou qu'il ne sera plus possible d'exporter aux États-Unis des fruits contenant des résidus de ces produits.

La plupart des pesticides de synthèse homologués depuis 1998 entrent dans la catégorie des produits à faible risque. C'est le cas, par exemple, de l'abamectine, de l'imidachlopride, du pyridabène, du myclobutanyl et du cyprodinil.

Contrairement aux insecticides organiques développés depuis les années 50 (organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthrinoides de synthèse), les régulateurs de croissance des insectes (RCI) sont des composés chimiques très proches ou identiques aux hormones produites naturellement par les insectes et par certaines plantes. Ces insecticides affectent spécifiquement la croissance et la morphogénèse des insectes. Ils sont habituellement formés de composés chimiques imitant l'hormone juvénile, l'hormone de mue, ou l'inhibiteur de chitine (Ware 1991). Ces produits peuvent, par exemple, provoquer une mue à un moment inopportun du développement ou induire l'apparition d'un autre stade larvaire alors que l'insecte en question devrait entrer en pupaison. Présents à l'état naturel chez toutes les espèces d'insectes, les régulateurs de croissance n'ont aucun effet sur les mammifères. Ils ne sont efficaces que contre les larves et les œufs, et ne sont d'aucune utilité contre le charançon de la prune et la

mouche de la pomme, dont les stades immatures sont protégés à l'intérieur de la pomme.

Les insectes traités aux RCI ne meurent pas immédiatement, mais au stade suivant. Le diflubenzuron (DIMILIN), inhibiteur de la synthèse de chitine, est utilisé contre les mineuses dans les vergers d'Europe. Il est utilisé en Hollande au stade calice contre l'hoplocampe des pommiers (Vincent et Roy 1989). Le fenoxycarbe est recommandé en France et en Suisse contre certaines espèces de tordeuses, notamment en vergers (Vincent et Roy 1989). Hydropène, cryomazine, teflubenzuron, dimethynomane sont d'autres types de RCI. Certains sont homologués aux États-Unis, d'autres sont en voie de l'être (Ware 1991). Au Québec, le tébufenozide (CONFIRM) est homologué pour la lutte contre la mineuse marbrée, le carpocapse de la pomme et les tordeuses.

1.8 Récapitulation des méthodes alternatives

Le tableau 1 présente les avantages et inconvénients des méthodes alternatives de lutte :

Tableau 1 : Récapitulation des méthodes alternatives de lutte : Avantages et inconvénients

	Avantages	Inconvénients
Méthodes alternatives en général	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des résidus sur fruit • Réduction de l'impact des pesticides en bordure de vergers • Diminution de la pression de sélection (résistance) • Établissement de populations d'ennemis naturels compatibles avec la lutte intégrée • Action souvent bénéfique à long terme 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessitent un suivi étroit des populations de ravageurs et ennemis naturels • Requièrent une main-d'œuvre spécialisée • Action souvent déficiente à court terme
Lutte culturale	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de résistance ni de résidus dans l'environnement • Maintien de l'équilibre naturel de l'écosystème • Peu coûteuse, fiable, souvent spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige une planification à long terme et une très bonne connaissance des ravageurs visés • Pas toujours suffisante pour maintenir le ravageur sous le seuil économique
Lutte physique	<ul style="list-style-type: none"> • Non toxique • Pas de résistance ni de résidus dans l'environnement • Maintien de l'équilibre naturel de l'écosystème • Fiable, souvent spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige une planification à long terme et une très bonne connaissance des ravageurs visés • Coûteuse en main d'œuvre
Confusion sexuelle	<ul style="list-style-type: none"> • Non toxique • Très spécifique • Pas d'impact sur les auxiliaires • Bien acceptée par les consommateurs • Diminue ou élimine le recours aux pesticides • Sans risque pour la santé humaine 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige beaucoup de travail manuel • Efficacité non prévisible dans certaines conditions (température froide, présence de femelles déjà accouplées, surface irrégulière ou trop petite) • Coût élevé des diffuseurs
Lutte biologique en général	<ul style="list-style-type: none"> • Peu de risque à la santé humaine • Diminue ou élimine le recours aux pesticides chimiques • Effet plus durable que celui des pesticides chimiques 	<ul style="list-style-type: none"> • À coût parfois élevé (dans les cas de lâchers) • Rémanence et efficacité variables • Nécessite un suivi étroit des populations

Tableau 1 : Récapitulation des méthodes alternatives de lutte : Avantages et inconvénients (suite)

	Avantages	Inconvénients
Prédateurs	<ul style="list-style-type: none"> • Dispersion autonome • Possibilité d'effet durable • Large spectre d'action 	<ul style="list-style-type: none"> • Élevage de masse coûteux • Transport et lâchers délicats • Interférence par des proies alternatives (prédateurs généralistes) • Sensibilité aux conditions climatiques et aux insecticides • Peu spécifique
Parasitoïdes	<ul style="list-style-type: none"> • Dispersion autonome • Possibilité d'effet durable • Peu ou pas d'impact sur les autres auxiliaires • Très spécifiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Élevage de masse coûteux • Transport et lâchers délicats • Sensibilité aux conditions climatiques et aux insecticides
Nématodes	<ul style="list-style-type: none"> • Culture de masse facile • Utilisation de la technologie d'application des pesticides chimiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité aux conditions environnementales • Faible rémanence sur feuillage
Micro-organismes entomopathogènes	<ul style="list-style-type: none"> • Spécifiques • Aucun risque pour les mammifères • Culture de masse facile (sauf virus) • Utilisation de la technologie d'application des pesticides chimiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible rémanence • Réticence du public pour certains produits • Sensibilité aux conditions environnementales • Période d'application et couverture critique
Produits d'origine naturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Peu résiduels • Diminuent ou éliminent le recours aux pesticides de synthèse • Large spectre d'action 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu spécifiques (souvent toxiques pour les ennemis naturels) • Certains sont toxiques pour l'humain et même pour la culture • Faible rémanence en général • Possibilité d'accumulation dans l'environnement

CHAPITRE 2

LES RAVAGEURS ET MALADIES PRÉPONDERANTS

2.1 Charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar* (*Plum curculio*)

2.1.1 Introduction

Espèce indigène à l'Amérique du Nord, le charançon de la prune est l'un des plus importants ravageurs de la pomiculture québécoise. Les dommages peuvent atteindre jusqu'à 85 % dans les vergers non traités (Vincent et Roy 1992).

L'adulte passe l'hiver dans des débris de végétaux, dans la litière des boisés environnants, sous les bâtiments ou dans les vergers. On peut les apercevoir dans les vergers principalement à partir de la floraison des pommiers. Ils y migrent en effet lors de journées chaudes et sans vent, pour s'assembler à la base des arbres (Chouinard 1991). Ils montent régulièrement dans les pommiers où ils vont se nourrir de boutons floraux, s'accoupler et pondre sous la pelure des fruits (Lafleur *et al.* 1987). L'accouplement peut également se dérouler au sol. Jusqu'à la nouaison, le charançon est surtout nocturne, ensuite son activité s'étend à toute la journée (Racette *et al.* 1992). Les femelles pondent leurs œufs à partir du stade nouaison. De 3 à 12 jours plus tard les œufs éclosent et les larves se nourrissent de la chair du fruit. De deux à trois semaines plus tard, les larves vont s'enfouir dans le sol, à environ 3 cm de profondeur, pour puper. En août, les adultes émergent et restent présents dans les vergers jusqu'à la fin des récoltes. Ces adultes se nourrissent de fruits. Le charançon complète une seule génération par an au Québec.

On observe donc des dommages de quatre types :

1. cicatrice de ponte en forme de demi-lune effectuée par la femelle;
2. dommages causés par la larve à l'intérieur du fruit;
3. chute des fruits attaqués;
4. dommages circulaires à travers la pelure causés par la nutrition des nouveaux adultes à la fin de l'été.

Peu d'alternatives de lutte existent contre le charançon de la prune, et ce, malgré l'importance qu'il revêt et malgré les efforts de recherche déployés.

2.1.2 La lutte culturale

Plusieurs éléments de l'aménagement du verger contribuent à diminuer les populations de charançons. Première-

ment, éliminer les pommiers abandonnés et autres *Rosa*-cées cultivés ou sauvages sur un rayon de 200 mètres autour du verger. Ceux-ci représentent des foyers d'infestation importants (Prokopy *et al.* 1990). Deuxièmement, comme les conifères sont défavorables à la survie hivernale des charançons, il est conseillé de planter tout autour du verger une ceinture de conifères (Lafleur et Hill 1987). Éviter aussi d'établir un verger près d'une forêt de feuillus puisque la litière sert de site d'hibernation pour le charançon. Troisièmement, ramasser les fruits endommagés pour ensuite les brûler, les composter loin du verger ou les enterrer, dans le but d'éliminer les larves ou les pupes. Des animaux, tels que volailles ou moutons se nourrissant des pommes tombées peuvent aussi être introduits dans le verger. Les oiseaux sont maintenus près des pommiers à l'aide de cages mobiles ou de clôtures. Une expérience en verger a démontré que l'activité des oies réduit les dommages causés par le charançon de la prune (Clark et Gage 1996). Les auteurs suggèrent que l'alimentation des oies à même la végétation au sol induit une diminution de l'humidité au sol, affectant l'activité des insectes. Par contre, les poulets testés au cours de la même expérience n'ont eu aucune influence sur la proportion de fruits endommagés par le charançon de la prune.

Les variétés de pommiers au feuillage clairsemé sont moins susceptibles de subir des dommages par le charançon. La diminution de l'humidité créée par la pénétration du soleil et du vent dans le feuillage du pommier réduit l'activité des adultes (Racette *et al.* 1992). La taille appropriée des arbres, qui favorise la circulation d'air dans le feuillage, peut également contribuer à réduire les dommages dûs au charançon. Les cultivars hâtifs, qui ont un feuillage très dense et produisent des fleurs et fruits plus tôt que les autres cultivars, et ce, à une période où les sources d'alimentation sont rares, sont en général beaucoup plus attaqués (Lafleur et Hill 1987).

Il est aussi recommandé de concentrer les cultivars d'été sur la bordure qui fait face à la forêt. Ces arbres serviront d'indicateurs de la présence des charançons. De plus, un traitement pourra être ciblé sur ces pommiers tout en évitant le traitement du reste du verger (Hill 1990). Cette méthode n'est cependant possible que si la population de charançons n'est pas trop importante. De même, la forme du verger peut rendre la méthode inefficace (verger très long, peu large et longeant une forêt de feuillus par exemple) (Vincent *et al.* 1999).

2.1.3 La lutte physique

La capture par battage est possible sur des arbres jeunes, mais nécessite beaucoup d'efforts et de main-d'œuvre. Elle peut aussi être dommageable pour l'arbre et est généralement peu efficace (Le Blanc *et al.* 1981). Une méthode mécanique de battage pour capturer un grand nombre de charançons a été mise au point par Désilets (communication personnelle). Il s'agit d'une roue, fixée à l'horizontale sur un tracteur, qui vient frapper les troncs de pommiers. Elle est actionnée par l'avancement du tracteur et par un système à ressort. Un drap blanc est disposé derrière le tracteur pour recueillir les charançons. Un autre tracteur suit en parallèle de l'autre côté du pommier, également pourvu d'un drap blanc pour recueillir les charançons. D'après des essais en verger, 65 % des individus se trouvant sur les pommiers ont pu être ainsi recueillis (Désilets et Vincent, communication personnelle). La méthode est pratiquée une fois par semaine à partir de la floraison (ou dès l'apparition des premiers individus). La meilleure période pour effectuer le battage est en soirée, de 18h à minuit (Chouinard 1991; Racette *et al.* 1990).

L'utilisation de paillis de cellulose (ou autre matériau) pour diminuer les interventions contre les mauvaises herbes permet aussi d'interrompre le cycle vital du charançon de la prune. En effet, le paillis crée une barrière physique, et certains individus ne pourront rejoindre le sol pour la pupaison (Vincent *et al.* 1997). Bien que d'une efficacité plutôt modeste, l'utilisation commerciale de paillis est susceptible de diminuer la densité des charançons.

La pratique du hersage pour tuer les pupes ou les exposer aux intempéries et aux ennemis naturels a été proposée.

Cependant, vu les dommages causés au sol et aux racines superficielles, cette méthode n'est pas recommandée. Également, le lance-flammes peut être utilisé. Le problème avec cette méthode réside dans le fait qu'un sol nu est nécessaire à son bon fonctionnement. Tous les vergers biologiques ont une couverture de sol importante, notamment composée de graminées ou d'autres plantes herbacées. Celles-ci créent un abri pour les charançons et les rendent difficiles à atteindre par les flammes. Le désherbage thermique au propane est possible quoique l'opération est un peu longue à exécuter (vitesse d'avancement lente).

Plusieurs chercheurs travaillent actuellement à mettre au point des systèmes de dépistage du charançon (Vincent *et al.* 1999). On retrouve notamment le piège pyramidal (Prokopy et Wright 1997), le piège cylindrique et le piège conique. Pour augmenter l'efficacité de ces pièges, l'ajout d'un attractif est présentement à l'étude (Cormier *et al.* 1998). L'élément clé de cet attractif est l'acide grandisoïque, l'une des composantes de la phéromone d'agrégation émise par les charançons de la prune mâles.

2.1.4 La lutte biologique

Bon nombre d'ennemis naturels du charançon existent : des parasitoïdes, des prédateurs et des champignons entomopathogènes (tableau 2). Aucun ennemi naturel n'est offert dans le commerce, mais leur activité peut être favorisée en évitant l'application d'insecticides à large spectre.

Deux champignons entomopathogènes ont été testés en laboratoire, *Metarrhizium anisopliae* (Metschnikoff) Soro-

Tableau 2 : Les ennemis naturels les plus importants du charançon de la prune*

Nom	Famille	Stade hôte	Commentaires	Références
Parasitoïdes				
<i>Aliolus curculionis</i> Fitch	Braconidæ	Larve	Largement distribué	Amstrong 1958
<i>Aliolus rufus</i> (Riley)	Braconidæ	Larve	Largement distribué	Amstrong 1958
<i>Anaphoidea conotracheli</i> Girault	Mymaridæ	Œuf	Largement distribué au États-Unis	Howard 1906 Quaintance et Jenne 1912; Snapp 1930
<i>Cholomyia inaequipes</i> Bigot	Muscidæ	Larve	Attaque plusieurs espèces de charançons	Amstrong 1958 Quaintance et Jenne 1912
<i>Microbracon mellitor</i> Say	Braconidæ	Larve	Est des États-Unis	Quaintance et Jenne 1912
<i>Myophasia aeneae</i> Wiedemann	Tachinidæ	Larve	Attaque plusieurs espèces de charançons	Amstrong 1958; Quaintance et Jenne 1912
<i>Tersiochilus conotracheli</i> (Riley)	Ichneumonidæ	Larve	Largement distribué	Amstrong 1958; Quaintance et Jenne 1912
<i>Triapsis kurtogaster</i> Martin	Braconidæ	Larve	Observé au Québec	Paradis 1956

Tableau 2 : Les ennemis naturels les plus importants du charançon de la prune* (suite)

Nom	Famille	Stade hôte	Commentaires	Références
Prédateurs				
<i>Bufo americanus</i> Holb. (crapaud d'Amérique)	Bufonidae	Adulte	Observé au Québec	Chouinard <i>et al.</i> 1992
Carabe	Carabidae	Adulte	Généraliste	Howard 1906; Quaintance et Jenne 1912
<i>Chrysopa</i> spp.	Chrysopidae	Larve	Plusieurs espèces recensées	Quaintance et Jenne 1912
Fourmis	Formicidae	Adulte et larve	Généraliste	Howard 1906; Snapp 1930
<i>Garmania bulbicola</i> (Owdms.)	Phytoseiidae	Larve	Observé dans l'État de New York	Smith 1957
<i>Lycosa gulosa</i> Walkernaer	Lycosidae	Adulte	Observé au Québec	Lafleur <i>et al.</i> 1987
Poulet	Phasianidae	Adulte et larve	Généraliste	Quaintance et Jenne 1912
Thrips	Thripidae	Œuf	Une espèce observée	Quaintance et Jenne 1912
Pathogènes				
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>entomocidus</i> ou <i>subtoxicus</i> Heimpel		Adulte	Isolé à partir d'adultes	Lafleur <i>et al.</i> 1987
<i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) Vuillimen		Adulte	Affecte surtout adultes hivernants	Lafleur <i>et al.</i> 1987; McGiffen et Meyer 1986

*Tiré de Racette *et al.* (1992)

kin et *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillimen, et ont engendré des taux de mortalité élevés (Teddars *et al.* 1982).

Le nématode *Neoplectana carpocapsae* (Weiser) aussi a été testé en laboratoire mais était inefficace (Teddars *et al.* 1982). Des essais préliminaires au Québec portant sur le nématode *Steinernema carpocapsae* ont montré qu'une application foliaire est efficace lorsque l'humidité relative est élevée (Chouinard *et al.* 1995, Vincent *et al.* 1999). Des applications sur le tronc ont aussi été tentées mais les résultats étaient peu concluants. Des charançons infectés de *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *subtoxicus* ont également été récoltés sur le terrain (Lafleur *et al.* 1987).

2.1.5 Les produits d'origine naturelle

Des mélanges de pyrèthrine-roténone et de pyrèthrine-roténone-ryania sont utilisés aux États-Unis mais sont très coûteux, peu efficaces et non homologués au Québec. Le premier traitement se fait à la première nuit chaude suite au calice. Puis un traitement aux deux ou trois jours est pratiqué, mais l'efficacité est faible. Une attention particulière doit être portée à l'utilisation de ces produits puis-

qu'ils sont à large spectre et qu'ils risquent de nuire à l'action des auxiliaires s'ils sont appliqués à répétition.

Un régulateur de croissance extrait des graines d'un Euphorbiaceae (*Trewia nudiflora*) affecte le charançon. Son effet est de réduire la capacité de reproduction des adultes nourris de pommes traitées (Freedman *et al.* 1982).

Une espèce de crocus (*Colchicum autumnale*) aurait un effet insecticide sur le charançon. De même, l'ail (*Allium sativa*), le margousier (*Azadirachta indica*) et le tung (*Aleurites fordii*) auraient des effets dissuasifs et répulsifs (Grainge et Ahmed 1988). Néanmoins, aucune documentation scientifique ne rapporte de manière quantitative l'action de ces produits sur le charançon, leur effet reste donc à démontrer. De plus, dans un milieu ouvert, il est difficile de maintenir une concentration suffisamment élevée pour que l'effet soit efficace et persistant; les doses appliquées doivent donc être élevées.

2.1.6 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 3 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du charançon de la prune.

Tableau 3 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du charançon de la prune

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Aménagement (éliminer les pommiers abandonnés et les rosacées sauvages, placer des ceintures de conifères, de pruniers et cultivars d'été en bordure)	• Employé dans plusieurs vergers biologiques et conventionnels	Désilets et Langlais, communication personnelle; Boulé <i>et al.</i> 1997a
2- Frappage mécanique	• Employé dans certains vergers biologiques	Désilets, communication personnelle
3- Champignons entomopathogènes	• Au stade de recherche	Tedders <i>et al.</i> 1982; Lafleur <i>et al.</i> 1987; McGiffen et Meyer 1986

2.2 Carpocapse de la pomme, *Cydia pomonella* (Codling moth)

2.2.1 Introduction

Introduit d'Europe au moment de la colonisation, le carpocapse de la pomme est largement distribué sur le continent américain. C'est la chenille du carpocapse qui creuse des galeries sur le côté ou dans le calice des pommes. À l'entrée de la galerie, on trouve un amas d'excréments rougeâtres.

Le carpocapse passe l'hiver sous forme de chenille dans un cocon de soie inséré dans les fentes de l'écorce des pommiers. Il se transforme en chrysalide dès le printemps. L'adulte émerge à la fin de mai, moment correspondant à la floraison des pommiers. L'œuf, pondue sur le feuillage ou sur un fruit, éclos et la larve pénètre dans la pomme. Elle se nourrit de la chair du fruit en se dirigeant vers le cœur où elle peut se nourrir de pépins. Par la suite, la chenille sort du fruit et se dirige vers le sol, soit en descendant sur l'écorce, soit en se laissant glisser au bout d'un fil de soie ou, encore, en sortant du fruit lorsque celui-ci tombe au sol. Une deuxième génération d'adultes apparaît quelquefois en août. Les dégâts de la première génération sont observés en juillet et ceux de la deuxième génération en août.

Beaucoup de recherches ont porté sur le carpocapse de la pomme. Il occasionne maints dégâts, et un nombre croissant de pays rapportent sa résistance à l'azinphos-méthyl, l'un des insecticides encore employés avec succès au Québec contre cet insecte. Il est donc essentiel de poursuivre la recherche pour trouver de nouveaux moyens de lutte (Knight 1994).

2.2.2 La lutte culturale

Les mesures d'hygiène, prévalant pour le carpocapse, consistent à éliminer les pommiers et pommetiers abandonnés sur un rayon de 200 mètres autour du verger et de ramasser les fruits endommagés. Ces méthodes sont déjà pratiquées dans les petits vergers et permettent de diminuer la population en éliminant les foyers d'infestation

et en coupant le cycle de développement des individus. Le ramassage des pommes tombées qui contiennent des larves peut diminuer les populations du carpocapse. L'ensachage des fruits sur l'arbre peut donner de bons résultats. Les fruits doivent être ensachés à la fin mai et jusqu'à un mois avant la récolte. Les fruits ainsi recouverts sont protégés de la ponte et ne subissent pas de dommages. Par contre ces deux techniques sont très coûteuses au point de vue de la main-d'œuvre.

Certaines plantes couvre-sol telles que le trèfle, le moutarde, le sarrasin et la marguerite repousseraient le carpocapse, cependant aucune étude n'a démontré leur efficacité.

2.2.3 La lutte physique

Répression mécanique

L'utilisation des bandes pièges installées sur le tronc permet de récupérer une partie des chenilles qui descendent le long du tronc pour aller hiberner (Boulé *et al.* 1997a). Le piège est constitué d'une bande de 15 cm en jute ou en carton ondulé pour encercler l'arbre. De la colle (TANGLE-FOOT) peut être ajoutée à la bande de jute pour améliorer son efficacité. Les pièges sont posés au début de juillet et retirés à la fin d'octobre. Une importante main-d'œuvre est requise dans les grands vergers.

Les pièges collants à phéromone sexuelle de type Pherocon peuvent également être utilisés pour le piégeage de masse (Paradis *et al.* 1979).

Les pièges lumineux ont fait l'objet de recherches, mais ils sont peu utilisés aujourd'hui, vu leur coût élevé et leur manque d'efficacité et de spécificité. Ces pièges sont efficaces pour attirer les insectes durant la nuit et ont peu d'effet attractif sur le carpocapse dont la période d'activité se situe au crépuscule.

Lutte autocide

Cette technique consiste à relâcher massivement des mâles stérilisés par irradiation. Elle est efficace seulement dans les régions vraiment isolées des autres comme c'est le cas en Colombie-Britannique (vallée de l'Okanagan). Cette

technique est peu applicable, notamment au Québec. La tendance actuelle n'est plus à éradiquer une population mais plutôt à diminuer son importance (Philip, communication personnelle). Des lâchers doivent donc être faits chaque année, ce qui implique des frais très élevés.

2.2.4 La lutte biologique

Les parasitoïdes et les prédateurs du carpocapse de la pomme sont présentés au tableau 4.

Prédateurs

Les oiseaux exercent un contrôle appréciable. Les pics consomment notamment une grande quantité de larves hivernant sous l'écorce.

Parasitoïdes

En Ontario, une souche de *Trichogramma minutum* Rea-ley a été isolée à partir du carpocapse de la pomme, et des lâchers ont été testés en vergers (Yu *et al.* 1984a, b). Le braconide *Ascogaster quadritentatus* est un parasitoïde du carpocapse bien connu. Par contre, de façon générale, les taux de parasitisme sont peu élevés puisque la

larve n'est exposée que pendant une très courte période avant de s'enfoncer dans le fruit (Athanassov *et al.* 1997).

Nématodes

Le nématode *Steinernema kraussei* (STEINER, 1923) a été testé en laboratoire, et des taux élevés de parasitisme ont été obtenus, soit de 73 % à 100 % (Mracek *et al.* 1998). Des études plus approfondies, notamment en champ, pourraient mener à l'utilisation de cet auxiliaire.

Bactéries

Des tests visant à déterminer l'efficacité de produits à base de *Bacillus thuringiensis* démontrent un bon potentiel de toxicité en laboratoire (Pasquier *et al.* 1997). Audemard *et al.* (1995) soutiennent que le *B.t.* est efficace quand la population de départ est faible ou modérée. Par contre, selon d'autres auteurs, le *B.t.* est peu efficace contre la larve du carpocapse en verger puisque celle-ci pénètre dans le fruit avant d'ingérer une dose létale du produit (Pasquier *et al.* 1997; Blommers 1994). Le *B.t.*, additionné de poudre de lait ou de sucre comme stimulant alimentaire et adhésif, a été testé au Centre d'agriculture biologique de La Pocatière. Le pourcentage de dommages sévères

Tableau 4 : Les ennemis naturels du carpocapse de la pomme

Nom	Famille	Stade hôte	Commentaires	Références
Parasitoïdes				
<i>Ascogaster quadritentatus</i> Wesm.	Braconidæ	Œuf et larve		Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Dibrachys cavus</i> Walk.	Chalcidæ	Chrysalide	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Eliodia tragica</i> Meig	Tachinidæ (diptère)	Larve	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Liotryphon caudatus</i> Ratz (ou <i>Apistephialtes caudata</i>)	Ichneumonidæ	Larve mature	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Microdus rufipes</i> Nees	Braconidæ	Larve	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Perilampus tristis</i> Mayr	Chalcidæ	Larve et chrysalide	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Pimpla turionellae</i> L.	Ichneumonidæ	Chrysalide	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Pristomerus vulnerator</i> Panz	Ichneumonidæ	Larve	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
<i>Trichogramma dendrolimi</i>	Trichogrammatidæ	Œuf	En recherche	Hassan 1989
<i>Trichogramma embryophagum</i>	Trichogrammatidæ	Œuf	En recherche	Hassan 1989
<i>Trichogramma minutum</i> Riley	Trichogrammatidæ	Œuf	En recherche	Yu <i>et al.</i> 1984a,b
<i>Trichogramma platneri</i>	Trichogrammatidæ	Œuf		
<i>Trichomma enecator</i> Rossi	Ichneumonidæ	Larve	Présent en Europe	Athanassov <i>et al.</i> 1997
Prédateurs				
Araignées	Aranea	Larves	Généraliste	
Carabes	Carabidæ	Adulte	Généraliste	Grossman 1998
Centipèdes	Chilopoda	Larves	Généraliste	
Opilions	(Opilionidæ)	Larves	Généraliste	
Perce-oreilles	Dermaptera	Larves	Généraliste	
Pics, mésanges chauve-souris		Tous	Généraliste	

est très faible (moins de 3 %). Par contre, même infectée, la larve peut quelquefois s'attaquer à la pomme avant de mourir, ce qui laisse des dommages superficiels qui se cicatrisent. Ces dommages légers causés par la cicatrisation peuvent s'élever à 10 % (Langlais 1992). Certaines formulations de *B.t.* ont une bonne rémanence et conserveraient leur efficacité même si les traitements sont espacés (Pasquier *et al.* 1997).

Virus

Le virus de la granulose du carpocapse de la pomme a été isolé en 1968 au Mexique à partir d'une larve morte (Falcon *et al.* 1968). Son utilisation est aujourd'hui très répandue, particulièrement en Europe. Le granulo-virus du carpocapse de la pomme est actuellement commercialisé en Europe (CARPOVIRUSINE), aux États-Unis et au Canada (VIROSOFT CP 4).

L'utilisation du virus de la granulose pour lutter contre le carpocapse de la pomme comporte plusieurs avantages. Le virus agit par ingestion et il est très spécifique; il est donc sans danger pour les ennemis naturels. Le virus cause une mortalité élevée des larves, réduisant ainsi les pourcentages de dommages à la récolte de 55 % à 97 % (Jacques *et al.* 1977; Niemczyk *et al.* 1988). Le virus permet de réduire les populations de carpocapses à long terme (Pasquier et Charmillot 1998). La protection conférée par le virus de la granulose serait équivalente à celle des insecticides chimiques azinphos-méthyl ou phosmet (Jacques *et al.* 1994), à condition d'avoir une population de carpocapse de départ peu élevée.

Le virus peut être appliqué avec la machinerie traditionnelle, ce qui n'implique pas un investissement supplémentaire pour la majorité des producteurs. Il doit surtout être utilisé contre les larves de la première génération. Le traitement adéquat de la première génération réduit la population de la deuxième génération. Même si les larves de première génération sont contaminées, elles peuvent pénétrer dans la pomme avant de mourir. La cicatrisation qui résulte de ce dommage est plutôt bonne et peut laisser peu de traces. Par contre, la cicatrisation des dommages causés par l'entrée des larves de deuxième génération dans les pommes ne s'achève pas avant la récolte, ce qui laisse des dommages apparents (Charmillot 1995).

Une application régulière est essentielle pendant les périodes de risque. La fréquence de traitement dépend de la rémanence, qui, elle, dépend de la formulation du produit. Un traitement recommandé implique une application aux deux semaines pendant toute la durée de l'éclosion, ou bien une application hebdomadaire à dose réduite au début de l'éclosion, suivie d'un traitement à pleine dose lorsque la majorité des œufs ont éclos (Blommers 1994). D'autres recommandent plutôt le premier traitement à pleine dose et quatre à cinq autres traitements à demi-dose. Selon un producteur québécois, un traitement aux dix jours à partir de l'éclosion est nécessaire (Désilets, communica-

tion personnelle). En Ontario, une étude démontre que sept applications sont nécessaires pour maintenir un pourcentage de dommage inférieur à 4 %. En Nouvelle-Écosse, où une seule génération est observée par année, seulement deux traitements sont nécessaires. Au Québec, l'étiquette de Virosoft CP 4 recommande quatre applications espacées de 2 semaines et débutant lorsque 210 degrés-jours (base 10 °C) ont été accumulés (début de l'éclosion).

L'un des principaux problèmes de cette méthode est la très faible rémanence des virus, vu leur sensibilité aux rayons UV (Charmillot *et al.* 1998). Une étude européenne démontre que, 15 jours après l'application, l'efficacité de certaines formulations peut diminuer de 50 % (Charmillot *et al.* 1991). Une étude canadienne mentionne plutôt que deux jours peuvent être suffisants pour que l'efficacité passe à 50 % (Jacques *et al.* 1987). Le sucre ajouté comme adjuvant augmente la rémanence. L'ajout de poudre de lait, d'un produit naturel dérivé de la résine de pin (le NU-FILM-17) et de l'humine-vital peut également aider à protéger les virus des rayons ultraviolets (Charmillot *et al.* 1998; Charmillot 1995; Pasquier et Charmillot 1998). La mise au point de nouvelles formulations, telle la microencapsulation, favorisera l'utilisation de cette méthode, en protégeant davantage le virus des rayons UV (Charmillot *et al.* 1998).

L'utilisation du virus de la granulose contre les larves de première génération est parfaitement compatible avec la confusion sexuelle (Trematerra *et al.* 1996). Également, il est possible d'attirer les mâles à l'aide de phéromones pour ensuite les contaminer par la carpovirusine. Ils transféreront le pathogène aux femelles lors de l'accouplement. Une technique similaire consiste à attirer les mâles à l'aide de phéromones et de les stériliser à l'aide d'un analogue d'hormone juvénile (Hrdy *et al.* 1996).

2.2.5 Les produits d'origine naturelle

La roténone est efficace, mais doit être appliquée à plusieurs reprises et est difficile à se procurer. Une étude a démontré l'efficacité de la poudre de *Ryania* contre le carpocapse de la pomme (Kovach *et al.* 1989).

L'huile minérale ultra raffinée peut aussi être appliquée lorsque 1 % des œufs sont éclos. Il faut ensuite faire deux autres applications à intervalle de 10 à 14 jours. Ce traitement doit être répété pour chaque génération (Alway 1998b).

La terre diatomée a fait l'objet de quelques essais et est toujours à l'étude.

2.2.6 La confusion sexuelle

Selon certains auteurs, la confusion sexuelle par l'utilisation de phéromones sexuelles synthétiques serait la

méthode alternative la plus prometteuse (Williamson *et al.* 1996). Cette technique est basée sur l'emploi d'un mélange de composés chimiques nommé codlémone, qui imite la phéromone naturelle du carpocapse. La phéromone sexuelle synthétique est relâchée petit à petit de façon à saturer l'air ambiant. Les mâles ne pouvant plus retrouver les femelles émettant les phéromones naturelles, l'accouplement est ainsi compromis. Des études ont déjà démontré l'efficacité de cette méthode (Barnes *et al.* 1992; Pfeiffer *et al.* 1993; Chouinard *et al.* 1996).

Différents types de diffuseurs peuvent être utilisés. Le diffuseur tubulaire en caoutchouc ou en polyéthylène (par exemple, le diffuseur ISOMATE-C PLUS) mesure 3 mm de diamètre à l'intérieur et 5 mm de diamètre à l'extérieur. Le diffuseur Hercon est une bande de plastique polystratifié orange de 2,5 cm², contenant 40 mg de codlémone. L'ampoule de BASF est aussi en plastique, mais est composée de deux sections. L'une est constituée à 80 % de codlémone, et l'autre est chargée d'une composante phéromonale de tordeuses. Le diffuseur de Montedison est fait de fibres cellulose agglomérées formant des plaquettes blanches. Elles contiennent 300 mg de codlémone, de l'antioxydant et 300 mg de Z11-14 : AC (Charmillot et Pasquier 1992). Des capsules en plastique ou des rectangles de papier filtre peuvent également être utilisés comme diffuseur.

Les diffuseurs ISOMATE-C PLUS sont les seuls homologués au Canada pour le moment. Ils doivent être suspendus dans le pommier à 1,7 ou 2 mètres du sol dès les premiers vols d'adultes. La quantité de diffuseurs à placer dans le verger dépend du type de diffuseur utilisé. Les diffuseurs ISOMATE-C PLUS, doivent être installés à raison de 1000/ha (2000/ha en périphérie du verger) (Chouinard *et al.* 1996). Certains diffuseurs doivent être changés régulièrement. Par exemple, une capsule de caoutchouc doit être changée aux deux semaines pendant les périodes chaudes (Alway 1998a), alors que les diffuseurs ISOMATE-C PLUS restent efficaces pendant 3 mois sous les conditions du Québec (Chouinard *et al.* 1996).

La confusion sexuelle est une méthode que l'on devrait favoriser pour la transition vers la production biologique.

Par contre, elle est chère (Désilets, communication personnelle). Il en coûte environ 250 \$US par hectare pour contrôler le carpocapse dans l'État de Washington (Knight 1995) et près de 400 \$CDN par hectare au Québec (Chouinard *et al.* 1996). Quelques formulations homologuées et offertes dans le commerce existent en Europe et en Amérique du Nord. Au Québec, la confusion sexuelle à l'aide du diffuseur ISOMATE-C PLUS est homologuée depuis 1994, et son efficacité a été démontrée par Chouinard *et al.* (1996). La confusion sexuelle est une pratique bien établie dans la stratégie de lutte intégrée.

Cette technique ne fonctionne toutefois pas dans toutes les situations. En effet, la population de ravageurs ne doit pas être trop élevée au départ, autrement l'effet est dilué. Trop nombreux, les mâles et femelles finissent par se rencontrer, qu'il y ait ajout de phéromones synthétiques ou non (Trimble 1995; Neumann 1996; Blommers 1994). L'emplacement du verger est également un facteur important pour le succès de cette méthode. En effet, la migration de femelles déjà accouplées provenant de vergers infestés à proximité vers le verger traité vient annuler l'effet de la confusion sexuelle. Une pente et des arbres de taille inégale diminuent aussi l'efficacité de la technique de la confusion sexuelle en brisant la régularité de la saturation de l'air en phéromone synthétique (Knight 1995).

Une autre technique, la technique attracticide, consiste à distribuer dans le verger une pâte comprenant l'attractif sexuel avec un insecticide pyréthrinoloïde. La pâte est appliquée deux fois par saison à raison de 1000 à 5000 gouttes du mélange par ha (Charmillot *et al.* 1997). Cette technique, en développement, implique l'emploi d'insecticides de synthèse, mais leur emploi est limité et spécifique, donc elle risque peu de nuire aux ennemis naturels.

2.2.7 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 5 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du carpocapse de la pomme.

Tableau 5 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du carpocapse de la pomme

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Virus du carpocapse	• Employé dans certains vergers biologiques au Québec et largement utilisé en Europe	Désilets, communication personnelle
2- Confusion sexuelle	• Largement utilisé en Europe ainsi que dans certains vergers du Québec	Barnes <i>et al.</i> 1992; Pfeiffer <i>et al.</i> 1993; Charmillot et Pasquier 1992; Chouinard <i>et al.</i> 1996

2.3 Punaise terne, *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Tarnished plant bug)

2.3.1 Introduction

La punaise terne est un ravageur indigène à l'Amérique du Nord. Elle est très répandue et très polyphage, se nourrissant de plus de 300 espèces de plantes. Elle peut causer des dommages importants en pomiculture, particulièrement dans les vergers à haute densité en régie conventionnelle. Dans les vergers biologiques, où les prédateurs naturels ne sont pas affectés par les insecticides, la punaise terne est bien mieux contrôlée.

L'adulte passe l'hiver sous la litière, en bordure de champs et de boisés. La punaise reprend son activité au printemps, à la période correspondant au débourrement des pommiers. Elle se nourrit de bourgeons de pommiers et de boutons floraux. Au stade nouaison, elle quitte le pommier pour pondre sur des légumineuses et sur d'autres plantes couvre-sols ou cultivées. Deux autres générations s'y succèdent durant l'été.

Les dommages sur pommier sont causés aux boutons floraux et aux jeunes fruits en formation. Lorsque les piqûres se produisent entre le stade débourrement et le stade pré-bouton rose, les boutons floraux avortent. Si les piqûres surviennent entre les stades pré-bouton rose et calice, c'est une déformation plus ou moins prononcée des fruits qui se produit. Ce sont les pommiers situés près des boisés qui sont les plus susceptibles de subir des dommages puisqu'ils sont plus près des foyers d'infestation.

2.3.2 La lutte culturale

Une bonne mesure d'hygiène consiste à gérer judicieusement les plantes hôtes alternatives de la punaise à l'intérieur et autour du verger. Comme les œufs sont rarement pondus sur les pommiers, ces hôtes alternatifs peuvent contribuer fortement à l'établissement d'une population importante de punaises (Prokopy *et al.* 1978). Certains préconisent la destruction des plantes attractives pour la punaise, soit certaines légumineuses en compagnonnage avec le pommier, particulièrement le trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.), le trèfle blanc (*Trifolium repens* L.), la vesce (*Vicia* sp.) et la luzerne (*Medicago* sp.). Il peut donc être avantageux d'éliminer les légumineuses attrayantes pour la punaise et de les remplacer par d'autres qui représentent moins de risques. La verge d'or rugueuse (*Solidago rugosa* Mill.) et la verge d'or du Canada (*Solidago canadensis* L.) sont hôtes d'importantes populations de larves et adultes en fin de saison et concentrent les populations d'adultes hivernants. La présence de ces hôtes à l'intérieur et autour du verger n'est donc pas souhaitable puis-

qu'ils sont particulièrement attaqués tôt au printemps (Boivin *et al.* 1981); il est conseillé de les détruire à l'automne.

D'un autre côté, il est possible de conserver certaines plantes au moment de la floraison du pommier pour détourner les punaises des pommiers. Ces plantes devraient être établies de préférence à l'extérieur, mais à proximité du verger. Parmi les plantes herbacées attirantes et en floraison au moment de la floraison du pommier, on trouve la barbarée vulgaire (*Barbarea vulgaris* R.Br.), la centauree jacée (*Centaurea jacea* L.) et le trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.) (Boivin *et al.* 1981).

2.3.3 La lutte physique

Des études américaines portant sur le piégeage massif à l'aide d'attractifs ont démontré un certain potentiel. Le principe est la capture de mâles à l'aide de pièges collants appâtés notamment de femelles vierges (Slaymaker et Tugwell 1984). Plus récemment, d'autres chercheurs ont exploré la réception olfactive des mâles et femelles de composés chimiques dérivés de phéromones et d'odeurs de plantes (Chinta *et al.* 1994).

Le piégeage stratégique à l'aide des pièges collants, rectangulaires, blancs et ne reflétant pas les rayons ultraviolets, installés en bordure du verger et près des sources d'infestation (fossés, cultures avoisinantes, prairies) peut être un bon moyen pour lutter contre la punaise et pour détecter son arrivée tôt au printemps (Boivin *et al.* 1982). Cette méthode est toutefois peu sélective.

La lutte à l'aide d'un aspirateur, mis au point dans les cultures de fraises (Grossman 1989), pourrait être évaluée en verger de pommiers.

2.3.4 La lutte biologique

On trouve des parasitoïdes, des prédateurs ainsi que des champignons entomopathogènes de la punaise terne (tableau 6). Ses prédateurs les plus abondants en vergers sont les hémiptères, particulièrement les pentatomides et les nabides (Arnoldi *et al.* 1991). Les araignées, très abondantes dans les vergers biologiques, semblent également jouer un rôle important (Désilets, communication personnelle). Aucun des agents biologiques n'est actuellement offert dans le commerce, mais ils sont présents à l'état naturel. La stratégie consiste donc à utiliser le moins possible d'insecticides de synthèse ou botaniques à large spectre (comme la roténone) pour favoriser leur action.

Le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* a été isolé de punaises ternes naturellement infectées en Arkansas (Steinkraus et Tugwell 1997). La susceptibilité de la punaise au champignon a été testée en laboratoire et en champs de coton, et de forts pourcentages de mortalité ont été notés. En effet, jusqu'à 90 % de mortalité a été obtenue en sept jours en laboratoire et de 80 % à

Tableau 6 : Les ennemis naturels de la punaise terne

Nom	Ordre: Famille	Stade hôte	Références
Parasitoïdes			
<i>Alophorella</i> spp.	Diptera : Tachinidæ	Adulte	Graham <i>et al.</i> 1986
<i>Anaphes iole</i> Girault	Hymenoptera : Mymaridæ	Œuf	Sohati 1989
<i>Anaphes ovijentatus</i>	Hymenoptera : Mymaridæ	Œuf	Graham <i>et al.</i> 1986
<i>Erythmelus miridiphagus</i> Dozier	Hymenoptera : Mymaridæ	Œuf	Sohati 1989
<i>Lasioerythraeus johnstoni</i> (ectoparasite et prédateur)	Acari : Erythraeidæ		Young et Welbourn 1987
<i>Leiophron uniformis</i>	Hymenoptera : Braconidæ	Nymphe	Graham <i>et al.</i> 1986
<i>Peristenus</i> spp.	Hymenoptera : Braconidæ	Larve	Carignan <i>et al.</i> 1995; Lim et Stewart 1976
<i>Polynema pratensiphagum</i> Walley	Hymenoptera : Mymaridæ	Œuf	Sohati 1989
<i>Telenomus</i> spp.	Hymenoptera : Scelionidæ	Œuf	Sohati 1989
Prédateurs			
<i>Agelenopsis potteri</i>	Araneæ : Agelenidæ		Arnoldi <i>et al.</i> 1991
<i>Argiope aurantia</i>	Araneæ : Araneidæ	Adulte*	Young 1989
<i>Geocoris punctipes</i>	Hemiptera : Lygaeidæ	Larve	Young 1989
<i>Metaphidippus galathea</i>	Araneæ : Salticidæ	Adulte et larve	Young 1989
<i>Misumenoides formocipes</i>	Araneæ : Thomisidæ	Adulte et larve	Young 1989; Arnoldi <i>et al.</i> 1991
<i>Nabica subcoleoprata</i>	Hemiptera : Nabidæ	Adulte*	Arnoldi <i>et al.</i> 1991; Arnoldi 1986
<i>Neoscona domiciliorum</i>	Araneæ : Araneidæ	Adulte*	Young 1989
<i>Oxyopes salticus</i>	Arachnida : Oxyopidæ	Larve et adulte	Young 1989; Young et Lockley 1986
<i>Phidippus</i> sp.	Araneæ : Salticidæ	Adulte et larve	Young 1989
<i>Philodromus praelustris</i> Keyserling	Araneæ : Thomisidæ	Adulte*	Arnoldi <i>et al.</i> 1991; Arnoldi 1986
<i>Phymata pennsylvanica</i>	Hemiptera : Phymatidæ		Arnoldi 1986
<i>Pisaurina mira</i>	Araneæ : Pisauridæ	Adulte*	Young 1989
<i>Podisus maculiventris</i> Say	Hemiptera : Pentatomidæ	Adulte*	Arnoldi <i>et al.</i> 1991
<i>Sinea diadema</i> F.	Hemiptera : Reduviidæ	Adulte*	Arnoldi <i>et al.</i> 1991
<i>Stagmomantis carolina</i>	Orthoptera : Mantidæ	Adulte*	Young 1989
<i>Stiretrus anchorago</i>	Hemiptera : Pentatomidæ		Young 1989; Arnoldi 1986
<i>Xycticus punctatus</i>	Araneæ : Thomisidæ		Arnoldi 1986
<i>Zelus socius</i> Stal	Hemiptera : Reduviidæ	Adulte*	Arnoldi <i>et al.</i> 1991; Arnoldi 1986
Pathogènes			
<i>Beauveria bassiana</i>	Deuteromycotina : Moniliales	Adulte	Bidochka <i>et al.</i> 1993; Steinkraus et Tugwell 1997

* seul stade testé

100 % en champs, cinq à sept jours après traitement (Steinkraus et Tugwell 1997; Bidochka *et al.* 1993). Dans les champs de coton, *B. bassiana* reste infectieux pendant quatre jours après l'application. L'utilisation de ce champignon est compatible avec celle d'insecticides chimiques, notamment l'imidaclopride (Steinkraus et Tugwell 1997), mais peut être nuisible pour certains auxiliaires, notamment les hémiptères. Des essais en vergers n'ont pas été tentés et représentent la prochaine étape en vue de l'application de cette méthode en pomiculture.

Il existe une souche de *B.t.*, *Bacillus thuringiensis thuringiensis*, qui s'attaque aux hémiptères (Croft 1990).

2.3.5 Les produits d'origine naturelle

Un mélange de roténone et pyréthrine est commercialisé sous le nom de pyréline mais n'est pas homologué au Canada. Même si cette méthode fonctionne bien aux États-Unis, les résultats ont été peu concluants au Québec (Désilets, communication personnelle).

2.3.6 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 7 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la punaise terne

2.4 Mouche de la pomme, *Rhagoletis pomonella* (Apple maggot)

2.4.1 Introduction

La mouche de la pomme est indigène à l'Amérique du Nord et est l'un des principaux ravageurs de pommiers du nord-est des États-Unis et du Canada.

La mouche de la pomme hiberne sous forme de pupes dans le sol. Les adultes émergent à partir de la fin juin; la population maximale est atteinte deux à trois semaines plus tard. Sept à dix jours après l'émergence, les adultes sont matures sexuellement, et prêts à l'accouplement. Les

femelles pondent des œufs sous la pelure des fruits, chacune pouvant pondre jusqu'à 300 œufs. Les piqûres de ponte et les galeries des larves dans la chair ont l'apparence de petits points rouges à la surface de la pomme, qui déclassent le fruit lorsqu'elles sont apparentes. Les larves causent des dommages en creusant des tunnels dans la chair qui deviennent brunâtres (Boulé *et al.* 1997a). La période de ponte s'étend jusqu'en septembre.

2.4.2 La lutte culturale

On recommande d'éliminer les pommiers et autres rosacées abandonnés, sur un rayon de 200 à 1000 mètres autour du verger lorsque c'est possible afin d'éliminer les foyers d'infestation. Le ramassage des fruits tombés et infestés permet d'interrompre le cycle de développement de la mouche en empêchant les asticots d'entrer en pupaison dans le sol. Idéalement, le ramassage devrait être fait au moins deux fois par semaine mais, si ce n'est pas possible, deux ou trois ramassages en fin de saison permettent de diminuer la population hivernante. Des moutons ou des volailles peuvent également être gardés en verger pour éliminer les pommes tombées au sol. Par contre, seuls les vergers standards peuvent supporter la présence de moutons.

2.4.3 La lutte physique

L'utilisation des sphères rouges engluées, appâtées ou non, a donné jusqu'à maintenant des résultats très intéressants pour le piégeage massif. C'est dans les petits vergers que l'application de ces sphères (appâtées ou non) est la plus appropriée. Dans les grands vergers, des sphères attractives sont nécessaires. Malgré l'utilisation de ce type de sphères, cette technique comporte plusieurs désavantages dans un grand verger; une très grande quantité de sphères est nécessaire, leur manipulation est très salissante, et il est nécessaire de retirer les insectes attrapés et d'engluer à nouveau certaines sphères au moins aux deux semaines afin qu'elle demeurent efficaces. Toutes ces opérations requièrent une main d'œuvre importante (Prokopy *et al.* 1995). L'attractif consiste en une petite capsule dégageant une odeur de pommes (le butyl hexanoate) ainsi que quelques autres composés dont du

Tableau 7 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la punaise terne

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Utiliser le piégeage	• Employé dans la majorité des vergers au Québec	Boivin <i>et al.</i> 1982
2- Éviter les produits à large spectre pour favoriser l'action des ennemis naturels	• Employé dans plusieurs vergers au Québec	Désilets, communication personnelle
3- Utiliser des champignons entomopathogènes	• Efficacité de <i>B. bassiana</i> démontrée en laboratoire et en champs de coton.	Steinkraus et Tugwell 1997

carbonate d'ammonium (Reynolds *et al.* 1998). Disponible au Québec, ce type d'appât est cependant moins coûteux aux États-Unis.

Une solution visant à diminuer la manipulation des sphères consiste à peindre les sphères avec une mixture composée de 4 % d'insecticide (imidaclopride), 43 % de peinture rouge au latex, 43 % de sirop de maïs (utilisé comme stimulant alimentaire) et 15 % d'eau (Prokopy *et al.* 1995). Avec cette mixture, il est seulement nécessaire de tremper la sphère dans une solution sucrée après chaque pluie (au lieu d'engluier les sphères aux deux semaines). L'utilisation d'un dispositif distribuant le sucre à la faveur des pluies permettrait aux sphères de rester accrochées aux arbres tout l'été tout en conservant leur effet insecticide.

Deux stratégies peuvent être adoptées pour l'utilisation des sphères colorées. L'une consiste à intercepter les mouches immigrant dans le verger. Les sphères rouges, préférablement appâtées, sont alors disposées sur les arbres en périphérie du verger à une distance de 10-20m entre elles (Bostanian *et al.* 1999a). Elles doivent être appliquées tôt en saison pour capturer les femelles vierges avant qu'elles ne pondent. L'emplacement de la sphère a un impact déterminant sur le nombre de captures. Sa position optimale pour capturer les femelles immigrant dans le verger est à mi-hauteur ou dans le tiers supérieur du feuillage. La sphère doit être entourée de feuillage et de fruits, mais il faut garder une zone libre sur un rayon de 25 cm autour de la sphère. Ce dispositif optimise la capture d'individus (Duan *et al.* 1993). La deuxième stratégie vise à capturer les mouches émergeant dans le verger. Pour ce faire, les sphères rouges, attractives ou non, sont placées dans les arbres à l'intérieur du verger.

La sphère rouge peut être combinée à un panneau jaune englué, qui simule le feuillage et qui permet d'augmenter l'efficacité du piège (Bostanian *et al.* 1999a). Cette méthode donne de bons résultats dans les vergers biologiques au Québec (Désilets, Sobkowiak, communications personnelles).

2.4.4 La lutte biologique

Bien qu'il existe de nombreux ennemis naturels de la mouche de la pomme (tableau 8), le taux de mortalité reste faible. Selon Monteith (1972), la prédation est réduite à cause du mimétisme des adultes avec les mâles de l'araignée *Paraphidippus marginatus*. Selon plusieurs auteurs, les ennemis naturels (parasitoïdes, oiseaux prédateurs, criquets, carabes, araignées et fourmis) ne les contrôlent pas efficacement en vergers commerciaux (Agnello *et al.* 1993; Roy et Vincent 1990). Par contre, dans des vergers biologiques, ces ennemis naturels sont généralement présents en plus grand nombre et peuvent offrir un certain contrôle de la mouche de la pomme.

Peu de micro-organismes entomopathogènes de la mouche de la pomme sont connus. Le champignon *Hirsutella thompsonii* serait toxique pour cette mouche, mais aucun essai en vergers ne démontre son efficacité (Krasnoff et Gupta 1994). Une autre étude a démontré la présence de micro-organismes entomopathogènes dans les larves et pupes de mouches de la pomme : a) *Pseudomonas aeruginosa* et *Streptococcus* sp., qui ont la capacité d'infecter des insectes stressés; b) *Bacillus cereus*, organisme déjà connu pour ses capacités à tuer certains insectes; c) les nématodes *Neoplectana* sp. (Poinar *et al.* 1977). Des études en laboratoire et en champ révéleront peut-être un bon auxiliaire parmi ces derniers.

2.4.5 Les produits d'origine naturelle

La roténone est efficace contre les adultes. La terre diatomée est actuellement à l'essai au Québec.

2.4.6 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 9 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la mouche de la pomme.

2.5 Tétranyque rouge *Panonychus ulmi* (European red mite) et tétranyque à deux points, *Tetranychus urticae* (Two-spotted spider mite)

2.5.1 Introduction

La prolifération des acariens phytophages et les dommages qu'ils entraînent sont apparus avec l'utilisation intensive des insecticides de synthèse à large spectre d'action (organophosphorés, carbamates, pyréthroïdes, etc.), qui ont un effet nocif sur leurs prédateurs naturels.

Les tétranyques sont présents dans les pommiers de la mi-mai à la fin de l'été. Les tétranyques rouges complètent six à huit générations alors que les tétranyques à deux points en complètent cinq à neuf. Le développement des tétranyques est favorisé par le temps chaud et sec et défavorisé par le temps pluvieux, l'humidité relative élevée et les basses températures. Le tétranyque rouge hiberne au stade œuf, contrairement aux autres tétranyques (notamment les tétranyques à deux points), qui hibernent au stade adulte. Les œufs de tétranyques rouges sont pondus en groupe à l'automne, à la base des bourgeons, des rameaux et au calice des fruits. L'éclosion commence tôt au printemps, au stade pré-bouton rose du pommier. Chez le tétranyque à deux points, les femelles passent l'hiver dans les crevasses de l'écorce ou dans le paillis des

Tableau 8 : Les ennemis naturels de la mouche de la pomme

Nom	Famille	Stade hôte	Commentaires	Références
Parasitoïdes				
<i>Anaphoidea</i>	Mymaridæ	Œuf	Observé au Connecticut	Porter et Alden 1921
<i>Aphaereta auripes</i> (Prov.)	Braconidæ	Larve		Middlekauf 1941
<i>Biosteres</i> (<i>Opius</i>) <i>melleus</i> Gah.	Braconidæ	Larve	Observé en Ontario et dans l'État de Washington	Monteith 1971, Gut et Bruner 1988
<i>Opius alloeus</i> Gah.	Braconidæ	Larve	Observé au Québec et en Ontario	Rivard 1967; Monteith 1971; 1977
<i>Opius downesi</i> Gah.	Braconidæ	Larve	Observé dans l'État de Washington	Gut et Bruner 1988
<i>Opius ferrugineus</i> Gah.	Braconidæ	Larve	Observé en Ontario	Monteith 1977
<i>Opius lectoides</i> Gah.	Braconidæ	Larve	Observé en Ontario	Monteith 1977
<i>Opius lectus</i> (ou <i>Canaliculatus</i>)	Braconidæ	Larve	Observé au Québec et en Ontario	Rivard 1967; Monteith 1971; Prokopy et Webster 1978
<i>Opius rhagoleticolus</i>	Braconidæ	Larve	Originaire d'Autriche et relâché en Ontario	Sarazin 1992
<i>Phygadeuon wiesmanni</i> Sachtl	Ichneumonidæ	Pupe	Originaire d'Europe et relâché en Ontario	Hagley <i>et al.</i> 1993
<i>Psilus</i> spp.	Diapriidæ	Pupe	Occasionnel au Québec	Cameron et Morrisson 1974
<i>Pteromalus</i> sp.	Pteromalidæ	Larve	Observé dans l'État de Washington	Gut et Bruner 1988
<i>Tetrastichus</i> sp.	Eulophidæ	Larve	Observé dans l'État de Washington	Gut et Bruner 1994
Prédateurs				
<i>Anisodactylus</i> <i>sanctaecrucis</i>	Carabidæ	Pupe et larve		Hagley <i>et al.</i> 1982
<i>Calosoma calidum</i> F.	Carabidæ	Pupe et larve		Murphy 1986
<i>Forficula auricularia</i>	Forficulidæ	Pupe et larve		Murphy 1986
<i>Formica fusca</i>	Formicidæ	Pupe et larve		Allen et Hagley 1990
<i>Gryllus pensylvanicus</i>	Gryllidæ	Pupe	Canada et État-Unis	Murphy 1986
<i>Harpalus affinis</i>	Carabidæ	Pupe et larve		Hagley <i>et al.</i> 1982
<i>Harpalus</i> <i>pennsylvanicus</i>	Carabidæ	Pupe et larve		Murphy 1986
<i>Lithobius forficatus</i>	Centipèdes	Pupe		Murphy 1986
<i>Nemobius fasciatus</i>	Gryllidæ	Pupe		Murphy 1986
<i>Oniscus laevis</i>	Isopodes	Pupe		Murphy 1986
<i>Oxidus rathkeis</i>	Millipèdes	Pupe		Murphy 1986
<i>Philonthus</i> sp.	Staphylinidæ	Pupe et larve		Allen et Hagley 1990
<i>Staphilinus badipes</i>	Staphylinidæ	Pupe		Murphy 1986
Pathogènes				
<i>Bacillus cereus</i>			Bactérie	Poinar <i>et al.</i> 1977
<i>Hirsutella thompsonii</i>			Champignon	Krasnoff et Gupta 1994
<i>Neoaplectana</i> sp.			Nématodes	Poinar <i>et al.</i> 1977
<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>			Bactérie	Poinar <i>et al.</i> 1977
<i>Streptococcus</i> sp.			Bactérie	Poinar <i>et al.</i> 1977

Tableau 9 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la mouche de la pomme

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Sphères rouges	• Employé dans plusieurs vergers commerciaux et biologiques au Québec	Prokopy <i>et al.</i> 1995; Bostanian <i>et al.</i> 1999a
2- Coupe des hôtes alternatifs	• Employé dans plusieurs vergers commerciaux et biologiques au Québec	Boulé <i>et al.</i> 1997a
3- Récolte des fruits tombés	• Nécessite une main-d'œuvre importante; appareillage à développer	Boulé <i>et al.</i> 1997a

plantes du couvre-sol. Les dommages sont causés par tous les stades de tétranyques. Lors d'infestations légères, les dommages prennent l'apparence de mouchetures sur le feuillage. Dans le cas d'infestations graves, on peut observer la chute prématurée des feuilles et des fruits, un ralentissement de la croissance et une réduction de la qualité et du calibre des fruits (Boulé *et al.* 1997a).

2.5.2 La lutte culturale

Les populations de tétranyques sont favorisées par l'augmentation de la vigueur de l'arbre et du taux d'azote contenu dans les feuilles. Lors de la fertilisation azotée, on ne devrait pas dépasser 50 unités d'azote à l'hectare. Des fertilisants comprenant du fer et du magnésium chélatés contribuent à réduire les populations de *T. urticae* sur les pommiers (Laroche *et al.* 1995), mais les risques de phytotoxicité sont élevés.

La sensibilité des pommiers aux tétranyques rouges varie selon les cultivars et est reliée à la pubescence des feuilles (Paiva et Janick 1980). Plus les feuilles sont pubescentes, plus elles seraient sensibles aux tétranyques. Selon Bielak et Dabrowski (1985) la résistance pourrait être due soit à la teneur en phénols et minéraux (plus ils sont abondants, plus la fécondité des tétranyques est réduite) soit à l'épaisseur des parois épidermiques (plus elle est épaisse, plus le cultivar est résistant). Le cultivar Spartan est modérément sensible alors que les cultivars Empire, McIntosh et Vista Bella sont sensibles.

La gestion des plantes herbacées est importante puisque le tétranyque à deux points peut s'y développer. Par exemple, l'utilisation d'herbicide dans un verger à forte densité stimule la migration des tétranyques à deux points vers les pommiers. Le fait de conserver un couvre-sol sur les rangs contribue à réduire la croissance végétative des pommiers (par compétition pour l'eau et les minéraux). Dans les vergers très attaqués par les tétranyques ravageurs, il peut donc être avantageux de conserver un bon couvre-sol de façon à ralentir la croissance végétative de l'arbre et, par extension, les populations de tétranyques. L'anis, l'ail, l'oignon, l'échalote et le navet seraient souhaitables comme couvre-sol puisqu'ils repoussent les tétranyques (Duval 1993). Par contre aucune étude n'a démontré leur efficacité. Également, le couvre-sol peut servir de niche pour les prédateurs naturels.

2.5.3 La lutte physique

La taille des branches infestées par des œufs de tétranyques contribue à réduire les populations (Hill *et al.* 1990). L'application d'un jet d'eau sous pression sur la face inférieure des feuilles peut également déloger les tétranyques rouges et à deux points. Cependant cette technique devient fastidieuse dans les vergers de grande envergure, puisqu'elle doit être répétée régulièrement.

2.5.4 La lutte biologique

De nombreux ennemis naturels s'attaquent aux tétranyques (tableau 10). Parmi les plus importants, on trouve les phytoséiides, famille d'acariens prédateurs dont les individus sont très voraces. À l'instar des tétranyques, plusieurs générations se succèdent par année. Au Québec, les populations de phytoséiides dans les vergers biologiques peuvent être suffisantes pour garder les populations de tétranyques ravageurs sous les seuils de nuisibilité. D'autre part, cette situation est aussi constatée dans des vergers commerciaux en lutte intégrée sans acaricide (Lasnier, communication personnelle).

Parmi les phytoséiides, les deux espèces les plus importantes au Québec sont *Amblyseius fallacis* et *Typhlodromus caudiglans* (Chouinard et Morin 1999). Leur apparition est bien synchronisée avec celle du tétranyque à deux points et *A. fallacis* apparaît au moment où les populations maximales de tétranyques rouges sont atteintes.

Typhlodromus pyri est également un phytoséiide utilisé en lutte biologique, particulièrement en Europe (Blommers 1994). Selon Agnello *et al.* (1993), il peut contrôler les mites rouges lorsque les niveaux de population ne sont pas trop élevés. Il serait moins vorace que *A. fallacis*, mais, lorsqu'il est établi dans un verger, il peut effectuer un contrôle plus tôt en saison. En Belgique, c'est le prédateur le plus important en pomiculture (Sterk 1998). *Typhlodromus pyri* et *Amblyseius andersoni* ont notamment fait l'objet de lâchers en Europe, et les résultats sont très positifs (Baillod *et al.* 1989). *Metaseiulus occidentalis* et *T. pyri* sont deux prédateurs dont les périodes d'activité sont complémentaires. En effet, *M. occidentalis* agit en milieu de saison alors que *T. pyri* agit plus tard dans la saison de croissance (Croft et Macrae 1992). *Amblyseius andersoni* semble pouvoir se maintenir à de faibles densités de proies comparé à *T. pyri* et *M. occidentalis*.

(Croft 1994). Des lâchers de *T. pyri* sont actuellement à l'étude au Canada et aux États-Unis.

Selon des observations faites en vergers commerciaux, l'utilisation de phytoséides est généralement incompatible avec les insecticides tels que les pyréthrinoides. Il est toutefois possible que certaines populations développent de la tolérance aux applications effectuées en période préflorale, sans dépasser les stades calice ou nouaison. Par contre, le carbaryl et certains fongicides tels le bénomyl et le mancozèbe sont généralement toxiques pour les acariens prédateurs. *Typhlodromus pyri* est plus sensible aux pesticides (exemples : pyréthrinoides, acaricides tel le formétanate, aux fongicides tel le ZIRAME) que *A. fallacis* (Hu *et al.* 1997). En Europe, certaines souches de *T. pyri* sont tolérantes aux carbamates, tel le carbaryl (Blommers 1994). Plusieurs populations de phytoséides tolèrent également les organophosphorés (azinphos-méthyl et phosmet) (Bostanian et Racette 1992; Bostanian et Coulombe 1986). Les populations de phytoséides sont peu affectées par les huiles minérales (Mahr 1999a).

Les stigmatéides composent une autre famille importante d'acariens prédateurs. Parmi les stigmatéides, l'agistème (*Agistemus fleschneri*) est l'acarien prédateur le plus répandu dans les vergers québécois. Présent du début mai (débourrement avancé) au début octobre (Lasnier 1995), il se rencontre surtout dans les vergers où une population d'ériophyides était présente l'année précédente. L'ériophyide et les œufs de tétranyques sont ses principales proies. L'agistème exerce un bon contrôle du tétranyque rouge. *Zetzellia mali* jouerait également un rôle important dans le contrôle des tétranyques rouges en Ontario. Les stigmatéides sont compatibles avec l'utilisation de plusieurs insecticides tels les pyréthrinoides de synthèse avant la floraison, les organophosphorés après la floraison et le carbamate (agent d'éclaircissage chimique des fruits) (Chouinard et Morin 1999). L'agistème est également compatible avec d'autres prédateurs tels que la punaise de la molène (*Campylomma verbasci*), la punaise translucide (*Hyaliodos vitripennis*) ou les phytoséides. Le contrôle résultant est efficace même si la voracité et la capacité de dispersion des stigmatéides sont inférieures à celles de *T. pyri* (Hardman *et al.* 1995).

Les acariens prédateurs peuvent être introduits dans les vergers à l'aide de bandes pièges ou à l'aide du transfert de bouquets floraux ou de bois de taille d'été (notamment des gourmands). La bande piège est un morceau de tissu (jute) ou de géotextile que l'on enroule autour du tronc. Les individus s'y réfugient dès septembre et jusqu'à la mi-octobre pour y effectuer leur diapause. La bande est retirée avant les grands froids, entreposée et réintroduite l'été suivant dans un verger où on souhaite augmenter la population de ce prédateur. La technique de transfert de bois d'été ou de bouquets floraux consiste à transférer des acariens prédateurs d'un verger réservoir (où les popula-

tions d'acariens prédateurs sont importantes et possèdent des résistances aux insecticides, principalement les pyréthrinoides et les organophosphorés) vers un verger où ils sont absents. Le matériel est recueilli du verger réservoir et transporté dans le verger cible où il est déposé sur un arbre à travers le feuillage. Le bois d'été est recueilli et transféré en juillet et août (au moment de la taille d'été). Pour les bouquets floraux, le transfert a lieu à la floraison. Cette technique, largement utilisée dans les vergers européens, serait plus efficace que la technique des bandes pièges selon des études réalisées au Québec (Lasnier 1995; Lasnier 1996; Lasnier et Charbonneau 2000).

Les acariens prédateurs sont un groupe très utile en pomiculture. On estime qu'au Québec plus de 500 hectares bénéficient de la répression des acariens ravageurs par les acariens prédateurs (Bostanian *et al.* 1999b), et le nombre d'hectares ainsi protégé augmente d'année en année.

Plusieurs punaises exercent le contrôle des tétranyques en vergers. La punaise de la molène est compatible avec les organophosphorés utilisés contre le charançon et l'hoplocampe comme l'azinphos-méthyl, le phosmet et la phosalone (Chouinard et Morin 1999). Cependant cette punaise peut causer des dommages au stade calice lorsque ses populations sont élevées et que les proies sont rares (Boulé *et al.* 1997a).

La punaise translucide serait le prédateur du tétranyque rouge le plus courant et efficace dans les vergers de pommiers standards du sud-ouest du Québec (Chouinard *et al.* 1999). Elle est présente à partir de la fin de juin. Un avantage des punaises translucides est qu'elles ne sont pas affectées par les traitements à l'huile minérale effectués tôt au printemps pour abaisser le niveau de population des tétranyques rouges. Cette punaise s'attaque aussi aux cicadelles, aux pucerons et aux larves de lépidoptères.

Des punaises prédatrices généralistes comme les réduvidés, nabides, pentatomides, anthocorides et mirides s'attaquent aussi aux tétranyques rouges et à deux points (Chouinard et Morin 1999).

La coccinelle *Stethorus* est un bon prédateur de tétranyques, mais elle est peu fréquente dans nos vergers. Elle est peu sensible aux insecticides sélectifs mais très sensible aux organophosphorés, aux carbamates et aux pyréthrinoides (Mahr 1999a). Les araignées ont un impact important sur les populations de tétranyques (Wisniewska *et al.* 1993), mais l'utilisation des pesticides est peu compatible avec leur présence.

2.5.5 Les produits d'origine naturelle

Le traitement à l'huile minérale est plus efficace au début de la saison juste avant l'éclosion des œufs hivernants, surtout si l'application s'effectue dans des conditions

Tableau 10 : Les principaux ennemis naturels des tétranyques

Nom	Famille	Commentaires	Références
Prédateurs - Acariens			
<i>Agistemus fleschneri</i>	Stigmaeidae		Welty 1995; Mahr 1999b
<i>Allothrombium</i> sp.	Thrombidinae		Paradis 1983
<i>Amblyseius andersoni</i> (ou <i>potentillae</i>)	Phytoseiidae	Exotique	Blommers 1994
<i>Amblyseius</i> (<i>Cydnodromus</i>) <i>chilenensis</i>	Phytoseiidae	Exotique	
<i>Amblyseius idaeus</i>	Phytoseiidae		
<i>Amblyseius</i> (<i>Neoseiulus</i>) <i>fallacis</i>	Phytoseiidae	Indigène, possibilité d'introduction	Chouinard et Morin 1999
<i>Anystis</i> sp.	Anystidae	Indigène	Bostanian <i>et al.</i> 1999b
<i>Balaustium</i> sp.	Erythraeidae		Chouinard et Morin 1999
<i>Metaseiulus occidentalis</i>	Phytoseiidae	Indigène	
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Phytoseiidae	Exotique	Fournier <i>et al.</i> 1987
<i>Typhlodromus caudiglans</i>	Phytoseiidae	Indigène	Chouinard et Morin 1999
<i>Typhlodromus pomi</i>	Phytoseiidae	Indigène	Nyrop (comm. pers.)
<i>Typhlodromus pyri</i>	Phytoseiidae	Indigène	Blommers 1994
<i>Typhlodromus vulgaris</i>	Phytoseiidae	Indigène	Nyrop (comm. pers.)
<i>Zetzellia mali</i>	Stigmaeidae	Indigène	Welty 1995; Parent 1967
Prédateurs - Hemiptera			
<i>Hyaliodes vitripennis</i>	Miridae	Prédateur généraliste	Chouinard <i>et al.</i> 1999
Nabides	Nabidae	Prédateur généraliste	Mahr 1999b
<i>Orius insidiosus</i>	Anthocoridae	Disponible commerciallement	McCaffrey et Horsburgh 1986
Prédateurs - Thysanoptera			
<i>Leptothrips mali</i>	Phlaeothripidae	Prédateur généraliste	Welty 1995
Prédateurs - Coleoptera			
Cantharides	Cantharidae	Prédateur généraliste	Welty 1995
Staphylins	Staphylinidae	Prédateur généraliste	Welty 1995
<i>Stethorus punctillum</i>	Coccinellidae	Prédateur généraliste	Blommers 1994
<i>Stethorus punctum</i>	Coccinellidae	Prédateur spécialiste	Welty 1995
Prédateurs - Neuroptera			
Chrysopes	Chrisopidae	Prédateur généraliste	Welty 1995; Mahr 1999b
Hemerobes	Hemerobiidae	Prédateur généraliste	Welty 1995
Prédateurs - Araneae			
Araignées	Araneidae	Prédateur généraliste	Welty 1995
Prédateurs - Diptera			
Syrphes	Syrphidae	Prédateur généraliste	Welty 1995
Prédateurs - Pathogènes			
<i>Bacillus thuringiensis</i> (β -exotoxin)		Tous les stades de <i>T. urticae</i>	Neal <i>et al.</i> 1987

climatiques optimales (journées ensoleillées et chaudes). L'huile serait relativement peu nuisible pour les acariens prédateurs (Agnello *et al.* 1993). L'application d'huile ne serait plus nécessaire lorsqu'aucun insecticide à large spectre d'action est utilisé pendant quelques années (Désilets, communication personnelle). Le SAVON INSECTICIDE SAFER^{MC} est également conseillé contre les tétranyques à deux points en serre, mais il est aussi dommageable pour les ennemis naturels.

La pénicilline (*Penicillium funiculosum*), non homologuée au Canada, et l'abamectine (AGRIMEK) sont efficaces contre les tétranyques ravageurs (Helyer et Ledieu 1986; Beers *et al.* 1990). L'abamectine inhibe également le développement de certains acariens prédateurs.

2.5.6 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 11 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle des tétranyques rouge et à deux points.

2.6 Tavelure de la pomme, *Venturia inaequalis* (Apple scab)

2.6.1 Introduction

Au Québec, la tavelure est la principale maladie fongique s'attaquant aux pommiers. Généralement, les dégâts affectent la surface des feuilles et des pommes en formant des taches brun-olive sur la cuticule. Dans des cas d'infestation sévère, les branches au complet sont affectées, les fruits peuvent tomber prématurément, la chute des feuilles est accélérée, l'arbre au complet est affaibli, et, finalement, la production de bourgeons est réduite (Boulé *et al.* 1997b). Cette maladie entraîne d'énormes pertes économiques, les fruits atteints sont non vendables et non entreposables.

Le champignon responsable de cette maladie, *Venturia inaequalis*, hiverne sur les feuilles qui tombent des arbres à l'automne, sous une forme qu'on appelle « pseudothèces ». Un peu avant le débourrement des pommiers au printemps, les pseudothèces produisent des ascospores. Les ascospores matures sont éjectées dans l'air ambiant lors des journées pluvieuses, durant la période s'étalant entre le stade débourrement et la fin de juin. Les ascospores qui atteignent le feuillage germent et pénètrent la feuille si la surface reste mouillée pendant une période déterminée par la température (période de mouillure). Cette première infection porte le nom d'infection primaire.

Quelques semaines plus tard, l'infection prend la forme de taches olive foncé. Ces taches peuvent éventuellement couvrir une bonne partie des feuilles ou des fruits en développement. Les taches produisent des spores asexuées nommées conidies. Ces dernières sont dispersées par la pluie, et des infections secondaires se développent dans des conditions semblables à celles provoquant les infections primaires. Des taches peuvent se développer sur toutes les parties de l'arbre et même sur les fruits entreposés. Plusieurs cycles secondaires se succèdent durant l'été. Une faible quantité d'ascospores peut donc engendrer une quantité importante de conidies, et la meilleure stratégie d'intervention consiste à inhiber la période d'infection primaire au printemps. Si la maladie est bien contrôlée pendant cette période, peu ou pas d'interventions phytosanitaires seront nécessaires durant le reste de la saison.

Des tableaux de risques d'infections sont utilisés pour déterminer le nombre d'heures de mouillure requises au champignon pour infecter les tissus sensibles en fonction de la température de l'air. Les tables de Mills, élaborées il y a près de 50 ans, sont encore utilisées (Mills et Laplanche 1954). L'évaluation de la concentration des ascospores présentes dans l'air au printemps (l'inoculum) permet également d'évaluer les risques d'infection. L'inoculum se mesure à l'aide d'un échantillonneur volumétrique.

Tableau 11 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle des tétranyques rouges et à deux points

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Abandon des insecticides à large spectre d'action (pyréthrinoides, carbamates, organophosphorés, etc.)	• Utilisé dans plusieurs vergers commerciaux et biologiques au Québec	Boulé <i>et al.</i> 1997b; Désilets, communication personnelle
2- Utilisation de l'huile minérale	• Pratiquée dans la majorité des vergers au Québec	Chouinard <i>et al.</i> 1999
3- Introduction et préservation d'acariens prédateurs	• Pratiquée dans plusieurs vergers au Québec	Bostanian <i>et al.</i> 1999b

2.6.2 La lutte culturale

Élimination des feuilles tavelées

Les méthodes préventives sont déterminantes dans le succès de la lutte contre la tavelure. Si possible, ramasser les feuilles à l'automne (en les raclant ou en les aspirant) et les brûler ou les composter en les incorporant au centre d'un tas assez volumineux pour générer une température de 65° C. Une bonne part de l'inoculum peut ainsi être détruit. Les feuilles doivent être ramassées dans un rayon de 180 mètres autour des cultivars sensibles (MacHardy 1990). Une méthode physique pour les éliminer consiste à utiliser une souffleuse à ensilage pour souffler les feuilles à l'extérieur du verger, et les brûler (Désilets, communication personnelle). La proximité de vergers abandonnés ou avec un historique d'infection de tavelure peut toutefois annuler le gain obtenu par cette méthode.

La décomposition des feuilles tavelées tombées au sol en fin de saison peut être stimulée afin de réduire l'inoculum de l'année suivante. Le déchiquetage de la litière de feuilles est une bonne solution. L'apport, à l'automne, d'un composé azoté telle l'urée, de compost ou d'inoculant microbiologique, stimule la vie microbienne et augmente la vitesse de décomposition des feuilles (Burchill *et al.* 1965).

L'urée peut être appliquée au sol ou directement sur l'arbre. Les applications au sol sont cependant susceptibles de causer une croissance excessive des arbres le printemps suivant et d'affecter la qualité des fruits. Un bon couvre-sol contribue à diminuer ce risque en laissant peu d'urée parvenir jusqu'aux racines des arbres. L'application sur l'arbre risque, quant à elle, d'affecter l'aoûtement des bourgeons et de provoquer une forte mortalité hivernale. Cet apport peut toutefois contribuer aux besoins hâtifs en azote nécessaire à la croissance des pommiers le printemps suivant.

En Amérique du Nord, plusieurs études portent sur la quantité d'urée nécessaire et les meilleures conditions d'application. Au Québec, on étudie l'effet d'applications de quantités réduites d'urée, comportant très peu de risques. Les applications seraient faites sur le feuillage à l'automne en combinaison avec un organisme de lutte biologique contre la tavelure et/ou des produits pour accélérer la chute des feuilles.

Élagage des pommiers

L'élagage des pommiers de façon à laisser pénétrer l'air et le vent accélère le séchage à la suite d'une pluie et réduit ainsi la période de mouillure et de développement de l'infection.

Utilisation de cultivars résistants

Plusieurs cultivars tolérants ou résistants à la tavelure sont actuellement disponibles, soit Belmac, Britegold,

Freedom, Jonafree, Liberty, Macfree, Moira, Murray, Nova Easygro, Novamac, Priam, Primevere, Redfree, Richelieu, Rouville et Trent (Carisse et Phillion 1996). Les cultivars Trent, Richelieu, Rouville, Moira et Britegold ont été testés à Frelighsburg et présentent une bonne résistance à la tavelure. Liberty et Macfree sont également très résistants et sont utilisés par plusieurs producteurs biologiques au Québec (Désilets, communication personnelle). Les cultivars Cortland, Empire, Jersey mac, Jonagold, McIntosh, Lobo et Royal Gala sont les plus sensibles à la tavelure.

L'utilisation de cultivars résistants réduit à zéro le besoin d'appliquer des fongicides contre la tavelure. Toutefois, il y a toujours une possibilité qu'une nouvelle souche du champignon de la tavelure puisse se développer et que les cultivars présentement résistants deviennent sensibles à cette nouvelle tavelure. De plus, quelques traitements sont nécessaires pour contrôler d'autres maladies. En effet, la majorité de ces cultivars sont sensibles à des maladies comme l'oïdium et les chancres (Biggs 1998).

L'application de fongicides minéraux sur les cultivars sensibles aux maladies, y compris la tavelure, se fait à la même fréquence que l'application de fongicides chimiques (environ 10-12 traitements par année), alors que, dans les cas des cultivars résistants à la tavelure, seulement deux traitements sont habituellement nécessaires dans la saison pour traiter les autres maladies, particulièrement les chancres. Il est toutefois essentiel de faire un choix judicieux car le cultivar utilisé doit aussi détenir une bonne valeur commerciale. Le tableau 12 présente des caractéristiques de certains cultivars résistants à la tavelure.

2.6.3 La lutte biologique

La lutte biologique à l'aide de micro-organismes pathogènes indigènes aux vergers est en développement depuis une dizaine d'années. Quelques-unes de 931 souches de bactéries testées, dont *Pseudomonas syringae*, et certaines levures isolées à partir du sol ou de morceaux de pommes, présentent un bon potentiel pour la lutte contre la tavelure (Burr *et al.* 1996).

L'application d'un champignon antagoniste ou compétiteur de *Venturia inaequalis* (tel que *Microsphaeropsis* sp., ou *Athelia bombacina*) à l'automne sur le feuillage inhibe la formation de pseudothèces et réduit le risque d'infection primaire l'année suivante. Dans ces conditions d'applications, un antagoniste peut réduire l'inoculum d'environ 80 % (Carisse et Phillion 1996). *Microsphaeropsis* est en voie d'être produit commercialement au Canada et aux États-Unis.

Également, l'utilisation de surnageant de culture de champignons permet la croissance de microorganisme(s) qui libèrent une substance antagoniste au développement de *Venturia inaequalis*. Ces molécules peuvent inhiber jusqu'à 98 % de la germination (Cronin *et al.* 1996). La

Tableau 12 : Caractéristiques de certains cultivars résistants à la tavelure de la pomme*

Cultivar	Hâtivité ²	Rusticité ³	Productivité ³	Vigueur ³	Qualité du fruit ³	Date de cueillette ⁴	Couleur dominante	Couleur de fond
Belmac	T		++	+	+++	Fin sept.	Rouge	Vert
Britegold	T	+++	++	++	+	Fin sept.	Jaune	Rouge
Freedom	H	++	+++	++	++	Fin sept.	Rouge	Vert
Goldrush	T	-	-	+	+++	Fin oct. ⁶	Jaune	Vert
Jonafree	H	+	-	++	-	Début oct.	Rouge	Vert-jaune
Liberty	H	+	++	+++	++	Fin sept.	Rouge	Vert
Macfree	M	++	++	++	+	Début oct.	Jaune	Vert
Moira	H	+++	+++	++	+	Fin sept.	Rouge	Vert
Murray	H	+++	++	++	+	Fin août	Rouge	Vert
Nova Easygro	H	++	++	++	+	Début oct.	Rouge	Vert
Novamac	M	++	-	++	++	Mi-sept.	Rouge	Vert
Novaspy	H	++	+	+		Mi-oct.	Rouge	Jaune-vert
Priam	H	++	++	++	++	Fin sept.	Rouge	Jaune
Primevere		++		++	++	Mi-oct.	Rouge	-
Redfree	M	+	++	++	-	Fin août	Rouge	Vert
Richelieu	H	+++	+++	++	+	Mi-sept.	Rouge	Vert
Rouville ⁵	H	+++	++	+++	+	Mi-août	Rouge	Vert
Trent	H	+++	+++	++	++	Début oct.	Rouge	Vert

* Tableau tiré de Bélanger et Crochetière (1991), modifié et actualisé d'après Khanizadeh et Cousineau (1998).

1. Ces données sont basées sur les résultats obtenus par R.L. Granger pendant 8 ans à la ferme expérimentale d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Frelighsburg.

2. Hâtivité à rapporter dans le cas de greffes sur un porte-greffe nain: H, très hâtif (2 à 4 ans); M, moyennement hâtif (4 à 5 ans); T, tardif (5 à 6 ans).

3. Rusticité, productivité, vigueur et qualité du fruit: +++, excellente; ++, bonne; +, satisfaisante; -, information manquante.

4. Les fruits sont généralement cueillis avant leur date de maturité.

5. Son feuillage porte parfois des traces de tavelure.

6. Mesuré à Simcoe, Ontario.

caractérisation de cette substance et du microorganisme qui la produit devrait conduire au développement d'un nouveau moyen de lutte biologique.

2.6.4 Les produits d'origine naturelle

Les produits à base de soufre, de cuivre et d'urée décrits au premier chapitre, sont très utilisés par les producteurs biologiques dans la lutte contre la tavelure (Tableau 13). La période critique d'intervention avec ces fongicides est du stade pré-bouton rose au stade calice. On peut retarder le premier traitement et/ou éviter quelques traitements en évaluant le risque à l'aide du dépistage, de programmes de prévision et de l'historique du verger. Par contre, si le

verger a subi une forte infestation l'année précédente, il n'est pas conseillé de retarder le premier traitement.

Différents produits biologiques ont des propriétés fongicides contre la tavelure, comme la décoction de prêle. Par contre, il peut être difficile de se les procurer en quantité suffisante, et son efficacité n'a pas été suffisamment prouvée.

2.6.5 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 14 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tavelure de la pomme.

Tableau 13 : Utilisation des fongicides biologiques et minéraux contre la tavelure de la pomme

Fongicide	Fréquence	Compatibilité	Avantage	Désavantage
Soufre	<ul style="list-style-type: none"> • Appliquer après 10 mm de pluie 	<ul style="list-style-type: none"> • Incompatible avec huile de dormance; 1 mois d'intervalle est nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Également efficace contre l'oïdium 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité d'une semaine seulement • Phytotoxicité croissante sur feuillage et fruits par temps chaud (> 28 °C), à dose élevée (> 4 kg/1000L) et lorsqu'un contact avec de l'huile ou des résidus d'huile • Toxique pour les acariens prédateurs, punaises et parasitoïdes
Bouillie sulfocalcique	<ul style="list-style-type: none"> • Appliquer après la pluie avant assèchement du feuillage 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne se mélange pas à d'autres produits 	<ul style="list-style-type: none"> • Seul fongicide biologique avec un pouvoir éradiquant 	<ul style="list-style-type: none"> • Toxique pour les acariens prédateurs, punaises et parasitoïdes
Cuivre : oxychlorure, cuivrol			<ul style="list-style-type: none"> • Activité résiduelle de 2-3 semaines • Affecte les acariens phytophages • N'affecte pas les parasitoïdes et prédateurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Roussissure si utilisé après pré-bouton rose • L'accumulation de cuivre dans le sol affecte l'activité biologique
Bouillie bordelaise	<ul style="list-style-type: none"> • Renouveler après 30 mm de pluie 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne se mélange pas aux autres produits 	<ul style="list-style-type: none"> • Affecte les acariens phytophages • N'affecte pas les parasitoïdes et prédateurs • Également efficace contre les chancres et la brûlure bactérienne • Peu dispendieux 	<ul style="list-style-type: none"> • Phytotoxique si elle est appliquée sur parties humides • Brûlure par temps froid et humide • Éviter l'arrosage au soleil • Affecte les acariens prédateurs • Manipulation et application dangereuse
Urée	<ul style="list-style-type: none"> • Automne : avant la chute des feuilles • Printemps : avant débourrement 	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible avec microorganismes de lutte biologique et/ou produits pour accélérer la chute des feuilles 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'impacts sur les ennemis naturels des ravageurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut affecter l'aoûtement et la croissance de l'arbre

Tableau 14 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tavelure de la pomme

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Cultivars résistants	<ul style="list-style-type: none"> • Employés dans plusieurs vergers au Québec 	Carisse et Phillion 1996
2- Fongicides minéraux (Bouillie bordelaise et soufre)	<ul style="list-style-type: none"> • Employés dans plusieurs vergers biologiques et conventionnels au Québec 	Désilets, communication personnelle
3- Utilisation de pathogènes et d'antagonistes tels que <i>Microsphaeropsis</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> • Au stade d'homologation 	Carisse et Phillion 1996
4- Utilisation de l'urée	<ul style="list-style-type: none"> • Au stade de recherche en Amérique du Nord 	Phillion, communication personnelle; Shim <i>et al.</i> 1997

CHAPITRE 3

LES RAVAGEURS OCCASIONNELS

3.1 Hoplocampe des pommes *Hoplocampa testudinnea* (European Apple Sawfly)

3.1.1 Introduction

La pupa de l'hoplocampe hiberne dans le sol. Les adultes émergent vers le stade bouton rose du pommier, et la population maximale est atteinte autour du stade de la floraison. Après l'accouplement, les femelles déposent leurs œufs sur les fleurs, à la base du réceptacle. Dix à douze jours plus tard, les chenilles émergent et se nourrissent du fruit. Les dommages causés par les larves ont la forme d'un ruban brun sur l'épiderme de la pomme et d'un trou profond d'où s'écoulent des excréments bruns, solides et liquides. Les fruits endommagés par l'activité des larves tombent pour la plupart, et, une fois leur développement achevé, les chenilles quittent la pomme pour entrer en pupaison dans le sol.

L'hoplocampe des pommes peut être un ravageur prépondérant dans les vergers en régie biologique. Il est un ravageur redoutable pour lequel il n'y a pas de méthodes de contrôle efficace.

3.1.2 La lutte culturale

Il est important de ramasser les pommes tombées avant que la larve ait quitté le fruit. Ceci permet d'interrompre le cycle de développement de l'hoplocampe, car les larves ne pourront aller puper dans le sol. Le ramassage des fruits doit être fait de façon régulière, et il demande une importante main-d'œuvre; cette méthode est donc moins envisageable dans les vergers de grande taille. L'utilisation de cochons ou de moutons dans le verger (pour éliminer les pommes tombées) a déjà été pratiquée, mais aucune étude n'a démontré leur efficacité.

Le niveau de dommages causés par l'hoplocampe semble relié à la période de floraison des pommiers. Les cultivars de pommiers à floraison hâtive seraient plus attaqués que les cultivars à floraison tardive (Niezborola 1978).

3.1.3 La lutte physique

L'application d'une assiette blanche en plastique engluée, à tous les deux pommiers pendant la floraison, permet d'abaisser les populations (Désilets, communication personnelle).

L'utilisation de paillis de fibres cellulosiques, fait à partir de fibres naturelles et sans encre, dans le but de diminuer la croissance des mauvaises herbes, permet de couper le cycle vital de l'hoplocampe et de diminuer ses populations. En effet, comme la surface du sol sous les pommiers est recouverte de paillis, certains individus ne pourront rejoindre le sol pour aller puper (Vincent *et al.* 1997). Ceux qui parviennent à compléter leur cycle le font à l'intérieur des pommes tombées.

3.1.4 La lutte biologique

Peu de parasitoïdes de l'hoplocampe sont inventoriés, mais deux ichneumonides sont bien connus (Babendreier 1996). Certaines espèces introduites récemment au Québec et dans le reste du Canada sont aussi à l'étude (Mason et Huber, communication personnelle). D'autre part, certaines punaises prédatrices s'attaquent aux larves de l'hoplocampe (Langlais, communication personnelle).

Les champignons entomopathogènes appliqués au sol, peuvent être très efficaces contre l'hoplocampe. *Paecilomyces fumosorossus*, *P. farinosus*, *Cephalosporium lecanii* et *Aspergillus flavus* ont été testés en laboratoire et ont donné jusqu'à 100 % de mortalité (Jaworska 1992).

L'utilisation du nématode *Steirnerinema* sp., appliqué au sol, réduit la population de larves et de pupes d'hoplocampes (Vincent et Bélair 1992). Toutefois, à l'heure actuelle, l'utilisation de nématodes demeure très coûteuse au Québec (Désilets, communication personnelle). Des nématodes parasites des familles Mermithidae, Rhabditiidae et Heterorhabditiidae ont été découverts sur des larves d'hoplocampe (Jaworska 1992).

Le tableau 15 résume les principaux points à retenir sur les ennemis naturels de l'hoplocampe des pommes.

3.1.5 Les produits d'origine naturelle

L'utilisation de la terre diatomée comme moyen de lutte contre l'hoplocampe est actuellement à l'essai au Québec. Son spectre d'action est très large; elle peut donc affecter les ennemis naturels. Par conséquent son application doit être faite de façon réfléchie.

La roténone, la pyrèthrine et le Ryania peuvent être utilisés au stade du calice. Des extraits de *Quassia amara* ont été mis à l'essai contre les larves d'hoplocampe, limitant à moins de 5 % les dommages (Hohn *et al.* 1996).

Tableau 15 : Les ennemis naturels de l'hoplocampe des pommes

Nom	Famille	Stade hôte	Commentaires	Références
Parasitoïdes				
<i>Aptesis nigrocincta</i>	Ichneumonidae	Pupe	Présent en Suisse	Babendreier 1996
<i>Lathrolestes ensator</i>	Ichneumonidae	Larve	Présent en Suisse	Babendreier 1996
Nématodes				
	Mermithidae	Larves	Présent en Pologne	Jaworska 1992
	Rhabditidae	Larves	Présent en Pologne	Jaworska 1992
	Heterorhabditidae	Larves	Présent en Pologne	Jaworska 1992

3.1.6 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 16 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de l'hoplocampe des pommes.

3.2 La Tordeuse à bandes obliques *Christoneura rosaceana* Harris (Obliquebanded leafroller)

3.2.1 Introduction

La tordeuse à bandes obliques est originaire de l'Amérique du Nord et s'attaque à plusieurs plantes mais préfère les rosacées tels les pommiers, les fraisiers et les framboisiers (Vincent et Morin 1989).

L'insecte hiberne sous forme de chenille de troisième stade sous l'écorce du pommier. La fin de la diapause s'étale du stade du débourrement au stade du calice. Une fois émergées, ces chenilles hibernantes se nourrissent de bourgeons, de feuilles (dans lesquelles elles s'enroulent) et de fruits (dont la plupart vont avorter). Les adultes émergent vers la mi-juin et sont présents jusqu'à la fin de juillet. Les œufs sont pondus en masses de 50 à 600 à la face supérieure des feuilles. Les chenilles qui en sortent sont celles qui causent les plus importants dommages, qui sont localisés à la surface des pommes, dans la chair ou sur les nouvelles pousses. Une partie de ces chenilles vont entrer en diapause en juillet. L'autre partie poursuit

son développement jusqu'au stade adulte. Ces adultes pondent, et les larves issues de ces adultes se nourrissent de feuillage et de fruits pour entrer ensuite en diapause jusqu'au printemps suivant.

3.2.2 La lutte culturale

L'architecture des arbres influence leur sensibilité à la tordeuse à bandes obliques. Les cultivars ayant une grande densité de fruits, de ramifications et de pousses en croissance subissent plus de dommages comparativement aux autres cultivars (Vincent et Joannin 1999; Vincent 1995). Les fruits simples sont moins attaqués que les fruits multiples. Il est donc important de favoriser l'éclaircissage chimique ou manuel ainsi que la taille d'été des gourmands afin de diminuer les populations de tordeuses à bandes obliques.

3.2.3 La lutte physique

Un piège attractif peut être concocté pour réduire les populations de tordeuse à bandes obliques. Il est constitué de 2 kg de sucre brun, 10 mL d'huile de sassafras et complété avec de l'eau jusqu'à 23 L. Des levures sont ajoutées pour favoriser la fermentation. On verse 1 L de cet appât dans un pot en verre et on l'installe au centre de l'arbre. Le pot doit être remplacé tous les 20 jours (Duval 1992b).

L'emploi d'un filet posé autour des branches a aussi été expérimenté contre différents ravageurs, notamment la tordeuse à bandes obliques, et le contrôle obtenu était satisfaisant (Lawson *et al.* 1997).

Tableau 16 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de l'hoplocampe des pommes

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Encourager le complexe d'ennemis naturels	• Au stade de recherche	Babendreier 1996
2- Utilisation des nématodes entomopathogènes	• Au stade de recherche au Québec	Vincent et Bélair 1992
3- Assiettes blanches engluées	• Utilisé dans les vergers biologiques au Québec	Désilets, communication personnelle

3.2.4 La lutte biologique

Plusieurs parasitoïdes de la tordeuse à bandes obliques ont été identifiés, mais leur action est généralement insuffisante selon Agnello *et al.* (1993). Par contre des lâchers massifs de trichogrammes, dont certaines espèces sont commercialisées, tels *Trichogramma closterae*, *Trichogramma dendrolimi*, *Trichogramma chilonis* et *Trichogramma evanescens*, pourraient être utilisés (Vincent 1995; Duval 1992b). Des essais portant sur des lâchers massifs de *Trichogramma platneri* ont donné des résultats qui variaient en fonction des cultivars. Une réduction de 50 % à 70 % de dommages sur les cultivars McIntosh et Cortland a été obtenue, mais aucune réduction sur le cultivar Délicieuse (Anonyme 1997). Enfin, des essais en laboratoire et en vergers dans l'État de New York ont démontré que *T. platneri* est plus efficace comme parasitoïde que *Trichogramma pretiosum* et *Trichogramma minutum* (Lawson *et al.* 1997).

Le *B.t.*, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (par ex. Dipel) peut contrôler efficacement la tordeuse à bandes obliques (Agnello *et al.* 1993; Robitaille et Langlais 1995). Pour assurer la réussite du contrôle, la période d'application doit être parfaitement synchronisée avec le cycle de l'insecte. L'application du *B.t.* doit être faite avant que les larves ne tissent leur abri dans les feuilles, après quoi, elles cessent peu à peu de s'alimenter. Lors de l'application, il est important de bien couvrir le feuillage avec la solution contenant le *B.t.* Trois applications répétées aux 7 jours sont nécessaires en période estivale (Chouinard *et al.* 1999).

L'ajout d'un phagostimulant (PHEAST) améliore l'efficacité du *B.t.* en augmentant la mortalité des larves traitées (Li et Fitzpatrick 1997; Laroche, communication person-

nelle). On recommande une proportion de 50 % *B.t.* et 50 % PHEAST (Désilets, communication personnelle). Plusieurs études sont actuellement en cours au Québec dans le but de trouver une formulation efficace de *B.t.* avec une action prolongée sur le terrain (Vincent 1995). Alway (1998a) recommande d'utiliser le *B.t.* parallèlement à la confusion sexuelle pour obtenir un bon contrôle.

Un virus de la polyhédrose nucléaire de la tordeuse à bandes obliques est connu, mais son usage n'a pas encore été exploité (Lucarotti et Morin 1997). Au Québec, des essais sont en cours pour vérifier l'efficacité en champ d'un produit à base d'un tel virus.

Les nématodes peuvent également causer la mortalité des tordeuses à bandes obliques, du moins en conditions de laboratoire. En verger, un taux de 30 % de mortalité a été obtenu en utilisant une solution contenant le nématode *Steinernema carpocapsae* (Lemire 1996).

Le microsporidien *Nosema fumiferanae* (Thompson) est pathogène pour la tordeuse à bandes obliques (Cossentine et Gardiner 1991). Jusqu'à 91 % de mortalité peut être obtenu en laboratoire lorsque les larves ingèrent le micro-organisme.

Les coccinelles prédatrices offrent un certain potentiel de lutte contre la tordeuse à bandes obliques, particulièrement la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* Pallas. Celle-ci se nourrit entre autres de larves de premier, deuxième et troisième stade des tordeuses à bandes obliques (Demougeot 1994).

Le tableau 17 présente les ennemis naturels de la tordeuse à bandes obliques.

Tableau 17 : Les ennemis naturels de la tordeuse à bandes obliques

Nom	Famille	Stade hôte	Références
Parasitoïdes			
<i>Actia interrupta</i>	Tachinidæ	Larve	Chouinard 2000
<i>Apophyua simplicipes</i>	Ichneumonidæ	Larve	Barron et Bisbee 1984
<i>Colpoclypeus florus</i>	Eulophidæ	Larve	Roy (comm. pers.)
<i>Itoplectis conquisitor</i>	Ichneumonidæ	Larve	Hagley et Barber 1991
<i>Macrocentrus iridescens</i>	Braconidæ	Larve	Barron et Bisbee 1984
<i>Meteorus trachynotus</i>	Braconidæ	Larve	Maltais <i>et al.</i> 1989.
<i>Microbracon politiventris</i> Cush.	Braconidæ	Larve	Schuh et Mote 1948
<i>Oncophanes atriceps</i> ashm.	Braconidæ	Larve	Schuh et Mote 1948
<i>Trichogramma minutum</i> Riley	Trichogrammatidæ	Œuf	Schuh et Mote 1948
Prédateurs			
<i>Chrysopa carnea</i> Steph	Chrysopidæ	Larve	Chouinard <i>et al.</i> 2000
Coccinelles	Coccinellidæ	Larve	Chouinard <i>et al.</i> 2000

3.2.5 Les produits d'origine naturelle

La roténone et la pyrèthrine utilisées ensemble, séparément ou en combinaison avec le *B.t.*, sont efficaces. Le neem, lorsqu'il est ingéré par les larves, est également efficace contre la tordeuse à bandes obliques. Il diminue la longévité, le gain de poids, la fécondité et augmente le temps de développement (Bellerose *et al.* 1991). Ce produit n'est toutefois pas homologué au Canada. Également l'utilisation d'extraits de tanaïsie (*Tanacetum vulgare*) et d'artémise (*Artemisia absinthium*) est actuellement explorée (Larocque 1997; Larocque *et al.* 1999; Chiasson et Vincent, données non publiées).

3.2.6 La confusion sexuelle

La lutte par confusion sexuelle a été mise à l'essai au Québec (Vincent 1995), et des résultats encourageants

ont été obtenus. Certaines difficultés ont par contre été rencontrées avec cette méthode. En effet, lors d'études réalisées au Québec et dans l'État de New York, des réductions marquées du pourcentage d'accouplement ont été obtenues, toutefois le nombre de larves et de dommages n'a pas été réduit (Anonyme 1995; Agnello *et al.* 1996). Des femelles accouplées à l'extérieur de la zone où la confusion sexuelle est appliquée, et immigrant dans le verger traité, sont potentiellement la cause de ces dommages.

3.2.7 Récapitulation des moyens alternatifs

Le tableau 18 présente des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tordeuse à bandes obliques.

Tableau 18 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tordeuse à bandes obliques

Type	Applicabilité au Québec	Références
1- Utilisation de <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	• Utilisé par plusieurs producteurs biologiques et conventionnels	Agnello <i>et al.</i> 1993; Chouinard <i>et al.</i> 1999; Robitaille et Langlais 1995
2- Lutte physique (taille d'été des pousses en croissance et éclaircissage des fruits multiples)	• Utilisé par plusieurs producteurs biologiques et conventionnels	Boulé <i>et al.</i> 1997a
3- Virus et confusion sexuelle	• Au stade de recherche au Québec	Vincent 1995; Chouinard (non publié)
4- Encourager le complexe d'ennemis naturels (nématodes, virus, coccinelles, etc.)	• Utilisés par plusieurs producteurs biologiques au Québec	Désilets, communication personnelle

CONCLUSION

La revue des connaissances en matière d'alternatives à la lutte chimique permet de prendre conscience de la diversité des méthodes alternatives de lutte contre les principaux ravageurs des pommiers au Québec et d'identifier des moyens à haut potentiel de réussite dans les vergers biologiques ainsi que dans ceux où l'on souhaite réduire l'usage des pesticides chimiques.

Plusieurs de ces moyens sont toutefois encore au stade expérimental ou requièrent des produits qui ne sont pas toujours homologués au Québec. Il faudra faire des recherches sérieuses pour mettre au point certaines préparations et intensifier les efforts pour accélérer l'homologation et l'utilisation des produits qui sont reconnus pour leur usage sécuritaire aux États-Unis ou en Europe.

Les vergers sont extrêmement riches en entomofaune et en micro-organismes nuisibles et utiles. Il faut donc chercher à profiter de cette biodiversité et éviter de détruire ces alliés avec des produits toxiques, qu'ils soient chimiques ou biologiques. La lutte biologique a un avenir prometteur en pomiculture si les efforts nécessaires sont investis. Plusieurs méthodes culturales et physiques sont également connues et bien développées en pomiculture, et leur application doit être encouragée. La confusion sexuelle, technique plus récente, est en voie de devenir déterminante dans le contrôle de certains ravageurs d'importance.

Par ailleurs, il importe de réfléchir sur la perception que l'on a de la pomme idéale et songer à augmenter notre niveau de tolérance à l'égard des imperfections mineures, particulièrement si la production ne requiert pas d'entreposage.

L'application et l'intégration judicieuse de toutes les méthodes doivent donc être développées, soutenues et diffusées pour obtenir une réduction de l'application des pesticides et faire un pas de plus vers la lutte et la régie intégrées. L'application de la lutte intégrée est nécessaire pour diminuer les risques à la santé et à l'environnement, comme il est souhaité à l'objectif 3.1 du *Plan d'action triennal pour diminuer les risques à la santé et à l'environnement*. Ce plan a été préparé par le Comité de concertation sur les vergers le 12 mars 1998 et fait suite aux recommandations de *l'Étude exploratoire sur l'exposition aux organophosphorés et les risques pour la santé : vergers de la Montérégie*. Cet objectif se détaille comme suit : rassembler toutes les informations et les expertises actuelles et les diffuser le plus possible par le moyen de colloques, cours, etc.; développer la recherche pour combattre certains parasites particulièrement rebelles; favoriser l'homologation de certains produits biologiques efficaces mais non reconnus au Québec; créer des moyens incitatifs pour encourager la transition des producteurs vers des pratiques toujours plus respectueuses de l'environnement et la production biologique.

BIBLIOGRAPHIE

- Agnello, A. M., Reissig, W. H., Nyrop, J. P., Kovach, J. et Morse, R. A. 1993. Biology and management of apple arthropods. Cornell Cooperative Extension Info. Bull. 231 : 32 pp.
- Agnello, A. M., Reissig, W. H., Spangler, S. M., Charleton, R. E. et Kain, D. P. 1996. Trap response and fruit damage by oblique-banded leafroller (Lepidoptera : Tortricidae) in pheromone-treated apple orchards in New York. Environ. Entomol. 25(2) : 268-282.
- Allen, W. R. et Hagley, E. A. C. 1990. Epigeal arthropods as predators of mature larvae and pupae of the apple maggot (Diptera : Tephritidae). Environ. Entomol. 19(2) : 309-312.
- Alway, T. 1998a. Sprayable Pheromones. IPM News 3(9). <http://www.tfrec.wsu.edu/ipmnews/ipm090198.html>.
- Alway, T. 1998b. Orchard Pest Control with Foliar Oils. IPM News 3(5). <http://www.tfrec.wsu.edu/ipmnews/ipm050198.html>.
- Armstrong, T. 1958. Life history and ecology of the Plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) (Coleoptera : Curculionidae) in the Niagara Peninsula, Ontario. Can. Entomol. 90 : 8-17.
- Anonyme. 1995. La confusion sexuelle de la tordeuse à bandes obliques dans les vergers commerciaux de la région de Deux-Montagnes. Plan Vert. Projet n° 24-815204-10020.
- Anonyme. 1997. Mise au point et évaluation environnementale d'un programme de lutte intégrée en verger de pommiers. Plan Vert. Projet n° 14-066.
- Arnoldi, D. 1986. Predation studies of mirids (Hemiptera : Miridae) in an apple orchard in southwestern Quebec. M.Sc. Thesis, Department of Entomology, MacDonald College of McGill University, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec.
- Arnoldi, D., Stewart R. K. et Boivin G. 1991. Field survey and laboratory evaluation of the predator complex of *Lygus lineolaris* and *Lygocoris communis* (Hemiptera : Miridae) in apple orchards. J. Econ. Entomol. 84(3) : 830-836.
- Athanassov, A., Charmillot, P.-J., Jeanneret, Ph. et Renard, D. 1997. Les parasitoïdes des larves et des chrysalides du Carpocapse *Cydia pomonella* L. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 29 : 1-8.
- Audemard, H., Breniaux D., Baudry O., Gendrier J. P., Antoine C. et Luttringer M. 1995. Protection intégrée du verger de pommiers de l'an 2000. L'Arboriculture Fruitière. (485) : 15-26.
- Austin, M. D. et Towler, M. J. 1965. Studies of a foliar nutrient and its effect on red spider. Comm. Gr., No. 3600:29-30. Dans Duval, J. 1992. Le tétranyque rouge en verger. .Projet pour une agriculture écologique. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-06.htm>.
- Babendreier, D. 1996. Studies on two ichneumonid parasitoids as potential biological control agents of the European apple sawfly *Hoplocampa testudinea* Klug (Hymenoptera : Tenthredinidae). Acta Hort. 422 : 236-240.
- Baillod, M., Antonin, P., Guignard, E. et Jermini, M. 1989. Vers une généralisation de la lutte biologique contre les acariens phytophages en verger de pommiers. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 21(5) : 279-284.
- Barnes, M. M., Millar, J. G., Kirsch, P. A. et Hawks, D. C. 1992. Codling moth (Lepidoptera : Tortricidae) control by dissemination of synthetic female sex pheromones. J. Econ. Entomol. 85(4) : 1274-1277.
- Barron, J. R. et Bisdee, H. E. 1984. Hymenopterous parasites with Lepidopterous and Sawfly hosts on Lonicera (Honeysuckle) in the Ottawa Area. Can. Ent. 116 : 1345-1356.
- Beers, E. H., Hoyt, S. C. et Burts, E. C. 1990. Effect of tree fruit species on residual activity of avermectin B1 to *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. J. Econ. Entomol. 83(3) : 961-964.
- Beers, E. H. et Hull, L. A. 1987. Effect of European red mite (Acari : Tetranychidae) injury on vegetative growth and flowering of four cultivars of apples. Environ. Entomol. 16(2) : 569-574.
- Bélanger, B. et Crochetière, R. (éds). 1991. Pommier culture. Conseil des productions végétales du Québec. Gouvernement du Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.
- Bellerose, S., Vincent, C. et Pilon, J. G. 1991. Effet de l'huile de neem sur le développement de la tordeuse à bandes obliques. Résumé des recherches. Station de Recherche Saint-Jean-sur-Richelieu. 20 : 4-7.
- Bidochka, M.J., Miranpuri, G. S. et Khachatourians, G. G. 1993. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin toward Lygus bug (Hem., Miridae). J. App. Entomol. 115 : 313-317.
- Bielak, B. et Dabrowski, Z. T. 1985. Techniques and methods used in studies of resistance to *Panonychus ulmi* in apple varieties. Insect. Sci. Applic. 6 : 473-478. Dans Hill, S. B., De Oliveira, D. et Chagnon, M. 1990. Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois, tome 5 : Méthodes culturales et résistance des végétaux. Ministère de l'Environnement et Centre québécois de valorisation de la biomasse. Québec. 94 p.
- Biggs, A. R. 1998. Apple Scab, *Venturia inaequalis*. Kearneysville Tree Fruit Research and Education Center. Fruit Disease Focus. http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/disease_month/applescab.html.
- Blommers, L. H. M. 1994. Integrated pest management in european apple orchards. Annu. Rev. Entomol. 39 : 213-241.
- Boivin, G., Mailloux, G., Paradis, R. O. et Pilon, J.-G. 1981. La punaise terne, *Lygus lineolaris* (P. de B.) (Hemiptera : Miridae), dans le sud-ouest du Québec. II Fluctuation saisonnières des populations sur certaines mauvaises herbes. Ann. Soc. Entomol. Québec. 26 : 159-169.
- Boivin, G., Stewart, R. K. et Rivard, I. 1982. Sticky traps for monitoring phytophagous mirids (Hemiptera : Miridae) in apple orchards in southwestern Quebec. Environ. Entomol. 11(5) : 1067-1070.
- Bostanian, N. J. et Coulombe, L. J. 1986. An integrated pest management program for apple orchards in southwestern Quebec. Can. Entomol. 118 : 1131-1142.
- Bostanian, N. J. et Racette, G. 1992. Effets toxiques des pyrèthrinoides sur *Amblyseius fallacis*, un acarien prédateur des vergers de pommiers. Dans Vincent, C. et Rancourt, B. (éds). Points de vue sur la protection des vergers au Québec. Bull. Tech. Station de Recherche Saint-Jean-sur-Richelieu. 26 : 22-29.

- Bostanian, N. J., Vincent, C., Chouinard, G. et Racette, G. 1999a. Managing apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Wals) (Diptera, Tephritidae), by Perimeter Trapping. *Phytoprotection* 80 : 21-33.
- Bostanian, N. J., Charbonneau, R., Lasnier, J. et Racette, G. 1999b. La lutte biologique des acariens dans les vergers de pommiers au Québec. Producteur Plus, juin 1999.
- Boulé, J., Chouinard, G., Vincent, C. et Morin, Y. 1997a. Biologie et dépistage des principaux insectes et acariens du pommier : 19-99. Dans G. Chouinard. (éd.). Manuel de l'observateur : pommier. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec.
- Boulé, J., Tartier, L. et Carisse, O. 1997b. Biologie et dépistage des principales maladies du pommier: 101-134. Dans G. Chouinard. (éd.). Manuel de l'observateur : pommier. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec.
- Burchill, R. T., Hutton, K. E., Crosse, J. E. et Garrett, C. M. E. 1965. Inhibition of the perfect stage of *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. by Urea. *Nature*. 205 : 520-521.
- Burr, T. J., Matteson M. C., Smith C. A., Corral-Garcia, M. R. et Huang, T.-C. 1996. Effectiveness of Bacteria and Yeasts from Apple Orchards as Biological Control Agents of Apple Scab. *Biological Control*. 6 : 151-157.
- Cameron, P. J. et Morrison, F. O. 1974. *Psilus* sp. (Hymenoptera : Diapriidae), a parasite of the pupal stage of the Apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae) in southwestern Quebec. *Phytoprotection*. 55 : 13-16.
- Carignan, S., Boivin, G. et Stewart, R. K. 1995. Developmental biology and morphology of *Peristenus digoneutis* Loan (Hymenoptera : Braconidae : Euphorinae). *Biological Control*. 5 : 553-560.
- Carisse, O. et Philion, V. 1996. A new approach for the control of apple scab: 13-21. Dans Vincent C. et R. Smith (éds.). La protection des vergers au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec. 111p.
- Charmillot, P.-J. 1995. Possibilités et limites de la lutte contre le carpocapse au moyen de la technique de confusion et du virus de la granulose : recommandations pratiques. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 27(2) : 76-77.
- Charmillot, P.-J., Baillod, M., Bloesch, B., Pasquier, D., Linder, C. et Schaub, L. 1997. Stratégies de lutte contre les principaux ravageurs des arbres fruitiers. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 29(1) : 39-44.
- Charmillot, P.-J. et Pasquier, D. 1992. Lutte par confusion contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 24 : 213-220.
- Charmillot, P.-J., Pasquier, D. et Scalco, A. 1998. Le virus de la granulose du carpocapse *Cydia pomonella* 2. Efficacité en microparcelles, rémanence et rôle des adjuvants. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 30(1) : 61-64.
- Charmillot, P.-J., Pasquier, D. et Schneider, D. 1991. Efficacité et remanence du virus de la granulose, de la phosalone et du chlorpyrifos-méthyl dans la lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 23(2) : 131-134.
- Chinta, S., Dickens, J. C. et Aldrich, J. R. 1994. Olfactory reception of potential pheromones and plant odors by Tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera : Miridae). *J. Chem. Ecol.* 20(12) : 3251-3267.
- Chouinard, G. 1991. Spring field activity and foraging behavior of Plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*, (Herbst), (Coleoptera : Curculionidae), in insecticide treated and untreated Quebec apple orchards. Ph.D. thesis, McGill University, Montréal, Québec, 238 p.
- Chouinard, G. (éd). 1997. Manuel de l'observateur : pommier. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec.
- Chouinard, G. 2000. Avertissement n° 14. Réseau d'avertissements phytosanitaires – Pommier. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- Chouinard, G., Bélair, G., Vincent, C. 1995. Utilisation du nématode *Steinernema carpocapsae* souche All pour la lutte contre le charançon de la prune en verger de pommiers. 87^e Assemblée annuelle de la Société de protection des plantes du Québec. Résumé. *Phytoprotection*. 76(3) : 130.
- Chouinard, G. et Charbonneau, R. 1997. Introduction au dépistage dans les vergers du Québec:11-18. Dans Chouinard, G. (éd.). Manuel de l'observateur : pommier. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec.
- Chouinard, G., Firlej, A., Vanoosthuyse, F. et Vincent, C. 2000. Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels, IRDA (édité par le CPVQ), Québec. 56 p.
- Chouinard, G., Hill, S. B., Vincent, C. et Barthakur, N. N. 1992. Border-row sprays for control of the Plum curculio in apple orchards : behavioral study. *J. Econ. Entomol.* 85(4) : 1307-1317.
- Chouinard, G. et Morin, Y. 1999. Le nouveau programme de production fruitière intégrée pour les vergers du Québec. 7^e Journée annuelle sur la recherche et l'innovation technologique. Groupe de travail en protection des pommiers. Saint-Hyacinthe. 28 janvier 1999.
- Chouinard, G., Morin, Y. et Charbonneau, R. 1999. Guide des traitements foliaires du pommier (affiche). Conseil des productions végétales du Québec. Québec.
- Chouinard, G., Vincent, C., Langlais, G. et Roy, M. 1996. Régie des populations de *Cydia pomonella* (Lepidoptera : Tortricidae) dans les vergers commerciaux du Québec avec des phéromones de synthèse. *Phytoprotection*. 77 : 57-64.
- Clark, S. et Gage, S. H. 1996. Effects of free-range chickens and geese on insect pests and weeds in a agroecosystem. *American Journal of Alternative Agriculture*. 11(1) : 39-47.
- Cloutier, C. et Cloutier, C. 1992. Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. Dans Vincent, C. et Coderre, D. (éds.). La lutte biologique, Gaëtan Morin éditeur. 671 p.
- Coaker, T. H. Chapter 3 Dans Burn, A. J., Coaker, T. H. et Jepson, P. C. (éds.). 1987. Integrated pest management. Academic Press. New York. 474 p.
- Cormier, D., Chouinard, G. et Bélanger, A. 1998. Réponses du charançon de la prune à différents attractifs en conditions contrôlées. Programme et résumés-Réunion conjointe de la Société d'entomologie du Canada et de la Société d'entomologie du Québec, 31 octobre - 4 novembre 1998, Québec, Canada.p. 94 (résumé).

- Cossentine, J. E. et Gardiner, M. 1991. Susceptibility of *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera : Tortricidae) to the microsporidium *Nosema fumiiferanae* (Thomson) (Microsporidia : Nosematidae). Can. Ent. 123 : 265-270.
- Côté, J.-C. et Vincent, C. 1996 Trials with *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* formulation in apple orchards. Dans Vincent, C. et Smith, R. (éds.). La protection des vergers au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu Québec. 111 p.
- Croft, B. A. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons. Toronto.
- Croft, B. A. 1994. Biological control of apple mites by a phytoseiid mite complex and *Zetzellia mali* (Acari : Stigmaeidae) : Long-term effects and impact of azinphosmethyl on colonization by *Amblyseius andersoni* (Acari : Phytoseiidae). Environ. Entomol. 23(5) : 1317-1325.
- Croft, B. A. et MacRae, I. V. 1992. Biological control of apple mites by mixed populations of *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) and *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari : Phytoseiidae). Environ. Entomol. 21(1) : 202-209.
- Cronin, M. J., Yohalem, D. S., Harris, R. F. et Andrews, J. H. 1996. Putative mechanism and dynamics of inhibition of the apple scab pathogen *Venturia inaequalis* by compost extracts. Soil Biol. Biochem. 28(9) : 1241-1249.
- Demougeot, S. 1994. Efficacité de prédation des adultes de *Coccinella septempunctata* et de *Harmonia axiridis* (Coleoptera : Coccinellidae) contre *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera : Tortricidae) et *Aphis pomi* (Homoptera : Aphididae). Thèse de M. Sc. Université du Québec à Montréal. 79 p.
- Duan, J. J., Prokopy, M. P., Des Georges, P. et Prokopy, R. J. 1993. Optimal Positioning of Baited Sticky Red Spheres for Capturing Apple Maggot Flies. Fruit Notes. 58: 9-11.
- Duval, J. 1992a. La tavelure de la pomme. Projet pour une agriculture écologique. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-04.htm>.
- Duval, J. 1992b. La tordeuse à bandes obliques. Projet pour une agriculture écologique. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-05.htm>.
- Duval, J. 1993. Plantes compagnes et couvre-sol floraux pour la lutte biologique des ravageurs en verger. Projet pour une agriculture écologique. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-09.htm>.
- Falcon, L. A., Kane, W. R. et Bethell, R. S. 1968. Preliminary Evaluation of a Granulosis Virus for Control of the Codling Moth. J. Econ. Entomol. 61(5) : 1208-1213.
- Fournier, D., Pralavorio, M., Trotin-Caudal, Y., Coulon J. Malezieux, S. et Berge, J. B. 1987. Sélection artificielle pour la résistance au méthidathion chez *Phytoseiulus persimilis* A. H. Entomophaga. 32(2) : 209-219.
- Freedman, B., Reer, D. K., Powell, R. G., Madriga, R. V. et Smith, C. R. 1982. Biological activities of *Trewia nudiflora* extracts against certain economically important insect pests. J. Chem. Ecol. 8 : 409-418.
- Godfray, H. C. J. 1994. Parasitoids : behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press. 473 pp.
- Graham, H. M., Jackson, C. G. et Debolt, J. W. 1986. *Lygus* sp. (Hemiptera : Miridae) and their parasites in agricultural areas of Southern Arizona. Environ. Entomol. 15(1) : 132-142.
- Grainge, M. et Ahmed, S. 1988. Handbook of plants with pest control properties. John Wiley. New York.
- Dans Duval, J. 1992. Le charançon de la prune. Projet pour une agriculture écologique. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-08.htm>.
- Grossman, J. 1989. Update: Strawberry IPM features. Biological and Mechanical Controls. The IPM Practitioner. 11(5) : 1-4.
- Grossman, J. 1998. Codling moth predators. The IPM Practitioner. 20(9) : 10-16.
- Gut, L. J. et Brunner, J. F. 1988. Parasitoids of *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae) in Southwest Washington: 469-474. Dans Gupta, V. K. (éd.). Advances in Parasitic Hymenoptera Research. Proceedings of the 2nd conference on the taxonomy and biology of parasitic Hymenoptera. University of Florida, Gainesville, Florida. Nov 19-21, 1987.
- Gut, L. J. et Brunner, J. F. 1994. Parasitism of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*, infesting hawthorns in Washington. Entomophaga. 39(1) : 41-49.
- Hagley, E. A. C. et Barber, D. R. 1991. Foliage-feeding Lepidoptera and their parasites recovered from unmanaged apple orchards in southern Ontario. Proc. Entomol. Soc. Ont. 122 : 1-7.
- Hagley, E. A. C., Biggs, A. R., Timbers, G. E. et Coutu-Sundy, J. 1993. Effect of age of the puparium of the Apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walch) (Diptera : Tephritidae), on parasitism by *Phygadeuon wiesmanni* Sachtl. (Hymenoptera : Ichneumonidae). Can. Entomol. 125 : 721-725.
- Hagley, E. A. C., Holliday, N. J. et Barber, D. R. 1982. Laboratory studies of the food preferences of some orchard carabids (Coleoptera : Carabidae). Can. Entomol. 114 : 431-437.
- Hardman, J. M., Smith, R. F. et Bent, E. 1995. Effects of different integrated pest management programs on biological control of mites on apple by predatory mites (Acari) in Nova Scotia. Environ. Entomol. 24(1) : 125-142.
- Hassan, S. A. 1989. Selection of suitable *Trichogramma* strains to control the Codling moth *Cydia pomonella* and the two summer fruit tortrix moths *Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana* (Lep. : Tortricidae). Entomophaga. 34 : 19-27.
- Helyer, N. L. et Ledieu, M. S. 1986. The potential of Heptenophos and MK- 936 pesticides for control of minor pests in integrated pest control programmes under glass. Agric. Ecos. Environ. 17 : 287-292.
- Henn, T. et Weinzierl, R. 1989. Botanical insecticides and insecticidal soaps. University of Illinois at Urbana-Champaign, College of Agriculture Cooperative Extension Service. Circular. 1296 : 1-18.
- Hill, S. B. 1986. Diatomaceous earth : a non toxic pesticide. Macdonald J. 42(2) : 14-42.
- Hill, S. B. 1990. Plum curculio, the "hunch-back" of the apple orchard. Macdonald J. 51(1) : 12-13.
- Hill, S. B., De Oliveira, D. et Chagnon, M. 1990. Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois. Tome 5 : Modes alternatifs de répression des insectes : La lutte culturale et la résistance des végétaux. Ministère de l'Environnement et Centre québécois de valorisation de la biomasse. Québec.
- Hohn, H., Hopli, H. U. et Graf, B. 1996. Quassia and neem : exotic insecticides in fruit culture. Obst-und-Weinbau. 132 (3) : 62-63.

- Holliday, N. J. et Hagley, E. A. C. 1978. Occurrence and activity of ground beetles (Coleoptera : Carabidae) in a pest management apple orchard. *Can. Entomol.* 110 : 113-119.
- Howard, L. O. 1906. The plum curculio. U. S. Dep. Agric. Bur. Entomol. Circ. 73 : 1-10.
- Hrdy, I., Kuldova, J., Kocourek, F., Berankova, J. et Pultar, O. 1996. The potential of pheromones in combination with juvenoids and/or entomopathogenes in IPM of the Codling moth, *Cydia pomonella*. *Acta Hort.* 422 : 354-355.
- Hu, X. P., Kaknes, A. et Prokopy, R. 1997. Improved oesticide-treated wooden spheres for controlling apple maggot flies. *Fruit Notes* 62(2) : 3-5.
- Jacques, R. P., Hardman, J. M., Laing, J. E., Smith, R. F. et Bent, E. 1994. Orchard trials in Canada on control of *Cydia pomonella* (Lep : Tortricidae) by granulosus virus. *Entomophaga*. 39(3/4) : 281-292.
- Jacques, R. P., Laing, J. E., Laing, D. R. et Yu, D. S. K. 1987. Effectiveness and persistence of the granulosus virus of the Codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera : Olethreutidae) on apples. *Can. Entomol.* 119 : 1063-1067.
- Jacques, R. P., MacLellan, C. R., Sanford, K. H., Proverbs, M. D. et Hagley, E. A. C. 1977. Preliminary orchard tests on control of Codling moth larvae by a granulosus virus. *Can. Entomol.* 109 : 1079-1081.
- Jaworska, M. 1992. Biological control of *Hoplocampa testudinea* Klug. (Hymenoptera, Tenthredinidae). *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 27(1-4) : 311-315.
- Khanizadeh, S. et Cousineau, J. 1998. Les pommiers de chez-nous. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 259 p.
- Knight, A. 1994. Insect pest and natural enemy populations in paired organic and conventional apple orchards in the Yakima Valley, Washington. *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia.* 91 : 27-36.
- Knight, A. 1995. The impact of Codling moth (Lepidoptera : Tortricidae) mating disruption on apple pest management in Yakima Valley, Washington. *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia.* 92 : 29-38.
- Kovach, J., Reissig, H. et Nyrop, J. 1989. Effect of botanical insecticides on the New York apple pest complex-1989. Rapport Cornell University et New York State Agric. Exp. Station Geneva.
- Krasnoff, S. B. et Gupta, S. 1994. Identification of the antibiotic phomalactone from the entomopathogenic fungus *Hirsutella thompsonii* var. *synnematos*. *J. Chem. Ecol.* 20(2) : 293-302.
- Lafleur, G. et Hill, S. B. 1987. Spring migration, within-orchard dispersal, and apple tree preference of Plum curculio (Coleoptera : Curculionidae) in southern Quebec. *J. Econ. Entomol.* 80 : 1173-1187.
- Lafleur, G., Hill, S. B. et Vincent, C. 1987. Fall migration, hibernation site selection, and associated winter mortality of Plum curculio (Coleoptera : Curculionidae) in a Quebec apple orchard. *J. Econ. Entomol.* 80 : 1152-1172.
- Langlais, G. 1992. Essai au verger du centre d'agriculture biologique de La Pocatière, Colloque: Vers des cultures fruitières plus écologiques en Estrie. 4 décembre 1992.
- Laroche, M., Lalonde, D., Chouinard, G. et Gagnon, C. 1995. Contrôle des acariens phytophages par des applications répétées de magnésium et de fer chélatés à base de l'acide éthylène-diamine tétraacétique. Rapport final. Programme d'aide à l'innovation technologique no. 24-312209-10003. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- Larocque, N. 1997. Utilisation de l'huile de tanaisie *Tanacetum vulgare* (L.) (Asterales : Composées) comme moyen de contrôle envers la tordeuse à bandes obliques, *Choristoneura rosaceana* Harris (Lepidoptera : Tortricidae) Mémoire de M. Sc. en Environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec. 65 p.
- Larocque, N., Vincent, C., Bélanger, A. et Bourassa, J.-P. 1999. Effects of tansy oil, *Tanacetum vulgare* L., on the biology of the Obliquebanded leafroller, *Choristoneura roseana* (Harris) (Lepidoptera : Tortricidae). *J. Chem. Ecol.* (Sous presse).
- Lasnier, J. 1995. Méthode de lutte biologique contre les acariens phytophages des vergers à l'aide de bois de taille et de bandes-pièges. Défi Agri-Vision (M.A.P.A.Q.) Résumé de la conférence à l'Auberge des Seigneurs de Saint-Hyacinthe. Novembre 1995.
- Lasnier, J. 1996. Mise au point des méthodes de lutte biologique contre les acariens phytophages des vergers, à l'aide d'acariens prédateurs indigènes et de bandes-pièges. Résumé du rapport final. Plan Vert. Projet n° 24-815267-06072. 15 p.
- Lasnier, J. et Charbonneau, R. 2000. Lutte biologique contre les acariens phytophages des vergers à l'aide d'acariens prédateurs indigènes. C.P.V.Q. Fiche technique VU 036, AGDEX 211/605
- Lawson, D. S., Nyrop, J. P. et Reissig, W. H. 1997. Assays with commercially produced Trichogramma (Hymenoptera : Trichogrammatidae) to determine suitability for obliquebanded leafroller (Lepidoptera : Tortricidae) control. *Environ. Entomol.* 26 (3) : 684-693.
- Le Blanc, J.-P. R., Hill, S. B. et Paradis, R. O. 1981. Essais de piégeage du charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.) (Coleoptera : Curculionidae) dans une pommeraie du sud-ouest du Québec. *Ann. Soc. Entomol. Québec.* 26 : 182-190.
- Lemire, S. 1996. Effet de deux nématodes entomopathogènes sur la tordeuse à bandes obliques et sur la coccinelle asiatique. Thèse de M. Sc. Université du Québec à Montréal. 65 p.
- Li, S. Y. et Fitzpatrick, S. M. 1997. Responses of larval *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera : Tortricidae) to a feeding stimulant. *Can. Entomol.* 129(2) : 363-369.
- Lim, K. P. et Stewart, R. K. 1976. Parasitism of the Tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera : Miridae), by *Peristenus pallipes* and *P. pseudopallipes* (Hymenoptera : Braconidae). *Can. Entomol.* 108 : 601-608.
- Lucarotti, C. J. et Morin, B. 1997. A nuclear polyhedrosis virus from the Obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera : Tortricidae). *J. Invert. Pathol.* 70(2) : 121-126.
- MacHardy, W. E. 1990. New, non-fungicidal techniques to aid in the management of Apple scab. Proceedings of the Annual Meeting of Massachusetts Fruit Growers Association Inc. 96 : 75-78.
- Madsen, H. F. et Madsen, B. J. 1982. Populations of beneficial and pest arthropods in an organic and a pesticide treated apple orchard in British Columbia. *Can. Entomol.* 114 : 1083-1088.

- Mahr, D. 1999a. Biological control of mites in midwest apple orchards Part 3 : Pesticide impacts on natural enemies. Midwest Biological Control News-Fruit Crop News. 1(3). <http://www.wisc.edu/entomology/mbcn/fruit103.html>.
- Mahr, D. 1999b. Biological control of mites in midwest apple orchards. Part 2: Important natural enemies. Midwest Biological Control News-Fruit Crop News. 1(2). <http://www.wisc.edu/entomology/mbcn/fruit102.html>.
- Maltais, J., Regnière, J., Cloutier, C., Hébert, C. et Perry, D. F. 1989. Seasonal biology of *Meteorus trachynotus* Vier. (Hymenoptera : Braconidae) and of its overwintering host *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera : Tortricidae). Can. Ent. 121 : 745-756.
- McCaffrey, J. P. et Horsburgh, R. L. 1986. Biology of *Orius insidiosus* (Heteroptera : Anthracoridae). A predator in Virginia apple orchards. Environ. Entomol. 15 : 984-988.
- McGiffen, M. E. et Meyer, J. R. 1986. Effect of environmental factors on overwintering phenomena and spring migration of the Plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Coleoptera : Curculionidae). Environ. Entomol. 15 : 884-888.
- Middlekauf, W. W. 1941. Some biological observations on the adult of the Apple maggot and the cherry fruit flies. J. Econ. Entomol. 34 : 621-624.
- Mills, W. D. et Laplante, A. A. 1954. Diseases and insects in the orchard. Cornell Ext. Bull. 711 : 100p.
- Monteith, L. G. 1971. The status of parasites of the Apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae), in Ontario. Can. Entomol. 103 : 507-512.
- Monteith, L. G. 1972. Status of predators of the adult Apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae), in Ontario. Can. Entomol. 104 : 257-262.
- Monteith, L. G. 1977. Additional records and the role of the parasites of the Apple maggot *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae) in Ontario. Proc. Entomol. Soc. Ont. 108 : 3-6.
- Mracek, Z., Becvar, S., Kindlmann, P. et Webster, J. M. 1998. Infectivity and specificity of Canadian and Czech isolates of *Steinernema kraussei* (Steiner, 1923) to some insect pests at low temperatures in the laboratory. Nematologica. 44 : 437-448.
- Murphy, B. 1986. The Apple maggot. Dans Olkowski, W. 1986. Alternatives in California's Apple maggot education program. The IPM practitioner 8 : 10.
- Neal, J. W. N., Lindquist, R. K., Gott, K. M. et Casey, M. L. 1987. Activity of the thermostable β -exotoxin of *Bacillus thuringiensis* Berliner on *Tetranychus urticae* and *T. cinnabarinus*. Agric. Entomol. 4(1) : 33-40.
- Neumann, U. 1996. Factors affecting the effectiveness of the mating disruption technique : principles and necessities. Acta Hort. 422 : 241-246.
- Niemczyk, E., Olszak, R. et Miśczak, M. 1988. Effectiveness of granulosis virus for Codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) control in Poland. Fruit Science Reports. 15(4) : 187-191.
- Niezborala, E. 1978. [The occurrence of Apple sawfly (*Hoplocampa testudinae*) in Poland and infestation of apple cultivars.] Prace Instytutu Sadownictwa w Skierniewicach, A, 20:191-200
- Dans Duval, J. 1991. L'hoplocampe de la pomme. Projet pour une agriculture écologique. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-03.htm>.
- Paiva, M. et Janick, J. 1980. Relationship between leaf pubescence and resistance to European red mite in apple. HortScience. 15(4) : 511-512.
- Paradis, R. O. 1956. Observations sur le cycle évolutif du charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.), sur la pomme dans le Québec. Ann. Soc. Entomol. Québec. 2 : 60-70.
- Paradis, R. O. 1983. Lutte rationnelle contre les ravageurs des pommiers au Québec. Bull. Tech. Station de Recherche Saint-Jean-sur-Richelieu: 16 (révisé). 51 p.
- Paradis, R. O., Trottier, R. et MacLellan, C. R. 1979. Essais de différents modèles de pièges à phéromone sexuelle de synthèse pour la capture de *Laspeyresia pomonella* (L.) dans l'est du Canada. Ann. Soc. Entomol. Québec. 24 : 3-11.
- Parent, B. 1967. Population studies of phytophagous mites and predators on apple in Southern Quebec. Can. Entomol. 99 : 771-778.
- Pasquier, D. et Charmillot, P.-J. 1998. Le virus de la granulose du carpocapse *Cydia pomonella* 3. Essai pratique de longue durée. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 30(3) : 185-187.
- Pasquier, D., Charmillot, P.-J., Scalco, A. et Renard, D. 1997. Lutte biologique contre le carpocapse *Cydia pomonella* au moyen de *Bacillus thuringiensis* (B.t.) du laboratoire au verger. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 29 : 233-238.
- Pfeiffer, D. G., Kaakeh, J. C., Lachance, M. W. et Kirsch, P. 1993. Mating disruption for control of damage by codling moth in Virginia apple orchards. Entomol. Exp. Appl. 67 : 57-64.
- Pickett, C. H. et Bugg, R. L. (éds) 1998. Enhancing biological control : habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. University of California Press, Berkeley. 422 p.
- Poinar, G. O., Thomas, G. et Prokopy, R. J. 1977. Microorganisms associated with *Rhagoletis pomonella* (Tephritidae : Diptera) in Massachusetts. Proc. Entomol. Soc. Ontario. 108 : 1922.
- Porter, B. A. et Alden, C. H. 1921. *Anaphoidea conotracheli* Girault (Hym.) an egg parasite of the Apple maggot. Proc. Entomol. Soc. Washington. 23(3) : 62-63.
- Prokopy, R. J. 1975. Apple maggot control by sticky red spheres. J. Econ. Entomol. 68 : 197-198.
- Prokopy, R. J., Hauschild, K. I. et Adams, R. G. 1978. Tarnished plant bug on apple : damage and monitoring traps. Fruit notes. 10-14.
- Prokopy, R. J., Johnson, S. A. et O'Brien, M. T. 1990. Second stage integrated management of apple arthropods pests. Entomol. Exp. Appl. 54 : 9-19.
- Prokopy, R. J., Mason, J. L., Christie, M. et Wright, S. E. 1995. Arthropod pest and natural enemy abundance under second-level versus first-level integrated pest management practices in apple orchards : a 4-year study. Agric. Ecosys. Environ. 57 : 35-47.
- Prokopy, R. J. et Webster, R. P. 1978. Oviposition-detering pheromones of *Rhagoletis pomonella*. A kairomone for its parasitoid *Opius lectus*. J. Chem. Ecol. 4(4) : 481-494.
- Prokopy, R. et Wright, S. 1997. How do plum curculios approach host trees and pyramid traps?. Fruit Notes. 62(1) : 5-8.
- Quaintance, A. L. et Jenne, E. L. 1912. The Plum curculio. Bull. U.S. Dep. Agric. Bur. Entomol. 103 : 1-250.

- Racette, G., Chouinard, G., Vincent, C. et Hill, S. B. 1992. Ecology and management of Plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Coleoptera : Curculionidae), in apple orchards. *Phytoprotection*. 73(3) : 85-100.
- Racette, G., Hill, S. B. et Vincent, C. 1990. Actographs for recording daily activity of Plum curculio (Coleoptera : Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 83 : 2386-2392.
- Reynolds, A. H., Kaknes, A. M. et Prokopy, R. J. 1998. Evaluation of two trap deployment methods to manage the Apple maggot fly (Dipt., Tephritidae). *J. Appl. Entomol.* 122(5) : 255-258.
- Rivard, I. 1967. *Opius lectus* and *O. alloeus* (Hymenoptera : Braconidae), larval parasites of the Apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Trypetidae), in Quebec. *Can. Entomol.* 99 : 895-896.
- Robitaille, R. et Langlais, G. 1995. Expérimentation de techniques alternatives en régie biologique de vergers commerciaux. Bilan des trois premières années. Centre d'Agriculture Biologique de La Pocatière. projet n° EE-083.
- Roy, M. et Vincent, C. 1990. La mouche de la pomme, ravageur prépondérant des vergers. *Le Producteur Horticole*. 18-20
- Sarazin, M. J. 1992. Lâchers d'insectes au Canada à des fins de lutte biologique classique 1991. Direction générale de la recherche. Agriculture Canada. Ottawa.
- Shim, K. K., Titus, J. S. et Splittstoesser, W. E. 1997. The utilization of post-harvest urea sprays by senescing apple leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(5) : 592-596.
- Schuh, J. et Mote, D. C. 1948. The Obliquebanded leafroller on red raspberries. *Oregon Agr. Exp. Stat. Tech. Bull.* 13: 43 p. Dans Demougeot, S. 1994. Efficacité de prédation des adultes de *Coccinella septempunctata* et de *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) contre *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera : Tortricidae) et *Aphis pomi* (Homoptera : Aphididae). Thèse de M. Sc. Université du Québec à Montréal. 79 p.
- Slaymaker, P. H. et Tugwell, N. P. 1984. Inexpensive female-baited trap for the Tarnished plant bug (Hemiptera : Miridae). *J. Econ. Entomol.* 77 : 1062-1063.
- Smith, E. H. 1957. A method for rearing the Plum curculio under laboratory conditions including some biological observations. *J. Econ. Entomol.* 50 : 187-190.
- Snapp, O. I. 1930. Life history and habits of the Plum curculio in the Georgia peach belts. *U.S. Dept. Agric. Tech. Bull.* 188 : 90p.
- Sohati, P. H. 1989. Studies of the egg parasitoid of *Lygus lineolaris* (P. de B.) (Hemiptera : Miridae) in southwestern Quebec. M. Sc. thesis. McGill University. Dans Duval, J. 1992. La punaise terne en verger. Projet pour une agriculture écologique. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-07.htm>.
- Steinkraus, D. C. et Tugwell, N. P. 1997. *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina : Moniliales) effects on *Lygus lineolaris* (Hemiptera : Miridae). *J. Entomol. Sci.* 32 : 79-90.
- Sterk, G. 1998. Lutte intégrée et lutte biologique dans la culture fruitière en Belgique. *Le Fruit Belge*. 471 : 21-29.
- Tedders, W. L., Weaver, D. J., Wehunt, E. J. et Gentry, C. R. 1982. Bioassay of *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, and *Neoplectana carpocapsae* against larvae of the Plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) (Coleoptera : Curculionidae). *Environ. Entomol.* 11(2) : 901-903.
- Trematerra, P., Borserio, E. et Tonesi, R. 1996. Integration of granulosis virus and mating disruption in the control of *Cydia pomonella* L. *Informatore-Fitopatologico*. 46(3) : 62-64.
- Trimble, R. M. 1995. Mating disruption for controlling the Codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera : Tortricidae), in organic apple production in southwestern Ontario. *Can. Entomol.* 127 : 493-505.
- Vincent, C. 1995. Aperçu des recherches québécoises sur la tordeuse à bandes obliques de 1991 à 1995. Sommaire des conférences. Journées pomicoles provinciales. Saint-Hyacinthe Québec. Février 1995. 12 : 47-53.
- Vincent, C. et Bélair, G. 1992. Biocontrol of the Apple sawfly, *Hoplocampa testudinea* with entomophagous nematodes. *Entomophaga*. 37 : 575-582.
- Vincent, C., Chouinard, G. et Benoit, D. L. 1997. Évaluation de l'efficacité de paillis de fibre cellulosique pour le contrôle d'insectes ravageurs du pommier. Projet CASCADES Multi-Pro Inc. (Rapport 1994-1997).
- Vincent, C., Chouinard, G. et Hill, S. B. 1999. Progress in Plum curculio management : a review. *Agric. Ecos. Environ.* 73 : 167-175.
- Vincent, C. et Joannin, R. 1999. Revue des recherches sur la tordeuse à bandes obliques. 7^e Journée annuelle sur la recherche et l'innovation technologique. 28 janvier 1999. Saint-Hyacinthe.
- Vincent, C. et Morin, Y. 1989. La tordeuse à bandes obliques : biologie, incidence et stratégies de lutte. *Le Cageot* 1(4) : 2-4.
- Vincent, C. et Roy, M. 1989. Les régulateurs de croissance des insectes : prochaine génération d'insecticides sur le marché. *L'Horticulteur*. 4(4) : 16-18.
- Vincent, C. et Roy, M. 1992. Entomological limits to biological control programs in Quebec apple orchards. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 27(1-4) : 649-657.
- Ware, G. W. 1991. Fundamentals of pesticides. A self-instruction guide. 3^e édition. Thomson Publications. 307 p.
- Welty, C. 1995. Survey of predators associated with European red mite (*Panonychus ulmi*; Acari : Tetranychidae) in Ohio apple orchards. *Great Lakes Entomologist*. 28(2) : 171-184.
- Williamson, E. R., Folwell, R. J., Knight, A. et Howell, J. F. 1996. Economics of employing pheromones for mating disruption of the Codling moth, *Carpocapsa pomonella*. *Crop Protection*. 15(5) : 473-477.
- Wisniewska, J., Yang, Y. et Prokopy, R. 1993. Spiders in second-level and first-level apple IPM blocks. *Fruit Notes*. 58(1) : 20-23.
- Young, O. P. 1989. Predators of the Tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera : Miridae) : laboratory evaluation. *J. Entomol. Sci.* 23(2) : 174-179.
- Young, P. O. et Lockley, T. C. 1986. Predation of Striped Lynx Spider, *Oxyopes salticus* (Araneae : Oxyopidae), on Tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera : Miridae) : A laboratory evaluation. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79(6) : 879-883.
- Young, O. P. et Welbourn, W. C. 1987. Biology of *Lasioerythraeus johnstoni* (Acari : Erythraeidae), ectoparasitic and predaceous on the Tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera : Miridae), and other arthropods. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80 : 243-250.
- Yu, D. S. K., Hagley, E. A. C. et Laing, J. E. 1984b. Biology of *Trichogramma minutum* Riley collected from apples in southern Ontario. *Environ. Entomol.* 13 : 1324-1329.
- Yu, D. S. K., Laing, J. E. et Hagley, E. A. C. 1984a. Dispersal of *Trichogramma* spp. (Hymenoptera : Trichogrammatidae) in a apple orchard after inundative releases. *Environ. Entomol.* 13(2) : 371-374.

