MÉTHODES ALTERNATIVES DE PROTECTION DES POMMIERS

Principales méthodes applicables pour le jardin domestique et la pomiculture commerciale

Nature-Action QUÉBEC

Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture

MÉTHODES ALTERNATIVES DE PROTECTION DES POMMIERS

Principales méthodes applicables
pour le jardin domestique et
la pomiculture commerciale

Partenaire

irda Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

Ce projet a été réalisé dans le cadre du programme « Prime-Vert, sous-volet 11.1 – Appui à la Stratégie phytosanitaire » avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2013

ISBN 978-2-550-67559-4

Imprimé sur du papier recyclé.

AVERTISSEMENT

Ce guide ne constitue pas une revue exhaustive des ravageurs et des moyens de lutte alternatifs pour les pommiers. Cependant, il peut servir de référence pour les pomiculteurs et les jardiniers amateurs désireux de réduire ou même d'éliminer l'utilisation des produits de synthèse. Nous recommandons aux lecteurs de consulter d'autres documents de référence reconnus tels que le *Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier*, le *Manuel de l'observateur – pommier*, les communiqués du Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP), le *Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels*, le *Bulletin Spécial Phytoprotection Bio 2012* (revue des pesticides utilisables en horticulture biologique) et d'autres documents pertinents cités dans la section références du présent guide afin de compléter leur lecture. Les auteurs ne sont pas responsables des résultats découlant de l'utilisation d'un ou des moyens ou stratégies de lutte relatés dans ce guide.

Les résultats, les opinions et les recommandations exprimés dans ce document émanent des auteurs et n'engagent en rien le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

SOMMAIRE

La culture des arbres fruitiers occupe une place importante dans l'économie agricole québécoise. Depuis les 15 dernières années, la production québécoise moyenne de pommes se situe à 5,4 millions de minots (FPPQ, 2011). Depuis la dernière version du présent guide en 2001, de nouvelles stratégies ont été développées afin d'affronter les innombrables défis, actuels et à venir. Par exemple, la production fruitière intégrée (PFI), initiée en Europe il y a une douzaine d'années, s'est étendue au territoire québécois avec le développement du premier programme québécois élaboré en 2001 par le comité mixte PFI (Chouinard *et al.*, 2001).

De nos jours, les consommateurs exigent que les agriculteurs se préoccupent de la santé humaine ainsi que de l'environnement, tout en produisant des fruits de belle apparence à des prix stables et abordables. De ces exigences, découle une augmentation de la demande pour des aliments de culture biologique, c'est-à-dire cultivés de façon respectueuse de l'environnement sans faire appel aux engrais minéraux et aux pesticides de synthèse. Les pommes ne font pas exception à cette demande.

Dans le contexte actuel de pression croissante sur l'industrie pomicole pour diminuer l'utilisation des pesticides de synthèse tout en maintenant la qualité des pommes, il devient primordial d'optimiser la gestion des ravageurs et des maladies du verger dans une optique de développement durable. La gestion intégrée des vergers nécessite une bonne connaissance de toutes les méthodes de lutte et de leurs impacts sur l'agro-écosystème du verger.

Les pomiculteurs biologiques et ceux désireux de réduire leur dépendance aux pesticides chimiques ont accès à un nombre limité de méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs. Des solutions existent, mais elles sont souvent méconnues, peu éprouvées sur le terrain, difficilement accessibles ou peu réalisables. Néanmoins, lorsque connues et bien utilisées, les méthodes alternatives sont souvent plus durables et plus respectueuses de l'environnement que les méthodes conventionnelles. En effet, les alternatives écologiques de lutte n'ont généralement que peu ou pas de conséquences sur les humains, les insectes bénéfiques et les écosystèmes sensibles. Depuis 2001, l'arrivée de nouveaux produits autorisés en agriculture biologique a permis de développer les méthodes alternatives disponibles en pomiculture.

Ainsi, la mise à jour des connaissances relatives aux principales méthodes alternatives à la lutte chimique contre les principaux ravageurs et maladies de la pomiculture au Québec s'avérait nécessaire afin de discuter de nouveautés et d'avenues prometteuses.

La version précédente de ce document, publiée en 2001, a servi de point de départ à la rédaction de ce guide des bonnes pratiques écologiques applicables dans le contexte québécois. Le but de ce guide est, avant tout, de mettre à jour les connaissances et d'exposer les nouvelles techniques ayant fait leurs preuves ainsi que celles qui paraissent prometteuses dans le contexte pomicole québécois, en plus d'identifier les méthodes applicables pour le jardinier amateur.

La première étape a consisté à réaliser une revue de la littérature récente sur le sujet. Une description des moyens alternatifs connus en pomiculture de même que leur potentiel d'utilisation dans les vergers du Québec y est exposé. Ces moyens sont regroupés en quatre grandes catégories, soit les méthodes culturales, physiques, biologiques et les produits d'origine naturelle (animale, végétale et minérale). De plus, d'autres catégories peuvent s'ajouter selon le type de ravageur (ex. la confusion sexuelle). L'efficacité, les avantages et les inconvénients des méthodes y sont discutés. Lorsque l'information était disponible, la compatibilité et la complémentarité des méthodes ont également été abordées.

La deuxième étape a consisté à déterminer comment ces méthodes pourraient être appliquées afin de contrôler les principaux ravageurs de la pomme dans un contexte commercial et de jardinage amateur. Les ravageurs considérés dans ce guide 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 ainsi que deux ravageurs occasionnels, soit l'hoplocampe de la pomme et la tordeuse à bandes obliques. À cette étape, des consultations ont été effectuées auprès de producteurs biologiques, de pomiculteurs reconnus pour leur gestion intégrée et de quelques conseillers en pomiculture afin de recueillir leurs commentaires et leurs recommandations. Un aperçu de la biologie de chaque ravageur et les principaux moyens alternatifs de lutte sont présentés. Un tableau récapitulatif des moyens à haut potentiel de réussite pour le contrôle de chaque ravageur est aussi proposé.

Ce document se veut un outil pour réduire l'utilisation des pesticides chimiques sur les pommiers et poursuivre le cheminement vers une production de fruits davantage respectueuse de la santé et de l'environnement. La réduction de l'utilisation des pesticides chimiques réduit, par le fait même, les effets néfastes découlant de leur utilisation, notamment, la résistance des ravageurs, la dérive, l'accumulation dans l'environnement et les résidus sur les aliments.

Ce recueil répond à l'objectif du programme « Prime-vert, sous-volet 11.1 – Appui à la stratégie phytosanitaire » qui vise à favoriser l'emploi de pratiques de gestion intégrée des ennemis des cultures (lutte intégrée) et à solutionner par des interventions priorisées et ciblées des situations phytosanitaires préjudiciables à l'environnement, à la santé et au développement de productions agricoles.

LES AUTEURS

Mélanie Morel est agronome diplômée du Campus Macdonald de l'Université McGill. Elle est spécialisée en agriculture biologique et a acquis une expertise en pomiculture notamment par le dépistage en vergers. Elle est chargée de projets pour Nature-Action Québec, un organisme environnemental qui a géré le verger du Mont Saint-Bruno de 1996 à 2000. Depuis 2003, elle est aussi coordonnatrice d'un organisme agro-environnemental qui fait la promotion de la permaculture : la RHA pour la Reconstruction Harmonieuse de l'Agriculture. Madame Morel a donné près d'une soixantaine de conférences depuis 10 ans et elle a écrit de nombreux articles de vulgarisation sur le compostage, les paysages comestibles, le jardinage écologique et la gestion intégrée des matières résiduelles.

Gérald Chouinard est chercheur spécialisé dans la gestion intégrée en vergers. Titulaire d'un doctorat en entomologie fruitière, ses travaux visent à développer des méthodes efficaces et écologiques de lutte contre les ravageurs et à les adapter aux besoins et aux réalités du monde pomicole. Monsieur Chouinard coordonne les actions du Réseau de recherche et d'expertise pomicole en production frutière intégrée (Réseau-pommier), un mécanisme efficace de concertation dans le milieu pomicole, tant entre les différents chercheurs que par l'approche filière. Il est également responsable du laboratoire de production fruitière intégrée de l'IRDA.

Sylvie Bellerose est biologiste et travaille au sein de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement depuis 1999. Ses tâches touchent la recherche, le développement ainsi que le transfert auprès des pomiculteurs et des conseillers. Elle est impliquée dans la production des publications du Réseau d'avertissements phytosanitaires du pommier ainsi que dans les travaux de recherche, les publications et les présentations sur les ravageurs du pommier dont le charançon de la prune, la tordeuse à bandes obliques, la tordeuse orientale du pêcher et la mouche de la pomme et sur les insectes bénéfiques dont la punaise translucide et les coccinelles.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du Programme Prime-Vert, volet 11 – Appui à la Stratégie phytosanitaire.

Plusieurs personnes ont contribué à la réalisation de ce recueil : Alain Désilets et Stefan Sobkowiak nous ont fourni une quantité appréciable d'informations et de conseils lors des consultations. Merci également à Paul-Émile Yelle, Charles Vincent et André Bélanger, qui nous ont fournit de précieuses informations en cours de rédaction.

Aussi à Noubar Bostanian, Odile Carisse, Luc Fontaine, Vincent Philion, Gabrièle Meunier, Mélanie Noël, Karine Bergeron, Manon Laroche et Raymond-Marie Duchesne pour leurs commentaires très appropriés lors de la révision, ainsi qu'à Ghyslaine Lavoie pour la révision grammaticale.

Finalement, une reconnaissance spéciale à Élise Bélanger de Nature-Action Québec pour la révision finale de ce guide. Son travail aura permis de peaufiner le texte et de terminer la rédaction avec soin.

Nous remercions chaleureusement tous ces précieux collaborateurs qui nous ont permis de concevoir un guide actuel qui permettra aux pomiculteurs commerciaux et amateurs de poursuivre leur cheminement vers une gestion davantage intégrée et durable de leur verger.

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT iii
SOMMAIRE v
LES AUTEURS vii
REMERCIEMENTS viii
TABLE DES MATIÈRES ix
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES xii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1: GESTION PHYTOSANITAIRE DES ENNEMIS DES CULTURES EN VERGERS

1.1 Gestion intégrée des ennemis des cultures 4
1.2 Production fruitière intégrée (PFI) 4
1.3 Réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides 7
1.4 Note : Verger domestique 8

CHAPITRE 2: STRATÉGIES DE LUTTE ALTERNATIVES ET MESURES PRÉVENTIVES

2.1 Lutte cultural 11
2.1.1 Planification et implantation du verger 11
2.1.2 Environnement du verger 15
2.1.3 Pratiques sanitaires 15
2.1.4 Fertilisation 18
2.1.5 Dépistage: les observations au verger 18

2.2 Lutte physique 19

2.3 Lutte biologique 19
2.3.1 Pratiques de conservation 19
2.3.2 Pratiques d'augmentation 23
2.3.3 Agents de lutte 23

2.4 Produits d'origine naturelle 26

2.5 Confusion sexuelle 29

CHAPITRE 3: RAVAGEURS ET MALADIES PRÉPONDERANTS

3.1 Charançon de la prune 32
3.1.1 Description et biologie 32
3.1.2 Dégâts observables 33

3.1.3 Stratégies de lutte 33
3.1.4 Méthodes culturales 34
3.1.5 Lutte physique 35
3.1.6 Lutte biologique 36
3.1.7 Produits d'origine naturelle 38

3.2 Carpocapse de la pomme 39
3.2.1 Description et biologie 39
3.2.2 Dégâts observables 40
3.2.3 Stratégies de lutte 41
3.2.4 Méthodes culturales 41
3.2.5 Lutte physique 41
3.2.6 Lutte attracticide 42
3.2.7 Lutte biologique 42
3.2.8 Produits d'origine naturelle 46
3.2.9 Confusion sexuelle 47

3.3 Punaise terne 49
3.3.1 Description et biologie 49
3.3.2 Dégâts observables 50
3.3.3 Stratégies de lutte 50
3.3.4 Méthodes culturales 50
3.3.5 Lutte physique 51
3.3.6 Lutte biologique 51

3.4 Mouche de la pomme 53
3.4.1 Description et biologie 53
3.4.2 Dégâts observables 54
3.4.3 Stratégies de lutte 54
3.4.4 Méthodes culturales 54
3.4.5 Lutte physique 55
3.4.6 Lutte biologique 56
3.4.7 Produits d'origine naturelle 58

3.5 Tétranyque rouge et tétranyque à deux points 59
3.5.1 Description et biologie 59
3.5.2 Dégâts observables 60
3.5.3 Stratégies de lutte 61
3.5.4 Méthodes culturales 61
3.5.5 Lutte physique 62
3.5.6 Lutte biologique 62
3.5.7 Produits d'origine naturelle 66

3.6 Tavelure de la pomme 67
3.6.1 Description et biologie 67
3.6.2 Dégâts observables 68
3.6.3 Stratégies de lutte 68
3.6.4 Méthodes culturales 69
3.6.5 Lutte biologique 76
3.6.6 Produits d'origine naturelle 76

CHAPITRE 4 : RAVAGEURS OCCASIONNELS 79

4.1 Hoplocampe de la pomme 79
4.1.1 Description et biologie 79
4.1.2 Dégâts observables 79
4.1.3 Stratégies de lutte 80
4.1.4 Méthodes culturales 80
4.1.5 Lutte physique 80
4.1.6 Lutte biologique 81
4.1.7 Produits d'origine naturelle 82

4.2 Tordeuse à bandes obliques 83
4.2.1 Description et biologie 83
4.2.2 Dégâts observables 84
4.2.3 Stratégies de lutte 84
4.2.4 Méthodes culturales 84
4.2.5 Lutte physique 85
4.2.6 Lutte biologique 85
4.2.7 Produits d'origine naturelle 88
4.2.8 Confusion sexuelle 89

CHAPITRE 5 : AVENUES PROMETTEUSES 90

CONCLUSION 93

POUR EN SAVOIR PLUS 94

RÉFÉRENCES 100

Recherchez cette icône tout au long du document pour reconnaître les moyens de lutte applicables à votre unique pommier ou à votre verger domestique.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Effets non-intentionnels de certains pesticides sur la faune auxiliaire 6

Tableau 2. Facteurs à considérer lors de l'implantation du verger 11

Tableau 3. Répertoire des principaux organismes utiles dans les vergers 21

Tableau 4. Récapitulation des moyens alternatifs de lutte : avantages et désavantages . . . 30

Tableau 5. Les principaux ennemis naturels du charançon de la prune 37

Tableau 6. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du charançon de la prune 39

Tableau 7. Les principaux ennemis naturels du carpocapse de la pomme 46

Tableau 8. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du carpocapse de la pomme 49

Tableau 9. Les principaux ennemis naturels de la punaise terne 52

Tableau 10. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la punaise terne 53

Tableau 11. Les principaux ennemis naturels de la mouche de la pomme 57

Tableau 12. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la mouche de la pomme 59

Tableau 13. Les principaux ennemis naturels des tétranyques 65

Tableau 14. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle des tétranyques 67

Tableau 15. Classification des cultivars commerciaux en fonction de leur sensibilité à la tavelure 69

Tableau 16. Température minimum pour une infection à différents degrés de mouillure 75

Tableau 17. Utilisation de fongicides d'origine biologique et minérale contre la tavelure 77

Tableau 18. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tavelure de la pomme 78

Tableau 19. Les principaux ennemis naturels de 1'hoplocampe de la pomme 82

Tableau 20. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de l'hoplocampe de la pomme 83

Tableau 21. Les principaux ennemis naturels de la tordeuse à bandes obliques 87

Tableau 22. Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tordeuse à bandes obliques 89

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Exemple de plantation à haute densité permettant une utilisation efficace des traitements de bordure 13

Figure 2. Seuils d'intervention selon l'incidence de la tavelure à l'automne (Méthode MacHardy) 74

Figure 3. Seuils d'intervention selon l'incidence de la tavelure à l'automne (Méthode simplifiée) 74

INTRODUCTION

Dans un contexte québécois au climat qui se révèle plein de défis, cultiver des pommiers selon les principes de l'agriculture biologique était, il y a peu de temps encore, considéré comme un exploit. En effet, le niveau de risque en pomiculture biologique est beaucoup plus élevé qu'en pomiculture conventionnelle. Loin d'être une culture qu'on laisse à l'abandon, la pomiculture biologique demande souvent plus d'interventions et d'observations afin d'obtenir une production acceptable. Même pour le jardinier amateur, obtenir une récolte intéressante de ses pommiers domestiques représente un défi !

Néanmoins, depuis quelques années, grâce à l'acharnement de pionniers dans ce domaine, il est possible d'affirmer que la pomiculture biologique est tout à fait possible dans certaines conditions géographiques et climatiques et qu'elle dispose maintenant d'une liste de moyens et de produits éprouvés et efficaces pour la réalité québécoise. Ces moyens et ces produits, jumelés avec une très bonne connaissance et une observation assidue de son verger, de son environnement, des principaux ravageurs et maladies constituent une stratégie gagnante en régie biologique. Même le jardinier amateur qui possède un petit terrain peut obtenir une bonne récolte, sans pesticides, moyennant quelques soins appropriés.

LA PROBLÉMATIQUE

Depuis la deuxième guerre mondiale, l'utilisation des pesticides de synthèse s'est généralisée et intensifiée. En effet, synthétisés à faibles coûts, ces pesticides étaient facilement disponibles et utilisables, et leur efficacité a été, pendant plusieurs années, fulgurante. Par contre, des problèmes de résistance et d'accumulation des résidus dans l'environnement se sont rapidement manifestés. Pour contrer les problèmes de résistance, l'industrie à développer de nouveaux pesticides. Au Québec, pour réduire les populations de ravageurs sous le seuil économique, une quinzaine de traitements pesticides sont appliqués en moyenne par saison (Chouinard, 2001). En effet, un verger conventionnel exige, en moyenne, six à huit applications de fongicides, trois à cinq applications d'insecticides et une application d'acaricide (Gingras, 2007). Ces applications engendrent des frais moyens annuels de 1000 $ l'hectare (Chouinard, comm. pers.). De plus, le réchauffement du climat, l'expansion de la distribution des ravageurs provenant des États-Unis et de l'Ontario et l'importation de produits agricoles favorisent l'arrivée de nouveaux ravageurs (Chouinard, 2005).

En 2002, la publication du *Rapport Cousineau* sur l'utilisation des pesticides en milieu urbain dressait un bilan fort éloquent de la problématique reliée à l'utilisation des produits de synthèse à des fins phytosanitaires. Alors que les conclusions du rapport décrivaient sans équivoque la perception négative de la population québécoise à l'égard des pesticides, ces mêmes conclusions relataient de façon tout aussi incisive le manque d'alternatives pour diminuer la dépendance du secteur agricole envers les pesticides. Ces alternatives, qui sont entre autres des biopesticides (proviennent de matières naturelles et nécessitent une certification afin d'être vendus) tardaient à s'implanter sur le marché et demeuraient, en grande partie, des solutions de rechange souhaitées plutôt que réelles.

Le 12 février 2008, la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois rendait public son rapport (CAAAQ, 2008). Le *Rapport Pronovost* relate la méfiance évidente qui prévaut à l'égard des pesticides, des antibiotiques, des hormones de croissance et des organismes génétiquement modifiés utilisés en agriculture. En effet, pour bon nombre de consommateurs, les pesticides sont considérés comme des éléments indésirables qui, idéalement, ne devraient pas être utilisés en agriculture. Paradoxalement, ces consommateurs recherchent des fruits répondant à des standards d'esthétisme, d'uniformité et d'apparence difficiles à atteindre sans l'aide de pesticides de synthèse. Néanmoins, les pommiculteurs du Québec cherchent à réduire l'utilisation de ces produits et ont déployé des efforts considérables au cours des dernières années afin de se conformer à une réglementation environnementale de plus en plus étendue.

On peut aussi lire dans le rapport que ce sont les résidus de pesticides qui présentent des risques potentiels pour la santé. La présence de résidus de pesticides dans l'eau de consommation est également préoccupante. Depuis 2001, le Règlement sur la qualité de l'eau potable oblige les responsables des réseaux de distribution de l'eau potable desservant une population de 5000 habitants et plus à faire des analyses afin de vérifier notamment la présence de pesticides. Des traces de pesticides ont été détectées dans 54 % des 213 réseaux de distribution d'eau analysés entre 2001 et 2004. L'exposition à long terme à des pesticides peut causer des perturbations du système immunitaire et endocrinien et causer certains troubles de reproduction. L'Institut national de santé publique du Québec est d'avis que les risques que présentent les pesticides pour la santé semblent faibles, malgré que les jeunes Québécois y soient plus exposés que les enfants européens et américains. L'Institut affirme que « la prudence demeure de mise et justifie la promotion des mesures de rationalisation des pesticides et de diminution de l'exposition ».

L'importance du développement d'une agriculture durable et la croissance de l'agriculture biologique sont également mentionnées dans le *Rapport Pronovost*. En effet, appliqués à l'agriculture québécoise, les impératifs du développement durable imposent une utilisation appropriée des fertilisants et des pesticides ainsi que l'application d'autres pratiques qui préservent la qualité de l'environnement afin que les prochaines générations reçoivent en héritage un environnement sain, capable de pérenniser l'agriculture. De plus, le rapport souligne que bien que les aliments biologiques ne représentent au Canada que 1 à 2 % du commerce alimentaire de détail, ils connaissent une croissance annuelle supérieure à 15 % depuis 2001. Le marché des produits biologiques répond aux attentes d'un nombre grandissant de consommateurs.

Le rapport relate également que deux préoccupations dominantes, communes à toutes les productions agricoles, devraient guider les choix prioritaires de recherche : la santé et la préservation de l'environnement.

À cet égard et depuis plusieurs années maintenant, chercheurs, conseillers agricoles, consommateurs, environnementalistes et producteurs agricoles, sont préoccupés par les problèmes de résistance chez les ravageurs, d'accumulation de résidus de pesticides dans l'environnement et par leurs effets sur la santé humaine. Tous s'affairent à trouver les solutions alternatives qui s'inscrivent dans une démarche de régie intégrée des vergers.

Pourtant, plusieurs de ces méthodes alternatives ne datent 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, particulièrement les méthodes culturales. Plusieurs autres alternatives ont été développées ou améliorées au cours des dernières années, notamment les biopesticides.

CE GUIDE

Le premier chapitre aborde la gestion phytosanitaire en vergers et plus spécifiquement la gestion intégrée des ennemis des cultures ainsi que la production fruitière intégrée. Ce chapitre aborde également la réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides.

Le deuxième chapitre explore les stratégies de lutte alternatives. Il traite de la planification et de l'entretien du verger ainsi que des méthodes culturales préventives indispensables dans un contexte de réduction ou même d'abandon des pesticides de synthèse. Un résumé des méthodes alternatives utilisées en pomiculture écologique y est également présenté. Les méthodes alternatives sont regroupées en quatre catégories principales : les méthodes culturales, physiques, biologiques et les produits d'origine naturelle.

Les deux chapitres suivants traitent des méthodes alternatives existantes contre les principaux ravageurs et maladies de la pomme au Québec. Les pommiers abritent un complexe de six ravageurs prépondérants et de plus d'une vingtaine de ravageurs occasionnels. Cet ouvrage traite uniquement des ravageurs prépondérants en pomiculture biologique : 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. Il traite aussi du champignon responsable de la tavelure de la pomme et de deux ravageurs occasionnels, soit l'hoplocampe de la pomme et la tordeuse à bandes obliques. Pour chaque ennemi, le cycle biologique, les dommages et les méthodes alternatives de lutte sont décrits brièvement et un tableau résume les moyens de lutte à haut potentiel de réussite pour le Québec. Des descriptions détaillées des ravageurs, des méthodes de dépistage et des seuils d'intervention, sont disponibles dans le *Manuel de l'observateur* (Chouinard, 1997). *Le Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels* (Chouinard *et al.*, 2000) fournit des aides visuelles pour identifier les ravageurs des pommiers et leurs dégâts ainsi qu'un aperçu des moyens de lutte. Par conséquent, ces volets ne seront pas abordés dans le détail dans cet ouvrage.

Le cinquième chapitre traite des avenues prometteuses qui mériteraient d'être davantage explorées et qui pourraient représenter des moyens de lutte intéressants en pomiculture écologique.

CHAPITRE 1

GESTION PHYTOSANITAIRE DES ENNEMIS DES CULTURES EN VERGERS

1.1 GESTION INTÉGRÉE DES ENNEMIS DES CULTURES

La gestion intégrée des ennemis des cultures (GIEC) implique une certaine tolérance vis-à-vis les ravageurs du verger. Elle favorise le respect de l'utilisateur des produits phytosanitaires, de la santé et de l'environnement tout en assurant une saine rentabilité. Son principe fondamental repose sur l'utilisation des pesticides uniquement quand et là où c'est justifiable et nécessaire. C'est pourquoi la GIEC allie divers moyens (mécaniques, physiques, culturales, biologiques, etc.) en complément ou en remplacement des pesticides (MAPAQ, 2011).

La gestion intégrée des ennemis des cultures suppose une approche en cinq étapes (MAPAQ, 2012) :

Étape 1 - Connaissance
Des principaux ravageurs, de leur cycle de vie, des ennemis naturels, des modes de gestion, etc.

Étape 2 – Prévention (méthodes indirectes)
Par la sélection du site, des cultivars, de la période de semis, par la gestion des fertilisants et de l'irrigation, des mesures sanitaires, de l'aménagement de l'habitat, etc.

Étape 3 - Suivi des champs (ou serres)
Dépistage : Par des techniques d'échantillonnage et de détermination de seuils
Surveillance : En utilisant des modèles provisionnels, des pièges à phéromones, des pièges englués, etc.

Étape 4 – Intervention (combinaison de méthodes directes)
Utilisation de la lutte mécanique, de la lutte biologique et/ou de la lutte chimique.

Étape 5 - Évaluation - rétroaction
Par l'utilisation de données de phytoprotection, par des modifications et ajustements, par une bonne planification, etc.

L'approche de la lutte intégrée vise davantage à obtenir le meilleur coût de production par pomme récoltée plutôt que la récolte maximale (Morin et Chouinard, 2001).

1.2 PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE (PFI)

La production fruitière intégrée (PFI) est un concept qui vise la protection des pommiers en considérant toutes les étapes d'exploitation d'un verger, de son implantation aux opérations de post-récolte. Initiée en Europe il y a une douzaine d'années, la PFI a vu son premier programme québécois élaboré en 2001 par le comité mixte PFI. Au Québec, l'Institut

de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) et la Fédération des producteurs de pommes du Québec (FPPQ) soutenus par les conseillers des secteurs public et privé sont responsables de l'implantation de la PFI.

Le programme de PFI été développé afin de comprendre un ensemble réaliste de bonnes pratiques agricoles visant à produire des pommes de qualité, de façon rentable, durable et dans le respect de l'environnement (CRAAQ, 2006). Le programme PFI est semblable à un cahier des charges en évolution, et permet de dresser un premier portrait du verger sur une période donnée pour ensuite mesurer les progrès accomplis (Éthier, 2006). Lors de leur assemblée générale en 2009, les membres de la FPPQ ont décidé que l'adhésion des producteurs au programme PFI sera requise pour que les pommes produites soient admissibles à la marque de commerce Pommes Qualité Québec. Par contre, les producteurs ont décidé de retarder le projet afin d'implanter la certification CanadaGAP, un système de salubrité à la ferme, maintenant exigé par certains acheteurs de la grande distribution.

La PFI permet :

- d'offrir un produit de qualité, répondant aux exigences des consommateurs;
- de rencontrer les normes environnementales;
- de travailler dans un milieu sain et sécuritaire;
- et de favoriser la pérennité de l'entreprise agricole (FPPQ, 2007).

Le programme de la PFI est conçu pour être utilisé conjointement avec une formation donnée par un conseiller en pomiculture. Au Québec, les mises à jour du programme de production fruitière intégrée comportant plus de 130 pratiques sont disponibles sur le site web de la Fédération des producteurs de pommes du Québec (www.lapommeduquebec.ca) et sur celui du Réseau-pommier (www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier) dans les sections relatives à la PFI.

À titre informatif, le tableau 1 ci-après, inclut dans l'affiche PFI 2011-2012, donne une indication des effets non-intentionnels de différents pesticides utilisés en pomiculture sur des insectes bénéfiques :

Tableau 1. Effets non-intentionnels de certains pesticides sur la faune auxiliaire
(Tableau reproduit avec la permission du Réseau-pommier du Québec)

Source : Cormier *et al.*, 2011. Affiche PFI 2011-2012.

L'affiche sur la Production fruitière intégrée (PFI) 2011-2012 est disponible en ligne au : http://www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier/documents/affichePFI_2011_finale.pdf

Tableau 1. Effets non-intentionnels de certains pesticides sur la faune auxiliaire
(Tableau reproduit avec la permission du Réseau-pommier du Québec)

	ABEILLES DOMESTIQUES	CÉCIDOMYIES	CHRYSOPES	COCCINELLES	GUÊPES PARASITES	PHYTOSÉIDES	PUNAISE TRANSLUCIDE (Hyalodaus vitripennis)	PUNAISES PRÉDATRICES (autres)	STIGMAÉIDES	SYRPHES
FONGICIDES										
CAPTAN, MAESTRO	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
DITHANE, MANZATE, PENNCOZEB	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☹	☺
EQUAL, SYLLIT	☺	☺	☺	☺	☺	☺	?	☺	☺	?
FLINT	☺	?	?	☺	?	☺	?	?	☺	?
HOLLYSUL, KUMULUS, MICROSCOPIC SULPHUR, etc.	☺	☺	☺	☺	☹	☹	?	☺	☹	?
NOVA	☺	?	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☺	?
NUSTAR	☺	?	?	☺	?	☺	☺	?	☺	?
POLYRAM	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
PRISTINE	☺	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SCALA	?	?	?	?	?	☺	?	?	?	?
SENATOR	☺	?	☺	☺	☺	☺	?	☹	☺	?
SOVRAN	☺	?	?	☺	?	☺	?	☺	☺	?
VANGARD	☺	?	?	☺	?	☺	?	?	☺	?
INSECTICIDES										
ACTARA	☠	☹	☹	☹	☠	☺	?	☹	☺	☹
ADMIRE, ALIAS, GRAPPLE	☠	☹	☹	☹	☹	☹	☠	☹	☺	☹
ALTACOR	☺	☺	☺	☺	☺	☺	?	☺	☺	☺
ASSAIL	☠	☹	☹	☹	☠	☹	☠	☹	☺	☺
BIOPROTEC, DIPEL, FORAY	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
CALYPSO	☹	☺	☹	☹	☠	☺	☹	☹	☺	☺
CLUTCH	☠	☺	☹	☹	☠	☺	?	☹	☺	☺
CONFIRM	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
DECIS	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☹	☠
DELEGATE, RADIANT	☠	☺	☺	☺	☺	☹	?	☺	☺	☹
DIAZINON, DIAZOL	☠	☠	☠	☠	☠	☹	☠	☠	☹	☠
AMBUSH, DRAGNET, PERMETHRIN, POUNCE	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☹	☠	☹	☠
ENTRUST, SUCCESS	☠	☺	☺	☺	☹	☹	?	☺	☺	☹
GF-120	☠	☺	☺	☺	☹	☹	?	☺	☺	☹
GUTHION, SNIPER	☠	☹	☹	☹	☠	☺	☠	☹	☺	☠
IMIDAN	☠	☹	☺	☹	☹	☺	☹	☹	☺	☠
INTREPID	☺	☺	☺	☺	☺	☺	?	☺	☺	☺
KONTOS, MOVENTO	☺	☺	☺	☺	☺	☺	?	☺	☺	☺
LANNATE	☠	☠	☠	☠	☠	☠	?	☹	☹	☠
MATADOR, SILENCER	☠	☠	☠	☠	☠	☹	☹	☠	☹	☺
RIMON	☹	?	☠	☠	☹	☺	?	☹	☺	?
RIPCORD	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☹	☠
SEVIN	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☠	☹	☹
SURROUND	☺	☺	?	☺	☹	☺	?	?	☹	?
THIODAN, THIONEX	☹	☹	☺	☹	☹	☹	☺	☠	☹	☹
VIROSOFT CP4	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
ZOLONE FLO	☹	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☺	☹	☠
ACARICIDES										
ACRAMITE	☹	☺	☺	☺	?	☹	?	☺	☹	?
AGRI-MEK	☠	☺	☹	☹	☺	☹	?	☺	☹	?
APOLLO	☹	☺	☺	☺	☺	☺	?	☺	☹	☺
ENVIDOR	☠	?	☺	☹	☺	☺	?	☹	☺	☺
KANEMITE	☹	?	?	☺	?	☺	?	?	☺	?
NEXTER, PYRAMITE	☠	☹	☺	☹	☹	☹	?	☹	☹	☹

LÉGENDE: ☺ peu ou pas d'effets ☹ modérément toxique ☠ très toxique ? toxicité inconnue

1.3 RÉDUCTION DES RISQUES LIÉS À L'UTILISATION DES PESTICIDES

Face à la demande grandissante des consommateurs pour des fruits produits dans le respect de l'environnement, plusieurs efforts ont été investis afin de réduire l'utilisation des pesticides en pomiculture. Dans le cadre du développement d'un programme de production fruitière intégrée (PFI) pour le Québec, le Réseau-Pommier a travaillé à la sélection d'un indicateur permettant de classifier les pesticides selon leur impact environnemental.

Depuis 1977, le Réseau-pommier du Québec suit l'évolution des pratiques phytosanitaires dans un réseau de vergers-pilotes dans lesquels ont été calculés les applications de pesticides et leurs impacts environnementaux grâce à un modèle mathématique. Ce modèle, une version récente de l'équation de Kovach améliorée selon les recommandations de l'auteur, estimait et additionnait les effets potentiels pour la faune terrestre et aquatique, pour l'utilisateur et pour le consommateur, de chaque pesticide utilisé en fonction de sa dose et de sa période d'application (Chouinard, 2005). Les résultats ont démontré une baisse de l'impact environnemental des programmes de lutte intégrée de 1979 à 2001 (Chouinard, 2005). Cette classification provisoire des pesticides en fonction de leur impact environnemental (QIE : quotient d'impact environnemental) n'est cependant plus utilisée aujourd'hui. Elle a été remplacée par la classification qui fait appel à l'indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ), qui permet aussi la classification des pesticides en prenant en compte les risques pour la santé, l'environnement ainsi que pour la faune auxiliaire avec l'avantage d'utiliser des données qui sont continuellement mises à jour.

Les pomiculteurs désireux de faire une auto-analyse des pratiques phytosanitaires utilisées dans leur verger peuvent se référer à l'IRPeQ Express disponible en ligne au www.irpeqexpress.qc.ca. IRPeQ Express permet de faire un suivi des risques des pesticides utilisés sur une exploitation agricole.

Pour de plus amples informations sur les risques pour la santé et l'environnement des pesticides et pour être en mesure d'identifier correctement les pesticides homologués pour la culture sélectionnée et les ravageurs visés, consultez les sites suivants :

SAgE pesticides
SAgE pesticides est un outil d'information sur les risques pour la santé et l'environnement ainsi que sur les usages agricoles pour une gestion rationnelle et sécuritaire des pesticides au Québec.
www.sagepesticides.qc.ca

Santé Canada et l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Homologation des pesticides, lignes directrices, politiques et projets de règlements de Santé Canada en matière de lutte antiparasitaire.
www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/index-fra.php

1.4 NOTE : VERGER DOMESTIQUE

LA PLANIFICATION, LA PRÉVENTION ET L'ENTRETIEN : LES CLÉS DU SUCCÈS !

Recherchez cette icône tout au long du document pour reconnaître les moyens de lutte applicables à votre unique pommier ou à votre verger domestique.

Du rêve à la réalité…

Plusieurs jardiniers rêvent d'avoir des arbres fruitiers variés et s'imaginent qu'il suffira de tendre la main pour cueillir les fruits parfaits à la fin de l'été. Or, cultiver des arbres fruitiers n'est pas un simple loisir qu'on exerce sans effort. Ceux-ci, et particulièrement les pommiers, sont des végétaux qui demandent énormément de soins.

Un arbre fruitier biologique n'est pas un arbre laissé à l'abandon! Au contraire, en régie biologique, il est primordial de bien connaître ses arbres fruitiers, leurs caractéristiques (besoins, forces et faiblesses) et leurs principaux ravageurs et maladies afin de mieux les prévenir. En jardinage amateur autant qu'en agriculture biologique, la planification, la prévention et l'entretien sont gages de succès.

L'entretien des arbres fruitiers est primordial. D'ailleurs, les propriétaires de vergers ou d'arbres fruitiers isolés sont sous l'obligation d'entretenir et de faire les traitements minimaux de leurs arbres fruitiers en vertu de la Loi sur la protection sanitaire des cultures pour ne pas nuire aux vergers commerciaux à proximité.

Le principal défi

Le défi majeur que pose la culture de pommiers en contexte québécois est le contrôle de la tavelure. La tavelure est une maladie fongique qui se manifeste par temps humide et pluvieux sous forme de taches circulaires brunâtres et duveteuses sur les feuilles et les fruits. Bien qu'inoffensive si ingérée, la tavelure peut détériorer l'aspect des fruits et du feuillage. En effet, si les taches sont très nombreuses, elles empêcheront les feuilles de bien faire leur photosynthèse empêchant la production de fruits ou causant le dépérissement de l'arbre.

D'abord, il faut privilégier les pommiers résistants ou tolérants à la tavelure. Bien que les cultivars résistants ne soient pas une solution éternelle, puisque de nouvelles races du champignon causant la maladie et capables de les infecter apparaissent périodiquement à travers le monde (Comité de pomiculture, 2001), le choix de pommiers résistants ou tolérants à la tavelure est une étape primordiale dans l'établissement d'un verger ou d'un jardin plus écologique. La meilleure prévention serait de maximiser la diversité des cultivars tout en sélectionnant ceux qui présentent des caractéristiques de tolérance ou de résistance.

Plusieurs cultivars sont disponibles au Québec dont : *Belmac, Britegold, Freedom, Jonafree, Liberty, Macfree, Moira, Murray, Nova Easygro, Novamac, Priam, Primevère, Priscilla, Richelieu, Rouville, Sir Prize* et *Trent*. Il suffit de vous renseigner sur leur rusticité (la plupart

tolèrent les zones 3 ou 4) et sur les caractéristiques des fruits à maturité auprès des pépinières ou des jardineries. Il est fortement suggéré de planter 2 à 3 variétés compatibles de pommiers pour assurer une bonne pollinisation des fleurs. L'utilisation de mychorizes dans le trou de plantation peut également aider à l'établissement des arbres. Des produits à usage domestique sont disponibles pour lutter contre la tavelure du pommier. Vous trouverez plus de détails sur ces produits dans la section du guide traitant de la tavelure de la pomme.

Un verger domestique sans tracas

Le jardinier amateur qui possède un petit terrain peut, moyennant quelques soins appropriés, obtenir une bonne récolte, suffisante pour une famille moyenne, sans utilisation de pesticides. En fait, certaines actions très simples peuvent prévenir bien des maux.

Si le verger domestique est assez isolé, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de vergers commerciaux à moins de 500 m et qu'il n'y a pas de pommiers ou d'arbres de la famille des rosacées (pommetiers, pruniers, amélanchiers, aubépines, cerisiers sauvages ou décoratifs, etc.) dans les 200 mètres environnants, une grande partie des problèmes seront évités en raison de l'absence d'éventuelles sources d'infestations à proximité.

Pour un petit terrain, on plante des pommiers nains qui atteindront autour de 3 mètres à leur apogée (Gingras, 2007). Sous des conditions de culture propices, ces pommiers produiront, environ cinq ans après leur plantation, une dizaine de kilos de fruits par année (Gingras, 2007). La cueillette des pommiers nains est plus facile et ils n'ont pratiquement pas besoin de taille au printemps, sauf l'élimination de quelques gourmands encombrants (Gingras, 2007). Cependant, les pommiers devront être tuteurés et les branches attachées afin de prévenir leur affaissement.

Les pommiers nains exigent plus de soins que les pommiers standards (Laliberté cité dans Gingras, 2007). Il est préférable d'arroser régulièrement si la pluie vient à manquer et de fertiliser avec du compost. Il est également suggéré de dégager la base de l'arbre jusqu'à un mètre du tronc, un espace exempt de gazon où on disposera du paillis ou encore des plantes avec un certain pouvoir répulsif contre l'établissement de ravageurs comme l'ail, la menthe, le romarin et le géranium odorant (Gingras, 2007).

Ramasser et détruire toutes les feuilles et les fruits tombés permet de limiter la propagation des maladies et de briser le cycle de reproduction de plusieurs insectes ravageurs. Les feuilles et les fruits peuvent être enterrés, compostés loin du verger ou donnés en nourriture aux animaux.

La taille annuelle est aussi une pratique très importante. En plus de favoriser la circulation de l'air et la pénétration du soleil ce qui stimule la productivité de l'arbre, elle contribue à diminuer le développement de maladies comme la tavelure. La supression des gourmands est aussi conseillée pendant l'été (première quinzaine de juillet), cette taille d'été permet, entre autres, de contrôler la tordeuse à bandes obliques et les pucerons verts.

Des solutions à votre portée

Dans un verger domestique, les insectes problématiques peuvent être contrôlés au moyen de pièges que l'on fabrique soi-même ou que l'on achète en pépinière. La plupart de ces pièges doivent être installés avant ou pendant la floraison. Voici quelques exemples (Gingras, 2007) :

Hoplocampe du pommier : assiettes blanches en plastique rigide ou en styromousse recouvertes de colle Tanglefoot® (vendue en magasin) attaché à une branche avant l'ouverture des fleurs. Enlever après la floraison.

Carpocapse et tordeuse à bandes obliques : en juin, utiliser un petit appareil à éclairage ultraviolet qui attire et détruit une foule d'insectes comme les papillons nocturnes.

Mouche de la pomme : pièges rouges en forme de pomme vendus en pépinière que l'on recouvre de colle Tanglefoot® et que l'on installe dans les arbres au début de juillet.

Carpocapse de la pomme : on peut envelopper le tronc des arbres avec une bande de 15 cm en toile de jute enduite de Tanglefoot® ou avec du carton ondulé que l'on remplace et que l'on détruit à l'occasion pour supprimer les insectes/larves/pupes encore vivants. Les chenilles s'y collent ou se cachent dans les interstices.

Punaise terne : tout comme pour l'hoplocampe, des surfaces blanches engluées posées à 75 cm vers l'extérieur de l'arbre peuvent être utilisées pour le piégeage de la punaise terne.

Pour plus de détails, veuillez vous référer à la section du guide relative à l'insecte ravageur visé.

Pour en savoir plus

Vous désirez en savoir davantage ? De nombreux livres de référence sont disponibles et sont énumérés dans la section *Pour en savoir plus* à la fin de ce guide. Même si la plupart de ces ouvrages visent une clientèle agricole, les informations détaillées s'y retrouvant peuvent vous aider à comprendre les besoins de vos arbres, les méthodes préventives et les solutions écologiques contre les ravageurs et les maladies.

Des formations sur l'entretien des arbres fruitiers sont également offertes. **Les Amis du Jardin botanique de Montréal**, donnent régulièrement des sessions de formation sur la taille et l'entretien des arbres fruitiers. Certains collectifs régionaux en formation agricole offrent aussi des formations pouvant vous être utiles. Renseignez-vous !

CHAPITRE 2

STRATÉGIES DE LUTTE ALTERNATIVES ET MESURES PRÉVENTIVES

2.1 LUTTE CULTURALE

La lutte culturale ou les méthodes culturales préventives visent à diminuer la sensibilité des agroécosystèmes aux attaques des ravageurs. Ces pratiques sont peu dommageables pour l'environnement, puisque 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 au développement et à l'établissement des ravageurs, ensuite indirectement, en favorisant la présence et l'action des ennemis naturels ou des auxiliaires (Coaker dans Burns, 1987). Bien que ces méthodes culturales existent depuis plusieurs décennies, leur application n'a été reconnue comme une étape importante dans la lutte contre les ravageurs des cultures que plus récemment (Picket and Bugg, 1998). Or, la prévention permet souvent d'éviter bien des problèmes.

2.1.1. Planification et implantation du verger

Lors de l'implantation du verger, plusieurs facteurs doivent être considérés afin de créer un environnement qui nécessitera un minimum d'interventions par la suite (Morin et Chouinard, 2001). Le tableau 2 dresse une liste de ces principaux facteurs :

Tableau 2. Facteurs à considérer lors de l'implantation du verger

Drainage du sol	Favoriser les sols bien drainés ou dont la pente permet un bon égouttement superficiel.
Porte-greffes	Ne pas utiliser le porte-greffe MM.106 sur un sol mal égoutté ou le M.9 sur un sol très pauvre, sans système d'irrigation.
Scion*	Choisir des pommiers sains et exempts de virus.
Plan de plantation	Créer des blocs distincts de pommiers nains ou semi-nains peu sensibles à la tavelure (ex. *Spartan* et *Paulared*) ou essayer quelques rangées de cultivars résistants à la tavelure (ex. *Belmac* et *Liberty*) pour réduire l'usage des fongicides.
Forme	La plus carrée possible, avec les cultivars d'été localisés principalement en bordure.
Replantation	Si vous devez effectuer une plantation sur le site d'un vieux verger, préparez le sol au préalable avec un couvre-sol, un engrais vert comme le millet perlé ou une fumure organique pour réduire les populations de nématodes parasitaires.

**Scion : jeune branche destinée à être greffée.*
Tiré de : Chouinard G. (coord.), 2001.

Remarques sur les facteurs mentionnés au tableau 2 :

Le site - Un site possédant pour le moins, une légère pente permettra une bonne circulation de l'air et assurera un certain degré de protection contre le gel et les dommages qu'il peut causer. Les arbres protégés du froid seront moins sensibles aux maladies (ex. chancres) et nécessiteront moins de traitements phytosanitaires. Si le site est exposé à de forts vents, il est préférable de planter des brise-vent qui permettent la circulation de l'air froid afin d'éviter la création de « poches de gelée » (Braun, 1991).

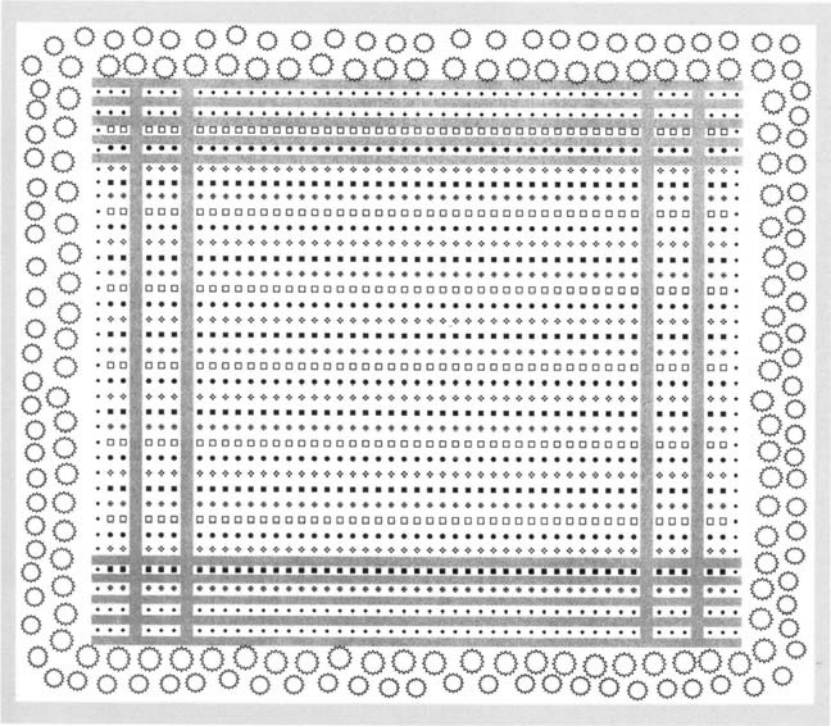
Le sol - Les arbres plantés dans un sol favorisant un enracinement profond et étendu (au moins 1 m) produiront jusqu'à deux fois le tonnage obtenu avec des arbres de même âge, de même variété et recevant les mêmes soins mais poussant dans un sol défavorable à l'enracinement profond (Braun, 1991). Ainsi, il est indiqué d'éviter les sols compactés, présentant des semelles de labour ou pauvrement drainés. Lorsqu'aucun autre site n'est envisageable, il faut essayer d'améliorer le sol avant la plantation. Une analyse du sol du site avant la plantation permettra de corriger les carences en éléments nutritifs et de vérifier le pH. Le sol d'un verger devrait avoir une teneur en matière organique supérieure à 3 % (Braun, 1991). Notamment, on peut accroître la matière organique d'un sol par la culture d'engrais verts tel que le millet perlé, le sarrasin, la luzerne, l'ivraie ou par un apport de matières organiques compostées ou par un apport d'engrais (Braun, 1991).

Les cultivars et porte-greffes (Morin et Chouinard, 2001) - En ajustant la dose en fonction du gabarit des arbres, l'économie réalisée avec les traitements fongicides fait en sorte que, dans les vergers de pommiers nains, on utilise en moyenne moins de la moitié de ce qui est nécessaire dans les vergers de pommiers standards. Les coûts à l'hectare des programmes de protection des vergers à haute densité sont ainsi inférieurs à ceux des vergers de pommiers standards. De plus, les impacts de ces programmes sur l'environnement et les organismes utiles sont moindres. Le choix de cultivars résistants ou tolérants à la tavelure permet de réduire l'utilisation de fongicides.

Le plan de plantation - L'aménagement du verger peut permettre une meilleure efficacité des traitements de bordures et rendre cette approche encore plus rentable en réduisant les surfaces à traiter et en prévenant l'entrée de certains ravageurs (charançon, mouche de la pomme) dans le reste du verger (Morin et Chouinard, 2001) (figure 1). L'aménagment du verger doit également tenir compte du Code de gestion des pesticides qui indique des distances minimales des immeubles protégés à respecter lors des pulvérisations de pesticides (article 52) (Gouv. du Qc, 2002).

Figure 1. Exemple de plantation à haute densité permettant une utilisation efficace des traitements de bordures (Chouinard G. (coord.), 2001). Notez la présence d'allées en fin de rangée (utilisées lors des traitements de bordures) et la localisation des cultivars hâtifs en périphérie. Les cultivars tardifs sont au centre de la plantation. (Sylvie Bellerose)

Figure 1. Exemple de plantation à haute densité permettant une utilisation efficace des traitements de bordures



LÉGENDE :
Forêt de conifères : **Allées :** **Cultivars hâtifs :** ◆◆◆◆◆ **Cultivars tardifs :** ●□✠■❖

Résistance des cultivars aux ravageurs
(Variétés résistantes)

La résistance représente la capacité inhérente d'une variété culturale à restreindre, retarder ou surmonter les infestations des ravageurs. Les variétés de plantes résistantes subissent moins de dégâts ou d'infestations de ravageurs que d'autres variétés cultivées dans des conditions semblables. La résistance est mesurable en termes de niveau d'infestation des plantes, de dommages infligés, de pertes de récolte, etc. (Kumar, 1991).

Différents programmes d'amélioration génétique visent à mettre au point des cultivars résistants à certains ravageurs. C'est notamment le cas des recherches sur le champignon causant la tavelure de la pomme; qui se déroulent depuis plusieurs décennies dans les régions pomicoles (voir la section sur la tavelure pour une liste des cultivars résistants et tolérants). Cependant, un cultivar résistant à la tavelure peut être sensible à d'autres ravageurs. Ainsi, la diversité dans le verger s'impose afin de prévenir les infestations et se garantir une récolte intéressante.

Le réseau d'essai de cultivars et de porte-greffes de pommiers (RECUPOM) rend disponible, sur le site Agri-Réseau, (www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier - onglet RECUPOM) les

résultats des essais effectués au Québec avec de nouveaux cultivars. L'objectif principal du réseau est de vérifier l'adaptabilité à nos climats de nouveaux cultivars et porte-greffes prometteurs. Les fiches de culture des nouveaux cultivars sont également disponibles. Les résultats des derniers essais ont permis d'identifier de nouveaux cultivars prometteurs tels que *Honeycrisp, Redcort, Cortland Royal Court* et *Ginger Gold*. D'autres esssais sont également en cours jusqu'en 2016 avec de nouvelles variétés.

Diversité et association de cultures

Le verger devrait être aménagé de façon à encourager la présence des auxiliaires de lutte tout en décourageant celle des ravageurs. On favorise la présence des insectes et acariens bénéfiques en leur fournissant un abri et une source de nourriture alternative autre que leurs proies. Dans cette optique, le pollen et le nectar des fleurs peuvent constituer des sources importantes de nourriture pour un grand nombre d'auxiliaires. Par exemple, plusieurs guêpes parasitoïdes se nourrissent du nectar des ombellifères comme la carotte sauvage (Duval, 1993). Le sarrasin, la phacélie, la moutarde ou des légumineuses comme le trèfle ladino sont autant de plantes couvre-sol pouvant servir d'abri et fournir une source alternative de nourriture pour les parasitoïdes (Duval, 1993). Elles peuvent aussi être utilisées comme engrais verts qui stimuleront la vie du sol. Il est important de choisir des plantes qui fleurissent longtemps ou de choisir plusieurs 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. Les ravageurs les plus susceptibles d'être contrôlés en encourageant les auxiliaires sont les chenilles (carpocapse, tordeuses) ainsi que les pucerons et les tétranyques (Duval, 1993). La présence des auxiliaires peut être encouragée de diverses façons dans le verger : points d'eau, monticules de roches, cages à suif et nichoirs sont autant de façons d'attirer les abeilles, les guêpes, les pics et autres oiseaux insectivores, les salamandres, les grenouilles, les crapauds, etc.

Dans un même ordre d'idées, la diversité et l'association de cultures peuvent aller beaucoup plus loin. En 1993, un pomiculteur a débuté le réaménagement complet de son verger de 5 hectares selon les principes de la permaculture (Sobkowiak, comm. pers.). En effet, son verger et sa petite pépinière contiennent plus de 150 cultivars de pommiers, 15 cultivars de poiriers, 5 cultivars de pruniers, 5 cultivars de cerisiers, etc. Il alterne les différents cultivars de pommiers avec des pruniers, des poiriers et des arbres et arbustes fixateurs d'azote (ex. olivier de bohême (*Elaeagnus angustifolia*), robinier (*robinia pseudoacacia*), févier d'Amérique inerme (*Gleditsia triacanthos* var. inermis), caraganier de Sibérie (*Caragana arborescens*) dans les rangées du verger. Les arbres sont ensuite soigneusement entourés d'une à six espèces d'arbustes fruitiers comme des groseilliers, cassissiers et camerisiers ou par des fixateurs d'azote. Au pied de chaque arbuste, des vivaces (fleurs, fines herbes et plantes maraîchères) ont été établies afin d'utiliser l'espace au maximum et diversifier l'écosystème en place (Sobkowiak, comm. pers.). Un tel aménagement comporte plusieurs avantages selon ce pomiculteur. En effet, les arbustes à la base des arbres fruitiers protègent ceux-ci du craquement causé par le soleil hivernal, les plantes conservent l'humidité du sol, la diversité de plantes attire une plus grande diversité d'auxiliaires de lutte et la saison de l'auto-cueillette peut être allongée en raison des différents moments de récolte des cultures (Sobkowiak, comm. pers.). Aucune fertilisation n'a été appliquée depuis l'année de plantation la plus

importante (2007) sans indication, jusqu'à maintenant, d'un manque de vigueur. De plus, aucun fongicide n'a été appliqué depuis le début de l'établissement. Ce verger est aussi un lieu très favorable pour les oiseaux. Il contient plus de 100 nichoirs et accueille une population de merlebleus de l'Est, espèce peu fréquente au Québec.

Autre fait intéressant : le coût de production est très faible comparativement au coût conventionnel, soit environ 100 $ l'hectare. La régie du verger est un peu plus complexe en raison de la grande diversité des plantes, mais la récolte ne représente pas un problème puisque le propriétaire a opté pour l'auto-cueillette. L'offre est extrêmement diversifiée pour les clients. En effet, ils viennent pour les pommes, mais repartent, en plus, avec des poires, des prunes, des framboises, des fraises, de la rhubarbe, des fines herbes, des raisins, etc. tous cueillis à même les rangées d'arbres fruitiers. Les clients peuvent littéralement faire leur épicerie dans les allées du verger, sans aucun frais de main-d'œuvre pour le producteur! L'année 2012 devait être la première année de pleine production, mais le gel record en début mai a eu raison de presque toutes les fleurs de pommes, poires et prunes. Le plein rendement des arbres fruitiers reste donc à vérifier, mais s'annonce très prometteur si on se fie à l'année 2011. Même si les rendements des pommiers ne sont pas à la hauteur des moyennes provinciales, ils sont grandement compensés par la diversité des autres cultures du verger (Sobkowiak, comm. pers.). Ces méthodes n'ont pas fait l'objet d'études scientifiques. Par contre, cet exemple d'aménagement très diversifié est intéressant et des recherches sur le site permettraient de valider la viabilité de ce concept d'aménagement avant-gardiste.

2.1.2 Environnement du verger

L'environnement immédiat du verger mérite une attention particulière puisqu'il peut être la source de bien des problèmes. En effet, il est suggéré d'éliminer les pommiers abandonnés dans un rayon de 100 à 200 m car ils abritent plusieurs maladies et ravageurs importants. L'élimination des autres plantes hôtes telles que : pommetiers, pruniers, aubépines, cerisiers sauvages ou décoratifs situés à proximité du verger est aussi recommandée et devra être répétée après quelques années. Les brise-vent ou boisés de conifères sont à privilégier aux abords du verger puisqu'un boisé de conifères défavorise la survie et les mouvements de plusieurs ravageurs dont le charançon de la prune et les tordeuses (Morin et Chouinard, 2001).

2.1.3. Pratiques sanitaires

Les pratiques sanitaires sont des méthodes préventives importantes. Elles visent à détruire les sources d'infestation et de propagation d'insectes, de maladies et de mauvaises herbes (Morin et Chouinard, 2001).

Élimination des sources d'infestation

Une des pratiques sanitaires les plus répandues consiste à détruire les plantes abritant des espèces nuisibles autour du verger. Par exemple, la coupe de tous les pommiers sauvages ou abandonnés situés près d'un verger élimine les populations de mouches de la pomme qui s'y développent et qui migreraient ensuite vers le verger pendant l'été (Morin et Chouinard, 2001).

Ramassage des fruits tombés

De plus, pour la plupart des ravageurs, le fait de ramasser les fruits atteints tombés au sol réduit considérablement les populations et leurs dommages puisqu'on interrompt leur cycle de développement. Par exemple, les fruits au sol mûrissent rapidement et dégagent des arômes qui attirent la mouche de la pomme dans le secteur en question; les chenilles ou les vers de carpocapse et de tordeuses présents dans les fruits au sol pourraient compléter leur cycle de développement et réapparaître la saison suivante dans le verger (Chouinard, 2007).

La taille

La taille annuelle des arbres favorise la circulation de l'air et la pénétration du soleil, ce qui stimule la productivité de l'arbre et contribue à diminuer le développement de maladies comme la tavelure. Le meilleur moment pour effectuer la taille annuelle se situe avant le débourrement des bourgeons, tôt au printemps lorsque les risques de gel nocturne sont passés. Il faut cependant éviter les tailles trop sévères (plus de 25% des branches enlevées) qui génèrent des gourmands dont les pucerons verts et les cicadelles de la pomme de terre raffolent (Morin et Chouinard, 2001). La suppression des gourmands est aussi conseillée pendant l'été. Les plaies des chancres devraient être nettoyées annuellement lors de la taille avant l'ouverture des bourgeons. Finalement, les branches malades (chancres, brûlure bactérienne) devraient être enlevées et brûlées chaque année (Morin et Chouinard, 2001).

Le contrôle des mauvaises herbes

Le contrôle des mauvaises herbes est important afin de restreindre la compétition pour les éléments nutritifs, l'eau et la lumière et limiter les environnements favorisant les ravageurs. L'utilisation de paillis, relativement peu répandue dans les vergers conventionnels sauf pour les plantations de pommiers nains, représente une bonne mesure pour réduire la croissance des mauvaises herbes surtout dans les petits vergers. Les feuilles de cellulose contrôlent adéquatement les mauvaises herbes durant l'été et l'automne, tout en réduisant la quantité de semences de mauvaises herbes dans le sol (Benoit *et al.*, 2006). Certains pomiculteurs biologiques utilisent des copeaux comme moyen répressif. Des copeaux d'écorce de conifères ou de cèdre et de la sciure (non compostés) à une épaisseur de 10 cm et d'un diamètre de 1,2 m au pied des arbres, installé au début du printemps avant la germination des graines de mauvaises herbes, sont efficacent dans la lutte aux mauvaises herbes en Europe et en Nouvelle-Écosse (Braun, 1991). En Nouvelle-Écosse, des paillis de paille exempt de graines de mauvaises herbes ont été testés avec des résultats encourageants (Braun, 1991). Toutefois, avec du paillis, l'installation de protecteurs enroulables ou préférablement de treillis métalliques plus efficaces autour des troncs est souvent nécessaire pour prévenir les dommages causés par les mulots en hiver. Deux méthodes de désherbage efficaces et autorisées en agriculture biologique sont l'utilisation de l'acide acétique (vinaigre) et le brûlage des mauvaises herbes avec une torche au propane (Désilets, comm. pers.). Le paillis de plastique peut être utilisé lors de l'établissement de variétés résistantes de pommiers nains tandis que les pommiers semi-nains bénéficient d'une fauche régulière (Désilets, comm. pers.). L'utilisation de paillis biodégradables disponibles est autorisée en agriculture

biologique. C'est le cas du *Biomulch* fait à partir de fibres recyclées (58 % coton, 40 % jute et 2 % acrylique). Ce paillis biodégradable au bout de 2 ou 3 ans convient aux arbres et arbustes (Duval et Weill, 2007). Le sarclage mécanique peut être expérimenté sur des terrains relativement plats et peu rocheux en prenant des précautions nécessaires pour éviter le bris de racines et l'enterrement du joint de greffe (Morin et Chouinard, 2001). Un sarcleur mécanique fabriqué en modifiant le modèle *Weed Badger* peut être utilisé afin d'effectuer le contrôle des mauvaises herbes sous les arbres sans les endommager (Maniadakis, comm. pers.). Les allées du verger sont ensuite fauchées mécaniquement. Pour de petites surfaces, un autre moyen pour faucher naturellement le couvre-sol consiste à laisser pendant une semaine des poules, des oies, des pintades ou autres animaux dans le verger dans des enclos amovibles (Sobkowiak, comm. pers.). Ces animaux contribueront, par le fait même, à la fertilisation des arbres fruitiers. Dans les vergers commerciaux, cette dernière technique n'est pas recommandée en raison de potentiels problèmes de salubrité.

Utilisation de plantes couvre-sol

L'établissement de plantes couvre-sol permanentes et adéquates dans le verger a plusieurs bénéfices. Les vergers biologiques ont souvent une couverture de sol importante composée de graminées ou autres plantes herbacées. Après l'établissement de nouveaux pommiers et le retrait du paillis de plastique, Désilets (comm. pers.) utilise un mélange de semences à pelouse recommandé pour les vergers. Il s'agit d'un mélange de graminées (pâturin du Kentucky, fétuque rouge traçante et ivraie vivace) et d'une légumineuse (trèfle blanc nain). La diversité des végétaux composant le couvre-sol fournira des sources alimentaires de remplacement aux prédateurs utiles. Des plantes qui fournissent du pollen et du nectar sont à privilégier : l'achillée millefeuille, la carotte sauvage, l'aneth, la cataire, la moutarde, la marguerite jaune (rudbeckie hérissée), la verge d'or, le sarrasin, le trèfle, etc. (Braun, 1991). Le sarrasin favorise les populations de larves de syrphes qui jouent un rôle très important dans le contrôle biologique des pucerons (Braun, 1991). Un bon couvre-sol doit être diversifié et capable de supporter un certain degré de circulation dans le verger ainsi qu'au moins un fauchage à l'automne avant la cueillette (Braun, 1991). Une avenue intéressante semble être l'utilisation de plantes possédant un pouvoir répulsif contre les ravageurs (ail, menthe, romarin, géranium odorant) sous les pommiers (Laliberté cité dans Gingras, 2007).

Haie composite

Un projet réalisé en Estrie de 2006 à 2008 a permis de mesurer l'impact d'une haie composite sur la répression de ravageurs d'importance économique en vergers de pommiers. Une haie de 80 m^2 composée principalement de verge d'or (*Solidago canadensis*) et d'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*) a été implantée dans 3 vergers et un suivi intensif, des différents ravageurs et insectes bénéfiques, y a été effectué. À courte distance, la haie composite des vergers suivis a eu un effet positif sur l'augmentation de la population d'insectes bénéfiques et sur la diminution de densité de la population d'un ravageur des pommiers; l'hoplocampe des pommes (Vanoosthuyse *et al.*, 2009). La haie composite a eu un effet plus particulièrement marqué sur les Coccinellidae avec 11 espèces répertoriées dans les vergers étudiés. L'ensemble des insectes bénéfiques était significativement plus abondant en bordure du verger tandis que la population d'hoplocampes était significativement réduite

dans les 10 premiers mètres du verger. Au delà de 10 m, ces différences significatives ne sont plus décelables (Vanoosthuyse *et al.*, 2009). Ces résultats sont intéressants et suggèrent de plus amples recherches sur les espèces florales indigènes ayant un potentiel d'attraction sur des insectes bénéfiques.

2.1.4 Fertilisation

Une fertilisation adéquate rend les arbres plus vigoureux, ce qui peut leur permettre de résister aux attaques des ravageurs. De plus, une forme d'azote rapidement disponible appliquée au printemps permet de stimuler la croissance du pommier mais le rend davantage sensible au gel. Une surfertilisation en azote peut par contre causer des problèmes, notamment avec les pucerons, et détruire l'équilibre entre la vigueur et la mise à fruits. Une analyse de sol lors de la préparation du terrain pour l'implantation d'une nouvelle parcelle de pommiers est essentielle. Tandis qu'une analyse de feuilles, de sol et de sous-sol au moins une fois à tous les quatre ans (Morin et Chouinard, 2001), ainsi que l'observation régulière de la vigueur des pommiers permettront de fertiliser adéquatement, en évitant carences et excès dans le verger établi.

Il ne faut jamais laisser le sol à nu, car cela peut favoriser l'érosion et la perte d'éléments nutritifs par le lessivage (Braun, 1991). De plus, les apports d'engrais organiques devraient préalablement être compostés afin de limiter la libération d'azote dans les eaux souterraines (Braun, 1991). Il est recommandé de consulter les normes biologiques de référence pour connaître les matières fertilisantes autorisées en agriculture biologique au Québec.

2.1.5 Dépistage : les observations au verger

Le dépistage constitue la meilleure façon de connaître la situation exacte de votre verger et permet de prévenir bien des interventions inutiles. En effet, un problème détecté rapidement peut être plus facilement contrôlé. Des observations régulières (1 à 2 fois par semaine) permettent de constater l'état du verger et de déterminer si des interventions sont nécessaires. Le dépistage avec des pièges permet de déceler la présence de nombreux ravageurs (carpocapse, mouche de la pomme, punaise, hoplocampe, mineuse marbrée, etc.) et de déterminer si les seuils d'intervention sont atteints. L'observation du feuillage de pommier permet de détecter les acariens ravageurs et prédateurs ainsi que la cicadelle blanche tandis que l'observation des pousses et des fruits permet de déceler les tordeuses, les pucerons, les prédateurs et la présence du charançon de la prune.

Un traitement contre un ravageur est justifié seulement si le seuil d'intervention est atteint ou lorsque des dégâts causés par certains ravageurs sont récurrents annuellement dans votre verger. Le dépistage permet d'éviter des traitements inutiles, de sauver temps et argent et de protéger les espèces bénéfiques présentes dans le verger en réduisant les traitements insecticides et fongicides. Pour plus de renseignements sur le dépistage et les seuils d'intervention, consultez le manuel de l'observateur : pommiers (Chouinard, 1997) et les avertissements du Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) à l'adresse : www.agrireseau.qc.ca/rap.

2.2 LUTTE PHYSIQUE

Le piégeage massif ou intensif est un moyen de lutte physique et il consiste en l'utilisation d'un grand nombre de pièges afin de capturer une grande quantité de ravageurs. Le piégeage peut se faire à l'aide de différents types de leurres fixés au tronc ou attachés aux branches des pommiers. Ils peuvent être rectangulaires ou sphériques, faits de carton ou de plexiglas de différentes couleurs. Par exemple, des sphères rouges engluées, avec ou sans attractif, sont utilisées pour capturer les mouches de la pomme (Chouinard *et al.*, 2001). Des bandes pièges fixées au tronc sont aussi utilisées pour capturer les larves hivernantes de carpocapse.

Lutte attracticide

La lutte attracticide est la combinaison d'une méthode de lutte avec un attractif. Par exemple, dans le cas du carpocapse de la pomme, elle consiste à appliquer sur l'écorce des pommiers, de fines gouttelettes d'un produit attractif (une phéromone sexuelle avec un insecticide et une substance collante) qui attire et tue les carpocapses mâles (Cormier *et al.*, 2006).

2.3 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 les maladies des cultures (Cloutier et Cloutier, 1992). Les auxiliaires de lutte peuvent être des insectes prédateurs ou parasitoïdes, des acariens prédateurs, des nématodes, de même que des microorganismes, tels que des virus, des champignons, des bactéries ou des protozoaires.

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

2.3.1 Pratiques de conservation

Premièrement, l'action des auxiliaires déjà présents peut être encouragée par l'aménagement d'habitats favorables. Si des insecticides sont utilisés, ils doivent être spécifiques au ravageur et/ou appliqués d'une façon peu dommageable pour l'auxiliaire. Il est fortement recommandé de respecter les seuils d'intervention à l'aide du dépistage pour éviter tout traitement inutile. Ces traitements non nécessaires entraînent des coûts supplémentaires et nuisent aux auxiliaires de lutte. De plus, les seuils d'intervention peuvent être augmentés en présence d'auxiliaires puisque ces derniers exercent déjà un contrôle sur les ravageurs.

De nombreuses espèces d'acariens et d'insectes prédateurs et parasitoïdes sont présentes dans les vergers du Québec. Chaque année, les observateurs du Réseau-pommier rapportent la présence d'acariens prédateurs, de chrysopes, de syrphes et d'hémérobes (photo 1). Ces organismes utiles travaillent pour les pomiculteurs en maintenant les densités des

PHOTO 1. Prédateur généraliste
Larve d'hémérobe
Crédit : Bernard Drouin

PHOTO 2. Espèce utile Coccinelle à sept points
Coccinella septempunctata L.
Crédit : Franz Vanoosthuyse

populations de ravageurs au-dessous des seuils d'intervention dans les vergers qui utilisent un programme minimal de traitements insecticides (gestion intégrée des ennemis des cultures) (Chouinard, 2008c).

Les prédateurs d'acariens ont une véritable efficacité contre les acariens phytophages. Lorsqu'ils peuvent se développer sans contraintes, ils réussissent régulièrement à maintenir les populations d'acariens à un niveau ne nécessitant pas de traitements acaricides.

Dans la plupart des vergers où des traitements insecticides à faible impact sont appliqués l'été, le puceron lanigère est réprimé par une guêpe parasitoïde appelée *Aphelinus mali* (Braconide) (Morin et Chouinard, 2001). Lorsque le verger est en équilibre (bon rapport entre les fruits et les pousses végétatives) et que des pesticides adéquats sont utilisés, les pucerons verts du pommier seront réprimés adéquatement par les prédateurs et les parasitoïdes présents naturellement (ex. larves de cécidomyies, de syrphes, de chrysopes et de coccinelles (photo 2)).

De plus, même lorsque les populations de mineuses sont fortes, on peut observer une très bonne répression biologique par de petites guêpes parasitoïdes (*Pholetesor ornigis* et *Sympiesis marylandensis*) dans des conditions favorables. Appliquer le moins possible d'insecticides à large spectre et éviter toute application pendant l'été devrait préserver ces parasitoïdes qui sont actifs jusqu'à la récolte (Morin et Chouinard, 2001).

Un répertoire des principaux organismes utiles dans les vergers est présenté au tableau 3 :

Tableau 3. Répertoire des principaux organismes utiles dans les vergers

INSECTES, ACARIENS ET ARAIGNÉES BÉNÉFIQUES

NOM DU GROUPE	EXEMPLES DANS LES VERGERS	EFFICACITÉ PRINCIPALE CONTRE
Acariens phytoséiides	*Neoseiulus fallacis* *Typhlodromus caudiglans* *Allothrombium lerouxii*	Tétranyques Tétranyques Acariens
Acariens stigmaéides	*Agistemus fleschneri* *Zetzellia mali*	Acariens Acariens
Acariens anystides	*Anystis baccarum*	Grand nombre d'espèces
Autres acariens prédateurs	*Balaustium sp.*	Tétranyque rouge, ériophyides
Araignées à toile	*Theridion murarium*	Tétranyques, tordeuses
Araignées errantes	*Metaphidippus protervus*	Tétranyques, tordeuses
Cécidomyies	*Aphidoletes aphidimyza*	Pucerons
Chrysopes	*Chrysoperla carnea*	Acariens, pucerons
Coccinelle à sept points	*Coccinella septempunctata*	Pucerons
Coccinelle à quatorze points	*Propylea quatuordecimpunctata*	Pucerons
Coccinelle asiatique	*Harmonia axyridis*	Pucerons, acariens
Épeires	*Araniella displicata*	Tétranyques, tordeuses
Guêpes braconides parasitoïdes	*Pholetesor ornigis*	Mineuse marbrée
Guêpes chalcides parasitoïdes	*Sympiesis sp.*	Mineuses, pucerons
Ichneumons	*Diadegma obliteratus*	Noctuelle, tordeuses, mineuses
Mouches tachinaires	*Actia interrupta*	Tordeuses, hoplocampe
Punaises anthocorides	*Anthocoris sp., Orius sp.*	Acariens
Punaises mirides prédatrices	*Hyaliodes vitripennis*	Tétranyques, pucerons
Punaises pentatomides prédatrices	*Podisus maculiventris*	Tordeuses, punaises
Punaises réduvides	*Sinea diadema*	Cicadelle, tordeuses, pucerons
Syrphes	*Bacca, Syrphus, etc.*	Pucerons
Thrips prédateurs	*Haplothrips faurei*	Tétranyque rouge, ériophyides

PRINCIPAUX MICRO-ORGANISMES BÉNÉFIQUES

NOM DU GROUPE	EXEMPLES DANS LES VERGERS	EFFICACITÉ PRINCIPALE CONTRE
Bactéries entomopathogènes	*Bacillus thuringiensis* *Bacillus sp.*	Lépidoptères (chenilles) Espèces variées d'insectes
Champignons antagonistes	*Microsphæropsis sp.* *Athelia bombacina*	Tavelure du pommier Tavelure du pommier
Champignons entomopathogènes	*Metarrhizium anisopliæ*	Espèces variées d'insectes
Muscardines	*Beauveria bassiana*	Espèces variées d'insectes
Nématodes entomopathogènes	*Steinernema sp.*	Espèces variées d'insectes
	Heterorhabditis sp.	Espèces variées d'insectes
Virus entomopathogènes	*Granulose du carpocapse*	Carpocapse de la pomme
	Polyhédrose de la tordeuse à bandes obliques	Tordeuse à bandes obliques

OISEAUX ET MAMMIFÈRES UTILES

NOM DU GROUPE	EXEMPLES DANS LES VERGERS	EFFICACITÉ PRINCIPALE CONTRE
Animaux de basse-cour	Poules, poulets, dindes, etc.	Charançon, hoplocampe, mouche de la pomme
Animaux de compagnie	Chiens, chats, etc.	Cerfs, campagnols et autres rongeurs
Chauves-souris	Plusieurs espèces	Espèces variées d'insectes
Hirondelles	Hirondelle noire, h. bicolore, h. des granges	Espèces variées d'insectes
Oiseaux de proie	Hiboux, aigles, buses, faucons	Rongeurs et autres petits mammifères

POLLINISATEURS

NOM FRANÇAIS	NOM SCIENTIFIQUE	NOM ANGLAIS
Abeille	*Apis mellifera*	Honey bee
Andrénides	*Andrenidæ*	Andrenid bees
Halictides	*Halictidæ*	Halictid bees
Bourdons	*Bombus sp*	Bumble bees
Mégachiles	*Megachilidæ*	Leafcutting bees
Syrphes	*Syrphidæ*	Hover flies

Tableaux tirés de : Chouinard G. (coord.), 2001.

Lorsque des espèces utiles à protéger (abeilles, prédateurs naturels, parasitoïdes, etc.) sont présentes dans le verger, il est évidemment préférable d'éviter tout traitement insecticide. Au Québec, la Loi sur la protection sanitaire des animaux interdit d'arroser, au pulvérisateur ou autrement, ou de saupoudrer avec des produits chimiques ou biologiques toxiques aux abeilles, tout arbre fruitier ainsi que toute autre plante d'une espèce ou catégorie désignée par règlement, pendant la période où cet arbre ou cette plante est en floraison. (article 11.12) (Gouv. du Québec, 2012). En dehors de cette période, lorsqu'une application s'impose, plusieurs éléments peuvent influencer la protection des organismes utiles. En limitant les traitements insecticides au minimum, en sélectionnant un pesticide ayant un impact minimal sur les acariens prédateurs et insectes utiles et en utilisant la *dose minimale efficace*, il est possible de réduire l'impact des traitements sur de nombreux auxiliaires de lutte.

De plus, il est extrêmement avantageux de concentrer les efforts de lutte contre les ravageurs en début de saison (jusqu'au traitement du stade calice). Cette stratégie permet de minimiser les impacts négatifs sur les organismes utiles, de se laisser plus de temps pour les autres opérations en période estivale et de réduire les résidus de pesticides à la récolte (Morin et Chouinard, 2001). Par exemple, l'application d'une pyréthrinoïde (MATADOR, POUNCE, RIPCORD, DECIS, etc.) en été provoque généralement la destruction des prédateurs, d'acariens et de mineuses adultes, présents à cette période. Du coup, elle occasionne des problèmes de résurgence des populations d'acariens phytophages et de mineuses (Morin et Chouinard, 2001). En somme, si vous devez utiliser des pesticides, choisissez des produits sélectifs les moins toxiques pour les prédateurs naturels et les parasitoïdes en consultant le *Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier* ou SAgE pesticides. De plus, le *Guide*

d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels vous permettra de reconnaître plusieurs organismes bénéfiques.

2.3.2 Pratiques d'augmentation

Si l'introduction d'auxiliaires de lutte est requise, des lâchés dans l'environnement peuvent s'effectuer selon trois stratégies :

La lutte biologique classique consiste en l'introduction d'espèces provenant de la région d'origine du ravageur (habituellement exotique) dans le but qu'ils s'établissent et soient capables de réguler les populations d'un ravageur à long terme. Il s'agit d'une méthode préventive plutôt que curative. Les délais d'action sont généralement beaucoup plus longs que ceux des produits de synthèse.

La technique des lâchers inoculatifs vise à augmenter le rapport prédateurs/ravageurs (Cloutier et Cloutier, 1992) pour maintenir un ravageur à un niveau de population suffisamment bas pendant toute la durée d'une culture. Les prédateurs sont relâchés en grande quantité, pour une action souvent préventive.

La méthode des lâchers inondatifs vise à introduire en masse un agent biologique de lutte dans le but de réprimer la population d'un ravageur ciblé afin de prévenir les dommages économiques (action curative). L'effet est généralement assez rapide, comparable à celui des insecticides chimiques.

2.3.3 Agents de lutte

Prédateurs

Les prédateurs tuent et consomment leurs proies aux stades œuf, larvaire ou adulte. 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, acariens ou autres petits animaux. Parmi les oiseaux insectivores présents en vergers, on retrouve notamment certaines parulines, mésanges, moucherolles, pics et merles d'Amérique. Chez les arthropodes le groupe des arachnides se compose en grande partie d'espèces prédatrices ainsi que plusieurs ordres d'insectes dont majoritairement: les hyménoptères, les coléoptères, les diptères et les hémiptères (Boivin, 2001).

Les acariens prédateurs sont un groupe très utile en pomiculture. Parmi les plus importants on retrouve les phytoséiides, une famille dont les individus sont très voraces. Au Québec, les populations de phytoséiides et stigmaeides dans les vergers biologiques sont généralement suffisantes pour garder les populations de tétranyques ravageurs sous les seuils de nuisibilité. Plusieurs espèces d'araignées exercent également une action notable sur certains ravageurs, notamment les tétranyques et les tordeuses. Leur présence est peu compatible avec l'utilisation des insecticides, particulièrement ceux qui sont appliqués contre la mouche de la pomme, et elles sont beaucoup plus abondantes dans les vergers non traités avec des pesticides de synthèse (Madsen et Madsen, 1982).

Les familles de coléoptères prédateurs bien connues sont les Coccinellidae, Carabidae, Staphylinidae, Cicindelidae, Dystiscidae et Gyrinidae (Boivin, 2001). Les coccinelles sont très utiles en vergers, particulièrement la coccinelle asiatique qui est arboricole. 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, les acariens, les tordeuses, etc. La coccinelle à quatorze points est aussi un bon prédateur : elle s'attaque aux pucerons ainsi qu'aux larves et œufs de lépidoptères. Les carabes que l'on retrouve principalement au sol sont aussi très présents. Ils sont efficaces contre les insectes qui passent 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 chrysopes sont aussi abondantes en vergers et leurs larves sont très voraces contre les pucerons, de plus elles sont tolérantes à plusieurs pesticides utilisés en vergers commerciaux. La *Chrysopa oculata* Say peut être élevée en laboratoire, ce qui peut faciliter son utilisation comme prédateur.

Parasitoïdes

Les parasitoïdes sont des organismes qui se développent sur ou dans un hôte et qui finissent par le tuer directement ou indirectement en raison de leur développement (Godfray, 1994). Les hôtes peuvent être les œufs, les larves, les pupes ou les adultes d'un insecte. Les hyménoptères parasitoïdes sont nettement le groupe d'organismes le plus important en lutte biologique et il est responsable de la majorité des succès tant du point de vue économique qu'environnemental (LaSalle, 1993 cité dans Boivin, 2001). De l'ordre des hyménoptères, les parasitoïdes les plus souvent étudiés et utilisés sont les chalcides, ichneumonides et les braconides. Les parasitoïdes appartenant aux diptères (tachinides) et aux coléoptères sont également bien connus.

En lutte biologique, l'utilisation des parasitoïdes comporte plusieurs avantages. Ils ont une bonne capacité de dispersion et de localisation de leur hôte, ont une bonne capacité à s'établir dans un habitat donné, sont très sécuritaires pour la santé humaine et ont une grande spécificité d'hôte posant peu de risques pour les organismes non visés (Cloutier et Cloutier, 1992). En contrepartie, l'action des parasitoïdes n'est pas immédiate, il y a un délai entre le lâcher des parasitoïdes et le contrôle des hôtes. De plus, l'élevage en masse est relativement coûteux, les techniques de lâchers de parasitoïdes sont souvent compliquées et laborieuses et ces agents de lutte sont fragiles, ce qui complique leur transport des sites de production vers les sites de lâchers (Cloutier et Cloutier, 1992). Au Canada, les introductions d'ennemis naturels sont réglementées et nécessitent un permis d'introduction afin d'identifier les risques potentiels associés.

Nématodes entomopathogènes

Les nématodes des genres *Steinernema, Neoplectana* et *Heterorhabditis* sont bien connus en lutte biologique. Une bactérie symbiotique du genre *Xenorhabdus* est associée à ces nématodes et cause une infection mortelle de l'hôte. Ce complexe nématode-bactérie est d'ailleurs nécessaire à l'obtention d'un effet insecticide. Tous les stades des ravageurs sont sensibles, à l'exception du stade œuf. Les nématodes parasites pénètrent dans l'insecte par les orifices naturels ou par la cuticule où ils libèrent les bactéries qui tuent rapidement l'hôte.

Les stades immatures peuvent se déplacer dans l'eau, ce qui augmente leur pouvoir de dispersion. Quoique de bons agents de lutte biologique, l'utilisation des nématodes est limitée par leur grande sensibilité aux rayons UV 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 nématodes sont exemptés d'homologation.

Microchampignons entomopathogènes

Plus de 700 espèces de microchampignons sont connues comme étant entomopathogènes (Starnes *et al.*, 1993), elles jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes. Ces microchampignons sont des agents de lutte très intéressants puisqu'ils peuvent infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact rendant tous les stades (œuf, larve, adulte) sensibles. Ils causent la mort de l'insecte en germant et en se développant dans celui-ci et peuvent ensuite être propagés à d'autres individus. L'humidité est nécessaire à leur germination. Ils peuvent être appliqués avec les méthodes conventionnelles et être produits en masse à des coûts moindres. Les espèces des genres *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*, *Entomophtora, Erynia, Hirsutella* et *Entomophaga* sont les plus couramment utilisées en lutte biologique (Goettel, 1992). Pour l'instant, aucun de ces agents n'est disponible commercialement au Canada pour utilisation sur des arbres fruitiers.

Bactéries

Selon Starnes *et al.* (1993), plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique. Les bactéries pénètrent l'insecte en étant ingérées par celui-ci. En effet, la toxine est libérée par une digestion partielle de la bactérie dans le tube digestif de la larve de l'insecte ravageur. Dans le cas des genres de bactéries communément utilisés en lutte, le cristal protéique produit par la bactérie est l'agent infectieux. Dès l'ingestion, le cristal est dissout et libère une toxine qui provoque la paralysie stomacale de l'insecte. Les bactéries se multiplieront dans l'hôte provoquant sa mort. Lorsque la victime se désintègre, elle éclate, libérant d'autres bactéries qui contamineront d'autres individus. La bactérie la plus connue et utilisée en phytoprotection est le *Bacillus thuringiensis* (Bt). Différentes sous-espèces peuvent être utilisées, notamment, la souche *israelensis* contre les diptères et la souche *kurstaki* contre des lépidoptères (ex. tordeuses). Plusieurs formulations commerciales sont homologuées pour utilisation en pomiculture : Bioprotec 3P (granules mouillables), Bioprotec CAF (formulation liquide), DiPel 2X DF (granules mouillables), DiPel WP (poudre mouillable) et Foray 48BA (formulation aqueuse). Des phagostimulants (ex. Pheast) peuvent être ajoutés à la formulation pour augmenter l'ingestion par les chenilles (Li et Fitzpatrick, 1997; Navon, 2000). L'ajout d'un phagostimulant améliore effectivement l'efficacité du Bt. Cependant des résultats satisfaisants peuvent tout de même être observés sans cet ajout (Désilets, comm. pers.). Plusieurs produits sont disponibles pour utilisation domestique : Bioprotec Eco, Safer's BTK, Rona BTK, etc.

Virus

Les virus entomopathogènes, particulièrement les baculovirus, sont utilisés depuis longtemps en lutte biologique. Les virus diffèrent par leur principe d'action qui dépend des particules

virales utilisées. Les virus provoquant la polyédrose nucléaire (NPV) affectent principalement les lépidoptères et hyménoptères, tandis que les baculovirus à corps d'inclusion granulaire (GV) causent une granulose chez l'insecte et atteignent surtout les lépidoptères. 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). L'utilisation des NPV et des GV est toutefois inoffensive pour les vertébrés, incluant l'humain. Les principales caractéristiques des bioinsecticides viraux sont la spécificité, la rapidité d'action, la haute virulence et le niveau raisonnable de persistance dans l'environnement (Dent, 1991). En étant spécifiques, les virus risquent peu de nuire aux auxiliaires de lutte. Par contre, le principal désavantage des virus entomopathogènes demeure la difficulté de les propager en masse à faible coût, en raison du caractère obligatoire de leur multiplication à partir de tissus intacts d'insectes (Cunningham, 1988). Les virus sont aussi sensibles au rayonnement ultraviolet (UV). En effet, les NPV et les GV sont inactivés après seulement quelques heures d'exposition aux rayons solaires (Franz, 1971 cité dans De Kouassi, 2001). Le granulovirus du carpocapse de la pomme homologué au Canada sous la forme du bioinsecticide viral Virosoft[CP4], est un bon exemple de virus utilisé en lutte biologique. Des stimulants alimentaires peuvent être ajoutés pour augmenter le pouvoir infectieux de la formulation.

2.4 PRODUITS D'ORIGINE NATURELLE

Ce type de lutte utilise des insecticides, acaricides et fongicides d'origine animale, végétale et minérale. De façon générale, ces produits ont un très large spectre d'action et risquent d'être nuisibles aux auxiliaires de lutte. Par contre, ils sont souvent biodégradables, laissant peu de résidus dans l'environnement.

Antibiotiques

Les antibiotiques sont parfois produits par un organisme pour en tuer ou inhiber un autre et sont utilisés en protection des cultures. La streptomycine est efficace et utilisée contre la brûlure bactérienne. L'abamectine, dérivée d'un actinomycète, est utilisée comme insecticide et miticide. Agrimek est un exemple de produit à base d'abamectine.

Un autre exemple, le SPINOSAD (ENTRUST 80W (spinosad 80 %) et GF-120 NF (spinosad 0.02 %)) est un insecticide naturel composé de deux éléments, à savoir les spinosynes A et D, qui sont dérivés du processus de fermentation de bactéries *Saccharopolyspora spinosa.*

Argile kaolin

La pulvérisation de kaolin ou argile blanche (SURROUND WP) sur le feuillage, les tiges et les fruits crée une barrière physique entre l'hôte et le ravageur. L'arbre et ses fruits deviennent « blancs » et ainsi beaucoup moins attirants pour les ravageurs qui ne reconnaissent plus leur hôte. Le SURROUND WP est vaporisé sous forme liquide qui s'évapore laissant un film blanc protecteur à la surface des feuilles, des tiges et des fruits. Les équipements de pulvérisation conventionnels peuvent être utilisés, mais il est important de bien couvrir les surfaces vulnérables de l'arbre et de maintenir cette couverture pour bénéficier d'une bonne protection.

Terre diatomée

La terre diatomée est une poudre naturelle composée de squelettes fossilisés d'organismes marins appelés diatomées. Son mode d'action, par contact ou par ingestion, est relié à sa structure en forme de petits cristaux coupants qui créent de fines lésions chez l'insecte. Celui-ci se déshydrate ou voit ses organes vitaux détruits, ce qui provoque sa mort.

Elle a déjà été expérimentée par quelques producteurs biologiques en solution dans l'eau. D'après Désilets (comm. pers.), la meilleure façon de l'utiliser serait avec une poudreuse électrostatique. La mort de l'insecte survient normalement quelques jours après l'ingestion. Elle possède une très longue activité résiduelle puisqu'elle n'est pas inactivée par les rayons ultraviolets, mais elle devient inefficace lorsque mouillée. Elle est inoffensive pour les mammifères. Toutefois, il est recommandé de porter un masque lors de l'application pour éviter l'irritation des voies respiratoires. Les vers de terre ne seraient pas affectés. La terre diatomée a un très large spectre d'action et elle doit donc être utilisée judicieusement pour ne pas détruire les organismes bénéfiques.

La pyréthrine

La pyréthrine est extraite des fleurs de *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Ce poison s'attaque au système nerveux de nombreuses espèces d'insectes suceurs et broyeurs comme les pucerons, les cicadelles, les punaises et les charançcons 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 incluant l'homme. La pyréthrine peut se conserver environ trois ans en entrepôt mais perd ses propriétés insecticides à la lumière, à la chaleur et en milieu alcalin. Le butoxyde de pipéronyle est souvent ajouté aux pyréthrinoïdes pour augmenter leur efficacité, mais il n'est pas considéré comme un produit biologique. Bien que la pyréthrine naturelle soit homologuée au Canada comme insecticide et acceptée en agriculture biologique, on ne retrouve aucun produit commercial (à l'exception du Trounce) ne contenant pas de butoxyde de pipéronyle, substance non autorisée par les cahiers de charge d'agriculture biologique (Duval et Weill, 2007).

Autres plantes - décoctions végétales, produits à base d'huiles végétales ou essentielles

Les décoctions végétales et les préparations à base d'huile essentielle ou végétales sont des moyens de lutte davantage utilisés à l'échelle domestique. Les recherches bien documentées sont rares et il est donc difficile de proposer des recettes précises et de prévoir des résultats. Ainsi, aucune recette définie n'est suggérée dans ce document. Néanmoins, quelques plantes souvent répertoriées dans la littérature sont mentionnées.

Une décoction végétale peut stimuler les défenses naturelles des pommiers contre certaines maladies, telles l'oïdium, le mildiou, la rouille et la tavelure. L'ortie, le bouleau ou la prêle sont souvent utilisés. Différentes décoctions maisons, à base de produits végétaux ou animaux, ont des propriétés fongicides potentielles, mais leur efficacité n'est pas documentée. Une préparation à base d'ail, d'oignon et de poivre de cayenne en est un exemple. Le

bicarbonate de soude en solution et l'urée sont des fongicides naturels reconnus. Par exemple, dans le traitement du mildiou pour le premier et le second contre la tavelure.

Des produits contenant des extraits d'ail ou de piment fort (capsicine) sont surtout utilisés commes répulsifs et ne sont pas homologués au Canada comme insecticides (Duval et Weill, 2007). Plusieurs produits à base d'huiles essentielles ou végétales (sésame, agrumes, romarin, menthe poivrée, thym, etc.) sont commercialisés pour leurs propriétés insecticides ou répulsives aux Etats-Unis et en Europe mais aucun de ces produits ne sont homologués au Canada (Duval et Weill, 2007). Ainsi, leur efficacité en verger n'est pas documentée.

Savons insecticides

Les savons insecticides sont composés d'acides gras d'origine végétale. Agissant par contact, ils endommagent et perturbent la perméabilité de la membrane protectrice des insectes (cuticule) en causant une mort rapide par asphyxie (Henn et Weinzierl, 1989). Le produit doit donc entrer en contact avec l'insecte pour le tuer. 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 à vaporiser. Cependant, les savons insecticides ont généralement un large spectre d'action et peuvent être nuisibles pour les organismes bénéfiques.

Huiles de dormance

L'huile de dormance est un insecticide/miticide de contact. Son mode d'action est d'étouffer la respiration des œufs. Elle est 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 débourrement 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 une forme d'huile ultra raffinée (huile de pulvérisation 13E) qui peut être appliquée en tout temps et qui est maintenant homologuée depuis juillet 2011.

L'huile végétale est plus souhaitable au point de vue écologique; son coût est cependant très élevé et elle est donc peu utilisée, Pour en assurer son efficacité, il faut cependant éviter d'utiliser l'huile végétale à la même période d'application que le soufre.

Soufre et cuivre

Le soufre et le cuivre sont des éléments bien connus en agriculture biologique pour leur action fongicide car ils inhibent la germination des spores et détruisent le mycelium des champignons. Les fongicides à base de soufre et de cuivre doivent couvrir complètement les bourgeons, le feuillage ou les fruits et être appliqués constamment (particulièrement en début de saison) pour être efficaces contre la tavelure. Leur application doit donc être renouvelée suite à 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 utilisé. Cependant, une application répétée de soufre ou de cuivre peut causer un excès de ces éléments dans le sol.

Afin d'augmenter son action fongicide, le soufre peut être utilisé avec l'ajout de certains minéraux et argiles. Par exemple, 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. La bouillie sulfocalcique est un mélange de chaux et de soufre mouillable. Son emploi doit être restreint aux situations d'infection sévère. Puisqu'elle peut causer des blessures aux fruits et/ou au feuillage (Braun, 1991). Aussi, elle est toxique pour les auxiliaires, notamment pour les acariens prédateurs. Il faut éviter d'utiliser le soufre (surtout en poudre): (1) en plein soleil par temps chaud (plus de 27°C), (2) lorsque l'humidité relative demeure élevée, (3) avant une gelée nocturne (4) dans les 30 jours qui suivent l'application d'une huile de dormance (Braun, 1991).

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 roussissure légère 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. Elle est très efficace lorsqu'elle est utilisée avant le stade calice et dans des conditions de séchage rapide. Par la suite, elle risque de causer de la roussissure sur les feuilles et les fruits. L'application de la bouillie bordelaise est recommandée au printemps, puisque c'est elle qui fonctionne le mieux à des températures plus froides (inférieur à 12 °C). Le soufre peut ensuite être appliqué. L'utilisation de bouillie bordelaise peut réduire l'incidence de brûlure bactérienne (Braun, 1991). Bien que le cuivre s'accumule dans le sol et qu'il est très toxique pour les vers de terre, il demeure la substance de prévention par excellence contre un grand nombre de maladies en agriculture biologique (Duval et Weill, 2007). Toutefois, son utilisation en agriculture biologique est controversée, mais peu d'alternatives efficaces existent.

2.5 CONFUSION SEXUELLE

Cette technique consiste à saturer l'air ambiant de phéromones sexuelles synthétiques qui imitent la phéromone sexuelle produite naturellement par les femelles. Les mâles sexuellement actifs qui entrent dans une zone où on utilise cette technique ne réussissent pas à localiser les femelles et meurent sans s'être accouplés.

Les composés chimiques doivent être dispersés dans le verger aussi uniformément que possible et la concentration doit rester à un niveau suffisant pour créer la confusion chez les mâles. Ce niveau est déterminé par des expériences en verger.

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, comme c'est le cas au Québec ou dans les vergers petits, étroits ou

découpés. En effet, cette technique n'empêche pas l'arrivée de femelles accouplées et prêtes à pondre à l'extérieur du verger. La probabilité d'immigration des femelles de l'extérieur augmente avec la proportion de l'espace occupé par la bordure d'un verger. L'utilisation de la confusion sexuelle est recommandée dans les vergers d'au moins 2 à 3 hectares. Dans les plus petits vergers, la confusion sexuelle peut fonctionner si la population de départ est très faible.

Les capsules ou diffuseurs sont habituellement installés à la main dans 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 une formulation de phéromone pulvérisable. Les pulvérisateurs conventionnels pourraient ainsi être employés.

Le tableau 4 présente les avantages et les désavantages des moyens alternatifs de lutte :

Tableau 4 : Récapitulation des moyens alternatifs de lutte : avantages et désavantages

	AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
Moyens alternatifs en général	• Réduction des résidus de pesticides sur le fruit • Réduction de l'impact des pesticides en bordure de vergers • Diminution de la pression de sélection (résistance) • Établissement de populations d'ennemis naturels	• Nécéssite un suivi étroit des populations de ravageurs et des ennemis naturels • Requièrent une main-d'œuvre spécialisée • Action souvent à long terme • Souvent plus coûteux que les méthodes classiques
Méthodes culturales	• Pas de résistance ni de résidus dans l'environnement • Maintien de l'équilibre naturel de l'écosystème • Peu coûteuses, fiables, souvent spécifiques	• Exigent une planification à long terme et une très bonne connaissance des ravageurs visés • Pas toujours suffisantes pour maintenir le ravageur sous le seuil économique
Méthodes physiques	• Non toxiques • Pas de résistance ni de résidus dans l'environnement • Maintien de l'équilibre naturel de l'écosystème • Fiables, souvent spécifiques	• Exigent une planification à long terme et une très bonne connaissance des ravageurs visés • Coûteuses en main-d'œuvre • Pas toujours suffisantes pour maintenir le ravageur sous le seuil économique
Méthodes biologiques	• Peu de risque pour la santé humaine • Diminue ou élimine les recours aux pesticides de synthèse • Effet plus durable que celui des pesticides de synthèse • Peu ou pas d'impacts sur les autres auxiliaires	• Parfois coûteux (dans les cas de lâchers) • Rémanence et efficacité variables • Nécessitent un suivi étroit des populations
Prédateurs	• Dispersion autonome • Possibilité d'effet durable	• Élevage de masse coûteux • Transport et lâchers délicats • Interférence par des proies alternatives (généralistes) • Sensibilité aux conditions climatiques et aux insecticides • Peu spécifiques
Parasitoïdes	• Dispersion autonome • Possibilité d'effet durable • Peu ou pas d'impact sur les autres auxiliaires • Très spécifiques	• Élevage de masse coûteux • Transport et lâchers délicats • Sensibilité aux conditions climatiques

(suite)	AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
Nématodes	• Culture de masse facile • Utilisation de la technologie d'application des pesticides de synthèse	• Sensibilité aux conditions environnementales • Faible rémanence sur feuillage
Microorganismes entomopathogènes	• Spécifiques • Culture de masse facile (sauf virus) • Utilisation de la technologie d'application des pesticides de synthèse	• Faible rémanence • Réticence du public pour certains produits • Sensibilité aux conditions environnementales • Période d'application et couverture critique
Produits d'origine naturelle	• Faible rémanence • Diminuent ou éliminent les recours aux pesticides de synthèse	• Peu spécifiques (toxiques pour les ennemis naturels) • Certains sont toxiques pour l'humain ou même pour la culture • Faible rémanence en général • Possibilité d'accumulation dans l'environnement
Confusion sexuelle	• Non toxique • Pas d'impact sur les auxiliaires • Bien acceptée par les consommateurs • Diminue ou élimine les recours aux pesticides • Très spécifique • Sans risque pour la santé humaine	• Beaucoup de travail manuel • Contrôle non prévisible dans certaines conditions (température froide, présence de femelles déjà accouplées) • Durée de vie des diffuseurs réduite • Coûts élevés des diffuseurs

En somme, il existe une multitude d'alternatives à la lutte chimique. Voyons maintenant leurs applications aux ravageurs prépondérants de la pomiculture québécoise.

CHAPITRE 3

RAVAGEURS ET MALADIES PRÉPONDÉRANTS

Pour une description plus détaillée des insectes ravageurs, de leurs dégâts et de leurs ennemis naturels, consultez le *Guide d'identification des insectes du pommier et de leurs ennemis naturels*, le *Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier* et le *Manuel de l'observateur - pommier*. Référez-vous à la section *Pour en savoir plus* pour consulter ou vous procurer ces ouvrages de référence.

3.1 CHARANÇON DE LA PRUNE

CONOTRACHELUS NENUPHAR (PLUM CURCULIO)

3.1.1 Description et biologie

Espèce indigène à l'Amérique du Nord, le charançon de la prune est l'un des plus importants ravageurs de la pomiculture québécoise. Plus de 85 % des fruits peuvent être endommagés par ce ravageur dans les vergers non traités (Vincent et Roy, 1992).

Cet insecte (5 mm) au dos rugueux et bosselé, est noir ou grisâtre avec une tache brun clair sur le dos (Chouinard *et al.*, 2001) (Photo 3). Il possède un bec allongé (rostre) utilisé par la femelle pour creuser un sillon en forme de demi-lune dans les nouveaux fruits afin d'y pondre un œuf blanc elliptique. Une seule femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs entre la nouaison et la fin juin, ce qui en fait un ravageur redoutable (Chouinard *et al.*, 2001).

PHOTO 3. Adulte Charançon de la prune
Conotrachelus nenuphar
Crédit : Bernard Drouin

PHOTO 4. Larve Charançon de la prune
Conotrachelus nenuphar
Crédit : MAPAQ

L'adulte passe l'hiver dans des débris végétaux, dans la litière des boisés environnants, sous les bâtiments ou dans les vergers. Le charançon de la prune fait son apparition dans les vergers principalement à partir de la floraison des pommiers. Ils y migrent lors de journées

chaudes et sans vent, pour s'assembler à la base des arbres (Chouinard, 1991). Cependant, les adultes du charançon se déplacent peu, à seulement quelques mètres du site d'hibernation (Lafleur *et al.*, 1987) et leur déplacement est étroitement relié à la température ambiante. 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, puis à mesure que la saison progresse, ses activités deviennent autant diurnes que nocturnes (Racette *et al.,* 1992). De 3 à 12 jours après la ponte, les œufs éclosent et les larves se nourrissent de la chair du fruit (photo 4). Deux à trois semaines plus tard, les larves vont s'enfouir dans le sol, à environ 3 cm de profondeur, pour entrer en pupaison. Ainsi, une nouvelle génération d'adultes émerge en août et reste présente dans les vergers jusqu'à la fin des récoltes. Ces adultes se nourrissent surtout de fruits mûrs tombés au sol ou de fruits à récolter si les populations sont abondantes après quoi ils se déplacent vers les boisés et se trouvent un abri pour passer l'hiver. Au Québec, le charançon complète une seule génération par année.

3.1.2 Dégâts observables

On retrouve quatre types de dommages :

1. cicatrices de ponte en forme de croissant de lune sur les fruits (photo 5)
2. galeries creusées dans la chair du fruit par les larves
3. chute précoce de la majorité des fruits attaqués
4. dommages circulaires à travers la pelure causés par la nouvelle génération d'adultes en août, souvent près du pédoncule de la pomme.

PHOTO 5. Cicatrice de ponte du charançon de la prune en forme de demi-lune
Crédit : Franz Vanoosthuyse

3.1.3 Stratégies de lutte

Malgré l'importance de ce ravageur et les efforts de recherche déployés, encore peu d'alternatives de lutte existent contre le charançon de la prune. Les vergers les plus à risque sont ceux comportant des cultivars d'été, entourés de boisés ou qui ont un historique de dégâts.

La principale stratégie préconisée au Québec, si les résultats de dépistage le justifient, est le traitement complet après la floraison mais avant l'apparition des premiers dégâts (Chouinard, 2011c) et suivi, par la suite, de traitements localisés additionnels si nécessaire. Le dépistage par piège étant encore au stade expérimental, la seule méthode vraiment fiable consiste à examiner les jeunes fruits en périphérie du verger, de préférence sur les cultivars hâtifs, afin de détecter les marques de ponte fraîche (demi-lune). Il faut traiter dans les secteurs affectés si le seuil d'intervention de 1 % de fruits marqués est dépassé (2 % à partir de la mi-juin). Contrairement aux années antérieures, de plus en plus de pommiers sont affectés par le charaçon dans la région de Québec et même dans les vergers plus à l'est, notamment ceux situés près de boisés ou encore dans des blocs où se côtoient pommiers et pruniers (Chouinard, 2011c). Ainsi, dans ces régions, il est suggéré de surveiller les pommiers avoisinant des boisés ou des pruniers.

Une autre stratégie testée au Québec depuis plusieurs années, les traitements de bordure. Cette stratégie a démontré que le traitement d'une ceinture périphérique de pommiers de 20 m, soit environ 5 rangées d'arbres dans un verger à forte densité, est généralement suffisant pour limiter les dégâts du charançon. Une zone centrale est ainsi gardée exempte de pesticides, ce qui limite les coûts de traitement et favorise l'établissement des auxiliaires de lutte (Chouinard, 2011c). Cependant, ce moyen demande une inspection régulière (2 à 3 fois par semaine) du verger à partir du stade calice jusqu'à la fin juin. Des traitements additionnels localisés doivent être effectués si de nouveaux dégâts sont détectés et aucun autre ravageur ne doit être présent au centre du verger, d'où la nécessité du dépistage de tous les ravageurs. Il est à noter que cette technique est peu efficace dans les vergers avec une forte proportion de cultivars hâtifs dans la zone centrale ou dans les vergers de faible hauteur (Chouinard *et al.*, 2001).

3.1.4 Méthodes culturales

L'aménagement du verger et de son environnement peut contribuer à diminuer les populations de charançons. L'élimination des pommiers abandonnés et autres rosacées cultivées ou sauvages sur un rayon de 200 mètres autour du verger permettra de limiter les dommages puisque ceux-ci représentent des foyers d'infestation importants (Prokopy *et al.*, 1990).

Puisque les conifères sont défavorables à la survie hivernale des charançons, il est conseillé de planter une ceinture de conifères tout autour du verger (Lafleur et Hill, 1987). Conséquemment, il est préférable d'éviter l'établissement d'un verger en bordure d'une forêt de feuillus puisque la litière sert de site d'hibernation pour le charançon. En effet, le charançon préfère hiberner sous les feuilles d'érables (Lafleur et Hill, 1987).

Ramasser régulièrement, en cours de saison, les fruits endommagés pour ensuite les composter loin du verger éliminera une bonne partie des larves ou des pupes. Des animaux, tels que les volailles, les moutons ou les porcs se nourrissant des pommes tombées peuvent aussi être introduits dans le verger. Des poulets ou des oies peuvent être 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 ainsi l'activité des insectes. Par contre, l'utilisation de poulets lors de la même expérience n'a eu aucune influence sur la proportion de fruits endommagés par le charançon de la prune. L'utilisation des animaux dans un petit verger domestique est possible, puisque le propriétaire est responsable des risques associés à la contamination des fruits pour sa propre consommation. Les risques de contamination peuvent être réduits si les pommes sont récoltées dans les arbres et non sur le sol et que les volailles sont gardées dans des cages mobiles afin d'éviter qu'elles ne se perchent dans les arbres. Cependant, cette technique n'est pas recommandée dans un verger commercial. Elle peut représenter un réel problème de salubrité à moins d'avoir des pratiques sanitaires rigoureuses pour assurer l'innocuité des fruits.

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. 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, plus attaqués (Lafleur et Hill, 1987). Ainsi, il est recommandé de concentrer les cultivars d'été sur la bordure faisant face à la forêt. Ces arbres serviront d'indicateurs de la présence des charançons. De plus, un traitement avec un produit à risque réduit, si possible, pourra être ciblé sur ces pommiers tout en évitant le traitement du reste du verger (Hill, 1990). Cette méthode est efficace uniquement si la population de charançons est faible. De même, la forme du verger peut rendre la méthode inefficace (ex. un verger très long et peu large et qui longe une forêt de feuillus).

3.1.5 Lutte physique

Plusieurs chercheurs travaillent à mettre au point des systèmes de dépistage et de capture du charançon. On retrouve notamment le piège pyramidal (Prokopy et Wright, 1997) (photo 6), le piège cylindrique (Leskey et Prokopy, 2002) et le piège en moustiquaire métallique formant un cône flexible qui entoure le tronc de l'arbre (Mulder *et al.*, 1997). La plupart de ces pièges stimulent visuellement les charançons en imitant la couleur, la forme et la taille d'un petit pommier ou de branches de pommier. Au sol, les charançons semblent avoir une préférence pour les pièges de couleur foncée qui imite une silhouette foncée en contraste avec l'arrière-plan (ciel bleu). Parmi les types de pièges avec différents mécanismes de capture, les pièges standards pyramidaux en contreplaqué installés à proximité du tronc d'un pommier et les pièges en grillage installés au bas du tronc ont capturé significativement plus d'adultes de charançon que les autres types de pièges ou les autres emplacements testés (Leskey *et al.*, 2009). Pour augmenter l'efficacité de ces pièges, l'ajout d'un attractif a fait l'objet de plusieurs études. 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. Des études sur le comportement du charançon ont également démontré que celui-ci utilise des composés olfactifs pour localiser les arbres fruitiers hôtes (Leskey et Prokopy, 2001). Ainsi, des études ont évalué le potentiel d'un attractif composé à la fois d'acide grandisoïque et d'un composé volatile de plantes hôtes (le benzaldéhyde) ou d'un mélange de plusieurs composés volatiles. Cependant, l'utilisation de ces pièges seuls ou en combinaison avec des attractifs n'ont pas démontré de résultats constants. Ainsi, ils ne sont pas encore tout à fait au point, mais une fois optimisés ils pourraient être utilisés pour le dépistage et le piégeage massif.

PHOTO 6. Piège pyramidal pour le charançon de la prune. Crédit : IRDA

La capture par battage est possible sur des arbres jeunes, mais nécessite beaucoup d'efforts et de main-d'œuvre. Elle est dommageable pour l'arbre et est peu efficace (LeBlanc *et al.*, 1981). Une méthode mécanique de battage pour capturer un grand nombre de charançons avait été mise au point par un producteur biologique (Désilets, comm. pers.). Il s'agissait d'une roue, amarrée à l'horizontale sur un tracteur, qui venait cogner les troncs des pommiers. Elle était actionnée par l'avancement du tracteur et par un système à ressort. Un drap blanc disposé derrière le tracteur recueillait les charançons. Un autre tracteur suivait en parallèle de l'autre côté du pommier également pourvu d'un drap blanc pour recueillir les charançons. Suite à des essais en verger, 65 % des individus se trouvant sur les pommiers avaient pu être ainsi recueillis (Désilets, comm. pers.). La méthode était 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). Cette méthode, abandonnée au profit du SURROUND WP (argile kaolin) (Désilets, comm. pers.), demeure tout de même valable.

L'utilisation de feuilles de cellulose (paillis) pour diminuer la croissance des mauvaises herbes et interrompre le cycle vital du charançon de la prune a été testé dans 2 vergers du Québec (Benoit *et al.*, 2006). En effet, le paillis crée une barrière physique qui empêchera certains individus de rejoindre le sol pour entrer en pupaison; ceux qui parviennent à compléter leur cycle le font dans les pommes tombées. Des feuilles de cellulose installées dans le verger ont aussi réduit significativement les populations de charançon de la prune mais de manière irrégulière (Benoit *et al.*, 2006). Ainsi, l'utilisation de paillis de cellulose pour le contrôle des mauvaises herbes et des insectes serait davantage envisageable dans les petits vergers où les pommes tombées peuvent être ramassées (Benoit *et al.*, 2006). En l'absence d'hôtes pour les ravageurs dans le voisinage du verger, l'utilisation répétée du paillis de cellulose pendant quelques années consécutives pourrait éradiquer les populations de charançons, éliminant du même coup le besoin de pailler pendant quelques années jusqu'à l'apparition de nouvelles populations (Benoit *et al.*, 2006). Même si cette méthode peut représenter un moyen de contrôle efficace sur plusieurs années, elle demeure dispendieuse par rapport aux traitements pesticides normalement utilisés (Leskey *et al.*, 2009).

3.1.6 Lutte biologique

Peu d'ennemis naturels du charançon existent et aucun ne procure un contrôle efficace dans les vergers qu'ils soient ou non traités. Les plus communs sont des parasitoïdes, des prédateurs et des champignons entomopathogènes (tableau 5). Aucun insecte bénéfique n'est disponible commercialement, mais leur activité peut être favorisée en évitant l'application d'insecticides à large spectre.

Deux champignons entomopathogènes testés en laboratoire, *Metarrhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin et *Beauveria bassiana* (Balsamo) Veuillemin, ont engendré des taux de mortalité élevés (Tedders *et al.*, 1982). Une étude réalisée au Québec, de 2006 à 2008, a évalué l'utilisation du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* (Balsamo) Veuillemin comme outil de lutte contre le charançon de la prune. Les résultats démontrent qu'une formulation de *B. bassiana* et d'adjuvants (pour protéger le champignon des rayons UV et de la sécheresse) augmente de façon significative la mortalité des adultes du charançon

tant en application foliaire qu'en application au sol (Fréchette *et al.*, 2009). Les applications au sol ont cependant démontré plus de potentiel que les applications foliaires (Fréchette *et al.*, 2009) probablement parce que le charançon passe une bonne partie de son cycle vital au sol. Ainsi, une formulation de *B. bassiana* et d'adjuvants pourrait faire partie d'une stratégie de protection contre les adultes du charançon en vergers de pommiers. Les auteurs suggèrent de procéder à plusieurs applications tout au long de la période d'activité des charançons de la prune au sol pour obtenir un contrôle satisfaisant des populations (Fréchette *et al.*, 2009).

Bélair *et al.* (1998) ont testé l'utilisation de nématodes sous forme d'applications foliaires multiples en périphérie d'un verger sans insecticides situé à Frelighsburg, Québec. Suite aux applications foliaires de *Steinernema carpocapsae*, les dommages à la récolte observés ont été de 5 % et 55 % les deux premières années comparativement à 80 % et 85 % dans le verger sans insecticides adjacent. Cependant, un autre essai n'a pas eu d'effet significatif sur les dommages de charançons de la prune (Bélair *et al.*, 1998). Par conséquent, même si une certaine efficacité de l'application foliaire de *Steinernema carpocapsae* a été observée, les résultats contradictoires et les coûts élevés d'application excluent son utilisation comme méthode de lutte contre le charançon de la prune (Bélair *et al.*, 1998).

Des charançons de la prune infectés de *Bacillus thuringiensis* Berliner var. subtoxicus ont également été récoltés sur le terrain (Lafleur *et al.*, 1987). Toutefois, mais cet outil de lutte biologique n'a pas été utilisé jusqu'à maintenant.

Le tableau 5 présente les principaux ennemis naturels du charançon de la prune :

Tableau 5 : Les principaux ennemis naturels du charançon de la prune

NOM	FAMILLE	STADE ATTAQUÉ	COMMENTAIRES	RÉFÉRENCES
PARASITOÏDES :				
Aliolus curculionis Fitch	Braconidae	Larve	Largement distribué	Amstrong, 1958
Aliolus rufus (Riley)	Braconidae	Larve	Largement distribué	Amstrong, 1958
Anaphoidea conotracheli Girault	Mymaridae	Œuf	Largement distribué aux États-Unis	Howard, 1906; Quaintance et Jenne, 1912; Snapp, 1930
Cholomyia inaequipes Bigot	Muscidae	Larve	Attaque plusieurs espèces de charançon	Amstrong 1958; Quaintance et Jenne 1912
Microbracon mellitor Say	Braconidae	Larve	Est des États-Unis	Quaintance et Jenne, 1912
Myophasia aeneae Wiedemann	Tachinidae	Larve	Attaque plusieurs espèces de charançons	Amstrong, 1958; Quaintance et Jenne, 1912
Tersiocholus conotracheli (Riley)	Ichneumonidae	Larve	Largement distribué	Amstrong, 1958; Quaintance et Jenne, 1912
Triapsis kurtogaster Martin	Braconidae	Larve	Observé au Québec	Paradis, 1956
PRÉDATEURS :				
Bufo americanus Holb. (crapaud d'Amérique)	Bufonidae	Adulte	Observé au Québec	Chouinard *et al.*, 1992
Carabe	Carabidae	Adulte	Généraliste	Howard, 1906; Quaintance et Jenne, 1912
Chrysopa spp.	Chrysopidae	Larve	Plusieurs espèces recensées	Quaintance et Jenne, 1912
Fourmis	Formicidae	Adulte et larve	Généraliste	Howard 1906; Snapp 1930
Garmania bulbicola (Owdms.)	Phytoseiidae	Larve	Observé dans l'État de New York	Smith, 1957

(suite)

Lycosa gulosa Walkernaer	Lycosidae	Adulte	Observé au Québec	Lafleur *et al.*, 1987
Poulet	Phasianidae	Adulte et larve	Généraliste	Quaintance et Jenne, 1912
Thrips	Thripidae	Œuf	Une espèce observée	Quaintance et Jenne, 1912
PATHOGÈNES :				
Bacillus thuringiensis var.	Bacillaceae	Adulte	Isolé à partir d'adultes	Lafleur *et al.*, 1987
Entomocidus ou *subtoxicus* Heimpel *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillimen		Adulte	Affecte surtout les adultes hivernants	Fréchette *et al.*, 2009; Lafleur *et al.*, 1987; McGiffen et Meyer, 1986

3.1.7 Produits d'origine naturelle

La pulvérisation de kaolin ou argile blanche (SURROUND WP) sur le feuillage, les tiges et les fruits crée une barrière physique entre l'hôte et le ravageur. L'arbre et ses fruits deviennent « blancs » et ainsi beaucoup moins attirants pour les ravageurs qui ne reconnaissent plus leur hôte. Le SURROUND WP est vaporisé sous forme liquide qui s'évapore laissant un film blanc protecteur à la surface des feuilles, des tiges et des fruits (photo 7). Les équipements de pulvérisation conventionnels peuvent être utilisés. Il est important de bien couvrir les surfaces vulnérables de l'arbre et de maintenir cette couverture pour bénéficier d'une bonne protection. Les applications de SURROUND WP doivent débuter après la floraison et se poursuivre chaque semaine afin de maintenir la couverture jusqu'à la fin des infestations, c'est-à-dire entre la fin juillet et le début d'août (Désilets, comm. pers.). L'arrêt des pulvérisations à ce stade devrait laisser très peu de résidus sur les fruits à la récolte en raison de la pluie qui délave le produit. L'utilisation de l'argile kaolin plus tard en saison peut entraîner la nécessité de laver les pommes destinées à la vente. Car même si la consommation de ce résidu n'est pas dangereuse, il n'en demeure pas moins qu'il peut être considéré inesthétique par les consommateurs. L'argile kaolin ne semble pas affecter les insectes bénéfiques et augmenterait même la photosynthèse pouvait ainsi accroître les rendements et rendre les pommes plus colorées (Dufour, 2001). L'argile kaolin brute est un produit différent qui ne devrait pas être utilisé en pomiculture.

PHOTO 7. Résidus de SURROUND WP sur un fruit. Crédit : Mélanie Morel

Un régulateur de croissance extrait des graines d'un Euphorbiaceae (*Trewia nudiflora*) affecte le charançon. Il a pour effet de réduire la capacité de reproduction des adultes nourris de pommes traitées (Freedman *et al.*, 1982, cité dans Powell, 2009).

Une espèce de crocus : *Colchicum autumnale*, aurait un effet insecticide sur le charançon. De même, l'ail (*Allium sativa*), le neem (*Azadirachta meliaceae*) 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.

Le tableau 6 présente les moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du charançon de la prune :

Tableau 6 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel classés par ordre d'efficacité pour le contrôle du charançon de la prune

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1- Aménagement du verger (élimination des pommiers abandonnés, ceintures de conifères, cultivars d'été en bordure du verger, éviter l'implantation en bordure d'une forêt de feuillus)	Employé dans plusieurs vergers biologiques, écologiques et conventionnels	Désilets, comm. pers. Boulé *et al.*, 1997
2- SURROUND WP	Employé dans plusieurs vergers biologiques/écologiques	Désilets, comm. pers. Sobkowiak, comm. pers. Maniadakis, comm. pers.
3- Frappage (battage) mécanique	Employé dans certains vergers biologiques	Désilets, comm. pers.
4-Champignons entomopathogènes	Au stade de recherche	Tedders *et al.*, 1982 Lafleur *et al.*, 1987 McGiffen et Meyer, 1986 Fréchette *et al.*, 2009

Note: Un verger écologique est un verger qui utilise des méthodes plus respectueuses de l'environnement sans être certifié biologique.

3.2 CARPOCAPSE DE LA POMME
CYDIA POMONELLA (CODLING MOTH)

3.2.1 Description et biologie

Introduit d'Europe au moment de la colonisation, le carpocapse de la pomme est largement distribué sur le continent américain. C'est un des insectes ravageurs majeurs les plus nuisibles dans les vergers de pommiers.

L'adulte du carpocapse (photo 8) est un papillon (12 mm de longueur) aux ailes antérieures striées de fines lignes gris-brun et marquées de deux taches ovales brun-noir à leur extrémité (Chouinard *et al.*, 2000). La chenille rose a une tête noire et mesure jusqu'à 19 mm (photo 9).

Le papillon hiverne sous forme de chenille dans un cocon de soie inséré dans les fentes de l'écorce des pommiers, près du sol. Elle se transforme en chrysalide dès le printemps. L'adulte émerge à la fin mai, moment correspondant à la floraison des pommiers. Les œufs sont pondus sur le feuillage ou les fruits, éclosent après 5 à 15 jours et les larves pénètrent profondément dans les pommes en mûrissement. Celles-ci se nourrissent de la chair du fruit en se dirigeant vers le cœur où elles peuvent se nourrir de pépins. Ensuite 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 de chenilles peut apparaître en août et affecter les variétés tardives telles que la Cortland.

PHOTO 8. Adulte Carpocapse de la pomme *Cydia pomonella*
Crédit : Franz Vanoosthuyse

PHOTO 9. Chenille du carpocapse de la pomme
Crédit : Bernard Drouin

Les populations et le niveau de dommages du carpocapse de la pomme augmentent d'année en année dans toutes les régions pomicoles importantes du Québec (Chouinard, 2008a1). Le nombre de traitements contre ce ravageur augmente aussi d'année en année (Chouinard, 2008a1) et de plus en plus de pays rapportent une résistance à l'azinphos-méthyl, un des insecticides qui était encore employé fréquemment au Québec contre cet insecte, mais dont l'homologation est retirée depuis 2012.

PHOTO 10. Dégât (entrée de la galerie) Carpocapse de la pomme
Crédit : Franz Vanoosthuyse

3.2.2 Dégâts observables

C'est la chenille du carpocapse qui cause les dommages en creusant des galeries dans la chair et au cœur du fruit. À l'entrée de la galerie, on retrouve un amas caractéristique d'excréments brun-rougeâtres semblables à de la sciure de bois (photo 10). Les dégâts apparaissent au mois de juillet et la majorité des fruits affectés chutent prématurément. Les dégâts de la première génération sont observés en juillet alors que ceux de la deuxième génération le sont en août.

3.2.3 Stratégies de lutte

Il est fortement suggéré de dépister les papillons à l'aide de pièges à phéromone (photos 11 et 12) et de surveiller les dégâts occasionnés par les larves pour optimiser la stratégie et la période d'intervention. Une intervention est recommandée si un compte cumulatif de 10 captures de papillons par piège par semaine est atteint pendant deux semaines consécutives. La stratégie à adopter varira selon les captures ou selon les dégâts observés sur les fruits de l'année ou sur ceux de la récolte précédente (Chouinard, 2011c).

PHOTO 11. Piège à phéromone
Crédit : IRDA

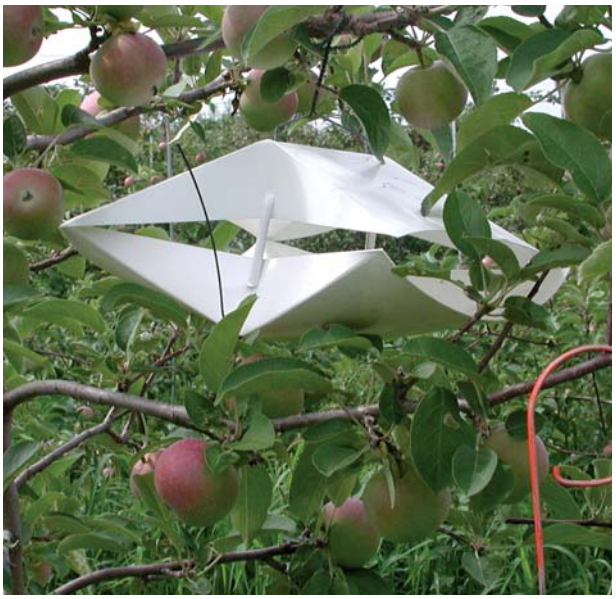


PHOTO 12. Piège à phéromone
Crédit : IRDA

3.2.4 Méthodes culturales

La suppression des pommiers et pommetiers abandonnés sur un rayon de 200 mètres autour du verger et le ramassage des fruits tombés qui contiennent des larves sont des méthodes qui permettent de diminuer la population en éliminant les foyers d'infestation. À l'échelle domestique, 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 dernières techniques sont très coûteuses en termes de main-d'œuvre.

3.2.5 Lutte physique

L'utilisation de bandes-pièges installées sur le tronc permet de récupérer une partie des chenilles qui descendent le long du tronc pour aller hiverner (Boulé *et al.,* 1997). On peut encercler le tronc des arbres avec une bande de 15 cm en toile de jute enduite de Tanglefoot® ou avec du carton ondulé. Les pièges sont installés au début de juillet et retirés à la fin d'octobre pour être détruits. Cette technique requiert une importante main-d'œuvre dans les grands vergers.

On peut également éliminer les sites d'hibernation en frottant les troncs d'arbres avec du grillage à poule afin d'en retirer les écailles d'écorce décollée (Braun, 1991). Les pièges collants à phéromone sexuelle de type Pherocon peuvent aussi être utilisés pour le piégeage massif (Paradis *et al.*, 1979).

Cox (2005) propose un piège qui consiste en un contenant de plastique d'une capacité d'environ 4 litres contenant 1 tasse de vinaigre, 1/2 tasse de mélasse, 1/8 cuillère à thé d'ammoniac et 5 tasses d'eau. Après avoir découpé une ouverture de 5 cm de diamètre sous le goulot, il suffit d'accrocher jusqu'à 3 pièges par arbre selon la taille de l'arbre. Pour attirer et capturer les carpocapses de la pomme, mâles et femelles, Sobkowiak (comm. pers.) propose un mélange différent composé de 50 % d'eau et 50 % de mélasse. Ce piège n'est pas sélectif et attire plusieurs espèces de papillons en plus du carpocapse. Les pièges sont complètement remplis d'insectes à la fin de la saison.

3.2.6 Lutte attracticide

La lutte attracticide consiste à appliquer sur l'écorce des pommiers, de fines gouttelettes d'un produit attractif (une phéromone sexuelle avec un insecticide et une substance collante) qui attire et tue les carpocapses mâles (Cormier *et al.*, 2006). La lutte attracticide a eu du succès dans les Maritimes, dans l'ouest de l'Amérique du Nord et en Suisse dans des vergers où la confusion sexuelle ne fonctionne pas. Au Québec, des essais effectués en 2004 et 2005 avec le produit LAST CALL™ CM (homologué aux É.-U.) où le traitement consistait en trois applications du produit aux 5 semaines débutant avant l'émergence des papillons (fin mai) et ce, à une dose de 3 000 gouttelettes/ha. Les résultats de ces essais n'ont pas permis de mettre en évidence l'efficacité de cette méthode pour réduire les dommages à la récolte et les populations de larves diapausantes (Cormier *et al.*, 2006; Aubry, 2008). Cependant, l'utilisation combinée de parasitoïdes trichogrammes et de la lutte attracticide semble avoir diminué le nombre de larves diapausantes (Aubry, 2008). Des détails supplémentaires sur l'utilisation combinée de parasitoïdes trichogrammes et de la lutte attracticide sont donnés dans la section suivante.

3.2.7 Lutte biologique

Parasitoïdes

Parmi les prédateurs naturels du carpocapse, on compte une espèce de guêpe, *Trichogramma minutum*, qui parasite les œufs des carpocapses (Braun, 1991). Des essais effectués en 2004 et 2005 dans 4 vergers commerciaux québécois afin de déterminer l'efficacité de la lutte attracticide et de la lutte biologique utilisées conjointement ont révélé que la lutte biologique à l'aide de trichogrammes (petites guêpes parasitoïdes) de souche indigène pourrait représenter un outil prometteur dans la lutte contre le carpocapse en association avec d'autres stratégies complémentaires (Cormier *et al.*, 2006). Cette méthode de lutte consiste à lâcher dans le verger une grande quantité de petites guêpes qui recherchent et tuent les œufs de carpocapses. L'application consiste en trois lâchers durant le pic de pontes de la première génération du carpocapse à une dose de 1 million de trichogrammes/ha/semaine. Le traitement requiert environ 1,5 heure/ha (Cormier *et al.*, 2006) et ne doit pas être effectué parallèlement à l'utilisation de certains insectices qui pourraient occasionner la mortalité des trichogrammes. À cause de son coût, l'utilisation massive de trichogrammes n'est pas

couramment utilisée par les producteurs (Aubry, 2008). En effet, les lâchers massifs de trichogrammes sont plus onéreux que les insecticides conventionnels (Mills *et al.*, 2000 cité dans Aubry, 2008). Cependant, des essais visant à optimiser la dose de trichogrammes introduits ainsi que le nombre de points de lâchers pourraient permettre de rendre l'utilisation de cette méthode plus accessible aux producteurs (Cormier *et al.*, 2006). Si on atteint le compte de 20 captures d'adultes dans les pièges utilisés pour le dépistage de carpocapse de la pomme, il est trop tard pour relâcher des trichogrammes. Cependant d'autres parasitoïdes comme les braconides *Ascogaster quadridentata, Macrocentrus ancylivorus, M. delicatus* ou l'ichneumonide *Itoplectis conquisitor* peuvent être libérés (Braun, 1991). Toutefois, 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).

Prédateurs naturels

La recherche indique que les pics peuvent consommer une quantité considérable de larves hivernantes. On peut les attirer et les encourager à venir se nourrir dans le verger en y suspendant quelques morceaux de suif (Braun, 1991).

Nématodes

Deux espèces intéresssantes de nématode (*Steinernema feltiae* et *Steinernema carpocapsae*) ont été identifiées pour le contrôle des larves hivernantes du carpocapse de la pomme (Lacey et Thomas, 2005). Appliquer à l'automne, dans des conditions d'humidité constante, ce traitement a pour avantage d'être utilisé dans le cadre d'une stratégie de lutte complémentaire qui participe à la réduction du potentiel d'infestation des parcelles avant le développement de l'insecte et l'apparation des dégâts. Dans le cadre d'une étude réalisée en France, en verger biologique, l'espèce *S. feltiae* s'est avérée plus efficace en causant un plus grand taux de mortalité (55 %) du carpocaspe de la pomme en comparaison à l'utilisation de l'espèce *S. carpocapsae* (40 %) (Juan *et al.*, 2008).

Bactéries

Des tests visant à déterminer l'efficacité du *Bacillus thuringiensis* démontre un bon potentiel de toxicité en laboratoire (Pasquier *et al.*, 1997). Audemard *et al.* (1995) soutiennent que le Bt est efficace quand la population de départ est faible ou modérée. Par contre, selon d'autres, le Bt 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; Blomers 1994). La préparation d'insecticide biologique à base de cette bactérie doit être appliquée dès que 40 papillons mâles ont été capturés, et appliquée de nouveau tous les 5 jours pour un total de 4 pulvérisations (Braun, 1991). Le Bt, 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 est très faible (moins de 3 %). Par contre, même infectée, la larve peut quelques fois s'attaquer à la pomme avant de mourir, ce qui laisse des dommages superficiels qui cicatrisent. Le Bt a une bonne rémanence et il conservera son 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). C'est un baculovirus issu d'une famille de virus entomopathogènes hautement spécifiques qui infecte uniquement les chenilles du carpocapse tout en étant absolument inoffensif pour les insectes bénéfiques, les oiseaux et les mammifères. Son utilisation est aujourd'hui répandue. Au Canada, le virus est commercialisé sous le nom VIROSOFT^{CP4} et constitue le premier insecticide viral homologué pour utilisation agricole au pays.

Le virus agit par ingestion et cause une mortalité élevée des larves, réduisant ainsi les pourcentages de dommages à la récolte de 55 à 97 % (Jaques *et al.*, 1977; Niemczyk *et al.*, 1988). Le virus de la granulose est très pathogène pour son hôte et les chenilles mortes constituent des foyers d'infestation virale supplémentaires pour les autres larves de carpocapse (Provost *et al.*, 2008). Le virus permet aussi de réduire les populations de carpocapse à long terme (Pasquier et Charmillot, 1998). Une population initiale de carpocapses peu élevée permet une protection par le virus de la granulose équivalente à celle des insecticides chimiques azinphos-méthyl ou phosmet (Jacques *et al.*, 1994). Des essais effectués dans un verger biologique de Mont-Saint-Hilaire en 2003 et 2004 ont démontré que ce bioinsecticide réduit significativement les dommages causés par le carpocapse, sauf en début de saison 2003 (Provost *et al.*, 2006).

Le virus peut être appliqué avec un pulvérisateur à jets portés conventionnel. Il doit surtout être utilisé contre les larves de la première génération; un traitement adéquat réduisant la population de la deuxième génération. Cependant, même si les larves de première génération sont contaminées, il arrive qu'elles pénètrent dans la pomme avant de mourir. Ces dommages laissent normalement des traces superficielles liégeuses. Par contre, la cicatrisation des dommages causés par l'entrée des larves de deuxième génération dans les pommes n'est pas complétée avant la récolte (Charmillot, 1995). D'ailleurs, deux des principales limitations exprimées de l'utilisation du granulovirus sont les cicatrices peu profondes occasionnées par l'entrée des jeunes larves dans les fruits et la nécessité de réappliquer fréquemment le produit (Lacey *et al.*, 2008).

L'utilisation du VIROSOFT^{CP4} requiert une attention particulière puisque le virus ne persiste que quelques jours après l'application sur le pommier. Ainsi, le moment de l'application doit être synchronisé avec l'éclosion des jeunes larves afin qu'elles absorbent le produit avant de pénétrer dans la pomme. Un dépistage régulier du carpocapse et une synchronisation du début des applications en utilisant le Biofix (cumul défini des degrés-jours à partir de la première capture soutenue de papillons mâles à l'aide de pièges à phéromone) sont deux conditions essentielles pour assurer l'efficacité du VIROSOFT^{CP4} (Provost *et al.*, 2008). Un des principaux problèmes de l'utilisation des virus est qu'ils ont une très faible rémanence en raison de leur sensibilité aux rayons UV (Charmillot *et al.*, 1998), impliquant ainsi une réapplication fréquente du produit. En effet, une étude européenne démontre que 15 jours après l'application, l'efficacité diminue de 50 % (Charmillot *et al.*, 1991). D'autres essais ont démontré que les préparations de VIROSOFT^{CP4} demeure actives sur le feuillage des

pommiers jusqu'à 14 jours (Arthurs et Lacey, 2004). Enfin, il a été démontré que le VIROSOFT^{CP4} a une persistance en champs allant jusqu'à 8 jours (Provost *et al.*, 2008). Des essais effectués dans un verger biologique de Mont-Saint-Hilaire en 2003 et 2004 ont démontré que l'ajout d'un additif, comme le SURROUND, l'huile de soya ou l'huile minérale, n'améliore pas l'efficacité du produit (Provost *et al.*, 2006). Certaines études ont démontré que la mélasse, le sucre et le lait écrémé en poudre pouvaient améliorer légèrement la rémanence ou la consommation du produit (phagostimulant) (Lacey *et al.*, 2008). La mise au point de nouvelles formulations, telle une méthode d'encapsulation dans la lignine développée et testée par Arthurs et al. (2006) pourrait favoriser davantage l'utilisation de cette méthode en protégeant le virus des rayons UV et en augmentant la rémanence.

Le traitement recommandé dans d'autres régions du monde 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). L'intervalle d'application pour les populations ayant plusieurs générations par année varie de 7 à 14 jours (Keller 1973 ; Huber et Dickler 1977 ; Dickler et Huber 1986 ; Jaques 1990 ; Stara et Kocourek 2003 ; Arthurs et Lacey 2004 ; Arthurs *et al.* 2005, tous cités dans Lacey *et al.*, 2008). Le nombre d'applications nécessaires varie selon le nombre de générations. Par exemple, en Nouvelle-Écosse, où le carpocapse n'a qu'une seule génération par année, Jaques *et al.* (2004) ont affirmé qu'une ou deux applications de granulovirus étaient normalement suffisantes. Au Québec, VIROSOFT^{CP4}, utilisé en production biologique de 2000 à 2006 à raison de 3-4 applications par saison environ à partir de la troisième semaine de juin, a montré des effets positifs sur la répression du carpocapse de la pomme (Désilets, comm. pers).

L'utilisation du virus de la granulose contre les larves de première génération est compatible avec l'utilisation de la confusion sexuelle lors de la deuxième génération des adultes (Trematerra *et al.*, 1996). Charmillot et Pasquier (2002) ont conclu, après une étude de 7 ans réalisée en Suisse, que seule une combinaison du granulovirus et de la confusion sexuelle pouvait maintenir de façon durable les populations du carpocapse à un faible niveau. Pour obtenir les mêmes résultats avec des traitements de granulovirus, il faudrait procéder à 4-6 traitements par saison pendant plusieurs années (Pasquier et Charmillot, 1998).

Morisset (2010) met en évidence la possibilité d'utiliser à la fois les virus et les trichogrammes, car il n'y a pas d'effet adverse des virus déposés sur les œufs de carpocapse de la pomme sur le taux de parasitisme des trichogrammes en vergers, même si une diminution du parasitisme a été observée en laboratoire.

Il est possible que les insectes développent une résistance aux virus. En effet, des populations résistantes au virus de la granulose ont été découvertes dans plusieurs pays d'Europe où de multiples applications par saison, pendant plusieurs années, ont été effectuées (Asser-Kaiser *et al.*, 2007; Sauphanor *et al.*, 2006). Afin de prévenir l'apparition de cette résistance, la rotation des méthodes de contrôle utilisées est conseillée (Vincent *et al.*, 2007).

Le tableau 7 dresse la liste des principaux ennemis naturels du carpocapse de la pomme :

Tableau 7 : Les principaux ennemis naturels du carpocapse de la pomme

NOM	FAMILLE	STADE ATTAQUÉ	COMMENTAIRES	RÉFÉRENCES
PARASITOÏDES :				
Ascogaster quadritentatus Wesm.	Braconidae	Œuf et larve		Athanassov *et al.*, 1997
Dibrachys cavus Walk.	Chalcidae	Chrysalide	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
Eliodia tragica Meig	Tachinidae (diptère)	Larve	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
Liotryphon caudatus Ratz (ou *Apistephialtes caudata*)	Ichneumonidae	Larve mature	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
Microdus rufipes Nees	Braconidae	Larve	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
Perilampus tristis Mayr	Chalcidae	Larve et chrysalide	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
Pimpla turionellae L.	Ichneumonidae	Chrysalide	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
Pristomerus vulnerator Panz	Ichneumonidae	Larve	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
Trichogramma dendrolimi	Trichogrammatidae	Œuf	En recherche	Hassan, 1989
Trichogramma embryophagum	Trichogrammatidae	Œuf	En recherche	Hassan, 1989
Trichogramma minutum Riley	Trichogrammatidae	Œuf	En recherche	Yu *et al.*, 1984a,b
Trichogramma platneri	Trichogrammatidae	Œuf		
Trichomma enecator Rossi	Ichneumonidae	Larve	Présent en Europe	Athanassov *et al.*, 1997
PRÉDATEURS :				
Araignées	Aranea	Larves	Généraliste	
Carabes	Carabidae	Adulte	Généraliste	Grossman, 1998
Centipèdes	Chilopoda	Larves	Généraliste	
Opilions	(Opilionidae)	Larves	Généraliste	
Perce-oreilles	Dermaptera	Larves	Généraliste	
Pics, mésanges, chauve-souris		Tous	Généraliste	

3.2.8 Produits d'origine naturelle

Le biopesticide ENTRUST 80 WP, contenant l'insecticide spinosad issu d'une fermentation de la bactérie *Saccharopolyspora spinosa* est efficace contre les tordeuses à bandes obliques et le carpocapse de la pomme. Ce produit est autorisé en régie biologique depuis 2004. Bien que d'origine naturelle, ce biopesticide à large spectre est très toxique pour les abeilles et nocif pour les parasitoïdes et les acariens prédateurs. Il est préférable de procéder à un traitement uniquement si les seuils d'intervention sont atteints tout en portant une attention particulière au moment de l'application (ex.: éviter l'application pendant la floraison (abeilles)).

Le SURROUND WP, homologué en 2004 et autorisé en agriculture biologique, est un répulsif composé de très fines particules d'argile blanche ou de kaolin. Il peut réprimer les populations de charançon de la prune, de carpocapse de la pomme et d'hoplocampe.

Après plusieurs années d'applications de VIROSOFT CP4 et l'utilisation combinée, en 2007, du SURROUND WP et d'ENTRUST 80 WP, les dégâts du carpocapse à la récolte s'élevaient à 1 % en 2007 (Désilets, comm. pers,).

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).

3.2.9 Confusion sexuelle

Cette technique consiste à disposer dans les pommiers des diffuseurs qui contiennent les composés principaux de la phéromone sexuelle du carpocapse de la pomme (Chouinard, 2008a1). La phéromone sexuelle synthétique est relâchée petit à petit de façon à saturer l'air ambiant. Ainsi, les mâles ne réussissent plus à localiser les femelles émettant les phéromones naturelles et l'accouplement est compromis. Il y a donc moins de femelles fécondées et, par conséquent, moins d'œufs, de larves et de dégâts dans le verger (Chouinard, 2008a1). Plusieurs études ont démontré l'efficacité de cette méthode (Barnes *et al.*, 1992; Pfeiffer *et al.*, 1993; Thomson *et al.*, 2001). Elle est particulièrement efficace dans les vergers isolés avec une faible population de carpocapses (Krawczyk, 2010).

Différents types de diffuseurs peuvent être utilisés. Le diffuseur tubulaire en caoutchouc ou en polyéthylène mesure 3 mm de diamètre à l'intérieur et 5 mm de diamètre à l'extérieur (par exemple le diffuseur Isomate-C). Le diffuseur Hercon est une bande de plastique polystratifié orange de 2,5 cm2, contenant 40 mg de codlemone. L'ampoule de BASF est aussi en plastique, mais est composée de deux sections. L'une est constituée à 80 % de codlemone et l'autre est chargée d'une composante phéromonale de tordeuses.

Les diffuseurs doivent être installés avant l'émergence des adultes, soit vers la mi-mai, et remplacés de façon à couvrir toute leur période de vol (Chouinard, 2008a1). Ils doivent être suspendus dans le pommier dans le mètre supérieur du feuillage de l'arbre puisque la majorité des activités de reproduction du carpocapse se déroule dans la partie supérieure du feuillage (Thomson *et al.*, 2001). La quantité de diffuseurs à placer dans le verger dépend du type de diffuseur utilisé. Généralement, on recommande de placer un diffuseur à tous les quatre à cinq mètres en bordure du verger et à tous les quatre à neuf mètres à l'intérieur du verger (Charmillot et Pasquier, 1992). La plupart des diffuseurs doivent être changés régulièrement. Par exemple, une capsule de caoutchouc doit être changée aux deux semaines pendant les périodes chaudes (Alway, 1998a). Les recherches visent actuellement à augmenter la durée d'efficacité des diffuseurs. À ce jour, des diffuseurs peuvent encore être efficaces après 54 jours (Alway, 1998a).

Au Québec, la confusion sexuelle à l'aide du diffuseur ISOMATE-C est homologuée depuis 1994 et son efficacité a été démontrée par Chouinard *et al.* (1996). Un nouveau produit, ISOMATE-CM/LR TT, contient un mélange de plusieurs phéromones agissant contre le carpocapse et plusieurs tordeuses, dont la tordeuse à bandes obliques (Chouinard, 2008a1). La confusion sexuelle est une méthode de contrôle dispendieuse et représente souvent des coûts plus élevés en comparaison des programmes basés sur l'emploi d'insecticides conventionnels (Knight, 1995; Williamson *et al.*, 1996 cité dans Thomson *et al.*, 2001). En 2010, on a estimé les coûts de cette méthode à environ 1000 $ par hectare incluant la pose des diffuseurs (Chouinard, comm. pers.).

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 sera dilué. Trop nombreux, les mâles et les femelles finissent par se rencontrer, qu'il y ait confusion sexuelle ou non (Trimble, 1995; Neumann, 1996; Blommers, 1994). Pour être efficace, la confusion

sexuelle doit être adoptée sur de grandes surfaces contiguës et les vergers ne doivent pas être adjacents à des boisés ou à des vergers abandonnés (Chouinard, 2008a1). En effet, la migration de femelles déjà accouplées provenant de vergers infestés à proximité réduirait l'efficacité de la confusion sexuelle. Une pente et des arbres de taille inégale diminuent aussi l'efficacité de cette technique en brisant la régularité de la saturation de l'air en phéromone synthétique (Knight, 1995). Dans une étude sur l'utilisation de la confusion sexuelle effectuée dans six vergers de Washington pendant trois ans, Gut et Brunner (1998) ont démontré qu'approximativement les deux tiers des dommages du carpocapse étaient observés à l'intérieur de 30 mètres des bordures du verger. En effet, dans un verger traité avec des phéromones synthétiques, les bordures sont susceptibles aux infestations en raison des femelles fécondées provenant des boisés ou des vergers abandonnés adjacents et de la plus faible concentration des phéromones dans les zones de bordure (Gut et Brunner, 1998). Pour contrer ces problèmes, la majorité des producteurs de l'État de Washington et de la Colombie-Britannique traitent les bordures avec un insecticide ou ramassent les fruits infestés dans les bordures comme contrôle supplémentaire à la confusion sexuelle (Thomson *et al.*, 2001).

Certains auteurs ont suggéré que le manque d'efficacité de la confusion sexuelle contre les fortes populations de carpocapse serait dû, en partie, à l'incapacité de recréer le mélange complet de phéromones du carpocapse dans les diffuseurs (Thomson *et al.*, 2001). Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de déterminer l'importance des composés secondaires dans le mélange de phéromones du carpocapse. D'autres recherches portant sur de nouvelles technologies telles que des phéromones en aérosols sont également en cours et démontrent une certaine efficacité (Thomson *et al.*, 2001; Knight, 2002; Stelinski *et al.*, 2007). Jusqu'à maintenant, le niveau de dommages observés en utilisant les aérosols est relativement semblable à l'utilisation d'autres dispositifs de lutte au carpocaspe de la pomme (Knight, 2002; Stelinski *et al.*, 2007). Cependant, l'utilisation d'aérosols a pour avantage un meilleur contrôle des quantités de phéromones diffusées et permettrait de réduire potentiellement les coûts de gestion de ce ravageur (Knight, 2004).

Le tableau 8 présente les moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle du carpocapse de la pomme :

Tableau 8 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel classés par ordre d'efficacité pour le contrôle du carpocapse de la pomme

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1- SURROUND WP	Utilisé en verger biologique/écologique	Désilets, comm. pers. Maniadakis, comm. pers. Sobkowiak, comm. pers.
2- ENTRUST	Utilisé en verger biologique	Désilets, comm. pers.
3-Virus du carpocapse	Employé dans certains vergers biologiques au Québec et aux États-Unis	Désilets, comm. pers.
4-Confusion sexuelle	Utilisée aux États-Unis, en Colombie-Britannique et dans certains vergers du Québec	Barnes *et al.*,1992; Pfeiffer *et al.*,1993; Charmillot et Pasquier, 1992; Chouinard *et al.*, 1996 Thomson *et al.*, 2001

3.3 PUNAISE TERNE

LYGUS LINEOLARIS (TARNISHED PLANT BUG)

3.3.1 Description et biologie

La punaise terne est un ravageur très répandu, indigène de l'Amérique du Nord. C'est un insecte polyphage se nourrissant d'une très grande variété de plantes. Elle peut causer des dégâts importants en pomiculture, particulièrement dans les vergers à haute densité à régie conventionnelle. Dans les vergers biologiques, où les prédateurs naturels ne sont pas affectés par les insecticides, la punaise terne est mieux contrôlée.

PHOTO 13. Adulte Punaise terne
Lygus lineolaris
Crédit : Bernard Drouin

Seul l'adulte d'une longueur de 6 mm est rencontré sur le pommier. Il est de couleur brun pâle avec l'extrémité des ailes transparentes et un écusson de couleur crème sur le thorax (photo 13). L'adulte hiverne sous la litière ou dans les hautes herbes en bordure de champs et de boisés. La punaise reprend son activité au printemps et elle se nourrit de bourgeons de pommiers et de boutons floraux. Au stade nouaison, elle quitte le pommier pour aller pondre sur des légumineuses et d'autres plantes couvre-sol ou cultivées. Seule la première génération est à surveiller.

PHOTO 14. Dégât de la punaise terne sur pédoncule floral
Crédit : Guy Boivin

3.3.2 Dégâts observables

Les dommages sont causés aux boutons floraux et aux jeunes fruits en formation. Les piqûres sur les pédoncules floraux (photo 14) laissent une goutte de sève, souvent suivie par l'avortement des boutons floraux, provoquant ainsi un éclaircissage (Chouinard *et al.*, 2000). Les piqûres sur les jeunes fruits entraînent une déformation plus ou moins prononcée en forme d'entonnoir pouvant être accompagnée d'une cicatrice liégeuse. Les pommiers situés près des boisés sont plus susceptibles de subir des dommages puisqu'ils sont plus près des foyers d'infestation.

3.3.3 Stratégies de lutte

La punaise terne est généralement active à partir du stade débourrement jusqu'au stade du bouton rose par temps chaud (18 °C et plus) et sec (Chouinard *et al.*, 2001). Pendant cette période, il est suggéré de surveiller la présence d'adultes et de liquide visqueux et collant sur les bourgeons. Le dépistage des adultes avec des pièges blancs englués (photo 15) complètera les observations. La décision d'appliquer un insecticide doit être prise rapidement (Chouinard, 2011a), lorsque les punaises actives et les exsudats sont en nombre important (10 à 15 % des bourgeons) sur les boutons floraux ou que les seuils d'intervention sont atteints sur les pièges (2.5 captures par piège pour les pommiers nains et semi-nains ou 4 captures par piège pour les pommiers standards). Un traitement localisé dans les zones où la punaise est active (ex. rangées en bordure des boisés) est souvent suffisant.

PHOTO 15. Piège collant blanc
Crédit : IRDA

3.3.4 Méthodes culturales

De bonnes mesures d'hygiène consistent à faucher les herbes hautes en bordure des haies, des brise-vent, des ruisseaux et des fossés et à gérer judicieusement les plantes hôtes alternatives de la punaise à l'intérieur et au pourtour du verger. Comme les œufs sont rarement pondus sur les pommiers, ces hôtes alternatifs peuvent fortement contribuer à l'établissement d'une population importante de punaises (Prokopy *et al.*, 1978). Les couvre-sols de légumineuses sur la ferme doivent être gérés avec précaution si on cultive des plantes susceptibles à la punaise terne. En effet, il est préférable d'éviter le compagnonnage de certaines légumineuses 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 être avantageux d'éliminer ces légumineuses très attrayantes pour la punaise et de les remplacer par d'autres plantes

moins attirantes pour celle-ci. Notez qu'il ne faut cependant pas détruire la légumineuse lorsque les pommiers sont susceptibles à la punaise, car elle migrerait vers ces derniers (Estevez, 2005). La verge d'or rugueuse (*Solidago rugosa* Mill.) et la verge d'or du Canada (*Solidago canadensis* L.) sont les hôtes d'importantes populations de larves et d'adultes en fin de saison et concentrent les populations d'adultes hivernants (Boivin *et al.,* 1981). Il est conseillé de les détruire à l'automne pour ne pas favoriser la concentration d'importantes populations de punaises à l'intérieur ou en bordure du verger tôt au printemps suivant.

D'un autre côté, il est possible de conserver certaines plantes pièges au moment de la floraison du pommier pour détourner les punaises des pommiers. Ces plantes devraient être établies de préférence à l'extérieur, mais près du verger. Parmi les plantes herbacées attirantes et en floraison au moment de la floraison du pommier, on retrouve la barbarée vulgaire (*Barbarea vulgaris* R.Br.), la centaurée jacée (*Centaurea jacea* L.) et le trèfle rouge (*Trifolium pratense* L.) (Boivin *et al.*, 1981). L'amarante à racines rouges (*Amaranthus retroflexus* L.) et la grande molène (*Verbascum thapsus* L.) sont également des plantes adventices attirantes pour la punaise (Estevez, 2005).

Il est également suggéré d'assurer la présence de plantes pouvant servir d'abri aux prédateurs telles que les vinaigriers (Sumac sp.) dans l'environnement du verger (Arnoldi, 1986; Arnoldi *et al.*, 1991).

3.3.5 Lutte physique

Le piégeage intensif à l'aide de pièges blancs collants et rectangulaires ne reflétant pas les rayons ultraviolets et installés en bordure du verger 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.

3.3.6 Lutte biologique

On retrouve des parasitoïdes, des prédateurs, de même que des champignons entomopathogènes de la punaise terne (tableau 9). Ses prédateurs les plus abondants en vergers sont les hémiptères, particulièrement les pentatomides et les nabides (Arnoldi *et al.*, 1991). Aucun des ennemis naturels n'est actuellement disponible commercialement, 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 pour favoriser leur action. Quoique la punaise terne puisse représenter un problème dans de nouvelles plantations, elle semble être bien contrôlée naturellement. L'utilisation d'ENTRUST pourrait aussi exercer une certaine répression de l'insecte tout en favorisant la présence des ennemis naturels de la punaise terne. (Désilets, comm. pers.).

Le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* est un agent de lutte biologique très prometteur. Il a été isolé, en Arkansas, à partir de punaises ternes naturellement infectées (Steinkraus et Tugwell, 1997). Au Québec, la susceptibilité de la punaise au champignon a été testée en laboratoire et en champs de laitue et de céleri ; de forts pourcentages de mortalité ont été notés à des concentrations relativement faibles et économiquement acceptables. En effet, Kouassi, a comparé l'efficacité de l'isolat MK 2001 de *B. bassiana* à l'insecticide systémique Cygon (diméthoate). L'isolat MK 2001 de *B. bassiana* a été aussi efficace que le diméthoate en champ à contrôler tous les stades du ravageur (œufs, larves, adultes). Alors

qu'une résurgence (présence de larves) était observée à partir du 10e jour dans les parcelles traitées avec l'insecticide, aucune larve ni dommage de nutrition n'ont été enregistrés dans les parcelles traitées avec le champignon. De plus, les spores peuvent demeurer plus de 26 jours (voire 37 jours) sur les feuilles de céleri et de laitue en conservant leur potentiel infectieux. Ceci garantit, sur une longue période, une protection efficace des plants contre la punaise terne sous des conditions d'ensoleillement élevé, de température et d'humidité relative variables et aussi de pluviométrie abondante (Kouassi, 2003).

Il existe une souche de *Bacillus thuringiensis*, qui s'attaque aux hémiptères (Anthocoridae) (Croft, 1990).

Le tableau 9 présente les principaux ennemis naturels de la punaise terne :

Tableau 9 : Les principaux ennemis naturels de la punaise terne

NOM	FAMILLE	STADE ATTAQUÉ	RÉFÉRENCES
PARASITOÏDES :			
Alophorella spp.	Tachinidae	Adulte	Graham *et al.*, 1986
Anaphes iole Girault	Mymaridae	Œuf	Sohati, 1989
Anaphes ovijentatus	Mymaridae	Œuf	Graham *et al.*, 1986
Erythmelus miridiphagus Dozier	Mymaridae	Œuf	Sohati, 1989
Lasioerythraeus johnstoni (ectoparasite et prédateur)	Erythraeidae		Young et Welbourn, 1987
Leiophron uniformis	Braconidae	Nymphe	Graham *et al.*, 1986
Peristenus spp.	Braconidae	Larve	Carignan *et al.*, 1995; Lim et Stewart, 1976
Polynema pratensiphagum Walley	Mymaridae	Œuf	Sohati, 1989
Telenomus spp.	Scelionidae	Œuf	Sohati, 1989
PRÉDATEURS :			
Geocoris punctipes	Lygaeidae	Larve	Young, 1989
Nabicula subcoleoptrata	Nabidae	Adulte*	Arnoldi *et al.*, 1991; Arnoldi, 1986
Oxyopes salticus	Oxyopidae	Larve et adulte	Young, 1989; Young et Lockley, 1986
Phymata pennsylvanica	Phymatidae		Arnoldi, 1986
Podisus maculiventris Say	Pentatomidae	Adulte*	Arnoldi *et al.*, 1991
Sinea diadema F.	Reduviidae	Adulte*	Arnoldi *et al.*, 1991
Stagmomantis carolina	Mantidae	Adulte*	Young, 1989
Stiretrus anchorago	Pentatomidae		Young, 1989
Zelus socius Stal	Reduviidae	Adulte*	Arnoldi *et al.*, 1991; Arnoldi, 1986
PRÉDATEURS - ARANEAE :			
Agelenopsis potteri	Agelenidae		Arnoldi *et al.*, 1991
Argiope aurantia	Araneidae	Adulte*	Young, 1989
Metaphidippus galathea	Salticidae	Adulte et larve	Young, 1989
Misumenoides formocipes	Thomisidae	Adulte et larve	Arnoldi *et al.*, 1991; Young, 1989
Neoscona domiciliorum	Araneidae	Adulte*	Young, 1989
Phidippus sp.	Salticidae	Adule et larve	Young, 1989
Philodromus praelustris Keyserling	Thomisidae	Adulte*	Arnoldi *et al.*, 1991; Arnoldi, 1986

(suite)

Pisaurina mira	Pisauridae	Adulte*	Young, 1989
Xysticus punctatus	Thomisidae		Arnoldi, 1986
CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGÈNES :			
Beauveria bassiana	Moniliales	Adulte	Kouassi, 2003; Steinkraus et Tugwell, 1997; Bidochka *et al.*, 1993

** seul stade testé*

Le tableau 10 dresse la liste des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la punaise terne :

Tableau 10 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel classés par odre d'efficacité pour le contrôle de la punaise terne

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1-Favoriser l'action des ennemis naturels en évitant l'utilisation de produits à large spectre	Employés dans certains vergers biologiques au Québec	Désilets, comm. pers.
2-Utiliser des champignons entomopathogènes	Efficacité de *B. bassiana* démontrée en laboratoire et en champs de laitue et céleri Efficacité à démontrer en verger	Kouassi, 2003 Todorova et Weill, 2006

3.4 MOUCHE DE LA POMME
RHAGOLETIS POMONELLA (APPLE MAGGOT)

3.4.1 Description et biologie

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

PHOTO 16. Adulte Mouche de la pomme *Rhagoletis pomonella*
Crédit : Franz Vanoosthuyse

Mesurant 5 à 6 mm (photo 16), la mouche de la pomme est légèrement plus petite que la mouche domestique (Chouinard *et al.*, 2001). Ses ailes portent des bandes noires en zigzag très marquées formant un « F ». La mouche de la pomme hiverne sous forme de pupe dans le sol. Les adultes émergent à partir de la fin juin et 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 pour la reproduction. Les femelles pondent leurs œufs sous la pelure des fruits, chacune pouvant pondre jusqu'à 300 œufs. Les œufs éclosent en moins de sept jours et les petites larves se nourrissent à l'intérieur des fruits laissant des traces brunâtres derrière elles. La période de ponte s'étend jusqu'en août et une seule génération est observée au Québec.

3.4.2 Dégâts observables

Les piqûres de ponte des adultes ont l'apparence de petits points rougeâtres à la surface des pommes (photo 17). Les larves creusent des tunnels brunâtres dans la chair des fruits.

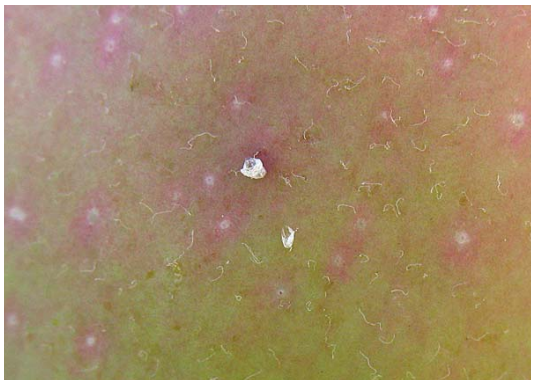


PHOTO 17. Piqûres de ponte de la mouche de la pomme
Crédit : Franz Vanoosthuyse

3.4.3 Stratégies de lutte

Étant donné la capacité de ponte très élevée des adultes, les seuils de tolérance sont très bas pour la mouche de la pomme. Le dépistage de cet insecte est pratiquement une obligation en pomiculture; il permet souvent d'éviter des traitements insecticides. Il faut alors surveiller attentivement les populations de mouches de la pomme ou de procéder à un piégeage intensif avec des sphères rouges engluées (photo 18) (Chouinard *et al.*, 2001). Le seuil pour la mouche de la pomme est de deux mouches par sphère rouge, sauf si vos pommes sont destinées à l'exportation; le seuil baisse alors à une mouche par sphère. Le seuil passe à cinq mouches par sphère si vous avez déjà effectué au moins un traitement contre cet insecte pendant l'été (Chouinard, 2012).

PHOTO 18. Sphère rouge engluée
Crédit : Bernard Drouin

3.4.4 Méthodes culturales

L'hôte original de cet insecte est l'aubépine (Duval, 1991a). De ce fait, on recommande d'éliminer les pommiers et autres rosacées abandonnés, dans un rayon de 100 à 200 mètres autour du verger afin d'éliminer les foyers d'infestation. La collecte des fruits tombés et infestés permet d'interrompre le cycle de développement de la mouche en empêchant les larves d'aller puper dans le sol. Deux ou trois ramassages en fin de saison permettent de diminuer la population hivernante.

Le choix des variétés de pommier permet aussi de limiter les infestations. Certains cultivars hâtifs sont davantage attirants pour la mouche: des cultivars hâtifs comme *Jersey Mac* et *Sunrise* et certains cultivars tardifs comme *Cortland* et *Spartan*. Toutefois, le cultivar *Liberty*, serait beaucoup moins attirant pour la mouche de la pomme selon certains producteurs biologiques (Désilets, comm. pers.)

3.4.5 Lutte physique

Les populations de mouche de la pomme peuvent être réprimées sans le recours aux insecticides. L'utilisation de sphères rouges engluées, attractives ou non, a donné des résultats très intéressants pour le piégeage massif au Québec. Les sphères rouges sont des pièges hautement sélectifs pour la mouche de la pomme qui capturent un grand nombre d'adultes matures sexuellement et un nombre moindre d'insectes bénéfiques (Prokopy, 1975). Ces boules rouges ressemblent à des fruits bien mûrs et attirent les femelles prêtes à pondre. L'utilisation de ces sphères appâtées ou non est particulièrement adéquate dans les petits vergers. Dans les grands vergers, des sphères attractives sont nécessaires.

Le piégeage intensif consiste à installer une sphère rouge engluée à tous les cinq m sur les pommiers situés à la périphérie des vergers de pommiers nains et semi-nains (environ à tous les 2 arbres dans les vergers à haute densité) et par la suite, à entretenir ces pièges par la suite (Chouinard *et al.*, 2001). Le piégeage intensif est une méthode coûteuse en temps et en matériel, mais qui peut permettre d'éliminer de nombreux traitements insecticides durant l'été (Chouinard *et al.*, 2001). Selon Chouinard *et al.* (2001), voici les conditions gagnantes pour la réussite de cette technique sont les suivants:

- la population de la mouche de la pomme résidente à l'intérieur du verger doit être faible;
- cette population doit aussi être dépistée à l'aide de sphères installées au centre du verger;
- un plus grand nombre de sphères doit être installé dans les vergers comportant des cultivars d'été en leur centre et dans ceux où les captures annuelles moyennes sont plus importantes;
- le verger ne doit pas comporter d'allées très larges (possibles portes d'entrées de la mouche vers le centre du verger).

Les sphères rouges doivent être installées tôt en saison (fin de juin) pour capturer les femelles 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 au milieu ou dans le tiers supérieur du feuillage. La sphère doit être entourée de feuillage et de fruits, mais on doit garder une zone dégagée autour de la sphère dans un rayon de 25-50 cm. Cette disposition optimise la capture des individus (Duan *et al.*, 1993).

Une étude effectuée au Québec a démontré l'efficacité de la technique lorsque les pièges étaient installés à 10 m d'intervalle sur les côtés adjacents à un boisé et à une distance de 20 m sur les côtés adjacents à des prairies ou des vergers traités chimiquement. Cependant, dans ces conditions, les populations de la mouche de la pomme doivent être de faibles à modérées pour atteindre un niveau de contrôle acceptable par les pomiculteurs (Bostanian *et al.*, 1999b).

La sphère rouge peut être combinée à un panneau jaune qui simule le feuillage et permet de capturer les femelles immatures en quête de nourriture (Duval, 1991a). Elle peut être installée sur le côté sud des pommiers afin d'être plus visible et davantage éclairée. Certains producteurs biologiques utilisent des panneaux jaunes avec un cercle rouge peint au centre comme alternative économique. Les pièges sont englués puis installés à tous les 2 arbres (Sobkowiak, comm. pers.).

Le piégeage de masse comporte, par contre, certains désavantages dans un grand verger. En effet, une très grande quantité de sphères est nécessaire, leur manipulation est très salissante et il est nécessaire de retirer les insectes capturés et de réengluer les sphères au moins chaque deux semaines afin qu'elles demeurent efficaces. Toutes ces opérations requièrent du temps et une main d'œuvre importante (Prokopy *et al.*, 1996).

Les sphères rouges munies d'un attractif récoltent plus de captures que les sphères non appâtées. Dans une étude réalisée au Massachusetts, les sphères rouges appâtées ont capturées significativement plus de mouches de la pomme que les sphères non-appâtées, indépendamment du positionnement de l'attractif dans le verger (centre ou périmètre) (Rull et Prokopy, 2005). L'odeur de fruit synthétique (attractif) agit de concert avec l'odeur naturelle du fruit pour attirer les mouches. Ainsi, le piège attractif devrait préférablement être installé dans les cultivars de pommiers hâtifs afin de maximiser les captures (Rull et Prokopy, 2005). L'attractif consiste en une petite capsule diffusant de l'hexanoate de butyle, qui peut s'accompagner de carbonate d'ammonium (Reynolds *et al.*, 1998). Zhang *et al.* (1999) ont identifié un mélange ayant un pouvoir d'attraction encore plus puissant que l'hexanoate de butyle employé seul. Ce mélange est constitué de cinq composés : butanoate de butyle (10 %), hexanoate de propyle (4 %), hexanoate de butyle (37 %), butanoate d'hexyle (44 %) et d'hexanoate de pentyle (12 %). En moyenne, les sphères rouges engluées déployées en association avec ce mélange attractif ont capturé le double d'adultes de mouche de la pomme comparativement aux sphères déployées avec de l'hexanoate de butyle seul et cinq fois plus que les sphères non-attractives. Jusqu'à maintenant, aucun seuil d'intervention n'a été établit pour le mélange à 5 composés attractifs (Leskey *et al.*, 2009). Les pomiculteurs commerciaux utilisent le seuil d'intervention développé pour les pièges attractifs avec hexanoate de butyle, même s'ils utilisent le mélange à 5 composés attractifs. Considérant le pouvoir attractif supérieur du mélange, le seuil d'intervention pourrait être plus élevé (Leskey *et al.*, 2009).

3.4.6 Lutte biologique

Il existe bien des ennemis naturels de la mouche de la pomme (tableau 11), mais on n'a pu prouver l'efficacité de ces prédateurs ou parasitoïdes pour la lutte biologique contre ce ravageur car les larves se nourrissant à l'intérieur du fruit sont peu accessibles aux ennemis naturels (Varela, 2008).

Même si nombreux prédateurs sont répertoriés, le taux de prédation 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, crickets, araignées, carabes et fourmis) ne contrôlent pas efficacement cette espèce en vergers commerciaux (Agnello *et al.*, 1993). Par contre, en vergers biologiques, ces ennemis naturels sont généralement présents en plus grand nombre, particulièrement les araignées, et peuvent offrir un certain contrôle de la mouche de la pomme. Une diminution de la quantité de pesticides employés dans les vergers permet d'augmenter la présence et l'efficacité des parasitoïdes et des prédateurs généralistes des vergers (Braun, 1991).

Peu de microorganismes entomopathogènes de la mouche de la pomme sont connus. Le champignon *Hirsutella thompsonii* serait toxique pour cette mouche, mais aucun essai en vergers n'a démontré son efficacité en contexte commercial (Krasnoff et Gupta, 1994). Une

autre étude a démontré la présence des microorganismes entomopathogènes suivants dans les larves et pupes de mouches de la pomme: *Pseudomonas aeruginosa* et *Streptococcus* sp., qui ont la capacité d'infecter des insectes stressés, *Bacillus cereus*, un organisme déjà connu pour ses capacités à tuer certains insectes et les nématodes *Neoaplectana* sp. (Poinar *et al.*, 1977). Des études en laboratoire et en verger seraient nécessaires afin de déterminer si un de ces auxiliaires possède le pouvoir de contrôler efficacement la mouche de la pomme.

Le tableau 11 présente les principaux ennemis naturels de la mouche de la pomme :

Tableau 11 : Les principaux ennemis naturels de la mouche de la pomme

NOM	FAMILLE	STADE ATTAQUÉ	COMMENTAIRES	RÉFÉRENCES
PARASITOÏDES :				
Anaphoidea	Mymaridae	Œuf	Observé au Connecticut	Porter et Alden, 1921
Aphaereta auripes (Prov.)	Braconidae	Larve		Middlekauf, 1941
Biosteres melleus (Gahan) Synonymes : *Opius melleus* et *Biosteres rhagoletis*	Braconidae	Larve	Observé en Nouvelle-Écosse, en Ontario et dans les États de Washington, du Maine, de New-York, du Vermont, du New-Hampshire, etc.	Monteith, 1971; Krombein, 1979; Gut et Bruner, 1988
Opius alloeus (Gahan)	Braconidae	Larve	Observé au Québec et en Ontario	Rivard, 1967; Monteith, 1971; 1977
Opius downesi (Gahan)	Braconidae	Larve	Observé dans l'État de Washington	Gut et Bruner, 1988
Opius ferrugineus (Gahan)	Braconidae	Larve	Observé en Ontario	Monteith, 1977
Opius lectoides (Gahan)	Braconidae	Larve	Observé en Ontario	Monteith, 1977
Opius lectus (ou Canaliculatus)	Braconidae	Larve	Observé au Québec et en Ontario	Rivard, 1967; Monteith, 1971; Prokopy et Webster, 1978
Opius rhagoleticolus	Braconidae	Larve	Originaire d'Autriche et relâché en Ontario	Sarazin, 1992
Patasson conotracheli (Girault)	Mymaridae	Oeuf	Observé au sud des États-Unis	Krombein, 1979 Braun, 1991
Phygadeuon wiesmanni Sachtl	Ichneumonidae	Pupe	Originaire d'Europe et relâché en Ontario	Hagley *et al.*, 1993
Psilus spp.	Diapriidae	Pupe	Occasionnel au Québec	Cameron et Morrisson, 1974
Pteromalus sp.	Pteromalidae	Larve	Observé dans l'État de Washington	Gut et Bruner, 1988
Tetrastichus sp.	Eulophidae	Larve	Observé dans l'État de Washington	Gut et Bruner, 1994
PRÉDATEURS:				
Anisodactylus sanctaecrucis	Carabidae	Pupe et larve		Hagley et al., 1982
Calosoma calidum F.	Carabidae	Pupe et larve		
Forficula auricularia	Forficulidae	Pupe et larve		Murphy, 1986
Formica fusca	Formicidae	Pupe et larve		Allen et Hagley, 1990
Gryllus pensylvanicus	Gryllidae	Pupe	Canada et État-Unis	Murphy, 1986
Harpalus affinis	Carabidae	Pupe et larve		Hagley *et al.*, 1982
Harpalus pennsylvanicus	Carabidae	Pupe et larve		Murphy, 1986
Lithobius forficatus	Centipèdes	Pupe		Murphy, 1986
Nemobius fasciatus	Gryllidae	Pupe		Murphy, 1986
Oniscus laevis	Isopodes	Pupe		Murphy, 1986
Oxidus rathkeis	Millipèdes	Pupe		Murphy, 1986
Philonthus sp.	Staphylinidae	Pupe et larve		Allen et Hagley, 1990
Staphilinus badipes	Staphylinidae	Pupe		Murphy, 1986

(suite)

PATHOGÈNES:

Bacillus cereus	Bacillaceae	Bactérie	Poinar *et al.*,1977
Hirsutella thompsonii		Champignon	Krasnoff et Gupta, 1994
Neoaplectana sp.	Steinernematidae	Nématode	Poinar *et al.*, 1977
Pseudomonas aeruginosa	Pseudomonadaceae	Bactérie	Poinar *et al.*, 1977
Streptococcus sp.	Streptococcaceae	Bactérie	Poinar *et al.*, 1977

3.4.7 Produits d'origine naturelle

La mouche de la pomme peut être contrôlée par le ryania et la terre diatomée. Cependant, considérant le très large spectre d'action de ces produits, ils doivent être utilisés judicieusement pour limiter leurs impacts sur les organismes utiles.

Le kaolin (Surround) possède aussi une assez bonne efficacité contre la mouche de la pomme. Les applications répétées de ce produit forment une pellicule de particules d'argile qui protège le fruit en empêchant la femelle d'y pondre. Il doit être appliqué dans les vergers avant l'envol des adultes, et de façon à recouvrir adéquatement les fruits durant toute la période d'envol de l'insecte (Carter et Fraser, 2006). Certains producteurs n'utilisent toutefois pas le kaolin contre cet insecte en raison des applications nécessaires tard en saison (après la fin juin) qui nécessitent un lavage des pommes pour enlever la pellicule blanchâtre (non toxique) laissée par le produit (Désilets, comm. pers.).

Le spinosad (ENTRUST) est un biopesticide toxique pour le système nerveux de la mouche de la pomme qui est admissible en production biologique. L'attracticide GF-120, nouvellement homologué sur pommes au Canada, est à base de spinosad et possède une bonne efficacité contre la mouche de la pomme. L'efficacité sur le cultivar McIntosh a été confirmée par des essais répétés au verger de l'IRDA au parc national du mont Saint-Bruno. À l'été 2007, des essais ont été effectués dans des vergers biologiques de l'Ontario et de la Nouvelle-Écosse avec différentes doses de GF-120 NF pour comparer son efficacité à celle du SURROUND. Les résultats ont démontré que le GF-120 NF est aussi efficace que le SURROUND pour contrôler la mouche de la pomme (Carter, 2007).

Une dernière stratégie prometteuse consiste en l'utilisation de sphères rouges recouvertes d'un appât toxique (Prokopy *et al.*, 2004). Cette méthode attracticide combine l'attraction visuelle de la sphère à l'attraction olfactive des appâts. La partie supérieure de la sphère attractive est recouverte d'une capsule de sucre et de spinosad. Une fiole de liquide attractif est installée à environ 25 cm au-dessus de la sphère. Cette méthode a donné de bons résultats dans certains vergers (Choquette, 2008) et de moins bons dans d'autres (Green et Wright, 2009). Les clés du succès de ces essais semblent être l'organisation physique des sphères dans le verger selon l'historique de dispersion des mouches dans les parcelles et la petite dimension du verger (4 ha).

À la lumière de ces études, la stratégie de déploiement des sphères variera selon l'architecture du verger et la pression des populations de mouches de la pomme qui immigrent dans le verger. La compréhension du comportement de la mouche de la pomme dans un environnement donné peut ensuite aider à manipuler cet environnement pour maximiser la gestion de ce ravageur.

Le tableau 12 dresse la liste des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la mouche de la pomme :

Tableau 12 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel par ordre d'efficacité pour le contrôle de la mouche de la pomme

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1-Sphères rouges engluées appâtées ou non	Employées dans plusieurs vergers commerciaux et biologiques au Québec	Prokopy *et al.* 1996; Bostanian *et al.* 1999b; Sobkowiak, 2009
2-Coupe des hôtes alternatifs	Employée dans plusieurs vergers commerciaux et biologiques au Québec	Chouinard *et al.*, 2001
3-Récolte des fruits tombés	Nécessite une main-d'œuvre importante	Chouinard *et al.*, 2001
4- Spinosad 80 % (ENTRUST)	Homologué en vergers et efficace contre les tordeuses et mouche de la pomme	Chouinard, 2008a2
5- GF-120 et autres attracticides	GF-120 : homologué et efficace Coûteux et de nombreuses applications sont nécessaires	Bellerose et Chouinard, 2009

3.5 TÉTRANYQUE ROUGE
PANONYCHUS ULMI (EUROPEAN RED MITE)

TÉTRANYQUE À DEUX POINTS
TÉTRANYCHUS URTICÆ (TWO-SPOTTED SPIDER MITE)

La prolifération des acariens phytophages est apparue avec l'utilisation intensive des insecticides de synthèse à large spectre d'action (organophosphorés, carbamates, pyréthrinoïdes, etc.) qui ont des effets néfastes pour leurs prédateurs naturels.

3.5.1 Description et biologie

L'adulte du tétranyque rouge (0,3-0,4 mm) ressemble à une araignée miniature rougeâtre munie de soies dorsales blanches (photo 19). Ses œufs sont de couleur rouge et sont pondus sur la face inférieure des feuilles en cours de saison de croissance. L'adulte du tétranyque à deux points est de couleur jaune ou vert pâle translucide avec une paire de taches noires distinctives sur le dos (photo 20). Ses œufs sont sphériques et translucides.

Ces ravageurs sont présents sur les pommiers de la mi-mai à la fin de l'été. 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. Les tétranyques rouges complètent six à huit générations par saison. Le tétranyque rouge hiberne au stade œuf. Les œufs d'hiver sont rouge foncé et sont pondus en groupe à l'automne à la base des bourgeons et des rameaux, dans les replis de l'écorce et le calice des fruits. L'éclosion commence tôt au

printemps, au stade pré-bouton rose du pommier et les jeunes formes mobiles migrent sur les nouvelles pousses.

Les tétranyques à deux points complètent cinq à neuf générations par saison et hibernent au stade adulte. Chez le tétranyque à deux points, les femelles prennent une teinte orangée à l'automne et passent l'hiver dans les crevasses de l'écorce ou dans la litière du sol. Au printemps, les individus au sol progresseront vers les pommiers en absence de nourriture.

PHOTO 19. Adulte Tétranyque rouge
Panonychus ulmi
Crédit : IRDA

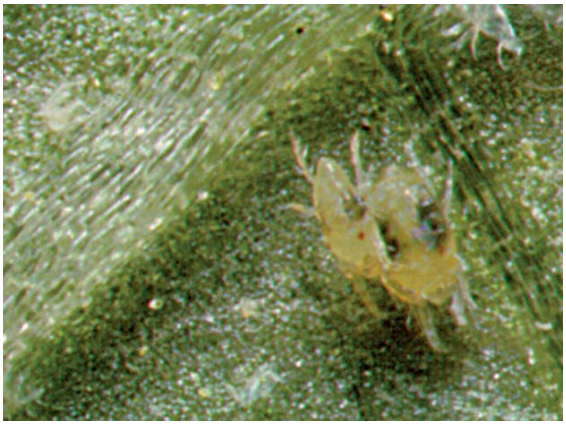


PHOTO 20. Adulte Tétranyque à deux points
Tétranychus urticae
Crédit : IRDA

3.5.2 Dégâts observables

Les tétranyques se reproduisent rapidement et leurs populations peuvent être abondantes dès juin si les populations de prédateurs sont faibles et qu'un traitement printanier n'a pas été effectué. Les colonies de tétranyques à deux points envahissent les pommiers nains et semi-nains surtout à la fin juin et au début de juillet; ils constituent plus rarement un problème pour les pommiers standard (Chouinard *et al.*, 2001).

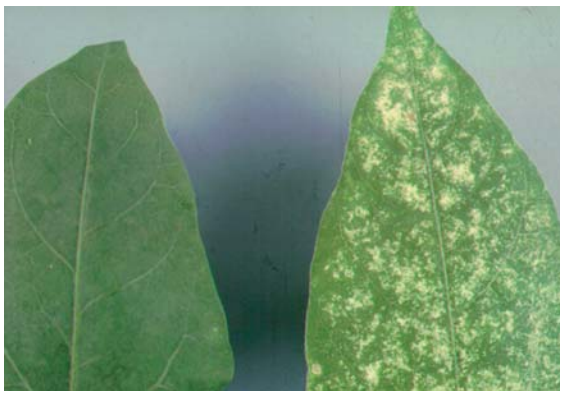


PHOTO 21. Dégâts du tétranyque à deux points (feuille mouchetée)
Crédit : Anonyme

Les dommages sont causés par tous les stades mobiles de tétranyques. Ceux-ci se nourrissent des liquides cellulaires contenus dans la feuille (Chouinard *et al.*, 2001). Lors d'infestation légère, le feuillage décolore légèrement vers le jaune (photo 21). Le feuillage peut devenir bronzé si l'infestation est plus sévère dans le cas du tétranyque rouge. Lors d'infestations graves, on peut observer la chute prématurée des feuilles et des fruits, un retard de croissance ainsi qu'une réduction de la qualité (couleur plus fade, manque de goût) et du calibre des fruits (Chouinard *et al.*, 2001).

3.5.3 Stratégies de lutte

Les tétranyques sont difficiles à réprimer et acquièrent rapidement de la tolérance ou de la résistance aux acaricides, d'où l'importance d'appliquer des traitements uniquement lorsque les densités de populations le justifient (Chouinard *et al.*, 2001).

Un dépistage des œufs d'hiver de tétranyques rouges peut être effectué sur les bourgeons à fruits avant le stade débourrement. Ce dépistage permet d'évaluer la densité de population et de déterminer si un traitement à l'huile minérale est nécessaire au printemps. Le dépistage des tétranyques sur le feuillage est aussi une opération de base en protection des vergers (Chouinard, 2009). La méthode nécessite une loupe et de 20 à 100 feuilles récoltées au hasard (20 feuilles dans chaque section du verger). Le dépistage doit débuter après l'éclosion des œufs et les seuils d'intervention doivent servir de guides pour une prise de décision éclairée (Chouinard, 2009). Si le seuil d'intervention (20 % des feuilles avec 4 formes mobiles ou plus) est atteint avant le stade nouaison, il est suggéré d'intervenir (Chouinard, 2009). Cependant, il est important d'ajuster les seuils d'intervention selon la présence et l'abondance de prédateurs d'acariens qui contribuent à diminuer les densités de populations de tétranyques phytophages gratuitement et écologiquement. Par exemple, pour les prédateurs d'acariens *Neoseiulus fallacis* et *Typhlodromus pyri*, un ratio d'un prédateur pour 10 proies d'acariens phytophages assure presque toujours un contrôle biologique adéquat. Toutefois, l'efficacité de ces prédateurs est compromise si leur action n'est pas interrompue par l'application de pesticides toxiques (Krawczyk, 2010).

La préservation des populations de prédateurs d'acariens est une stratégie de lutte gagnante en pomiculture. Cela peut se faire, notamment, en limitant l'utilisation de pesticides à large spectre d'action comme les pyréthhrinoïdes de synthèse et les carbamates, et en évitant les traitements en saison estivale.

3.5.4 Méthodes culturales

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

La gestion du couvre-sol herbacé est importante puisque le tétranyque à deux points peut s'y développer. Par exemple, l'utilisation d'herbicide ou le fauchage dans un verger à forte densité stimule la migration des tétranyques à deux points vers les pommiers. Ainsi, si un traitement acaricide est prévu, le fauchage du couvre-sol une à deux semaines avant l'application incitera les tétranyques à deux points à monter dans les arbres et les exposera ainsi au traitement.

Le couvre-sol peut également servir d'habitat pour les prédateurs naturels. En effet, différentes espèces végétales peuvent être utilisées pour attirer les insectes auxiliaires. Les plantes généralement recommandées font partie des ombellifères et des composées bien que des individus d'autres familles présentent également un potentiel intéressant. Par exemple, l'anis, l'ail, l'oignon et l'échalote seraient souhaitables comme couvre-sol puisqu'ils repoussent les

tétranyques (Duval, 1992a). Des études seraient nécessaires afin de déterminer les espèces végétales à favoriser pour accroître les populations et l'activité des prédateurs d'acariens.

3.5.5 Lutte physique

La taille des branches infestées par des œufs de tétranyques contribue à réduire les populations (Hill *et al.*, 1990). Dans un petit verger, 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.

3.5.6 Lutte biologique

De nombreux ennemis naturels s'attaquent aux tétranyques : phytoséiides, stigmaéides, punaises prédatrices, etc. (tableau 13). Cependant, les effets d'applications de pesticides sur les prédateurs de tétranyques et les interactions entre prédateurs sont des facteurs qui influencent grandement la présence ou la survie de ces auxiliaires de lutte. Les acariens prédateurs sont un groupe très utile en pomiculture. Les phytoséiides, une famille dont les individus sont très voraces, sont parmi les acariens prédateurs les plus importants. Plusieurs générations de ces prédateurs se succèdent par année. Au Québec, les populations de phytoséiides dans les vergers biologiques sont généralement suffisantes pour garder les populations de tétranyques ravageurs sous les seuils de nuisibilité.

Les deux espèces les plus importantes au Québec sont *Neoseiulus fallacis* et *Typhlodromus caudiglans* (Chouinard et Morin, 1999). Leur apparition est bien synchronisée avec celle du tétranyque à deux points *N. fallacis*, très actif durant les mois chauds de l'été, 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). En Belgique, c'est le prédateur le plus important en pomiculture (Sterk, 1998). Découvert en Pennsylvanie en 2003, *T. pyri* est présentement le plus efficace et le plus fiable prédateur d'acariens dans les vergers de l'Est des États-Unis (Krawczyk, 2010). Même si ce prédateur semble intéressant, *T. pyri* n'est pas présent au Québec puisqu'il n'est pas adapté à nos conditions climatiques. Pour l'instant, il ne présente donc pas d'intérêts en lutte biologique dans les vergers du Québec (Bostanian, comm. pers.).

L'utilisation des phytoséiides est toutefois peu compatible avec les insecticides tels que les pyréthrinoïdes (Bostanian et Racette, 1992) et ce, même s'ils sont appliqués cinq à six semaines avant l'arrivée de phytoséiides. Également, le carbaryl et les fongicides tels le bénomyl et la mancozèbe sont toxiques pour les acariens prédateurs. *Typhlodromus pyri* est plus sensible aux pesticides (exemple : pyréthrinoïdes, acaricides tels que le carzol, aux fongicides tels que le Ziram) que *N. fallacis* (Hu *et al.*, 1997). En Europe, certaines souches de *T. pyri* sont tolérantes aux carbamates, tel le carbaryl (Blommers, 1994). Plusieurs populations de phytoséiides tolèrent également les organophosphorés (Guthion et Imidan) (Bostanian et Racette, 1992; Bostanian et Coulombe, 1986). Les populations de phytoséiides sont peu affectées par les huiles minérales (Mahr, 1999a).

Les stigmaéides composent une autre famille importante d'acariens prédateurs, qu'on retrouve particulièrement lorsque le verger est adjacent à un boisé de feuillus. L'agistème (*Agistemus fleshneri*), est l'acarien prédateur le plus répandu dans les vergers québécois où

il exerce un bon contrôle du tétranyque rouge. Présent en juillet et août, 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. Les stigmaéides sont compatibles avec l'utilisation de plusieurs insecticides tels les pyrèthres de synthèse avant la floraison, les organophosphorés après la floraison et le carbamate (agent d'éclaircissage) (Chouinard et Morin, 1999). L'agistème, également, est compatible avec d'autres prédateurs, tels la punaise de la molène, la punaise translucide ou les phytoséiides.

Anystis baccarum est un acarien prédateur commun récemment identifié dans les vergers de pommiers et les vignobles au Québec (Laurin et Bostanian, 2007a). Cet acarien prédateur de la famille des anystides est un généraliste vorace qui se nourrit d'une grande variété de proies. Il est assez gros, de couleur rouge-orangé et se déplace rapidement (Smith Meyer et Ueckermann, 1987). Contrairement à *Typhlodromus pyri*, ce prédateur est connu pour ne pas causer de dommages d'alimentation sur les fruits et le feuillage (Sengonca *et al.*, 2004). Une étude réalisée en laboratoire en 2005-2006 (Laurin et Bostanian, 2007a) a démontré que cinq insecticides évalués (méthoxyfénozide, acétamipride, thiaméthoxame, imidaclopride et spinosad) ont été trouvés non toxiques pour *A. baccarum*. Une autre étude effectuée en laboratoire avec des fongicides démontre que la majorité des fongicides étudiés étaient inoffensifs pour *A. baccarum* (Laurin et Bostanian, 2007b). Des études sur sa suceptibilité aux insecticides et fongicides en conditions de vergers devraient être réalisées afin d'encourager les programmes de gestion intégrée des ravageurs (Laurin et Bostanian, 2007b).

Lorsqu'un verger ne contient pas d'acariens prédateurs, ils peuvent être introduits dans le verger. Cependant, plusieurs facteurs peuvent influencer le succès de cette introduction comme le moment de l'introduction (synchronisme avec l'application de pesticides), la densité et le stade du prédateur, les conditions environnementales, la complexité de l'environnement ainsi que les interactions entre prédateurs (Lucas *et al.*, 1998). L'introduction peut se faire à l'aide de bandes pièges ou 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 introduite au début de la saison de croissance suivante dans un verger où l'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 populations d'acariens prédateurs sont importantes) vers un verger où ils sont absents (Lasnier, 1996). Le matériel est recueilli du verger réservoir et transporté dans le verger cible où il est déposé dans un arbre à travers le feuillage. Le bois d'été est recueilli et transféré en juin (au moment de la taille d'été) alors que pour les

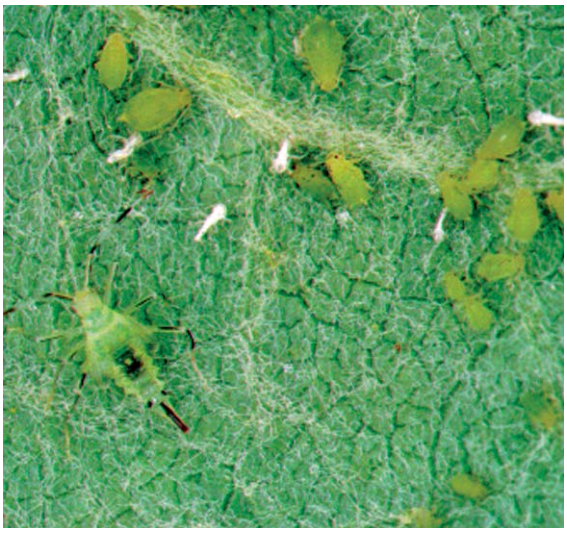


PHOTO 22. Prédateur généraliste
Larve de punaise translucide
Hyaliodes vitripennis
Crédit : Bernard Drouin

bouquets floraux le transfert a lieu à la floraison. Cette technique, utilisée dans les vergers du Québec, serait jusqu'à maintenant plus efficace que la technique des bandes pièges (Lasnier, 1996). Même s'ils sont surtout utilisés pour la protection des cultures en serre, certains de ces organismes vivants peuvent être introduits en verger. Certains de ces agents de lutte biologique sont disponibles auprès de quelques fournisseurs (La liste des fournisseurs peut être consultée à la fin du guide).

Du débourrement jusqu'à la récolte, plusieurs punaises prédatrices se côtoient en verger et exercent le contrôle des tétranyques. Par exemple, on retrouve plusieurs espèces de punaises de la famille des Reduvidés en verger. Cependant leur abondance est variable d'une année à l'autre (ex. *Acholla multispinosa* et *Zelus luridus* Stal.) (Elmer et Hagler, 1999). Les punaises pentatomides sont également présentes dans ce type de milieu, dont plusieurs espèces prédatrices. Les principales espèces observées sur les pommiers sont *Cosmopepla bimaculata* et *Podisus maculiventris* (Elmer et Hagler, 1999). Ces punaises sont toutefois sensibles aux insecticides organophosphorés et aux carbamates (Chouinard *et al.*, 2001). On note également, de bonnes populations de punaises mirides prédatrices comme, par exemple, la punaise de la molène (*Campylomma verbasci* Meyer) (Elmer et Hagler, 1999). Toutefois, cette punaise possède un statut ambigu car elle est un ravageur important des cultures de pommes et de poires en Amérique du Nord, mais elle se nourrit aussi d'autres insectes. 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). La punaise translucide (*Hyaliodes vitripennis*) (photo 22) serait le prédateur le plus courant et efficace du tétranyque rouge dans les vergers de pommiers standards du sud-ouest du Québec (Chouinard *et al.*, 1999). Elle est d'une voracité étonnante et présente dans les vergers de pommiers de juin à août (Chouinard *et al.*, 2001). Pour abaisser le niveau de population des tétranyques rouges, le recours à l'huile minérale en début de saison est fréquent. Or, un avantage de la punaise translucide est qu'elle n'est pas affectée par ce type de traitement. Cette punaise se nourrit également de pucerons, de nymphes de cicadelles et de larves de lépidoptères. Son efficacité en vergers commerciaux a notamment été démontrée par Brodeur *et al.* (1999). Elle se retrouve facilement sur des pommiers standards au niveau des pousses végétatives où s'établissent les colonies de pucerons et au niveau des bouquets à fruits où se trouvent préférentiellement les acariens phytophages (Firlej et Vanoosthuyse, 2001). Des observations sur pommiers nains encagés ont permis de noter une prédation significative de la part de cette punaise envers des tétranyques rouges (Firlej et Vanoosthuyse, 2001). La punaise translucide est un acteur de plus en plus important des vergers de pommiers et son potentiel est encore sous-utilisé. Finalement, d'autres punaises prédatrices généralistes comme les nabides et les anthocorides s'attaquent aussi aux tétranyques rouges et à deux points (Chouinard et Morin, 1999).

Les coccinelles du genre *Stethorus* sont des prédateurs spécifiques des tétranyques. La coccinelle *Stethorus punctillum*, peu fréquente dans nos vergers, est un bon prédateur d'acariens. Elle est très sensible aux organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes (Mahr, 1999a). La coccinelle asiatique (*Harmonia axyridis*), assez fréquente dans nos vergers, est un bon prédateur d'acariens phytophages même si elle a tendance à préférer les pucerons. Dans une étude de Lucas *et al.* (1997), la voracité de trois espèces de coccinelles : la coccinelle à sept points (*Coccinella septempunctata*), la coccinelle à quatorze points (*Propylea*

quatuordecimpunctata) et la coccinelle asiatique (*Harmonia axyridis*) a été étudiée en laboratoire sur le tétranyque rouge du pommier. Les trois espèces ont consommé le tétranyque rouge. Toutefois, *H. axyridis* était significativement plus vorace et possède le potentiel le plus élevé comme ennemi naturel du tétranyque. Les araignées ont aussi un impact important sur les populations de tétranyques (Wisniewska *et al.*, 1993), mais leur présence est fortement limitée par l'utilisation des pesticides.

En lutte biologique, il est important de préciser qu'il est préférable que les observations faites sous d'autres conditions, contextes ou avec d'autres prédateurs soient évaluées au Québec sous nos conditions climatiques et avec nos prédateurs afin de déterminer leurs effets réels. En effet, il est difficile d'extrapoler l'efficacité des prédateurs et les effets toxiques des produits antiparasitaires sur les prédateurs à partir d'études réalisées dans un contexte hors Québec puisque les effets peuvent être identiques ou diamétralement opposés (Bostanian *et al.*, 2010, Lefebvre *et al.*, 2011). Des évaluations en laboratoire et aux champs avec les prédateurs présents au Québec sont donc souhaitables afin de faire des recommandations officielles (Bostanian *et al.*, 2012).

Le tableau 13 dresse la liste des principaux ennemis naturels des tétranyques :

Tableau 13 : Les principaux ennemis naturels des tétranyques

NOM	FAMILLE	COMMENTAIRES	RÉFÉRENCES
PRÉDATEURS - ACARIENS			
Agistemus fleschneri	Stigmaeidae		Welty, 1995 Mahr, 1999b
Allothrombium sp.	Trombidiidae		Paradis, 1983
Amblyseius andersoni (ou potentillae)	Phytoseiidae	exotique	Blommers, 1994
Amblyseius (ou *Cydnodromus*) *chilenensis*	Phytoseiidae	exotique	
Amblyseius (*Neoseiulus*) *fallacis*	Phytoseiidae	indigène, prédateur clé en lutte intégrée au Canada, possibilité d'introduction	Bostanian *et al.*, 2010 Chouinard et Morin, 1999
Amblyseius idaeus	Phytoseiidae		
Anystis baccarum	Anystidae	indigène	Laurin et Bostanian, 2007a
Balaustium sp.	Erythraeidae		Chouinard et Morin,1999
Galendromus occidentalis	Phytoseiidae	prédateur clé dans la Vallée de l'Okanagan (C.-B.)	Lefebvre *et al.*, 2011
Metaseiulus occidentalis	Phytoseiidae	indigène	
Phytoseiulus persimilis	Phytoseiidae	exotique	Fournier *et al.*, 1987
Typhlodromus caudiglans	Phytoseiidae	indigène	Chouinard et Morin, 1999
Typhlodromus pomi	Phytoseiidae	indigène	
Typhlodromus pyri	Phytoseiidae	indigène	Blommers, 1994
Typhlodromus vulgaris	Phytoseiidae	indigène	
Zetzellia mali	Stigmaeidae	jamais répertorié au Québec **Attention :** ressemblance avec A. fleschneri	Bostanian, comm. pers. Forest *et al.*, 1982
PRÉDATEURS - HEMIPTERA			
Hyaliodes vitripennis	Miridae	prédateur généraliste	Chouinard et al., 1999
Nabides	Nabidae	prédateur généraliste	Mahr, 1999b
Orius insidiosus	Anthocoridae	disponible commercialement	McCaffrey et Horsburgh, 1986

(suite)

PRÉDATEURS - THYSANOPTERA			
Leptothrips mali	Phlaeothripidae	prédateur généraliste	Welty, 1995
PRÉDATEURS - COLEOPTERA			
Cantharides	Cantharidae	prédateur généraliste	Welty, 1995
Coccinella septempunctata	Coccinnellidae	prédateur généraliste	Lucas *et al.*, 1998
Harmonia axyridis	Coccinnellidae	prédateur généraliste	Lucas *et al.*, 1998
Propylea quatuordecimpunctata	Coccinnellidae	prédateur généraliste	Lucas *et al.*, 1998
Staphylins	Staphylinidae	prédateur généraliste	Welty, 1995
Stethorus puntillum	Coccinnellidae	prédateur spécialiste	Blommers, 1994
Stetorus punctum	Coccinnellidae	prédateur généraliste	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
			Wisniewska *et al.*, 1993
PRÉDATEURS - DIPTERA			
Syrphes	Syrphidae	prédateur généraliste	Welty, 1995
PATHOGÈNES			
Bacillus thuringiensis (-exotoxin)	Bacillaceae	tous les stades de T. urticae	Neal *et al.*, 1987
			Marshall et Pree, 1986
Entomophthora adjarica	Entomophthoraceae		

3.5.7 Produits d'origine naturelle

Lorsque les œufs hibernants de tétranyques rouges ont bien résisté à l'hiver et que les populations sont abondantes, il est généralement préférable de tuer les œufs avant leur éclosion plutôt que d'attendre et traiter les formes mobiles. Le traitement à l'huile minérale est un traitement très répandu sans risque de résistance avec un coût relativement peu élevé. Ce traitement est plus efficace au début de la saison. En effet, il est fortement conseillé après le débourrement jusqu'au stade pré-bouton rose, dès que les températures sont supérieures à 18 °C et qu'il y a absence de vent. Un bon traitement à l'huile assure généralement une répression adéquate du tétranyque jusqu'en juillet, période où de nombreux prédateurs peuvent continuer de limiter le développement des populations de ce ravageur (Chouinard *et al.*, 2001). L'huile a l'avantage d'être relativement peu nuisible pour les acariens prédateurs (Agnello *et al.*, 1993). Cependant, il ne faut pas utiliser de soufre dans les 30 jours suivant l'application d'huile de dormance. L'application d'huile ne serait plus nécessaire lorsqu'aucun insecticide à large spectre d'action n'est utilisé pendant quelques années (Désilets, comm. pers.). Les tétranyques ne représentent pas un problème dans le verger biologique (comm. pers.). En effet, en verger biologique, les populations d'acariens prédateurs sont généralement suffisantes pour garder les populations de tétranyques ravageurs sous les seuils de nuisibilité.

Le savon insecticide Safer's, homologué contre les tétranyques, est aussi néfaste pour les ennemis naturels. Par contre, il pourrait être utilisé pour des traitements localisés. Le pyrèthre

homologué au Canada comme insecticide, est accepté en agriculture biologique. Toutefois, seul le Trounce, qui ne contient pas de butoxyde de pipéronyle, est autorisé par les cahiers de charge d'agriculture biologique. Le pyrèthre affecte les tétranyques phytophages, mais est également très néfaste pour les prédateurs.

Le tableau 14 dresse la liste des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle des tétranyques :

Tableau 14 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel par ordre d'efficacité pour le contrôle des tétranyques

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1-Abandon des insecticides à large spectre d'action (pyréthrinoïdes, carbamates, organophosphorés, etc.)	Pratiqué dans plusieurs vergers biologiques au Québec	Boulé *et al.* 1997; Désilets, comm. pers.
2- Utilisation de l'huile minérale lorsque les prédateurs sont peu présents (danger d'affecter les stigmaeides)	Utilisée dans plusieurs vergers commerciaux et biologiques au Québec	Chouinard *et al.*, 2001
3- Introduction d'acariens prédateurs	Pratiquée dans plusieurs vergers au Québec	Bostanian *et al.*, 1999a

3.6 TAVELURE DE LA POMME

Venturia inaequalis (apple scab)

3.6.1 Description et biologie

Au Québec, la tavelure est la principale maladie du pommier. Cette maladie fongique peut entraîner d'énormes pertes économiques puisque les fruits atteints ne peuvent être vendus ou entreposés et que les arbres défoliés sont affaiblit et survivent moins bien à l'hiver. Les propriétaires de vergers dépensent beaucoup de temps, d'énergie et d'argent pour prévenir les infections de tavelure et ce, malgré les plus récentes découvertes.

Le développement de la tavelure est favorisé par des conditions printanières fraîches, humides et pluvieuses (Carisse et Jobin, 2006). Le champignon microscopique responsable de cette maladie, *Venturia inaequalis*, se reproduit et hiverne dans les feuilles infectées qui tombent sur le sol à l'automne et survit dans une structure appellée pseudothèce. Un peu avant le débourrement des pommiers au printemps, les pseudothèces mûrs produisent des ascospores. Entre le stade débourrement du pommier et la fin juin, les ascospores matures sont éjectées dans l'air ambiant lors de périodes pluvieuses et sont dispersées par le vent et la pluie. Les ascospores qui atteignent les jeunes feuilles germent et pénètrent la feuille si sa surface reste mouillée pendant une période déterminée par la température (période d'infection). C'est ce qu'on appelle la période des infections primaires.

Quelques semaines plus tard, l'infection prend la forme de taches circulaires brunâtres et duveteuses. Cela signifie que le mycélium mature du champignon produit de nombreuses conidies (spores d'été) sur les taches primaires. Les conidies sont dispersées par la pluie et le vent et causeront des infections secondaires tout au long de la saison et même jusqu'à l'automne, à la chute des feuilles. Les infections secondaires se développent dans des

conditions semblables à celles provoquant les infections primaires. De nouvelles taches peuvent se développer sur plusieurs parties de l'arbre et même sur les fruits entreposés. Toutefois, la résistance du feuillage mature et des fruits augmente au cours de la saison puis diminue à l'approche de la récolte.

PHOTO 23. Tache de tavelure de la pomme *Venturia inaequalis*
Crédit : Martine Giguère

PHOTO 24. Taches de tavelure de la pomme sur fruits
Crédit : Bernard Drouin

3.6.2 Dégâts observables

Les symptômes d'une infection primaire apparaissent sur les jeunes feuilles et les jeunes fruits sous forme de petites taches circulaires de couleur olive ou brunâtre (Comité de pomiculture, 2001). Ces taches ont un aspect velouté ou cendré très caractéristique (photo 23) illustrant la multitude de conidies à la surface des taches prêtes à infecter le feuillage environnant (Comité de pomiculture, 2001). Les lésions secondaires se retrouvent surtout au niveau des pousses végétatives, sur les feuilles en croissance lors de l'infection. Un grand nombre de lésions peut entraîner la chute prématurée des feuilles et des fruits (photo 24). La tavelure ne tue pas l'arbre, mais la chute prématurée des feuilles l'affaiblira.

Si les fruits sont infectés à la fin de l'été ou au début de l'automne, les taches ne seront visibles que durant l'entreposage (Carisse *et al.*, 2006). Ces très petites taches apparaîtront noires et circulaires (*pin-point scab*).

3.6.3 Stratégies de lutte

En pomiculture biologique, le succès dans le contrôle de la tavelure ne réside pas seulement en l'utilisation d'un *produit miracle*, mais plutôt en l'utilisation d'une série de mesures préventives et curatives qui contribuent ensemble à la lutte contre la tavelure (Carisse, comm. pers.). En effet, la lutte intégrée contre la tavelure est plus durable dans la mesure où elle ne dépend pas d'une seule méthode de contrôle. Aussi cette lutte permet de réduire les risques de développement de résistance aux fongicides dans la population de l'agent pathogène (Carisse et Dewdney, 2001). Plusieurs de ces mesures seront décrites dans les sections qui suivent.

3.6.4 Méthodes culturales

Utilisation de cultivars tolérants ou résistants

La prévention constitue le premier moyen de lutte contre la tavelure. Ainsi, pour de nouvelles plantations, l'utilisation de cultivars tolérants ou résistants à la tavelure devrait être privilégiée. Un cultivar résistant possède un ou plusieurs gènes qui lui permettent d'être résistant à la tavelure (résistance complète) tandis qu'un cultivar tolérant est *naturellement* tolérant à la tavelure en raison de plusieurs gènes de résistance partielle (Comité de pomiculture, 2001). La résistance complète est également naturelle sauf dans le cas des organismes génétiquement modifiés (Carisse, comm. pers.).

Cependant, les cultivars résistants ne sont pas non plus une solution durable, car de nouvelles races du champignon *V. inaequalis* peuvent contourner la résistance et infecter des pommiers résistants (Carisse, comm. pers.). Toutefois, le contournement de la résistance n'est pas si fréquent et peut dépendre, entre autres, de la densité des arbres résistants (Carisse, comm. pers.). Tous les cultivars résistants actuellement disponibles en Amérique du Nord sont issus de descendants de croisement entre des cultivars commerciaux et les descendants d'un ancêtre résistant appelé *Malus floribunda* 821. Ces cultivars ne contiennent qu'un seul gène de résistance (résistance monogénique) appelé le gène *Vf* (Comité de pomiculture, 2001). Malheureusement, il existe, dans les populations naturelles du champignon *Venturia inaequalis*, des individus capables d'infecter les arbres possédant ce gène. Le danger, dans l'utilisation massive de cultivars à résistance monogénique, est de favoriser la sélection naturelle de ces races résistantes de tavelure (Comité de pomiculture, 2001). Par conséquent, la meilleure prévention serait de maximiser la diversité des cultivars tout en sélectionnant ceux qui présentent des caractéristiques de tolérance ou de résistance.

Le tableau 15 dresse un portrait des cultivars résistants ou tolérants disponibles au Québec et de leur sensibilité à la tavelure. Il est à noter que la sensibilité à la tavelure évolue avec le temps et que les tableaux de sensibilité ne donnent qu'une indication relative (Philion, comm. pers.).

Tableau 15. Classification des cultivars commerciaux en fonction de leur sensibilité à la tavelure selon le Comité de pomiculture (2001), Jobin et Carisse (2005) et le CRAAQ (2007)

SENSIBILITÉ	CULTIVARS
Très sensibles	Cortland Royal, Jerseymac**, Lobo**, McIntosh, McIntosh Summerland, Vista Bella*
Modérément sensibles	Cortland, Empire**, Gala Scarlet, Ginger Gold, Jonamac, Red Cortland*, Silken, Sunrise
Peu sensibles	Early Geneva*, Fortune, Golden Delicious*, Golden Supreme Honeycrisp, Jonagold*, Jonamac*, Lodi*, Mutsu*, Northern Spy*, Paulared**, Pinova, Sweet Sixteen
Tolérants	Golden Russet*, Honeycrisp, Idared*, Red Delicious*, Royal gala*, Spartan**, Sunrise*
Résistants	Belmac, Britegold, Freedom, Jonafree, Liberty, Macfree, Moira, Murray, Nova Easygro, Novamac, Priam, Primevère, Priscilla, Richelieu, Rouville, Sir Prize, Trent

** Sensibilité établie en laboratoire seulement (sous des conditions contrôlées)*
*** Cultivar présentant des résultats différents en laboratoire et en verger.*

La tavelure peut ne pas représente beaucoup de défis pour un producteur biologique de la Montérégie puisqu'il utilise exclusivement des cultivars résistants ou tolérants (Désilets, comm. pers.).

En effet, l'utilisation de cultivars résistants ou tolérants réduit considérablement le besoin d'appliquer des fongicides contre la tavelure. Toutefois, des traitements peuvent être nécessaires pour contrôler d'autres maladies. En effet, plusieurs de ces cultivars sont sensibles aux autres maladies fongiques, comme l'oïdium et les chancres (Biggs, 1998). Certaines études démontrent toutefois l'existence de cultivars à résistance double et triple (tavelure, mildiou et brûlure bactérienne) (Fischer, 2000). L'application de fongicides minéraux sur les cultivars sensibles aux maladies, incluant la tavelure, se fait à la même fréquence que l'application de fongicides chimiques (environ une dizaine de traitements par année). Dans le cas des cultivars résistants à la tavelure, au moins quatre traitements par année sont recommandés pour lutter contre la tavelure et retarder le développement des souches résistantes (Philion, comm. pers.). Ces traitements sont aussi utiles pour traiter les autres maladies, particulièrement le chancre.

Plusieurs des cultivars résistants ou tolérants à la tavelure sont peu connus des consommateurs et peuvent encore avoir une valeur commerciale moindre. Cependant, ces cultivars gagnent à être connus car plusieurs possèdent des caractéristiques fortes intéressantes. Les activités d'auto-cueillette, les visites à la ferme et les dégustations peuvent contribuer à faire connaître ces cultivars méconnus.

Pour vous procurer des cultivars résistants, consultez la liste des pépinières à la page 108.

Plantation mixte

En production biologique, une excellente mesure préventive est de maximiser la diversité des cultivars tout en sélectionnant ceux qui présentent des caractéristiques de tolérance ou de résistance. La plantation mixte consiste essentiellement à planter des variétés résistantes ou tolérantes en alternant les variétés, les rangs ou groupes de rangs dans le verger. Cette technique permet de maintenir une population mixte de *V. inaequalis* et, par conséquent, de diminuer les risques que de nouvelles races du champignon contournent la résistance et infectent des pommiers résistants (Carisse, comm. pers.).

Élimination des pommiers abandonnés autour du verger

L'élimination des pommiers abandonnés à proximité du verger peut également réduire les risques d'infections ; car ceux-ci peuvent constituer une source importante d'inoculum de tavelure. L'élimination des pommiers abandonnés dans un périmètre de 50 m autour du verger devrait suffire à éliminer la plupart des sources d'ascospores extérieures au verger (Comité de pomiculture, 2001).

Taille des pommiers

La taille annuelle des arbres favorise la circulation de l'air et la pénétration du soleil ce qui stimule la productivité de l'arbre et contribue à diminuer le développement de maladies comme

la tavelure. En effet, la pénétration de l'air et du vent accélère le séchage du feuillage après une pluie et réduit ainsi la période de mouillure et le développement des infections secondaires. La taille permet aussi une bonne pénétration des fongicides jusqu'au centre des arbres.

Fertilisation

Les excès d'engrais azotés encouragent la croissance de gourmands plus vulnérables aux infections. Ainsi, une analyse de sol lors de la préparation du terrain pour l'implantation d'une nouvelle parcelle de pommiers est essentielle. Tandis qu'une analyse de feuilles, de sol et de sous-sol au moins une fois à tous les quatre ans (Morin et Chouinard, 2001), ainsi que l'observation régulière de la vigueur des pommiers permettront de fertiliser en évitant carences et excès dans le verger établi.

Chaulage automnal

L'application de chaux pour corriger l'acidité du sol augmente le pH de la litière et stimule la flore microbienne qui décompose les feuilles, ce qui contribue à diminuer la production d'ascospores (Comité de pomiculture, 2001).

Élimination des feuilles tavelées : réduction de l'inoculum primaire

Il est possible de réduire considérablement l'inoculum primaire en détruisant les feuilles à l'automne par fauchage, brûlage ou compostage (incorporation au centre d'un tas de compost assez volumineux pour générer une température de plus de 65 °C). Ces pratiques réduisent la survie des pseudothèces durant l'hiver et conséquemment la production d'ascospores au printemps.

La décomposition des feuilles tavelées tombées au sol en fin de saison peut être stimulée afin de réduire l'inoculum. Le déchiquetage de la litière à l'aide d'une tondeuse à gazon rotative, déchiqueteuse ou à fléaux permet d'accélérer la décomposition. Une réduction de 75 % de la production d'ascospores a été obtenue au Québec lorsque les morceaux de feuilles étaient de moins de 1 cm^2 (Comité de pomiculture, 2001).

L'apport automnal d'un composé azoté tel l'urée ou le compost stimule la vie microbienne et augmente la vitesse de décomposition des feuilles (Burchill *et al.*, 1965). L'utilisation d'urée à l'automne pour réduire l'inoculum primaire est très bien documentée. L'urée stimule la croissance des microorganismes du sol ce qui accélère le processus de décomposition des feuilles, entraîne la destruction de l'habitat du champignon et réduit la production d'ascospores au printemps (MacHardy, 1996). L'urée crée des conditions alcalines dans la litière, ce qui réduit la survie des pseudothèces en plus de stimuler l'accroissement des populations de microorganismes antagonistes au *Venturia inaequalis* (MacHardy, 1996). L'urée peut être appliquée au sol ou directement sur le feuillage. Au printemps, l'urée peut être appliquée en foliaire, à faible dose, car au sol elle sera accessible trop tard.

Des études américaines où les conditions hivernales sont similaires à celles observées au Québec, indiquent que non seulement l'urée n'est pas dommageable, mais que son apport serait bénéfique au printemps en contribuant aux besoins hâtifs en azote nécessaire à la croissance des pommiers en début de saison (Comité de pomiculture, 2001). Au Québec, on suggère d'appliquer au sol une solution de 50 kg d'urée dans 1000 L d'eau (concentration de 5 % en poids) en s'assurant de bien mouiller la litière avec 200-400 L/ha au maximum (Philion, 2008).

En agriculture biologique, tout apport d'azote doit se faire sous forme organique. Ainsi, tout fertilisant azoté synthétique, y compris l'urée, sont interdits. En agriculture biologique, au lieu d'utiliser de l'urée, on peut utiliser de l'urine. L'urine de vache contient justement la proportion idéale de 4 à 5 % d'urée. Gupta (1987) a obtenu 100 % de réduction de la décharge d'ascospores avec de l'urine de vache pure ou diluée de moitié. Une plus grande dilution était moins efficace. Comme pour l'urée, l'application automnale d'urine améliore la décomposition des feuilles et réduit le développement des pseudothèces et la production d'ascospores (Duval, 1992a).

Au Québec, l'efficacité du déchiquetage des feuilles, de l'application d'urée et d'antagonistes fongiques ont été étudiées en conditions de verger. Vincent *et al.* (2004) ont démontré que tous les traitements étudiés appliqués à l'automne ont significativement réduit la production d'ascospores l'année suivante. Le traitement le plus efficace a été l'urée (5 %), suivie du déchiquetage des feuilles, de *Microsphaeropsis ochracea* et de *Athelia bombacina* avec des réductions de production d'ascospores de 92,1 %, 85,2 %, 84,8 % et 80,6 %, respectivement (Vincent *et al.*, 2004). Cependant, des résultats encore plus spectaculaires ont été obtenus avec des traitements combinés. En effet, le déchiquetage des feuilles combiné avec *M. ochracea* a réduit de 93,9 % la production d'ascospores tandis qu'une réduction de 90,5 % a été obtenue avec le déchiquetage des feuilles combiné avec l'urée (Vincent *et al.*, 2004). Les auteurs suggèrent que le déchiquetage des feuilles est une pratique sanitaire qui devrait être systématiquement pratiquée à long terme dans le cadre d'un programme durable de lutte intégrée dans les vergers de pommiers. L'application d'urée, après le passage de la faucheuse à fléau, donne les meilleurs résultats (Philion, 2008).

Le déchiquetage des feuilles ainsi que l'application d'urée se fait lorsque la majorité des feuilles sont tombées, soit avant les premières neiges et, possiblement, tôt au printemps avant le débourrement (Carisse et Jobin, 2006). Des études ont démontré que les traitements d'automne peuvent réduire la quantité d'inoculum jusqu'à 95 % dans les meilleures conditions (Carisse et Jobin, 2006). Cependant, il arrive souvent que la neige ait déjà recouvert le sol avant que l'ensemble des feuilles ne soient tombées au sol, rendant l'application d'urée ou le déchiquetage des feuilles impossibles. Bref, l'automne est rarement la meilleure saison pour cette approche. La fenêtre d'intervention optimale est donc au printemps, après la fonte des neiges, mais avant le débourrement (Philion, 2008). L'application d'urée à raison de 10-20 kg/ha est un traitement phytosanitaire très rentable (Philion, 2008).

Gestion de la tavelure

La meilleure tactique d'intervention contre la tavelure consiste à prévenir les infections primaires au printemps. Si la maladie est bien contrôlée pendant cette période, peu ou aucune autre intervention phytosanitaire ne sera nécessaire durant le reste de la saison. Pour atteindre ce but, les stratégies suivantes sont essentielles (Comité de pomiculture, 2001) :

1. Réduction de l'inoculum primaire (source d'infection de la maladie : feuilles tavelées sur le sol);
2. Utilisation de cultivars peu sensibles ou résistants à la tavelure;
3. Évaluation des risques en cours de saison;
4. Utilisation de fongicides lorsque nécessaire.

La prophylaxie (prévention de la maladie) est d'autant plus importante puisqu'on assiste au développement de la résistance aux fongicides. Or, la lutte contre la tavelure est encore grandement basée sur l'utilisation de fongicides.

Pour évaluer le niveau de risque de la tavelure, il faut tout d'abord mesurer à quel point la maladie est importante (Comité de pomiculture, 2001). Il existe une méthode appelée PAD (de l'anglais, *Potential Ascospore Dose*) qui permet de déterminer globalement si la quantité d'ascospores sera faible ou élevée dans le verger le printemps suivant (Carisse et Jobin, 2006).

Un échantillonnage séquentiel pour la tavelure à l'automne peut être effectué après la récolte et avant la chute des feuilles selon la méthode MacHardy ou la méthode simplifiée. Pour la méthode MacHardy, il suffit de compter le nombre de feuilles tavelées sur 10 arbres choisis aléatoirement, 10 pousses/arbre. Pour les petits arbres (nains), compter le nombre de feuilles tavelées sur 20 arbres, 5 pousses/arbre. Pour la méthode simplifiée, échantillonner 100 pousses de grands et petits arbres. Il est important de choisir des pousses dans toutes les parties de l'arbre incluant les gourmands. Les figures 2 et 3 nous permettent de déterminer le seuil d'intervention. En effet, si le nombre de feuilles tavelées est sous le seuil (zone verte), le verger est à risque faible et certains traitements pourront être évités. Si le nombre de feuilles tavelées est au-dessus du seuil (zone rouge), toutes les infections primaires devront être traitées car l'inoculum dans le verger est trop élevé. Si le nombre de feuilles tavelées se situe dans la zone intermédiaire (hachurée), il faut continuer l'échantillonnage sur 10 ou 20 arbres (méthode MacHardy) ou sur 10 nouvelles pousses (méthode simplifiée).

FIGURE 2.
Seuils d'intervention selon l'incidence de la tavelure à l'automne
(Méthode MacHardy)
Agriculture et Agroalimentaire Canada

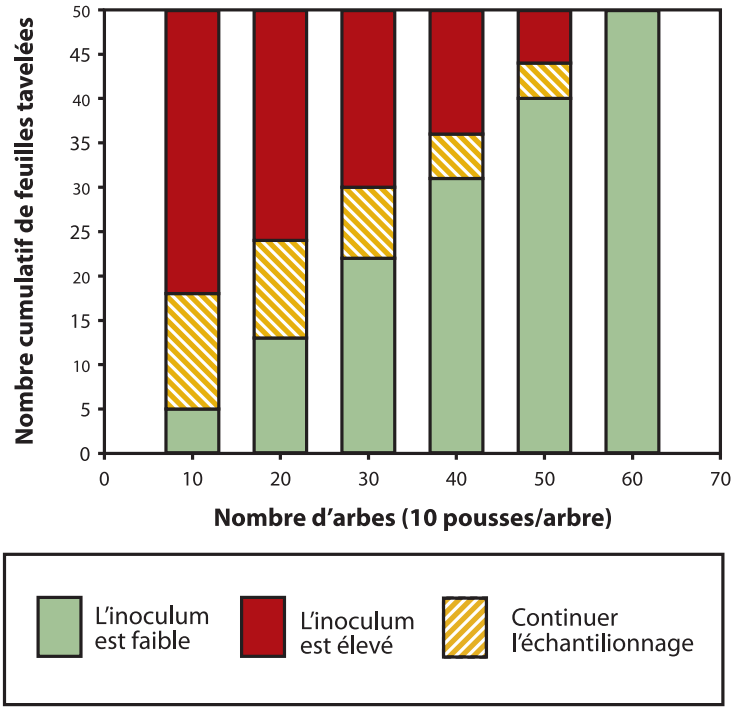
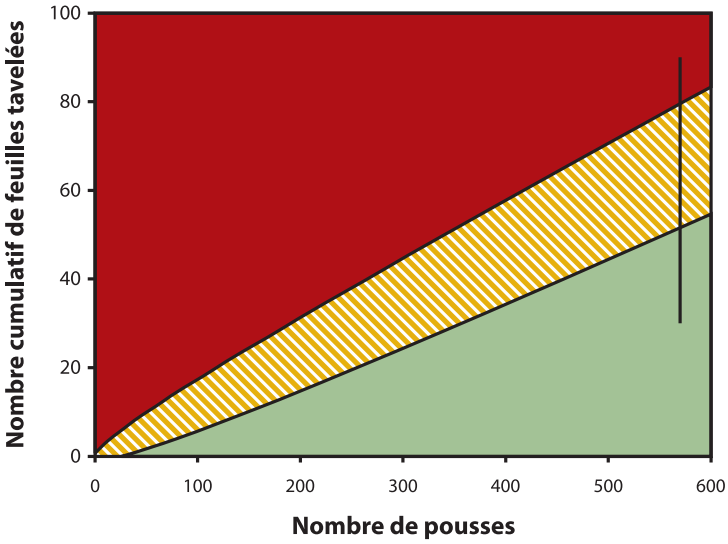


FIGURE 3.
Seuils d'intervention selon l'incidence de la tavelure à l'automne
(Méthode simplifiée)
Agriculture et Agroalimentaire Canada



Au printemps, il faut estimer les risques d'infections primaires. Les infections primaires sont causées par les ascospores dont la quantité est déterminée par le niveau de tavelure à l'automne et les conditions hivernales (Carisse et Jobin, 2006). La gravité d'une infection dépend de la quantité d'ascospores, de la sensibilité du feuillage ou du fruit et des conditions climatiques (Carisse et Jobin, 2006). Plusieurs méthodes ont été utilisées et adaptées au fil des ans pour déterminer les périodes favorables aux infections. Les risques d'infection peuvent être estimés à partir de la durée de mouillure et la température selon le tableau 16 qui suit (Stensvand *et al.*, 1997) :

Tableau 16. Température minimum pour une infection à différentes durées de mouillure.

Durée de mouillure (h)	41	35	30	28	21	18	15	13	12	11	9	8	7	6	8
Température (°C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12-13	14-15	16-24	25

Exemple : Si la mouillure est d'une durée de 15 h et que la température est inférieure à 7 °C durant cette période, il n'y a pas de risques d'infection.

Le calcul de la durée de l'infection se fait selon des critères bien précis. Tout d'abord, la période de mouillure commence au début d'une pluie où le feuillage est mouillé et s'arrête lorsque le feuillage est sec. Lorsque la pluie est interrompue, il y a 3 scénarios possibles (Carisse et Jobin, 2006) :

1. La période sans mouillure est de moins de 24 heures et l'humidité relative est de plus de 85 % : on additionne toutes les heures.
2. La période sans mouillure est de moins de 24 heures et l'humidité relative est de moins de 85 % : on additionne les heures de mouillure seulement.
3. La période sans mouillure est de plus de 24 heures : on considère les 2 périodes de mouillure comme des périodes d'infection distinctes.

Considérant que les éjections d'ascospores se produisent surtout le jour, le comptage des heures de mouillure commence au lever du soleil, lorsque la période de mouillure débute la nuit. Cependant, les heures de mouillure de nuit seront considérées dans les vergers très tavelés l'année précédente (PAD élevé) ou en période d'éjections abondantes d'ascospores.

Au Québec, il est fortement suggéré d'utiliser une combinaison de plusieurs méthodes pour évaluer le risque d'infection. Afin de déterminer le véritable risque d'infection et faciliter la prise de décision quant aux traitements à effectuer, votre conseiller pomicole pourra vous guider et vous montrer comment utiliser les prévisions d'infection de tavelure mises à jour en continu sur le site Internet du Réseau-pommier.

En effet, depuis quelques années, le logiciel RIMpro est utilisé afin d'évaluer d'heure en heure les risques d'infection par la tavelure. Le logiciel est conçu pour calculer la quantité de spores en inventaire, le nombre d'ascospores matures et prêtes à être éjectées, l'intensité des éjections durant la pluie et la sévérité de l'attaque du feuillage lors des infections (Philion, 2009b). Il permet une interprétation simplifiée d'une dynamique pomicole compliquée pour faciliter la décision des traitements fongicides. L'évolution du niveau de risque est mise à jour en continu sur Internet pour toutes les régions pomicoles du Québec. Les calculs incluent les plus récentes prévisions météorologiques et peuvent être consultés au : www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier/documents/RIMpro.html

Le Manuel de l'observateur : pommier donne plus de détails sur l'évaluation des risques associés à la tavelure. Le Réseau d'avertissements phytosanitaires – pommier (RAP) fournit des détails sur le développement de la tavelure au fil de la saison et peut permettre d'identifier les périodes à risque.

3.6.5 Lutte biologique (biofongicides)

Plusieurs champignons antagonistes ont fait l'objet d'études au Québec : *Microsphaeropsis ochracea* (Carisse et Rolland, 2004), *Athelia bombacina* (Carisse *et al.*, 2000) ainsi que *Chaetomium globosum* (Boudreau et Andrews, 1987), démontrant leur efficacité dans la réduction de la quantité d'inoculum primaire de *V. inaequalis*. L'application de ces souches fongiques 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, *Microsphaeropsis* sp. peut réduire jusqu'à 80 % l'inoculum (Carisse et Philion, 1996).

Le biofongicide SERENADE® MAX™, dont l'élément actif est la bactérie *Bacillus subtilis*, peut réprimer partiellement la tavelure du pommier. Le biofongicide est autorisé en agriculture biologique. Cependant, considèrant son rapport coût d'application/bénéfices, son utilisation n'est actuellement pas rentable au Québec (Philion, comm. pers.).

3.6.6 Produits d'origine naturelle

Les produits à base de soufre et de cuivre sont très utilisés dans la lutte contre la tavelure (Tableau 17). Le moment critique d'intervention avec ces fongicides s'étend du stade pré-bouton rose jusqu'au stade calice. Ces fongicides doivent être utilisés en prévention de manière à prévenir les infections en recouvrant les feuilles d'une couche protectrice lors de l'éjection des ascospores. Il est possible de retarder le premier traitement et d'en éviter quelques autres en évaluant bien le niveau de risque à l'aide du dépistage, de modèles prévisionnels et de l'historique du verger.

L'efficacité du cuivre pour réprimer la tavelure est assez bonne. De plus, le cuivre permet également de réprimer le feu bactérien et quelques autres maladies. Cependant, puisque le cuivre est très toxique pour les vers de terre, il est recommandé de limiter son utilisation à un traitement par année (Philion, 2009a). De plus, il est préférable de l'utiliser au maximum au stade de débourrement afin d'éviter la phytotoxicité. Certains produits sont actuellement acceptés en agriculture biologique avec restrictions.

Les extraits de compost ont démontré un potentiel pour améliorer la santé des plantes et les protéger de certaines maladies. Cependant, l'efficacité des extraits de compost varie selon le type de compost utilisé et le système hôte-pathogène visé. Les raisons de cette variation et les mécanismes d'inhibition ne sont pas encore bien définis (Larbi *et al.*, 2006). En laboratoire, des extraits de compost (extraits de boues provenant de substrat épuisé de champignonnière) ont empêché la germination *in vitro* de conidies de *Venturia inaequalis* jusqu'à 98 %, comparativement à la germination dans l'eau des contrôles (Cronin *et al.*, 1996). D'un autre côté, Larbi *et al.* (2006) ont évalué l'efficacité d'extraits préparés à partir d'échantillons de 30 composts commerciaux de différentes compositions. De petits plants de pommiers cv. McIntosh ont été aspergés d'extraits de compost puis vaporisés avec une suspension de conidies de *V. inaequalis*. Tous les traitements ont réduit la sévérité de la maladie sur les plants de pommiers jusqu'à 40 % comparativement aux contrôles. En revanche, les essais *in vitro* effectués par Larbi *et al.* (2006) montrent une nette augmentation de la germination des conidies de *V. inaequalis* et ne démontrent pas d'effet fongicide. Selon les auteurs, cet effet contrastant avec les résultats de Cronin *et al.* (1996) s'explique probablement par la nature du compost utilisé (salinité et pH). L'utilisation d'extraits de

compost dans des conditions de verger ne semble pas avoir été étudiée et représenterait la prochaine étape pour évaluer la véritable efficacité de cette alternative.

D'autres fongicides d'origine naturelle tels que le bicarbonate de potassium et des extraits de yucca sont en développement et pourraient représenter des alternatives intéressantes dans un avenir rapproché. Le chapitre 4 donne plus de détails sur les avenues prometteuses.

Le tableau 17 décrit l'utilisation, les avantages et les désavantages des fongicides d'origine biologique et minérale contre la tavelure :

Tableau 17 : Utilisation des fongicides d'origine biologique et minérale contre la tavelure

FONGICIDE	DOSE	FRÉQUENCE	COMPATIBILITÉ	AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
Soufre	Soufre microfin 92 % (poudre mouillable) : 10 à 20 kg/ha. Soufre 80% en granules mouillables	Appliquer après 10 mm de pluie.	Incompatible avec huile de dormance : 1 mois d'intervalle est nécessaire.	Également efficace contre l'oïdium.	Efficacité d'une semaine seulement. Phytotoxique pour feuillage et fruits par temps chaud. Ne pas utiliser en plein soleil et si T< 10 °C ou > 28 °C. Phytotoxique à dose élevée de 400 g/hl. Toxique pour les acariens prédateurs, punaises et parasitoïdes.
Bouillie sulfocalcique (chaux et soufre mouillable)	Commerciales : 29 % de soufre.	Appliquer après la pluie avant l'assèchement du feuillage.	Ne se mélange pas à d'autres produits.	Seul fongicide efficace en post-infection. Peut avoir un certain effet contre le blanc du pommier et l'anthracnose de la pomme.	Toxique pour les acariens prédateurs, punaises et parasitoïdes. Phytotoxicité possible sur fruits après pré-bouton rose.
Cuivre	2 à 4 kg/ha Les nouvelles formulations avec particules fines sont plus efficaces.			Activité résiduelle de 2-3 semaines (bonne rémanence). Affecte les acariens phytophages. N'affecte pas les parasitoïdes et prédateurs.	Roussissure si utilisé après pré-bouton rose. Phytotoxicité sur fruits par temps froid. L'accumulation de cuivre dans le sol affecte l'activité biologique, particulièrement les vers de terre.
Bouillie bordelaise	Avant débourrement : 10 kg chaux hydratée + 10 kg de sulfate de cuivre /1000 l d'eau (10-10-1000). Applications suivantes : demi-dose : 5-5-1000 l.	Renouveler après 30 mm de pluie.	Ne se mélange pas aux autres produits.	Affecte les acariens phytophages. N'affecte pas les parasitoïdes et les prédateurs. Également efficace contre les chancres et la brûlure bactérienne.	Phytotoxique si appliqué sur parties humides. Brûlure par temps froid et humide. Éviter l'arrosage au soleil. Affecte les acariens prédateurs et les vers de terre (cuivre). Manipulation et application dangereuse.
Urée	60 kg/1000 l d'eau	Automne: avant la chute des feuilles Printemps : avant le débourrement	Compatible avec des micro-organismes de lutte biologique et/ou des produits pour accélérer la chute des feuilles	Pas d'impacts sur les ennemis naturels des ravageurs.	* Interdit en agriculture biologique.

Malgré tous les outils disponibles, dont les modèles de maturation et d'éjection des ascospores, le dépistage automnal ainsi que les avertissements phytosanitaires communiqués aux producteurs par les conseillers et via Internet, les pomiculteurs font généralement de 8 à 12 applications de fongicides annuellement contre la tavelure au Québec. Lorsque les infections primaires ne sont pas adéquatement maîtrisées, on peut atteindre 16 traitements par année ou même 20 lorsque l'été est pluvieux. Un aussi grand nombre de traitements fongicides, année après année, vient en partie du fait qu'on ne tolère qu'un très faible niveau de tavelure sur les fruits à la récolte (Meloche, 2006). En effet, des études (MacHardy, 1996; Scheer, 1987) ont démontré que le seuil économique de la tavelure est établi à un maximum de 1 % de fruits tavelés. Au-delà de ce seuil, il y a diminution du rendement vendable; les coûts de récolte augmentent considérablement puisque les fruits doivent être triés et les risques de tavelure d'entrepôt augmentent. En conséquence, les producteurs ne prennent aucun risque et ont tendance à traiter même lors de périodes peu favorables à la tavelure (Meloche, 2006), ou lors d'infection de gravité faible pour les cultivars très sensibles, comme *McIntosh*.

Le tableau 18 dresse la liste des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tavelure de la pomme :

Tableau 18 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel par ordre d'efficacité pour le contrôle de la tavelure de la pomme

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1-Cultivars résistants ou tolérants en plantation mixte	Employé dans plusieurs vergers biologiques au Québec. Désilets, comm. pers.	Carisse, comm. pers. Carisse et Philion, 1996
2- Fongicides minéraux (Bouillie bordelaise et soufre)	Employés dans plusieurs vergers biologiques et conventionnels au Québec.	Désilets, comm. pers. Philion, 2009a
3- Répression mécanique des feuilles mortes et des branches de taille et des broyeurs à fléau au Québec.	Utilisée largement en Europe. Quelques producteurs utilisent des balais Philion, comm. pers.	Carisse, comm. pers. Désilets, comm. pers. Philion, 2008
4-Utilisation de l'urée/urine	Usage fréquent en Europe. Urée printanière avant débourrement largement utilisée par les producteurs au Québec. Peu utilisée en production bio, car l'urée est non-autorisée.	Philion, 2009a Shim *et al.*, 1997

CHAPITRE 4

RAVAGEURS OCCASIONNELS

4.1 HOPLOCAMPE DES POMMES

HOPLOCAMPA TESTUDINAE
(EUROPEAN APPLE SAWFLY)

PHOTO 25. Adulte
Hoplocampe des pommes
Hoplocampa testudinae
Crédit : Bernard Drouin

PHOTO 26. Chenille de l'hoplocampe des pommes
Crédit : Franz Vanoosthuyse

4.1.1 Description et biologie

L'adulte de l'hoplocampe (6-8 mm) ressemble à une petite guêpe au corps noir (photo 25). Il a un ventre et des pattes orange avec des ailes transparentes fortement nervurées. La larve de couleur crème a une tête noire (photo 26). La pupe de l'hoplocampe hiberne dans le sol. Les adultes émergent vers le stade bouton rose du pommier et la population atteint son maximum pendant la floraison. Après l'accouplement, les femelles pondent leurs œufs dans le calice des fleurs. Dix à douze jours plus tard, les larves émergent et se nourrissent des jeunes fruits. Une fois leur développement complété, les larves quittent la pomme pour former un cocon (pupe) dans le sol et émerger le printemps suivant comme adulte.

4.1.2 Dégâts observables

La larve cause des dégâts primaires sur les fruits en formation (photo 27) ou en forme de cicatrices brunes en ruban sur l'épiderme des fruits plus avancés. Les dommages secondaires ont l'apparence de galeries d'où s'écoulent des déjections et un liquide brun dégageant une forte odeur. Ces dégâts secondaires sont souvent confondus avec ceux du carpocapse qui apparaissent pourtant plus tard en juillet (Chouinard *et al.*, 2001). Les fruits endommagés par l'activité des larves chutent pour la plupart en juin. Le degré de dommages causés par l'hoplocampe semble

PHOTO 27. Dommages causés par l'hoplocampe des pommes
Crédit : Franz Vanoosthuyse

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 1988, cité par Duval 1991).

4.1.3 Stratégies de lutte

Au Québec, l'hoplocampe des pommes est un ravageur dont les apparitions sont irrégulières. Sa surveillance est surtout nécessaire dans les vergers qui ont été attaqués l'année précédente. Le seuil de tolérance dépend fortement de la floraison et de la charge des arbres. Lors d'une forte charge des arbres, une faible attaque d'hoplocampes peut constituer un éclaircissage naturel acceptable.

Les interventions contre l'hoplocampe des pommes doivent être basées sur le dépistage des adultes jusqu'au stade de la nouaison. Des pièges collants blancs peuvent être installés au stade bouton rose sur une branche fruitière à 1,5 m du sol, en périphérie du verger (préférablement sur un cultivar d'été) à raison d'un piège par 2 ha (4 pièges minimum par verger). Le stade d'intervention est de 5 captures par piège (Chouinard, 2011b).

Cet insecte est bien toléré par la plupart des producteurs biologiques, car il cause relativement peu de dégâts même sans traitement spécifique. Les observations réalisées de 1996 à 1999 au verger biologique du Réseau-pommier, ont permi d'identifier des dommages à la récolte successif de 3 %, 9 %, 8 % et 0,8 % (Bellerose et Chouinard, 1999). L'utilisation de kaolin (SURROUND WP) et de spinosad (ENTRUST) semblerait avoir un certain effet sur l'hoplocampe (Désilets, comm. pers.).

4.1.4 Méthodes culturales

Il est conseillé de couper tous les pommiers abandonnés et les arbres de la famille des rosacées (pommetiers et cerisiers sauvages) autour du verger afin de réduire les risques d'infestations d'hoplocampes.

Ramasser les pommes tombées avant que la larve ait quitté le fruit permet d'interrompre le cycle de développement de l'hoplocampe; les larves ne pourront aller puper dans le sol. Cependant, le ramassage des fruits doit être fait régulièrement et il demande une importante main-d'œuvre, ce qui rend cette méthode moins envisageable dans les vergers commerciaux. Dans les petits vergers, l'utilisation d'animaux tels que les moutons a déjà été pratiquée pour éliminer les pommes tombées, toutefois aucune étude n'a démontré l'efficacité de cette méthode. Certains producteurs biologiques, utilisent des agneaux et/ou des dindes pour éliminer les pommes tombées pendant la saison de croissance, ce qui reste est ramassé à la main en fin de saison (Sobkowiak, comm. pers.). Cette pratique est possible seulement lorsque les fruits ne sont pas destinés à la vente au public.

4.1.5 Lutte physique

À petite échelle, le piégeage massif par l'installation d'assiettes, de panneaux de carton ou de sacs de plastique blancs englués, à tous les deux ou trois pommiers pendant la floraison, permet de réprimer les populations (Désilets, comm. pers.).

L'utilisation de feuilles de cellulose (paillis) pour diminuer la croissance des mauvaises herbes et interrompre le cycle vital de l'hoplocampe et du charançon de la prune a été testé dans deux vergers du Québec. En effet, le paillis crée une barrière physique qui empêche certains individus de rejoindre le sol pour aller puper; ceux qui parviennent à compléter leur cycle le font dans les pommes tombées. Les feuilles de cellulose ont significativement réduit les populations d'hoplocampe et de charançon de la prune, mais pas de façon régulière (Benoit *et al.*, 2006). Ainsi, l'utilisation de paillis de cellulose pour le contrôle des mauvaises herbes et des insectes serait davantage envisageable dans les petits vergers où les pommes tombées peuvent être ramassées (Benoit *et al.*, 2006). En l'absence d'hôtes pour les ravageurs dans le voisinage du verger, l'utilisation répétée du paillis de cellulose pendant quelques années consécutives pourrait éradiquer les populations d'hoplocampe et de charançons, éliminant du même coup le besoin de pailler pendant quelques années jusqu'à l'apparition de nouvelles populations (Benoit *et al.*, 2006).

4.1.6 Lutte biologique

Puisque l'hoplocampe a peu d'ennemis naturels connus au Canada, une étude a été réalisée pour introduire des parasitoïdes européens au Québec. Pendant 5 années consécutives (1995 à 1999), des adultes de *Lathrolestes ensator* ont été relâchés dans un verger expérimental sans insecticides situé à Frelishgburg (Vincent *et al.*, 2001). L'étude a démontré que *L. ensator* avait le potentiel de survivre à l'hiver québécois, puisqu'en 1999, deux femelles ont émergé de cocons d'hoplocampes récoltés en mai et placés sous incubateur (Vincent *et al.*, 2001). D'autres recherches sur l'importation et sur des lâchers de *Lathrolestes ensator* contre l'hoplocampe sont en cours au Québec et semblent prometteuses. Les résultats devraient être publiés en 2012 (Vincent, comm. pers.).

À Frelighsburg, Vincent et Bélair (1992) ont évalué le nématode *Steinernema carpocapsae* appliqué au sol pour réduire les populations d'hoplocampes. Une simple application de 40 ou 80 *S. carpocapsae* sous des pommiers nains a causé une mortalité significative de larves (> 80 %). De plus, les parcelles traitées avec des nématodes ont montré significativement moins d'émergence d'adultes l'année suivante. Bélair *et al.* (1998) ont aussi testé l'utilisation de nématodes sous forme d'applications foliaires répétées à tous les 2-3 jours de mai à mi-juin. Les applications foliaires de *S. carpocapsae* ont réduit les dommages d'hoplocampe de 98-100 % les deux premières années alors que l'année suivante, les applications ont été inefficaces (Bélair *et al.*, 1998). De plus, même si elles semblent parfois efficaces, les applications foliaires de nématodes ont une courte activité résiduelle sur le feuillage (40h), ce qui limite leur utilisation par les pomiculteurs (Vincent *et al.*, 2002). Des nématodes parasites des familles *Mermithidae, Rhabditidae* et *Heterorhabditidae* ont été découverts sur des larves d'hoplocampe (Jaworska, 1992). Toutefois, à l'heure actuelle, la disponibilité et les coûts élevés d'application des nématodes limitent leur utilisation au Québec (Désilets, comm. pers.).

Les champignons entomopathogènes appliqués au sol peuvent être très efficaces contre l'hoplocampe. *Paecilomyces fumosorosus, P. farinosus Cephalosporium lecanii* et *Aspergilus flavus* ont été testés en laboratoire et ont donné jusqu'à 100 % de mortalité (Jaworska, 1992). Des recherches supplémentaires n'ont pas été effectuées et seraient nécessaires afin de démontrer leur efficacité en verger.

Le tableau 19 dresse la liste des principaux ennemis naturels de l'hoplocampe :

Tableau 19 : Les principaux ennemis naturels de l'hoplocampe

NOM	FAMILLE	STADE ATTAQUÉ	COMMENTAIRES	RÉFÉRENCES
PARASITOÏDES				
Aptesis nigrocincta	Ichneumonidae	Pupe	Présent en Suisse	Babendreier, 1996
Lathrolestes ensator	Ichneumonidae	Larve	Présent en Suisse Au stade de recherche au Qc.	Vincent, comm.pers. Vincent *et al.*, 2001 Babendreier, 1996
NÉMATODES				
	Mermithidae	Larve	Présent en Pologne	Jaworska, 1992
	Rhabditidae	Larve	Présent en Pologne	Jaworska, 1992
	Heterorhabditidae	Larve	Présent en Pologne Disponibilité et utilisation limitées au Qc	Jaworska, 1992 Désilets, comm. pers

4.1.7 Produits d'origine naturelle

Tout traitement contre l'hoplocampe à partir du stade nouaison est inutile puisque les œufs sont éclos et que les petites larves ont déjà pénétré profondément dans les fruits devenant ainsi inaccessibles.

L'utilisation de la terre diatomée comme moyen de lutte contre l'hoplocampe est encore au stade expérimental au Québec. Elle peut être appliquée à l'aide d'une poudreuse ou même pulvérisée en solution sur le feuillage. Les traitements sont non-sélectifs et peuvent donc affecter les ennemis naturels. Ils doivent aussi être répétés après une pluie.

En production biologique, on utilise le pyrèthre au stade calice afin de tuer les jeunes larves (Carr, 1979 cité dans Duval, 1991b). L'application est répétée deux semaines plus tard. Cependant, cette dernière peut avoir des conséquences sur la faune auxiliaire.

Des extraits de *Quassia amara* (Quassia du Surinam) sont efficaces contre les larves d'hoplocampe, limitant à moins de 5 % les dommages (Hohn *et al.*, 1996). En verger, l'efficacité insecticide d'une décoction de *Quassia amara* L. a été évaluée de 2004 à 2009 dans le nord de la France. La préparation à base de *Quassia amara* (bois macéré dans l'eau durant 24 h (1 kg/10 l) avec l'eau portée à ébullition pendant une heure et renouvellement de l'infusion deux ou trois fois pour bien extraire la quassine) a un pouvoir neurotoxique par contact ou ingestion lié aux quassinoïdes. Des observations de populations de ravageurs et de dégâts occasionnés sur trois variétés au sein de trois parcelles protégées ou non avec la préparation ont été effectuées. Les proportions de fruits endommagés ont été diminuées ou contenues dans les vergers traités (Wateau, 2009). Une baisse des populations de ravageurs sur les parcelles qui ont préalablement bénéficiées d'une protection de deux années consécutives (1,75 à 23 fois moins) a été observée, ainsi l'application de la décoction durant deux années sucessives représente un intérêt évident (Wateau, 2009). Dans cette étude, un dosage de 25 kg/ha a permis le maintien des proportions de dégâts à un niveau faible en

2008 (0,7 %) et 2009 (0,2 %) (Wateau, 2009). Cependant, les modalités d'utilisation de la technique (seuil d'intervention, dosage, site du traitement, etc.) restent à être définies plus précisément. Même si l'utilisation de *Quassia amara* est permise avec restrictions par l'Organic Materials Review Institute (OMRI), aucune formulation commerciale ou domestique n'est homologuée au Canada.

Le tableau 20 resume les moyens alternatifs qui ont un fort potentiel pour le contrôle de l'hoplocampe :

Tableau 20 : Récapitulation des moyens alternatifs à haut potentiel par odre d'efficacité pour le contrôle de l'hoplocampe

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1- Encourager le complexe d'ennemis naturels et introduction d'ennemis naturels	Encore au stade de recherche, mais résultats à venir qui semblent prometteurs	Vincent, comm. pers. Vincent *et al.*, 2001 Babendreier, 1996
2- Méthodes culturales : ramassage des pommes tombées, coupe des pommiers abandonnés	Utilisée dans les vergers biologiques au Québec	Désilets, comm. pers. Sobkowiak, comm. pers.
3- Lutte physique : assiettes blanches ou cartons blancs englués	Utilisée dans les vergers biologiques au Québec	Désilets, comm. pers. Sobkowiak, comm. pers.

4.2 TORDEUSE À BANDES OBLIQUES

Choristoneura rosaceana (Obliquebanded leafroller)

PHOTO 28. Adulte
Tordeuse à bandes obliques
Choristoneura rosaceana
Crédit : Claudine Aubertin

PHOTO 29. Chenille de la tordeuse à bandes obliques
Choristoneura rosaceana
Crédit : Charles Vincent

4.2.1 Description et biologie

La tordeuse à bandes obliques (TBO) est indigène et largement distribuée en Amérique du Nord. Elle s'attaque principalement à la famille des rosacées : pommiers, framboisiers,

fraisiers et rosiers (Duval, 1992b). L'adulte est un papillon (12 mm) avec des ailes antérieures beige clair ornées de bandes brunes obliques, d'où il tire son nom (photo 28). La chenille (3-20 mm) est verte avec une tête noire ou brune (photo 29).

L'insecte hiberne au troisième stade larvaire sous l'écorce du pommier ou à la fourche des branches. Les chenilles reprennent leur activité après hibernation vers le stade bouton rose. Les adultes émergent vers la mi-juin et sont présents jusqu'à la fin juillet. Les œufs de couleur vert clair sont pondus en masse d'environ 200 œufs sur les feuilles. Les chenilles qui en sortent sont celles qui causent les plus importants dommages localisés à la surface des pommes, dans la chair ou sur les nouvelles pousses. Une partie de ces chenilles entrent en diapause (arrêt) au début d'août sous l'écorce du pommier. L'autre partie poursuit son développement jusqu'au stade adulte. Ces adultes pondent et les larves qui en résultent se nourrissent de feuillage et de fruits et entrent ensuite en diapause jusqu'au printemps suivant. Deux à trois générations de chenilles de la tordeuse à bandes obliques sont observées dans le sud du Québec à chaque année. De mi-mai à mi-juin, les chenilles de l'année précédente complètent leur cycle et, entre juillet et septembre, les première et deuxième générations de l'année en cours sont actives.

PHOTO 30. Dégâts des chenilles de la tordeuse à bandes obliques
Crédit : Bernard Drouin

4.2.2 Dégâts observables

Une fois actives, les chenilles printanières se nourrissent de bourgeons, de feuilles et de fruits (dont la plupart vont avorter). Parfois, les chenilles estivales grignotent grossièrement la pelure du fruit souvent près du pédoncule ou du calice (photo 30) ou encore sous une feuille. Les dégâts observés sont de très petites piqûres isolées ou en groupe de deux ou trois piqûres. Ils ne sont pas accompagnés de déjections comme dans le cas des chenilles du carpocapse. Les chenilles ont tendance à s'enrouler avec un fil de soie dans les feuilles pour s'y cacher.

4.2.3 Stratégies de lutte

La floraison est une période propice pour dépister les larves et pour déterminer le besoin d'une intervention entre le calice et la nouaison. Il est inutile d'intervenir lorsque de nombreuses chenilles sont transformées en chrysalides; à ce stade les traitements sont inefficaces. De plus, les insecticides à large spectre, même naturels, utilisés en été contre la TBO, sont non seulement nocifs pour les espèces utiles présentes en grand nombre à cette période, mais sont également moins efficaces qu'au stade calice (Chouinard, 2008b).

4.2.4 Méthodes culturales

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 isolés sont aussi moins attaqués que les fruits regroupés. La taille des gourmands, effectuée durant la première quinzaine de juillet, réduira les

populations de façon efficace et l'éclaircissage des fruits abaissera les dégâts souvent observés lorsque les fruits se touchent (Chouinard *et al.*, 2001). En été, l'éclaircissage manuel demeure l'intervention la plus efficace contre ce ravageur.

En plus de la taille d'été, l'utilisation de produits sélectifs (ex. : BIOPROTEC, DIPEL) sont des stratégies à privilégier en saison estivale. En plus d'être utile pour augmenter la qualité des fruits et améliorer l'équilibre des arbres trop vigoureux, la taille d'été constitue une bonne méthode de lutte contre la TBO et les pucerons verts (Chouinard, 2008b). Il s'agit d'élaguer tous les gourmands ainsi que les rameaux semi-dressés en surnombre tout en conservant un nombre suffisant de rameaux pour le renouvellement de la récolte. Il est recommandé de maintenir une distance d'environ 35 cm entre les rameaux de renouvellement pour favoriser une bonne pénétration de la lumière. Un dépistage des chenilles sur les pousses annuelles permet de déterminer le meilleur moment pour débuter l'élagage des gourmands. L'expérience acquise au fil des années, suggère de débuter la taille lorsque 10 % des pousses en croissance sont infestées par des chenilles de tordeuses. Il faut cependant faire attention : selon le degré de sévérité, la taille d'été peut diminuer de façon importante la vigueur végétative de l'arbre. Il faut donc éviter d'affaiblir davantage des pommiers qui manquent déjà de vigueur, ainsi que les arbres déjà affectés par le gel ou les maladies (Chouinard, 2011d). Au moment de tailler l'arbre, il est également opportun de supprimer les fruits en surnombre en ne gardant qu'un fruit par inflorescence (Chouinard, 2011d).

4.2.5 Lutte physique

Un piège attractif installé au centre d'un arbre, peut être préparé pour capturer des tordeuses à bandes obliques. Il est constitué d'un pot en verre rempli avec un litre de la solution suivante : 2 kg de sucre brun, 10 ml d'huile de sassafras, assez d'eau pour atteindre 23 litres de solution et de la levure pour favoriser la fermentation. La solution doit être remplacée tous les 20 jours (Duval, 1992b).

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

4.2.6 Lutte biologique

Les trichogrammes sont de petites guêpes parasitoïdes, inoffensifs pour l'homme, qui attaquent et tuent les œufs de lépidoptères. Toutefois, leur parasitisme est grandement affecté par les applications d'insecticides. La tordeuse à bandes obliques sert d'hôte à une grande variété de parasitoïdes hyménoptères (Powell, 1964 cité dans Aubry, 2008). Des lâchers massifs de trichogrammes, dont certaines espèces sont commercialisées, tels que *Trichogramma closterae, Trichogramma dendrolimi, Trichogramma chelonis* et *Trichogramma evanescens*, pourraient être utilisés contre les œufs (Vincent, 1995; Duval, 1992b). Des essais portant sur des lâchers massifs de *Trichogramma platneri* ont donné des résultats variables en fonction des cultivars. Une réduction de 50 à 70 % de dommages sur les cultivars McIntosh et Cortland a été obtenu, mais aucune réduction sur le cultivar Délicieuse (MAPAQ, 1997). Enfin, des essais en laboratoire et en vergers dans l'état de New York ont démontré que T. platneri est plus efficace en tant que parasitoïde que *Trichogramma pretiosum* et *Trichogramma minutum* (Lawson *et al.*, 1997).

Le Bt, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (ex. BIOPROTEC CAF, DIPEL 2XDF ou FORAY 48B) peut contrôler efficacement la tordeuse à bandes obliques (Agnello *et al.*, 1993; Robitaille et Langlais, 1995; Li et Fitzpatrick, 1997). Pour assurer la réussite du contrôle, la période d'application doit être parfaitement synchronisée avec le cycle du papillon. On traite idéalement à l'éclosion des oeufs ou quand les larves sont toutes jeunes. L'application du Bt doit se faire avant que les larves ne tissent leur abri dans les feuilles, puisqu'elles sont difficilement accessibles à partir de cette étape. Lors de l'application, il est important de bien couvrir le feuillage avec la solution contenant le Bt. Trois applications répétées aux jours sont nécessaires en période estivale (Chouinard *et al.* 1999). L'ajout d'un phagostimulant, le Pheast (composé de levure, de graisse et de sucre) améliore l'efficacité du Bt en augmentant l'ingestion par les chenilles et par conséquent, la mortalité des larves traitées (Li et Fitzpatrick, 1997). Le lait en poudre est également une alternative au Pheast (Désilets, comm. pers.). Cependant, l'utilisation du Bt sans phagostimulant pour le contrôle de la tordeuse à bandes obliques dans un verger biologique peut donner des résultats satisfaisants (Désilets, comm. pers.).

Une formulation efficace de Bt avec une action prolongée sur le terrain (longue persistance) diminuerait les coûts et les besoins en main d'oeuvre associés aux applications répétées et permettrait un meilleur contrôle des ravageurs. La persistance de l'activité insecticide du DIPEL™ (une formulation commerciale du Btk) et des formulations bio-encapsulées de Btk ont été étudiées de 1995 à 1997. Côté *et al.* (2001) ont trouvé que la formulation bio-encapsulée de Btk a une durée de vie plus longue que le DIPEL™ dans le verger sous des conditions météorologiques avec de faibles précipitations, causant une mortalité larvaire significative jusqu'à 27 jours comparativement à 1 jour après le traitement avec DIPEL™. La seconde année, les précipitations lors de la journée des traitements ont réduit la persistance et l'activité (pourcentage de mortalité larvaire) des deux formulations. Cette étude suggère que les précipitations constituent un facteur clé de la non-persistance de l'activité insecticide. Côté *et al.* (2001) ont aussi démontré que des concentrations élevées en matière active et des doses élevées ont accru la persistance de l'activité insecticide des formulations de Btk.

Un virus de la polyédrose nucléaire (VPN) de la famille des *Baculoviridae* a été isolé de chenilles de tordeuse à bandes obliques collectées dans un verger du Québec (Pronier *et al.*, 2002). Des tests effectués en laboratoire ont démontré une mortalité larvaire d'environ 75 % (aucune mortalité dans le groupe témoin) lorsque les chenilles étaient infectées au troisième stade larvaire et la majorité (95,5 %) des chenilles malades étaient mortes au cours du cinquième ou sixième stade larvaire (Pronier *et al.*, 2002). Cependant, même si le virus était naturellement présent dans ce verger, son abondance semblait insuffisante pour réduire la population de TBO à un niveau économiquement acceptable (Pronier *et al.*, 2002).

Le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* est un agent de lutte biologique prometteur. Au Québec, des isolats de *B. bassiana* provenant d'hôtes différents et d'origines géographiques variées ont été évalués en laboratoire afin de déterminer leur virulence contre des larves de TBO (Todorova *et al.*, 2002). Certains isolats ont causé jusqu'à 89 % de mortalité des larves et des pupes, ce qui démontre un potentiel mycoinsecticide intéressant (Todorova *et al.*, 2002). De plus, des résultats montrent que les conidies (spores asexuées) de *B. bassiana* persistent au sol (Todorova et Weill, 2006). Des essais en vergers n'ont pas été tentés et représentent la prochaine étape en vue de l'application de cette méthode en pomiculture.

Les nématodes peuvent également exercer un certain contrôle sur les tordeuses à bandes obliques. En verger, des applications foliaires de *Steinernema carpocapsae* ont causé la mortalité des larves de TBO à des taux de 13 à 37 % (Bélair *et al.*, 1999).

La microspore 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 la microspore.

Les coccinelles prédatrices offrent un certain potentiel de lutte contre la tordeuse à bandes obliques, particulièrement la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis Pallas*. Celle-ci est vorace et se nourrit de larves de premier, deuxième et troisième stades de tordeuses à bandes obliques (Demougeot, 1994). Cependant, Lucas *et al.* (2004) ont démontré qu'en présence de pucerons, la prédation des larves de TBO par *Coccinella septempunctata* (la coccinelle à sept points) et *H. axyridis* diminue significativement. Cela démontre clairement la préférence des coccinelles pour les pucerons et, par conséquent, les limites du contrôle des populations de larves de TBO par ces prédateurs (Lucas *et al.*, 2004).

Le tableau 21 dresse la liste des principaux ennemis naturels de la tordeuse à bandes obliques :

Tableau 21 : Les principaux ennemis naturels de la tordeuse à bandes obliques

NOM	FAMILLE	STADE ATTAQUÉ	RÉFÉRENCES
PARASITOÏDES			
Actia diffidens	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Actia interrupta	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Apophyua simplicipes	Ichneumonidae	Larve	Barron et Bisbee, 1984
Colpoclypeus florus	Eulophidae	Larve	Hagley et Barber, 1991
Conpsilura concinnata	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Eumea caesar	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Hemisturmia parva (Bigot).	Tachinidae	Larve	Schuh et Mote, 1948, O'Hara, 2005
Hyphantrophaga blanda	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Itoplectis conquisitor	Ichneumonidae	Larve	Hagley et Barber, 1991
Lypha fumipennis	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Macrocentrus iridescens	Braconidae	Larve	Barron et Bisbee, 1984
Meteorus trachynotus	Braconidae	Larve	Maltais *et al.*, 1989.
Microbracon politiventris Cush.	Braconidae	Larve	Schuh et Mote, 1948
Nemorilla pyste	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Nilea erecta	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Oncophanes atriceps (Ashm.)	Braconidae	Larve	Schuh et Mote, 1948
Phryxe pecosensis	Tachinidae	Larve	O'Hara, 2005
Trichogramma minutum Riley	Trichogrammatidae	Oeuf	Schuh et Mote, 1948
PRÉDATEURS			
Chrysopa carnea Steph	Chrysopidae	Larve	Chouinard *et al.*, 2000
Coccinella septempunctata	Coccinellidae	Larve	Lucas *et al.*, 2004 Chouinard *et al.*, 2000
Harmonia axyridis	Coccinellidae	Larve	Lucas *et al.*, 2004 Chouinard *et al.*, 2000

4.2.7 Produits d'origine naturelle

Le biopesticide ENTRUST 80 WP qui contient l'insecticide spinosad issu d'une fermentation de la bactérie *Saccharopolyspora spinosa* est efficace contre les tordeuses à bandes obliques et est autorisé en régie biologique depuis 2005. Bien que d'origine naturelle, ce biopesticide à large spectre est toxique pour les abeilles. Il faut donc porter une attention particulière au moment de l'application.

Knight *et al.* (2000) ont démontré que le kaolin (SURROUND WP) réduit la population hivernante de larves de *C. rosaceana* quand l'argile est appliquée dans les vergers avant le débourrement des pommiers ; ils en ont déduit que le kaolin affectait le mouvement des larves de leur site d'hivernation jusqu'au nouveau feuillage. Knight *et al.* (2000) ont aussi étudié l'effet sur les larves nourries avec du feuillage de pommier traité avec du kaolin. Dans cette étude, la formulation de kaolin a réduit le nombre de pupes viables ainsi que leur poids moyen, Sackett *et al.* (2005) ont démontré que la mortalité des larves de tordeuse à bandes obliques et le temps pour la formation des pupes ont augmenté significativement lorsque les chenilles se nourrissaient de feuilles de pommiers traités avec le kaolin. Leur expérience a aussi démontré que les effets du kaolin sont surtout d'ordre physique, causant des changements de comportements au niveau de la dispersion et de l'enroulement des feuilles par les chenilles, en plus d'agir comme barrière physique à l'alimentation. Le kaolin décourage donc la ponte des femelles *C. rosaceana* (Knight *et al.*, 2000) et diminue l'établissement des larves de premier stade (Sackett *et al.*, 2005). Ainsi, les périodes de la ponte et de la dispersion des jeunes larves devraient être ciblées pour l'application du kaolin (Sackett *et al.*, 2005).

Bien que la pyréthrine naturelle soit homologuée au Canada comme insecticide et acceptée en agriculture biologique, on ne retrouve aucun produit commercial (à l'exception du Trounce®) qui ne contienne pas de butoxyde de pipéronyle, substance qui n'est pas autorisée par les cahiers de charge en agriculture biologique (Duval et Weill, 2007). L'utilisation domestique est possible, mais la pyréthrine est un insecticide botanique à large spectre qui élimine malheureusement beaucoup de prédateurs d'insectes nuisibles.

L'utilisation d'extraits d'huile essentielle de tanaisie vulgaire (*Tanacetum vulgare*) a démontré des résultats intéressants pour le contrôle de différents stades de la tordeuse à bandes obliques (Larocque, 1997 et Larocque *et al.*, 1999). Dans leur étude, Larocque *et al.* (1999) ont démontré que les dépôts d'une formulation d'huile essentielle de tanaisie et d'éthanol 95 % décourageaient la ponte des femelles. Leurs résultats démontrent aussi que les larves et les pupes femelles de ce ravageur ont été affectées par la présence d'huile essentielle de tanaisie dans leur diète, avec un effet significatif à une concentration entre 0,01 et 0,1 %. De plus, une formulation d'huile essentielle de tanaisie et de dillapiol (composé extrait de l'aneth – *Anethum graveolens*) a augmenté l'activité alimentaire de la tordeuse à bandes obliques démontrant ainsi un effet phagostimulant (Larocque *et al.*, 1999). Par conséquent, cette formulation de dillapiol pourrait être utilisée conjointement avec des insecticides naturels tel que le Bt, afin d'augmenter l'ingestion du produit phytosanitaire (Larocque *et al.*, 1999).

4.2.8 Confusion sexuelle

La lutte par confusion sexuelle a été mise à l'essai au Québec (Vincent, 1995). Par contre, certaines difficultés ont 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'accouplements ont été obtenues, sans toutefois démontrer une réduction du nombre de larves et de dommages (MAPAQ, 1995 ; Agnello *et al.*, 1996). Des femelles accouplées à l'extérieur de la zone où la confusion sexuelle est appliquée et migrant vers le verger traité peuvent expliquer ces résultats.

Un nouveau produit, ISOMATE-CM/LR TT, contient un mélange de plusieurs phéromones agissant contre le carpocapse et plusieurs tordeuses, dont la tordeuse à bandes obliques (Chouinard, 2008a1).

Le tableau 22 dresse la liste des moyens alternatifs à haut potentiel pour le contrôle de la tordeuse à bandes obliques :

Tableau 22. Récapitulatif des moyens alternatifs à haut potentiel par odre d'efficacité pour le contrôle de la tordeuse à bandes obliques

TYPE	APPLICABILITÉ AU QUÉBEC	RÉFÉRENCES
1-Méthodes culturales (taille d'été des pousses en croissance et éclaircissage des fruits multiples)	Utilisées par plusieurs producteurs biologiques et conventionnels	Désilets, comm. pers. Boulé *et al.*, 1997
2-Encourager le complexe d'ennemis naturels (parasitoïdes, nématodes, virus et coccinelles)	Utilisé par plusieurs producteurs biologiques au Québec	Désilets, comm. pers.
3-Utilisation de *Bacillus thuringiensis* avec ou sans phagostimulant	Utilisé par plusieurs producteurs biologiques et conventionnels	Désilets, comm. pers. Agnello *et al.*, 1993 Chouinard *et al.*, 1999 Robitaille et Langlais, 1995 Li et Fitzpatrick, 1997
4-Les produits d'origine naturelle	Utilisés par plusieurs producteurs biologiques au Québec	Désilets, comm. pers.

CHAPITRE 5

AVENUES PROMETTEUSES

Ce chapitre explore les avenues intéressantes en développement et qui pourraient, à court ou moyen terme, représenter des moyens alternatifs de lutte en pomiculture écologique.

Lutte autocide (lutte par mâles stériles)

Cette technique consiste à stériliser des mâles aux rayons X ou gamma en laboratoire. Ces mâles stériles sont ensuite relâchés en grande quantité dans l'environnement et entrent en compétition avec les mâles sauvages. Sans changer leur comportement sexuel, ils s'accouplent avec les femelles qui ne produisent pas de descendants (Cloutier et Cloutier, 1992). Cette technique nécessite des élevages d'insectes importants mais s'avère efficace et rentable si la population est limitée dans un environnement restreint. Pour augmenter les chances de réussite de la lutte autocide, la zone traitée doit préférablement être isolée afin d'empêcher ou limiter l'arrivée d'insectes extérieurs. La lutte autocide est utilisée dans la vallée de l'Okanagan pour lutter contre le carpocapse de la pomme depuis 1994. Pendant la saison 2011, le programme SIR (Sterile Insect Release Program) était toujours en cours et semble apporter des résultats intéressants. Cependant, même si la méthode est efficace, des moyens financiers imposants sont nécessaires de même que le support de la collectivité et des gouvernements. Les documents d'information du programme peuvent être consultés au **www.oksir.org**.

NOUVEAUX PRODUITS EN DÉVELOPPEMENT (Non homologués)

Les biopesticides

Les biopesticides sont des substances ou produits naturels qui ont des effets insecticides, acaricides et ou fongicides, habituellement par des moyens non-toxiques. Les microorganismes naturels qui ont de tels effets sont aussi considérés comme des biopesticides (ex. Bt). Certains biopesticides n'ont pas à être homologués à titre de produits antiparasitaires pour être utilisés aux États-Unis (ex. huile d'ail, huile de sésame, extraits d'ail), mais au Canada, ces produits doivent tous recevoir un numéro d'homologation avant de pouvoir être vendus et utilisés à des fins phytosanitaires. Les biopesticides suivants peuvent être utilisés dans certaines régions du monde pour combattre différents ravageurs des pommiers et pourraient être disponibles au Canada d'ici quelques années si les résultats des études scientifiques sont concluants.

Extraits de yucca

Le but du projet REPCO (*Replacement of copper fungicides in organic production of grapevine and apple in Europe*) est de trouver des solutions de remplacement aux fongicides à base de cuivre utilisés dans la production biologique de raisin et de pommes. En raison de

considérations environnementales, l'utilisation de ces fongicides à base de cuivre sera prochainement interdite en Europe. Dans quelques pays comme les Pays Bas et le Danemark, l'utilisation des fongicides à base de cuivre est déjà interdite. Des extraits de yucca ont été testés en laboratoire et dans des vergers (Hockenhull et Dornier, 2006). Ils ont fortement empêché la germination des spores et leur efficacité contre la tavelure des pommes, à la fois préventive et curative, a été prouvée sur des analyses de jeunes plantes. Les participants néerlandais et danois au projet REPCO, de l'Université Royale d'Agriculture (KVL) et de l'Institut danois des Sciences Agronomes (DIAS) concluent qu'il est possible de contrôler efficacement la tavelure en utilisant des extraits de Yucca (particulièrement le *Yucca schidigera*). Afin de faciliter le développement de ce produit, des demandes de brevets ont été déposées récemment par les partenaires du projet REPCO pour son utilisation en tant que fongicide.

Bicarbonate de potassium

Le bicarbonate de potassium (Armicarb) est un autre produit en essai dans le cadre du projet REPCO contre la tavelure de la pomme. Des études réalisées en Europe ont démontré une efficacité de ce produit similaire au soufre et au cuivre sur les feuilles (Tamm *et al.*, 2006, Bengtsson *et al.*, 2006; Trapman, 2008), permettant de se rapprocher d'une pomiculture biologique plus durable.

Huiles végétales

Parmi ces produits se retrouvent différentes substances comme l'huile de coton, l'huile de canola et des huiles essentielles de différentes plantes (melaleuca, aïl, clou de girofle, thanaisie, etc.). L'huile de canola a une efficacité ovicide contre les tétranyques, tout comme l'huile minérale utilisée en pomiculture conventionnelle. Les huiles essentielles peuvent avoir des effets répulsifs et d'autres effets sur différents ravageurs (voir ci-après pour les produits les plus prometteurs).

Extrait d'ail

Les propriétés insecticides et fongicides de l'ail sont en cours d'évaluation. Son utilisation est envisagée en vergers pour la lutte contre les pucerons, les tétranyques et la tavelure.

Neem

Le neem (margousier) est un arbre tropical dont on extrait l'azadirachtine, une substance insecticide et fongicide (Duval et Weill, 2007). Les décoctions et extraits de neem sont également fortement répulsifs pour plusieurs insectes. Lorsqu'il est ingéré par les larves, il est 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). Les produits faits avec des extraits concentrés de neem ne sont pas encore homologués comme pesticides au Canada. Le neem est homologué dans plusieurs pays du monde mais l'homologation canadienne est toujours en attente.

Autres répulsifs botaniques

Parmi la vaste gamme de plantes dont les extraits ont des effets répulsifs, le bois amer (*Quassia amara*) produit des substances considérées comme les produits les plus amers du monde végétal. Aucun extrait botanique n'est actuellement homologué au Canada pour utilisation sur les arbres fruitiers, mais un extrait de quassia (Quassan) est homologué en Europe pour lutter contre les pucerons et hoplocampes des arbres fruitiers.

Borax (borate de sodium)

Ce minerai de bore est un sel qui agit par abrasion sur la cuticule des arthropodes à corps mou comme les pucerons, les tétranyques et les chenilles. Aucun produit dérivé ou à base de borax n'est à notre connaissance homologué au Canada pour la lutte aux ravageurs, bien qu'il en existe aux É-U et en Europe.

LES PHÉROMONES ET AUTRES SÉMIOCHIMIQUES

Attracticides

Cette utilisation innovatrice des phéromones fait appel à des appâts constitués de phéromone sexuelle et d'insecticide, à la façon du GF-120 utilisé contre la mouche de la pomme. Différentes technologies attracticides sont en cours de développement pour contrôler les populations de carpocapse.

Confusion et répulsion sexuelle

Des phéromones « répulsives » sont en cours de développement pour certaines espèces comme la sésie du cornouiller, et des phéromones pulvérisables ont été développées pour la confusion sexuelle de lépidoptères comme les tordeuses et le carpocapse. Dans bien des cas, la disponibilité de ces produits est retardée en raison de contraintes reliées à l'homologation ou au coût d'utilisation de ces techniques.

La lutte par exclusion

La lutte par exclusion est une méthode de lutte physique qui consiste à munir la culture d'une protection – tranchée, filet, tunnel, film protecteur ou autre - afin de prévenir l'entrée ou l'attaque des ravageurs. À prime abord peu réaliste sur le plan économique, la lutte par exclusion reste toutefois une des méthodes les plus efficaces pour prévenir les pertes par certains ravageurs. Les clôtures contre le cerf de Virginie en sont un excellent exemple.

Un autre exemple est la technologie « alt-carpo » utilisée pour la lutte au carpocapse dans la culture biologique de la pomme « Juliet » en France (**www.alt-carpo.com**). Dans ce cas, des filets protecteurs, d'un genre semblable aux filets anti-grêle, recouvrent entièrement la culture pendant la période d'activité de l'insecte. Des études en cours évaluent actuellement le potentiel d'une technique semblable de lutte par exclusion pour contrer le complexe des ravageurs présents dans les pommiers du Québec.

CONCLUSION

Cette mise à jour des connaissances a permis d'identifier la diversité des méthodes alternatives de lutte contre les principaux ravageurs des pommiers au Québec. Plusieurs de ces méthodes sont encore au stade expérimental ou requièrent des produits qui ne sont pas homologués au Canada. Il faudra mener des recherches sérieuses pour mettre au point des préparations efficaces 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 microorganismes, nuisibles et utiles. Il faut donc profiter au maximum de cette biodiversité en protégeant ces alliés des produits toxiques, qu'ils soient naturels ou synthétiques et ce, en réduisant autant que possible leur utilisation. La lutte biologique a un avenir prometteur en pomiculture si les efforts nécessaires sont investis. Plusieurs méthodes de lutte culturale et physique sont également connues et bien développées en pomiculture et leurs applications doivent être davantage encouragées.

Par ailleurs, il importe de réfléchir sur la perception que l'on a de la pomme idéale et songer à augmenter le niveau de tolérance à l'égard des imperfections mineures, particulièrement au niveau de l'auto-cueillette qui ne requiert pas d'entreposage. Le maintien de parcelles expérimentales par le RÉCUPOM permettra d'identifier et de recommander de nouvelles variétés de pommes, dont potentiellement des variétés résistantes à la tavelure, aux producteurs québécois. Ces nouvelles variétés répondront davantage aux besoins des consommateurs qui sont en quête de fruits différents produits dans le respect de l'environnement. Le secteur pomicole québécois doit nécessairement se renouveler pour demeurer concurrentiel face aux autres régions productrices de pommes et ainsi être en mesure d'assurer son développement au cours des prochaines années.

L'application et l'intégration judicieuse de certaines de ces méthodes à l'aide d'un programme de production fruitière intégrée est actuellement en cours chez les producteurs de pommes du Québec. La production fruitière intégrée (PFI) est une approche favorisant l'adoption de bonnes pratiques agricoles et visant à produire des fruits de qualité, dans le respect de l'environnement, de la santé et de la sécurité des personnes en plus de la durabilité de l'entreprise.

À la lumière des données recueillies lors de la rédaction de ce guide, il nous apparaît essentiel de:
Rassembler toutes les informations et les expertises existantes et de les diffuser le plus possible par le biais de colloques, de cours ou par d'autres activités de transfert et de diffusion;
Poursuivre le développement de la recherche afin de combattre les ravageurs plus problématiques contre lesquels nous disposons de peu de moyens de lutte éprouvés;
Favoriser l'homologation de certains produits biologiques efficaces, mais non disponibles au Québec;
Créer des moyens incitatifs pour encourager la transition des producteurs de pommes vers un mode de production fruitière intégrée, qui réduit les risques pour l'environnement et la santé tout en assurant la pérennité de leur entreprise.

POUR EN SAVOIR PLUS...

GUIDES DE RÉFÉRENCE

Outils applicables à votre unique pommier ou à votre petit verger domestique. Vous pouvez commander la plupart de ces publications auprès du CRAAQ par téléphone au **1 888 535-2537** ou par télécopieur au **418 644-5944** ou encore directement sur Internet : **http://www.craaq.qc.ca** :

Affiche « Production fruitière intégrée »
IRDA - Publication bisannuelle
Affiche relatant les principales pratiques à privilégier à chacune des périodes de croissance du pommier et illustrant quelques pratiques. L'affiche change à chaque publication. Elle contient aussi des tableaux indiquant la toxicité des pesticides sur les ravageurs et la faune auxiliaire et un tableau illustré des méthodes de dépistage des ennemis du pommier. Se la procurer en contactant l'IRDA ou la Fédération des producteurs de pommes du Québec.

Affiche « Guide des traitements foliaires du pommier »
Comité pomiculture du CRAAQ - Publication bisannuelle
Grande affiche couleur regroupant les principaux produits de lutte, fertilisants et régulateurs de croissance recommandés en pomiculture. Offerte en format recto-verso : français, anglais. Se le procurer en contactant le CRAAQ.

Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier
Gérald Chouinard (coord.). 2001. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec. 226 p.
Ce guide de protection complet présente de nombreuses méthodes de lutte pour l'ensemble des maladies, insectes et autres ravageurs des vergers du Québec. Il contient aussi de nombreuses illustrations en couleurs ainsi qu'un programme complet, étape par étape de production fruitière intégrée. Se le procurer en contactant le CRAAQ.

Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels
Chouinard, G., A. Firlej, F. Vanoosthuyse et C. Vincent. 2000. Conseil des productions végétales du Québec inc., Québec. 69 p.
Guide en format de poche rempli d'illustrations en couleur pour faciliter l'identification des insectes, des araignées et des acariens utiles ou nuisibles retrouvés dans les pommiers.
Se le procurer en contactant le CRAAQ.

Implantation d'un verger de pommiers (volets 1 et 2)
Charest, J. (coord.). 2006. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. VA 046, 178 p.
Ouvrage sous la forme de feuillets rassemblant les connaissances techniques de pointe pour faciliter la transition d'un verger standard vers un verger de pommiers nains ou semi-nains. Se le procurer en contactant le CRAAQ.

Manuel de l'observateur : pommiers
Chouinard, G. (ed.) 1997. Ministère de l'agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec. 170 p. (disponible en français et en anglais)
Cet ouvrage décrit les principaux ennemis du pommier et traite des méthodes de dépistage et des seuils d'intervention. Manuel abondamment illustré par des dessins et des planches en couleur. Se le procurer en contactant le CRAAQ.

Production fruitière intégrée pour les producteurs de pommes du Québec
Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2006. 25p.
Un recueil de bonnes pratiques pour le verger visant la production durable et rentable de fruits de qualité, dans le respect de l'environnement et de la santé. Se le procurer en contactant le CRAAQ.

Tree Fruit Field Guide to Insects, Mite, and Disease Pests and Natural Enemies of Eastern North America
Agnello, A., G. Chouinard, A. Firlej, W. Turecheck, F. Vanoosthuyse, et C. Vincent. 2006. NRAES-169. Cornell Cooperative Extension, Ithaca, New York. 238 p.
Version anglaise augmentée du guide français. Il inclut les organismes ravageurs et bénéfiques des cerises, pêches, poires et prunes en plus des pommes. Se le procurer en contactant le CRAAQ.

Le logiciel CIPRA (Centre Informatique de Prévision des Ravageurs en Agriculture)
Ce logiciel permet de visualiser les prévisions sur les maladies et les insectes de diverses cultures, en fonction des conditions climatiques et de la température. Utilisé par plusieurs conseillers pomicoles, il s'agit d'un outil supplémentaire pour la prise de décision et la gestion raisonnée des interventions phytosanitaires.Disponible sur Internet :
http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1307489331019&lang=fra#a6

SITES INTERNET

Agri-Réseau
www.agrireseau.qc.ca

Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada
www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/branch-dirgen/pmra-arla/index-fra.php

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
www.irda.qc.ca

IRPeQ Express
www.irpeqexpress.qc.ca.

La pomme du Québec (Fédération des producteurs de pommes du Québec)
www.lapommeduquebec.ca

Le réseau pommier du Québec
www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier

MAPAQ-Bureau régionaux et points de service
http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/nousjoindre-redirect/Pages/index-production.aspx

Nature-Action Québec
www.nature-action.qc.ca

RÉCUPOM (Réseau d'essai de cultivars et porte-greffes de pommiers)
www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier (onglet RECUPOM)

SAgE pesticides
www.sagepesticides.qc.ca

IRIIS phytoprotection
http://www.iriisphytoprotection.qc.ca/

Collectifs régionaux en formations agricole
http://www.formationagricole.com/

Statégie phytosanitaire québécoise en agriculture
http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf

FOURNISSEURS DE MATÉRIEL DE DÉPISTAGE
(liste non-exhaustive)

Centre Agricole Bienvenue (Rougemont) Inc. : 450 469-4945

Distribution Husereau (Oka) : 450 258-4510

Distributions Solida Inc. (Saint-Ferréol-Les-Neiges) : 418 826-0900
www.solida.ca

Natural Insect Control (Ontario) : 905 382-2904
www.natural-insect-control.com

FOURNISSEURS D'AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE
(liste non-exhaustive)

AEF Global
Téléphone : 418 838-4441 ou 1 866 622-3222
Courriel : info@aefglobal.com
www.aefglobal.com

Centre Agricole Bienvenue Inc. (Rougemont)
Téléphone : 450 469-4945

Distribution Husereau (Oka)
Téléphone : 450 258-4510

Ferme au Pic Enr. (Dunham)
Téléphone : 450 295-2306
Courriel : info@fermeaupic.com
http://fermeaupic.com/fr/

Koppert Biological Systems (Ontario)
Téléphone : 416 291-0040
Courriel : info@koppert.ca
www.koppert.com

Natural Insect Control (Ontario)
Téléphone : (905) 382-2904
www.natural-insect-control.com

Plant-Prod Québec (Laval)
Téléphone : 450 682-6110 ou 1 800-361-9184
Courriel : ppq@plantprod.com
www.plantprod.com

Gérard Bourbeau et Fils Inc. (Québec)
Téléphone : 418 623-5401 ou 1 800 463-5618
Courriel : info@gerardbourbeau.com
www.gerardbourbeau.com

CLUBS D'ENCADREMENT TECHNIQUE EN POMICULTURE

MONTÉRÉGIE
Club-conseil Dura-Club inc.
Laurence Tétreault-Garneau, agr.

MONTÉRÉGIE-EST
Club de pomiculture-Montérégie
Nicole Gagné, agr.

Club Propomme
Yvon Morin, agr.

Club Transpomme
Gilles Tremblay, agr.

Club de pomiculture - Missisquoi
Sylvain Brousseau, agr.

MONTÉRÉGIE-OUEST
Club des producteurs du sud-ouest
Nathalie Tanguay, agr.

Conseillers pomicoles du MAPAQ
Evelyne Barriault, agr.
Karine Bergeron, agr.

Fertior, coopérative de fertilisation organique
Conseillère en horticulture maraîchère et fruitière biologique
Colombe Cliche-Ricard, agr.

LAURENTIDES
Club Agropomme
Roland Joannin, dta, Manon Laroche, agr., Marylin Courchesne, agr.

Conseiller pomicole du MAPAQ
Nathalie Guerra, agr.

Club bio-action
Yveline Martin, agr.

ESTRIE
Club agroenvironnemental de l'Estrie
Dominique Choquette, agr., Geneviève Legault, agr.

Conseiller pomicole du MAPAQ
Caroline Turcotte, agr.

QUÉBEC
Club de production pomicole de la région de Québec
Serge Mantha, agr.

Conseiller pomicole du MAPAQ
Stéphanie Tellier, agr.

PÉPINIÈRES OFFRANT DES CULTIVARS RÉSISTANTS
(liste non-exhaustive)

Gérard Bourbeau et Fils Inc. (Québec)
Téléphone : 418 623-5401 ou 1 800 463-5618
Courriel : info@gerardbourbeau.com
www.gerardbourbeau.com

Les fermes Miracle (Cazaville)
Téléphone : 514 830-9640
Courriel : miraclefarms@videotron.ca

La pépinière fruitière rustique & ancestrale (Ste-Julienne)
Téléphone : 450 834-3060
Courriel : ericdelo@hotmail.com
www.pepinieriste.ca

Pépinière Luc Rodrigue Inc. (Dunham)
Téléphone : 450 295-3173
Télécopieur : 450 295-3172

Pépinière Rochon Inc. (St-Benoit-de-Mirabel)
Téléphone : 450 258-4659
Courriel : marcel.rochon@sympatico.ca

Pépinière Boerboom Nursery Inc. (St-Paul-d'Abbotsford)
Téléphone : 514-379-5732

Pépinière Dominique Savio (Marieville)
Téléphone : 450 460-7962
Courriel : info@pepinieresavio.com
www.pepinieresavio.com

Pépinière Grange Verte de la Ferme Pointe-du-Moulin (Notre-Dame-de-l'Île-Perrot)
Téléphone : 514 646-1340
Courriel : info@pepinieregrangeverte.ca
www.pepinieregrangeverte.ca

Corn Hill Nursery (Corn Hill, Nouveau-Brunswick)
Téléphone : 506 756-3635
Courriel : osborne@cornhillnursery.com
www.cornhillnursery.com

Pépinière Abbotsford inc. (St-Paul-d'Abbotsford)
Téléphone : 450 379-5777
www.pepiniereabbotsford.com

Pépinière Ancestrale (St-Julien)
Téléphone : 418 423-3070
Courriel : info@pepiniereancestrale.net
www.pepiniereancestrale.com

RÉFÉRENCES

Agnello, A. M., Reissig, W. H., Nyrop, J. P., Kovach, J., et Morse, R. A. 1993. Biology and management of apple Arthropods. EAP Publications, Cornell University Bulletin (231) : 1-32.

Agnello, A. M., Reissig, W. H., Spangler, S. M., Charleton, R. E., et Kain, D. P. 1996. Trap response and fruit damage by obliquebanded 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 (Ddiptera : Tephritidae). Environ. Entomol. 19(2): 309-312.

Alway, T. 1998a. Sprayable Pheromones. Washington State University Cooperative Extension.AreawideIPMUpdate.3(9). www.tfrec.wsu.edu/IPMnews/IPM090198.html.

Alway, T. 1998b. Orchard Pest Control with Foliar Oils. Washington State University CooperativeExtension.AreawideIPMUpdate.3(5).http://www.tfrec.wsu.edu/IPMnews/IPM050198.html.

Amstrong, 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.

Arnoldi, D. 1986. Predation studies of mirids (Hemiptera : Miridae) in an apple orchard in southwestern Quebec. M.S.Thesis, Department of Entomology, Macdonald College of McGill University, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec. 584 p.

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.

Arthurs, S. P., Lacey, L. A. et Behle, R.W. 2006. Evaluation of Spray-Dried Lignin-Based Formulations and Adjuvants as Ultraviolet Light Protectants for the Granulovirus of the Codling Moth, *Cydia pomonella* (L), J Invertebr Pathol. 93(2) : 88-95.

Arthurs, S. P. et Lacey, L. A. 2004. Field evaluation of commercial formulations of the codling moth granulovirus : persistence of activity and success of seasonal applications against natural infestations of codling moth in Pacific Northwest apple orchards. Biological Control 31(3) : 388–397.

Asser-Kaiser, S., Fritsch, E., Undorf-Spahn, K., Kienzle, J., Eberle, K. E., Gund, N. A. Reineke, A., Zebitz, C. P. W., Heckel, D.G., Huber, J. et Jehle, J. A. 2007. Rapid emergence of baculovirus resistance in codling moth due to dominant, sex-linked inheritance. Science. 317(5846) : 1916-1918.

Athanassov, A., Charmillot, P.-J., Jeanneret, Ph., et Renard, D. 1997. Les parasitoides des larves et des chrysalides du carpocapse *Cydia pomonella* L. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 29(2) : 99-106.

Aubry, Olivier. 2008. Lutte attracticide et lâchers inondatifs de trichogrammes contre le carpocapse de la pomme, *Cydia pomonella* (Lepidoptera : Tortricidae). Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en biologie. Université du Québec à Montréal. 113p.

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.

Babendreier, D. 1996. Studies on two ichneumonid parasitoids as potential biological control agents of the European apple sawfly *Hoplocampa testudinea* Klug (Hymenoptera : Tenthredinidae). Zoologisches Institut, Okologie, Universitat Kiel.

Baillod, M., Antonin, E., Guignard et Jermini, M. 1989. Vers une généralisation de la lutte biologique contre les acariens phytophages en vergers 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(10) : 1345-1356.

Bélair, G., Vincent, C., Lemaire, S. et Coderre, D. 1999. Laboratory and field assays of entomopathogenic nematodes for the management of the obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Tortricidae). J Nematol (Supplement). 31 (4S) : 684-689.

Bélair, G., Vincent, C. et Chouinard, G. 1998. Foliar sprays with *Steinernema carpocapsae* against early season apple pests. Journal of Nematology 30(4s) : 599-606.

Bellerose, S. et Chouinard, G. 2009. Protection des fruits contre la mouche de la pomme dans un verger de pommiers grâce à un insecticide à risque réduit, verger de l'IRDA au Parc du Mont-Saint-Bruno, Québec 2008 et 2009. Rapport de recherche sur la lutte dirigée. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Mai 2010. 48(2) : 4-5.

Bellerose, S., Vincent, C., et Pilon, J. G. 1991. Effet de l'huile de Neem sur le developpement de la tordeuse a bandes obliques. Station De Recherche St-Jean-Sur-Richelieu. 20 : 4-7.

Bengtsson, M., Jørgensen, H. J .L, Wulff, E. et Hockenhull, J. 2006. Prospecting for organic fungicides and resistance inducers to control scab (*Venturia inaequalis*) in organic apple production. Proceedings, Joint Organic Congress: Organic Farming and European Rural Development, 30th and 31st May 2006, Odense, Denmark, 318-319.

Benoit, D. L., Vincent, C. et Chouinard, G. 2006. Management of weeds, apple sawfly (*Hoplocampa testudinea* Klug) and plum curculio (*Conotrachelus nenuphar* Herbst) with cellulose sheeting. Crop Prot. 25(4) : 331-337.

Bidochka, M. J., Miranpuri, G. S., et Khachatourians, G. G. 1993. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin toward Lygus bug (Hem., Miridae). J. of App. Entomol. 115(1-5) : 313-317.

Biggs, A. R. et Hickey, K. D. 1998. Fruit Pathology: Apple Scab, *Venturia inaequalis*. http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/pdfFiles/applescab.PDF. West Virginia University. 5 p.

Blommers, L. H. M. 1994. Integrated pest management in european apple orchards. Annu. rev. entomol. 39 : 213-241.

Boivin, G. 2001. Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée ? VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement. 2 (2). http://vertigo.revues.org/index4096.html. Consulté le 15 janvier 2008.

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 Fluctuations 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., Hardman, J. M., Thistlewood, H. A. et Racette, G. 2010. The response of *Neoseiulus fallacis* (Garman) and *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) (Acari : Phytoseiidae) to six reduced risk insecticides in Canada. Pesticides and Beneficial Organisms, WG Meeting 2009, 7-9 October 2009, Dubrovnick, Croatia. IOBC/wprs Bulletin 55: 73-77.

Bostanian, N. J., Wise, J. C. et Isaacs, R. 2012. Pesticides for arthropod control in vineyards, In Bostanian, N. J., Vincent, C. et Isaacs, R. Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions. Springer, Dordrecht, The Netherlands (In press).

Bostanian, N. J., Charbonneau, R., Lasnier, J. et Racette, G. 1999a. La lutte biologique des acariens dans les vergers de pommiers au Québec. Producteur plus, juin 1999.

Bostanian, N. J., Vincent, C., Chouinard, G. et Racette, G. 1999b. Managing apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera, Tephritidae), by perimeter trapping. Phytoprotection 80(1) : 21-33.

Bostanian, N. J. et Racette, G. 1992. Effets toxiques des pyréthrinoïdes sur *Amblyseius fallacis*, un acarien prédateur des vergers de pommiers. Dans Vincent, C. et Rancourt, B. Éditeurs. Points de vue sur la protection des vergers au Québec. Bull. Tech. 26 : 22-29.

Bostanian, N. J. et Coulombe, L. J. 1986. An integrated pest management program for apple orchards in southwestern Québec. Can.Ent. 118(11) : 1131-1142.

Boudreau, M., et Andrews, J. H. 1987. Factors influencing antagonism of *Chaetomium globosum* to *Venturia inaequalis*: A case study in failed biocontrol. Phytopathology 77(10) : 1470-1475.

Boulé, J., Chouinard, G., Vincent, C., et Morin, Y. 1997. Biologie et dépistage des principaux insectes et acariens du pommier. Pp.19-99. Dans G. Chouinard. Ed. Manuel de l'observateur : pommier. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec.

Braun, P. G. 1991. Guide sur la production de pommes biologiques en Nouvelle-Écosse. Centre de recherche d'Agriculture Canada, Kentville (N.-É.). Révisé en janvier 2004. 19p.

Brodeur, C., Chouinard, G., Laplante, G., et Morin, Y. 1999. Études préliminaires sur l'activité et l'efficacité du prédateur indigène *Hyaliodes vitripennis* (Heteroptera : Miridae) pour la lutte biologique contre les acariens en vergers de pommiers au Québec. Ann. Entomol. Soc. Fr. 35: 458-462.

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(4970): 520-521.

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 Southwethern 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). Biol Control. Natural Resource Sciences Departement, Campus McDonald, McGill University. 5(4): 553-560.

Carisse, Odile. 2010. Communication personnelle. Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec.

Carisse, O. et Dewdney, M. 2001. A review of non-fungicidal approaches for the control of apple scab. Phytoprotection. 83(1) : 1-29.

Carisse, O. et Jobin, T. 2006. La tavelure du pommier : mieux comprendre pour mieux intervenir. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Publication 10203F. 26p.

Carisse, O. et Rolland, D. 2004. Effect of timing of application of the biological control agent *Microsphaeropsis ochracea* on the production and ejection pattern of ascospores by *Venturia inaequalis*. Phytopathology. 94(12) : 1305-1314.

Carisse, O., Philion, V., Rolland, D. et Bernier, J. 2000. Effect of fall application of fungal antagonists on spring ascospore production of the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*. Phytopathology. 90(1) : 31-37.

Carisse, O. et Philion, V. 1996. A new approach for the control of apple scab. Dans Vincent C. et R. Smith (Éditeurs). La protection des vergers au Canada. Agriculture et agroalimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qc. 111p.

Carter, K. 2007. OMAFRA Apple IPM Projects Update 2007. Internet : http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/orchnews/2007/on-1207a10.htm. Consulté le 30 janvier 2008.

Carter, K. et Fraser, H. 2006. Dépistage et contrôle de la mouche de la pomme. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. 2p.

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2007. Pommiers – Résultats du Réseau d'essais de cultivars et de porte-greffes. p. 26-33.

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2006. Production fruitière intégrée pour les producteurs de pommes du Québec - Programme 2006, version 2, mise à jour le 23 février. 25p.

Charmillot, P.-J., Pasquier, D. et Schneider, D. 1991. Efficacite et remanence du virus de la granulose, de la phosalone et du chlorpyrifos-methyl dans la lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 23(2) : 131-134.

Charmillot, P.-J. et Pasquier, D. 1992. Lutte par confusion contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 24(4) : 213-220.

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., 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. et Pasquier, D. 2002. Combinaison de la technique de confusion et du virus de la granulose contre les souches résistantes de carpocapse *Cydia pomonella*. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 34(2) : 103–108.

Choquette, D. 2008. Rapport de projet. Essai de sphères attractives contre la mouche de la pomme - Résultats 2008. Club agroenvironnemental de l'Estrie. 14 p

Chouinard, G. 1991. Spring field activity and foraging behavior of plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*, (Herbst), (Coleoptera : Curculionidae), in insecticide treated and untreated Québec apple orchards. Ph.D. thesis, McGill University, Montréal, Québec, 238 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., Bélair, G., Vincent, C. 1995. Utilisation du nématode *Steirnernema carpocapsae* souche AII pour la lutte contre le charançon de la prune en verger de pommiers. 87e Assemblée annuelle de la Société de protection des plantes du Québec. Résumé. Phytoprotection.76(3) : 130.

Chouinard, G., Vincent, C., Langlais, G, et Roy, M. 1996. Régie des populations de *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Torcidae) dans les vergers commerciaux du Québec avec des phéromones de synthèse. Phytoprotection. 77(1) : 57-64.

Chouinard, G. et Charbonneau, R. 1997. Introduction au dépistage dans les vergers du Québec. p 11-18. Dans G. Chouinard. Ed. Manuel de l'observateur: pommier. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.

Chouinard, G. (ed.) 1997. Manuel de l'observateur : pommiers. Ministère de l'agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec. 170 p.

Chouinard, G. et Morin, Y. 1999. Le nouveau programme de production fruitière intégrée pour les vergers du Québec. 7e Journée annuelle sur la recherche et l'innovation technologique. Groupe de travail en protection des pommiers. St-Hyacinthe.

Chouinard, G., Morin, Y., et Charbonneau, R. 1999. Guide des traitements foliaires du pommier (affiche). Éditions France Crochetière et Chantal Turbis.

Chouinard, G., Firlej, A., Vanoosthuyse, F. et Vincent, C. 2000. Guide d'identification des ravageurs du pommier et de leurs ennemis naturels. Conseil des productions végétales du Québec inc., Québec. 69 p.

Chouinard, G. (coord.). 2001. Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec, 234 p.

Chouinard, G., Morin, Y. et Brodeur, C. 2001. Lutte contre les insectes et les acariens du pommier, p. 99-138, dans : Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier, Gérald Chouinard (coord.), Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec, 234 p.

Chouinard, G. 2005. Impact environnemental des pesticides : en baisse depuis 25 ans dans les vergers du Québec. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). 3p.

Chouinard, G. 2007. Réseau d'avertissements phytosanitaires. Avertissement No.11 – Pommier – 31 août 2007. p.2.

Chouinard, G. 2008a1. Réseau d'avertissements phytosanitaires. Bulletin d'information No.07 – Pommier – 13 juin 2008. Les nouveaux produits pour lutter contre le carpocapse de la pomme. p. 1-2.

Chouinard, G. 2008a2. Réseau d'avertissements phytosanitaires. Bulletin d'information No.05 – Ordre général – 25 juillet 2008. Spécial phytoprotection bio. p.2-7

Chouinard, G. 2008b. Réseau d'avertissements phytosanitaires. Avertissement No.08 – Pommier – 11 juin 2008. p.2.

Chouinard, G. 2008c. Réseau d'avertissements phytosanitaires. Avertissement No.04 – Pommier – 14 mai 2008. p.4-5.

Chouinard, G. 2009. Réseau d'avertissements phytosanitaires. Avertissement No.02 – Pommier – 6 mai 2009. p.6.

Chouinard, G. 2010. Communication personnelle. Saint-Hyacinthe, Québec.

Chouinard, G. 2011a. Réseau d'avertissements phytosanitaires – Avertissement No 02 – pommier – 20 avril 2011.

Chouinard, G. 2011b. Réseau d'avertissements phytosanitaires – Avertissement No 05 – pommier – 11 mai 2011.

Chouinard, G. 2011c. Réseau d'avertissements phytosanitaires – Avertissement No 08 – pommier – 27 mai 2011.

Chouinard, G. 2011d. Réseau d'avertissements phytosanitaires – Avertissement No 11 – pommier –15 juin 2011.

Chouinard, G. 2012. Réseau d'avertissements phytosanitaires. Avertissement No.13 – Pommier – 27 juin 2012. p.2

Clark, S. et Gage, S. H. 1996. Effects of free-range chickens and geese on insect pests and weeds in a agroecosystem. Am J Alternative Agr. 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 la lutte biologique. Dans Vincent, C. et D. Coderre, eds. 1992. La lutte biologique. Gaëtan Morin, éditeur. 671p.

Coaker, T. H. Dans Burn N. A. J., Coaker, T. H. et Jepson, P. C. Editeurs. 1987. Integrated pest management. Chapitre 3. Academic Press. Toronto. 474p.

Coalition pour les alternatives aux pesticides (CAP Québec). 2006. Internet : http://www.cap-quebec.com/pommiers.php?Lang=fr. Consulté le 20 août 2008.

Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois (CAAAQ). 2008. Agriculture et agroalimentaire québécois [ressource électronique] : assurer et bâtir l'avenir : rapport. ISBN 978-2-550-51787-0. Bibliothèque nationale du Québec, janvier 2008. 272 p.

Comité de pomiculture. 2001. Lutte contre les maladies du pommier, p. 53-98, dans : Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier, Gérald Chouinard (coord.), Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec, 234 p.

Conseil des appellations réservées et des termes valorisants. Dernière mise à jour : 1er janvier 2008. Normes biologiques de référence du Québec. Version : 4.0.

Cossentine, J. E. et Gardiner, M. 1991. Susceptibility of *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera : Tortricidae) to the microsporidium *Nosema fumiferanae* (Thomson) (Microsporida : Nosematidae). Can. Ent. 123 : 265-270.

Côté, J-C., Vincent, C., Son K.-H. et Bok S. H. 2001. Persistence of insecticidal activity of novel bio-encapsulated formulations of *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki against *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera : Tortricidae). Phytoprotection. 82 (2) : 73-82.

Cormier, D. et Chouinard, G. 2011. Affiche Production fruitière intégrée 2011-2012 - Un regard sur les bonnes pratiques. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). ISBN 978-2-922851-95-3. Internet : http://www.agrireseau.qc.ca/reseaupommier/documents/affichePFI_2011_finale.pdf. Consulté le 4 juin 2012.

Cormier, D., Pelletier, F., Aubry, O., Bellerose, S., Chouinard, G., Juin, L., Vanoosthuyse, F., Lucas, É., Morin, Y. 2006. Nouveaux moyens à risque réduit pour lutter contre le carpocapse de la pomme. 1p.

Cox, C. 2005. No "worms," no pesticides : Managing codling moths in backyard trees. J. of Pesticide Reform. 25(2) : 7-8.

Croft, B. A. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. Toronto: John Wiley & Sons.

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.

Cunningham, J. C. 1988. Viruses for control of insect pests in Canada. Biocontr. News / Nouv. Lutte biol (Agric. Can.) 1: 36-37.

De Kouassi, M. 2001. Les possibilités de la lutte microbiologique, VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement. 2 (2). http://vertigo.revues.org/index4091.html. Consulté le 25 novembre 2008.

Désilets, Alain. 2008. Communication personnelle. Henryville, Québec.

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.

Dent, D. R. 1991. Insect pest management, ed. CAB International, UK.v Debach, P. et B. Barlett 1951. Effects of insecticides on biological control of insect pest of citrus. J. Econ. Entomol. 44(3) : 372-383.

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. 9-11.

Dufour, R. 2001. Insect IPM in Apples—Kaolin Clay. Reduced-Risk Pest Control Factsheet. National Sustainable Agriculture Information Service - National Center for Appropriate Technology (NCAT). ATTRA Publication #IP176.

Duval, J. 1991. La mouche de la pomme. Ecological Agriculture Projects. McGill University (Macdonald Campus). p.1-7. http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-02_F.htm

Duval, J. 1991a. L'hoplocampe de la pomme. Ecological Agriculture Projects. McGill University (Macdonald Campus). p.1-4. http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-03.htm

Duval, J. 1992. La tavelure de la pomme. Ecological Agriculture Projects. McGill University (Macdonald Campus). p.1-22. http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-04.htm

Duval, J. 1992b. La tordeuse a bandes obliques. Ecological Agriculture Projects. McGill University (Macdonald Campus). p.1-8. 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. Internet. Ecological Agriculture Projects. 1-10.

Duval, J. et Weill, A. 2007. Manuel des intrants bio: un recueil des intrants commerciaux autorisés en production végétale biologique et disponibles au Québec. Club agroenvironnemental Bio-Action. 40 pp.

Elmer, A. et Hagler, C. 1999. Insectes prédateurs dans les vergers du sud de l'Ontario. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. Toronto. 33 p.

Estevez, B. 2005. La punaise terne : un insecte ravageur redoutable en régie biologique. Les Publications agricoles franco-ontariennes Inc. http://www.lavoieagricole.ca. Consulté le 7 novembre 2008.

Éthier, I. 2006. L'avenir de la pomme au Québec. Le Coopérateur agricole. La Coop fédérée. Édition novembre 2006. http://www.lacoop.coop/cooperateur/articles/2006/11/p50.asp. Consulté le 11 mars 2008.

Falcon, L. A., Kane, W. R. et Bethell, R. S. 1968. Preliminary Evaluation of a Granulosis Virus for Control of the Codling Moth. J. Economic Entomol. 61(5) : 1208-1213.

Fédération des producteurs de pommes du Québec (FPPQ). 2009. Deuxième estimation de la récolte 2009 de pommes du Québec. http://www.lapommeduquebec.ca/doc/inventairesprixdates/estimation%20recolte-16%20septembre%2009.pdf. Consulté le 22 janvier 2010.

Fédération des producteurs de pommes du Québec (FPPQ). 2007. http://www.lapommeduquebec.ca/pages/PQQ/pfi.aspx. Consulté le 11 mars 2008.

Firlej, A. et Vanoosthuyse, F. 2001. La lutte intégrée et l'exemple de la punaise translucide : Un auxiliaire prometteur pour la pomiculture au Québec. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement. 2 (2). http://vertigo.revues.org/index4098.html. Consulté le 01 décembre 2009.

Fischer, C. 2000. Multiple resistant apple cultivars and consequences for apple breeding in the future. Acta Horticulturae. 538 : 229–234.

Fournier, D., Pralavorio, M., Trottin-Caudal, Y., Coulon, J. Malezieux, S. et Berge, J. B. 1987. Sélection artificielle pour la résistance au methidathion chez *Phytoseiulus persimilis* A. H. Entomophaga. 32(2) : 209-219.

Fréchette, B., Cormier, D. et Guertin, C. 2009. Utilisation de *Beauvaria bassiana* contre le charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar*, en verger de pommiers. Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel. 4p.

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(2) : 409-418.

Forest, J., Pilon, J. G. et Paradis, B. O. 1982. Acariens des vergers de pommiers du sud-ouest du Québec. Ann. Soc. Entomol. Qué. 27: 1–67.

Gingras, P. 2007. Un verger domestique sans soucis. Arbres et arbustes : http://montoit.cyberpresse.ca/jardinage/articles/5489-Un-verger-domestique-sans-soucis.html. La Presse, le lundi 4 juin 2007.

Godfray, H. C. J. 1994. Parasitoids : behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 473 p.

Goettel, M. S. 1992. Des champignons comme agents de lutte biologique. Dans La lutte biologique contre les acariens, sous la direction de C.J. Lomer et C. Prior Ibadan, Nigeria. CAB International/IITA. p.122-131.

Gouvernement du Québec. 2002. Code de gestion des pesticides, RRQ, c P-9.3, r 1. Mise à jour mars 2011. Internet : http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticides/permis/code-gestion/municipal/index.htm. Consulté le 6 décembre 2012.

Gouvernement du Québec. 2011. Loi sur la protection sanitaire des animaux, L.R.Q., c. P-42. Internet : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/Lois/Pages/loisetreglements. aspx. Consulté le 6 décembre 2012.

Graham, H. M., Jackson, C. G. et Debolt, J. W. 1986. *Lygus* spp. (Hemiptera: Miridae) and their parasites in agricultural areas of Southern Arizona. Environ. Entomol. 15(1) : 132-142.

Grainge, M. et Ahmed S. 1988. Dans Duval, J. 1992. Le charançon de la prune. Ecological agriculture Projects 1-10. http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-08.htm.

Green, T. et Wright, S. E. 2009. Speciation, consumers, and the market: profit with a conscience, pp. 253–284. In M. Aluja, T. C. Leskey, et C. Vincent (eds.), Biorational Tree-fruit Pest Management, CABI, Cambridge, Mass, 296 pages.

Grossman, J. 1998. Codling moth predators. IPM Practitioner. 20(9) : 10-16.

Gupta, G. K. 1987. Investigations on the effect of urea and fungicides in suppressing the ascigerous stage of apple scab pathogen. International Journal of Tropical Plant Diseases, 5(1) : 93-97

Gut, L. J. et Brunner, J. F. 1998. Pheromone-based management of codling moth (Lepidoptera : Tortricidae) in Washington apple orchards. J. Agric. Entomol. 15(4) : 387-406.

Gut, L. J. et Brunner, J. F. 1994. Parasitism of the apple maggot, *Rhagolethis pomonella*, infesting hawthorns in washington. Entomophaga. 39(1) : 41-49.

Gut, L. J. et Brunner, J. F. 1988. Parasitoids of *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae) in Southwest Washington. Advances in Parasitic Hymenoptera Research. 469-474.

Hagley, E. A. C. 1982. Laboratory studies of the food preferences of some orchard carabids (Coleoptera : Carabidae). Can. Entomol. 114 : 431-437.

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, 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(4) : 721-725.

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(1) : 19-27.

Henn, T. et Weinzierl. R. 1989. Botanical insecticides and insecticidal soaps. Alternatives in insect management. Office of Agricultural Entomology. University of Illinois at Urbana-Champaign, College of Agriculture, Cooperative Extension Service, in cooperation with the Illinois Natural History Survey. Circular 1296.

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 repression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois. Tome 5: Modes alternatifs de répression des insectes: les méthodes culturales 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. Occurence and activity of ground beetles (Coleoptera : Carabidae) in a pest management apple orchard. Can. Entomol. 110: 113-119.

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.

Howard, L. O. 1906. The plum curculio. U.S. Dep. Agric. Bur. Entomol. Circ. 73: 1-10.

Jaques, 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 granulosis virus. Entomophaga. 39(3-4) : 281-292.

Jaques, 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 granulosis virus. 109(8) : 1079-1081.

Jaworska, M. 1992. Biological control of *Hoplocampa testudinea* Klug. (Hymenoptera : Tenthredinidae). Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 27 (1-4) : 311-315.

Jobin, T. et Carisse, O. 2005. Rapport final – Sensibilité à la tavelure des cultivars RÉCUPOM. Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec. 4p.

Knight, A. L., T. R. Unruh, B. A. Christianson, G. J. Puterka and D. M. Glenn. 2000. Effects of kaolin-based particle film on obliquebanded leafroller (Lepidoptera : Tortricidae). J. Econ. Entomol. 93(3): 744-749.

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.

Knight, A. 2002. Development of aerosol devices for management of codling moth and leafrollers. International organization of biological control west palearctic regional section. Bulletin 25: 111-120.

Knight, A. 2004. Managing codling moth (Lepidoptera : Tortricidae) with an internal grid of either aerosol puffers or dispenser cluster plus border applications of individuals dispensers. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia. 101 : 69-78.

Kouassi, M. 2003. Thèse de doctorat : Utilisation d'isolats du micro-champignon entomopathogène *Beauvaria bassiana* (Deuteromycète : Monoliale) pour le contrôle de la punaise terne (*Lygus lineolaris*) (Palisot de Beauvois) (Hémiptère : Myridae) en culture de laitue et de céleri. Institut des sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal.

Krasnoff, S. B. et Gupta, S. 1994. Identification of the antibiotic phomalactone from the entomopathogenic fungus *Hirsutella thompsonii* Var. synnematosa. J. Chem. Ecol. 20(2): 293-302.

Krawczyk, G. (coord.) 2010. The 2010-2011 Pennsylvania Tree Fruit Production Guide. The Pennsylvania State University. Produced by Ag Communications and Marketing. Code# AGRS-045. 321p.

Krombein, K. V., Hurd, P. D. Jr, Smith, D. R. et Burks, B. D. (Eds) (1979) Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. 2735 pp.

Kumar, R. 1991. La lutte contre les insectes ravageurs. Karthala Éditions. ISBN : 2-86537-333-9. 344p.

Lacey, L. A. et Thomas, K. U. 2005. Biological control of codling moth (*Cydia pomonella*, Lepidoptera : Tortricidae) and its role in integrated pest management, with emphasis on entomopathogens. Vedalia 12(1): 33-60.

Lacey, L. A., Thomson, D., Vincent, C. et Arthurs, S. P. 2008. Codling moth granulovirus: a comprehensive review. Biocontrol Sci Tech. 18(7) : 639-663.

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(6) : 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(6) : 1152-1172.

Larbi, M., Gobat, J.-M. et Fuchs, J. G. 2006. Inhibition of the apple scab pathogen (*Venturia inaequalis*) and the grapewine downy mildew pathogen (*Plasmopara viticola*) by extracts of green waste compost. In : Kraft, Eckhard; Bidlingmaier, Werner; de Bartoldi, Marco; Diaz, Luis F. and Barth, Josef (Eds.) ORBIT 2006 : Biological Waste Management. From Local to Global; Proceedings of the International Conference ORBIT 2006, Verlag ORBIT e.V., Weimar, chapter Part 2 : 529-537.

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 ethylenediamine tetraacétique. Rapport final. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'alimentation du Québec et Agriculture et Agro-Alimentaire 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, *Christoneura rosaceana* Harris (Lepidoptera : Tortricidae). Mémoire de Maîtrise en Sciences de l'Environnement. Université du Québec à Trois-Rivières, Qc. 65p.

Larocque, N., Vincent, C., Bélanger, A. et Bourassa, J.-P. 1999. Effects of tansy essential oil from *Tanacetum vulgare* on biology of obliquebanded leafroller, *Christoneura rosaceana* (Harris). J. Chem. Ecol. 25(6) : 1319-1330.

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. 15p.

Laurin, M.-C. et Bostanian, N. J. 2007a. Laboratory studies to elucidate the residual toxicity of eight insecticides to *Anystis baccarum* (Acari : Anystidae). J. Econ. Entomol. 100(4) : 1210-1214.

Laurin, M.-C. et Bostanian, N. J. 2007b. Short-term contact toxicity of seven fungicides on *Anystis baccarum*. Phytoparasitica 35(4):380-385.

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.

LeBlanc, J.-P. R., Hill, S. B. et Paradis, 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. Qué. 26 : 182-190

Lefebvre, M., Bostanian, N. J., Thistlewood, H. M. A., Mauffette, Y. et Racette, G. 2011. A laboratory assessment of the toxic attributes of six 'reduced risk insecticides' on *Galendromus occidentalis* (Acari : Phytoseiidae). Chemosphere 84 : 25-30.

Leskey, T. C., Chouinard, G. et Vincent, C. 2009. Chapter 5 - Monitoring and Management of the Apple Maggot Fly and the Plum Curculio : Honouring the Legacy of R.J. Prokopy, p.110-144, dans : Biorational Tree Fruit Pest Management. Édité par Martin Aluja, Tracy C. Leskey et Charles Vincent. CAB International. 320p.

Leskey, T. C. et Prokopy, R. J. 2002. Developing a branch-mimicking trap for adult plum curculios. Entomol. Exp. Applic. 102(3) : 253-259.

Leskey, T. C. et Prokopy, R. J. 2001. Adult plum curculio (Coleoptera : Curculionidae) attraction to fruit and conspecific odors. Annals of the Entomological Society of America 94(2) : 275–288.

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(6) : 601-608.

Lucas, É., Demougeot, S., Vincent, C. et Coderre, D. 2004. Predation upon the oblique-banded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera : Tortricidae), by two aphidophagous coccinellids (Coleoptera : Coccinellidae) in the presence and absence of aphids. Eur. J. Entomol. 101 : 37-41.

Lucas, É., Coderre, D. et Brodeur, J. 1998. Intraguild predation among aphid predators : characterization and influence of extraguild prey density. Ecology 79(3): 1084-1092.

Lucas, É., Lapalme, S. et Coderre, D. 1997. Voracité comparative de trois coccinelles prédatrices contre le tétranyque rouge du pommier (Acarina : Tetranychidae). Phytoprotection 78(3) : 117-123.

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., 1982, 114(11): 1083-1088.

Mahr, D. 1999a. Biological control of mites in midwest apple orchards Part 3: Pesticide Impacts on Natural Enemies. Midwest biological control news. 1(3). http://www.entomology.wisc.edu/mbcn/fruit103.html.

Mahr, D. 1999b. Biological Control of Mites in Midwest Apple Orchards. Part 2: Important Natural Enemies. Midwest biological control news. 1(2). http://www.entomology.wisc.edu/mbcn/fruit102.html.

Maltais, J., Regniere, J., Cloutier, C., Hebert, C. et Perry, D. F. 1989. Seasonal biology of *Meteorus trachynotus* vier. (Hymenoptera : Braconidae) and of its overwintering host *Choristoneura rosaceana* (harr.) (Lepidoptera : Tortricidae). Can. Ent. 121(9): 745-756.

Maniadakis, E. 2008. Verger biologique Maniadakis. Communication personnelle. Franklin, Québec.

Marshall, D. B. et Pree, D. J. 1986. Effects of pyrethroid insecticides on eggs ans larvae of resistant and susceptible populations of spotted tentiform leafminer. Can. Entomol.118(11) : 1123-1130.

McCaffrey, J. P. et Horsburgh, R. L. 1986. Biology of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae): A Predator in Virginia Apple Orchards. Environ. Entomol. 15(4): 984-988.

MacHardy, W. E. 1996. Apple Scab : Biology, Epidemiology, and Management. The American Phytopathological Society, St.Paul, MN.

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(4) : 884-888.

Meloche, C. 2006. Hétérogénéité et dispersion spatiale de la tavelure du pommier et développement d'un plan d'échantillonnage séquentiel. Université Laval. 262 p.

Middlekauf, W. W. 1941. Some biological observations on the adult of the apple maggot and the cherry fruitflies. J. Ecom. Entomol. 34(5) : 621-624.

Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation ; Agriculture et agro-alimentaire Canada. 1997. Mise au point et évaluation environnementale d'un programme de lutte intégrée en verger de pommiers Projet no 14-066 : rapport final. Le Plan vert du Canada. Québec : Ottawa. 69 p.

Ministere de l'agriculture, des pecheries et de l'alimentation du Quebec : Agriculture et agro-alimentaire Canada. Programme d'aide a l'innovation technologique (Canada). 1995. La confusion sexuelle de la tordeuse à bandes obliques dans les vergers commerciaux de la région de Deux-Montagnes no 24-815204-10020 : rapport final. Le Plan vert du Canada. Québec : Ottawa. 53 p.

Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 2011. Internet : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/productions/agroenvironnement/bonnespratiques/pesticides/pages/lutteintegee.aspx. Consulté le 11 août 2011.

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.

Monteith, L. G. 1971. The status of parasites of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae), in Ontario. Can. Entomol. 103(4) : 507-512.

Monteith, L. G. 1972. Status of predators of the adult apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Tephritidae), in Ontario. Can. Entomol. 104(2) : 257-262.

Morin, Y. et Chouinard, G. 2001. Lutte intégrée, p. 163-198, dans : Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier, Gérald Chouinard (coord.), Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec, 234 p.

Morisset, O. 2010. Évaluation de l'efficacité et de la compatibilité de *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera : Trichommatidae) et du virus de la granulose du Carpocapse (CpGV) pour leur utilisation conjointe contre *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera : Tortricidae) en vergers de pommiers. Mémoire de maîtrise en biologie. UQAM. 90 p.

Mulder, P. G., McCraw, B. D. Reid, W. et Grantham, R. A. 1997. Monitoring adult weevi1 populations in pecan and fruit trees in Oklahoma. Oklahoma State Univ. Facts F-7190 : 1-8.

Murphy, B. 1986. The apple maggot. Dans Olkowski, W. 1986. Alternatives in California's apple maggot education program. The IPM practitioner 8.

Navon, A. 2000. *Bacillus thuringiensis* insecticides in crop protection - reality and prospects. Crop Protection. 19: 669-676.

Neal, J. W. N., Lindquist, R. K., Gott, K. M. et Casey, M. L. 1987. Activity of the thermostable B-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 Miszczak, M. 1988. Effectiveness of Granulosis virus for Codling moth - (*Laspeyresia pomonella* L.) control in Polland. Fruit Science Reports. 15(4) : 187-191.

Niezborola, E. 1988. Dans Duval 1991. L'hoplocampe de la pomme. Ecological agriculture Projects. 1-4. http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-03.htm.

O'Hara, J. E. 2005. A review of the tachinid parasitoids (Diptera : Tachinidae) of Nearctic Choristoneura species (Lepidoptera : Tortricidae), with keys to adults and puparia. Zootaxa. 938 : 1-46.

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. Qué. 2: 60-70.

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.

Paradis, R. O. 1983. Lutte rationnelle contre les ravageurs des pommiers au Québec. Bull. Tech. No 16 revisé. 51p.

Pasquier. D., Charmillot, P.-J., Scalco, A., et Renard, D. 1997. Lutte biologique contre le carpocapse *Cydia pomonella* au moyen de *Bacillus thuringiensis* (Bt) du laboratoire au verger. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 29(4): 233-238.

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.

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(1) : 57-64.

Philion, V. 2008. Couper l'herbe sous le pied de la tavelure – Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information No 03 – pommier – 16 avril 2008. 4p.

Philion, V. 2009a. Tavelure – Réseau d'avertissements phytosanitaires – Avertissement No 01 – pommier – 29 avril 2009. p.1.

Philion, V. 2009b. Anatomie d'une infection de la tavelure selon RIMpro – Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information No 03 – pommier – 6 mai 2009. 4p.

Philion, V. 2010. Communication personnelle. Saint-Hyacinthe, Québec.

Poinar, G. O., Thomas, G. et Prokopy, R. J. 1977. Microorganisms associated with *Rhagoletis pomonella* (Tephritidae : Diptera) in Massachusetts. Proc. Entomol. Soc. Ont. 108 : 1922.

Porter, B. A. et Alden, C. H. 1921. *Anaphoidea conotracheli* Girault (hym.) an egg parasite of the apple maggot. Pro. Ent. Soc.Wash. 23(3) : 62-63.

Prokopy, R. J. 1975. Selective new trap for *Rhagoletis cingulata* and *R. pomonella* flies. Environmental Entomology 4(3) : 420–424.

Prokopy, R. J., Hauschild, K. I. et Adams, R. G. 1978. Tarnished plant bug on apple: damage and monitoring traps. Fruit notes 43(2) : 10-14.

Prokopy, R. J. et Webster, R. P. 1978. Oviposition-deterring pheromones of *Rhagoletis pomonella* A kairomone for its parasitoid *Opius lectus.* J. Chem. Ecol. 4(4) : 481-494.

Prokopy, R. J., Johnson, S. A. et O'Brien, M. T. 1990. Second stage integrated management of apple arthropods pests. Entomol. Exp. Appl. 54(1) : 9-19.

Prokopy, R. J., Mason, J. L., Christie, M. et Wright, S. E. 1996. 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(1) : 35-47.

Prokopy, R. et Wright, S. 1997. How do plum curculios approach host trees and pyramid traps? Fruit Notes. 62(1) : 5-8.

Prokopy, R. J., Jácome, I., Bigurra, E. et Blanco, M. 2004. Evaluation of pesticide-treated spheres for control of apple maggot flies in 2003. Fruit Notes 69: 21-25.

Pronier, I., Paré, J., Wissocq, J.-C. et C. Vincent. 2002. Nucleopolyhedrovirus infection in obliquebanded leafroller (Lepidoptera : Tortricidae). Can. Entomol. 134(3) : 303-309.

Provost, C., Vincent C., Valéro, J. et Rasamimanana, H. 2008. Virosoft^{CP4} : Premier insecticide viral homologué au Canada pour usage en agriculture. Antennae : Bulletin de la Société d'entomologie du Québec. 15(2) : 3-6.

Provost, C., Vincent, C. et Valéro, J. 2006. Essais du Virosoft^{CP4} en verger biologique. Congrès Société d'entomologie du Québec et Société d'entomologie du Canada 2006. Montréal, 18 au 22 novembre 2006.

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(6) : 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.

Reuveni, M., Pipko, G., Neifeld, D., Finkelstein, E., Malka, B., Hornik, Y., Zahavi, T. et Ovadia, S. 2004. TIMOREX : A new Organic Fongicide for the Control of Grape Powdery Mildew. http://www.biomor.com/articles/timorex%20a%20new%20organic%20fungicide.doc. 5p.

Rivard, I. 1967. *Opius lectus* and *O. alloeus* (Hymenoptera : Braconidae), larval parasites of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera : Trypetidae), in Québec. Can. Entomol. 99(8) : 895-896.

Robitaille, R. et Langlais, G .1995. Expérimentation de techniques alternatives en régie biologique de vergers commerciaux. Centre d'Agriculture Biologique de Lapocatiere.

Rull, J. et Prokopy, R. J. 2005. Interaction between natural and synthetic fruit odor influences response of apple maggot flies to visual traps. Entomol Exp Appl. 114(1) : 79-86.

Sackett, T. E., Buddle, C. M. et Vincent, C. 2005. Effect of kaolin on fitness and behavior of *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera : Tortricidae) larvae. J. Econ. Entomol. 98(5) : 1648-1653.

Sarazin, M. J. 1992. Lâchers d'insectes au Canada à des fins de lutte biologique classique 1991. Agriculture Canada. 8.

Sauphanor, B., Berling, M., Toubon, J. F., Reyer, M. et Delnatte, J. 2006. Carpocapse des pommes, cas de résistance aux virus de la granulose dans le sud-est. Phytoma. 590 : 24-57.

Sengonca, C., Khan, I. A., et Blaeser, P. 2004. The predatory mite *Typhlodromus pyri* (Acari : Phytoseiidae) causes feeding scars on leaves and fruits of apple. Exp. Appl. Acarol. 33 : 45-53.

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.

Scheer, H. A. Th. van der. 1987. Supervised control of scab and powdery mildew on apple. Obstbau and Weinbau, 24 : 249-251.

Schuh, J. et Mote, D. C. 1948. Dans 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.

Smith, E. H. 1957. A method for rearing the plum curculio under laboratory conditions including some biological observations. J. Econ. Entomol. 50 : 187-190.

Smith Meyer, M. K. P. et Ueckermann, E. A. 1987. A taxonomic Study of some *Anystidae* (Acari : Prostigmata). Republic of South Africa Department of Agriculture and Water Supply. Entomol. Mem. 68 : 1-37.

Snapp, O. I. 1930. Life History and habits of the plum curculio in the Georgia peach belts. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. 188 : 1-90.

Sobkowiak, S. 2009. Communication personnelle. Verdun, Québec.

Sohati, P. H. 1989. Dans Duval 1992. La punaise terne en verger. Ecological Agriculture Projects.1-9. http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-07.htm.

Starnes, R. L., Liu, C. L et Marone, P. G. 1993. History, use and future of microbial insecticides. Amer. Entomol. 39(2) : 83-91.

Steinkraus, D. C. et Tugwell, N. P. 1997. *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina : Moniliales) effects on *Lygus lineolaris* (Hemiptera : Miridae). J. Entomol. Sci. 32(1) : 79-90.

Stensvand, A., Gadoury, D. M., Amundsen, T., Semb, L. et Seem, R. C. 1997. Ascospore Release and Infection of Apple Leaves by Conidia and Ascospores of *Venturia inaequalis* at Low Temperatures. Phytopathology. 87(10) : 1046-1053.

Sterk, G. 1998. Lutte intégrée et lutte biologique dans la culture fruitière en belgique. Le Fruit Belge. 471 : 21-29.

Tamm, L., Amsler T., Schärer, H. et Refardt, M., 2006. Efficacy of Armicarb (potassium bicarbonate) against scab and sooty blotch on apples. Paper at: Joint Organic Congress, Odense, Denmark, May 30-31, 2006.

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.

Thomson, D., Brunner, J., Gut, L., Judd, G. et Knight, A. 2001. Pheromones for Insect Control in Orchards and Vineyards. IOBC wprs Bulletin Vol. 24(2) : 23-30.

Trapman, M. 2008. Practical experience with the use of baking powder (potassium bicarbonate) for the control of Apple scab (*Venturia ineaqualis*). In 13th International conference on cultivation technique and phytopathological problems in organicfruit growing, FOKO e.V., ed. (Weinsberg, FOKO e.v.) pp. 68-75.

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(4) : 493-505.

Todorova, S. et Weill, A. 2006. Production artisanale et utilisation du micro-champignon *Beauveria bassiana* pour le contrôle biologique des ravageurs de la pomme de terre. Rapport de recherche soumis dans le cadre du Programme de soutien au développement de l'agriculture biologique du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. 11p.

Todorova, S. I., Coderre, D., Vincent, C. et Côté, J.-C. 2002. Screening of *Beauvaria bassiana* (Hyphomycetes) isolates against *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera : Tortricidae). Can. Entomol. 134(1) : 77-84.

Vanoosthuyse, F., Cormier, D., De Almeida, J., Legault, G. et Lucas, É. 2009. Aménagement d'une haie composite pour favoriser l'établissement et le maintien de la faune auxiliaire dans les vergers de pommiers. Rapport final soumis par le Club agroenvironnemental de l'Estrie. Projet no. 6068. Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec. 25 p.

Varela L. G., Elkins, R. B., Van Steenwyk R. A., Ingels, C., Pickel, C., Weddle, P. W., Chevalier, P., Knispel, B., Lidyoff, T., McCosker, G., Oldham, B., Smith, D., Sisevich, J. et Zoller, B. 2008. Apple maggot, *Rhagoletis pomonella*. UC Pest Management Guidelines. http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r603301911.html Consulté le 15 décembre 2009.

Vincent, C. et Bélair, G. 1992. Biocontrol of the apple sawfly, *Hoplocampa testudinea* with entomophagous nematodes. Entomophaga 37(4) : 575-582.

Vincent, C. et Roy, M. 1992. Entomological limits to biological control programs in Quebec apple orchards. Acta. Phytopathol. Entomol. Hung. 27(1-4) : 649-657.

Vincent, C. 1995. Aperçu des recherches québécoises sur la tordeuse à bandes obliques de 1991 à 1995. Journées pomicole provinciale. Can. Entomol. 12 : 47-53.

Vincent, C. et Joannin, R. 1999. Revue des recherches sur la tordeuse à bandes obliques. 7e Journée annuelle sur la recherche et l'innovation technologique. St-Hyacinthe.

Vincent, C., Rancourt, B., Sarazin, M. et Kuhlmann, U. 2001. Releases and first recovery of *Lathrolestes ensator* (Hymenoptera : Ichneumonidae) in North America, a parasitoid of *Hoplocampa testudinea* (Hymenoptera : Tenthredinidae)., 133(1) : 147-149.

Vincent, C., Babendreier, D. et Kuhlmann, U. 2002. European Apple Sawfly, *Hoplocampa testudinea* Klug (Hymenoptera : Tenthredinidae) pp. 135-139 in P. J. Mason and J. T. Huber (eds.) Biological control programmes in Canada, 1981-2000. CABI Publishing, Wallingford, UK, 583 p.

Vincent, C., Rancourt, B. et Carisse, O. 2004. Apple leaf shredding as a non-chemical tool to manage apple scab and spotted tentiform leafminer. Agric. Ecosyst. Environ. 104(3) : 595–604.

Vincent, C., Andermatt, M. et Valéro, J. 2007. Madex and Virosoft^{CP4}, Viral Biopesticides for Codling Moth Control. pp. 336-343 in Vincent, C., M. Goettel and G. Lazarovits 2007 (eds.). Biological Control: a global perspective. Case Histories from around the world. CABI Publishing, Wallingford, U.K., 440 p.

Vincent, C. 2011. Communication personnelle. Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec.

Ware, G. W. 1991. Fundamentals of pesticides. A self-instruction guide. Troisième Édition. Thomson Publications. Etats-unis. 307 p.

Wateau, K. 2009. Decoction de *Quassia amara* et lutte contre l'hoplocampe du pommier (*Hoplocampa testudinea* klug). Présentation réalisée dans le cadre du projet TransBioFruit inclus au programme Interreg IV France-Wallonie-Vlaanderen. Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques Paris – 8 et 9 décembre 2009 – FREDON Nord Pas-de-Calais. Internet : http://www.itab.asso.fr/downloads/ppt-jt-fl09/fredon.pdf. Consulté le 29 janvier 2010. 15p.

Welty, C. 1995. Survey of predators associated with european red mite (*Panonychus ulmi*; Acari : Tetranychidae) in Ohio apple orchards. Depart. of Entomology. 28(2): 171-184.

Wisniewska, J., Yang, Y. et Procopy, 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* (Heterptera : Miridae): A laboratory evaluation. Ann. Entomol. Soc. Am. 79(6) : 879-883.

Young, O. P. et Welbourne, W. C. 1987. Biology of *Lasioerythraeus jonstoni* (Acari : Erythraeidae), ectoparasitic and predaceous on the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera : Miridae), and other arthropods. Ann. Entomol. Soc. Am. 80(2) : 243-250.

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.

Yu, D. S. K., Hagley, E. A. C et Laing, J. E. 2004b. Biology of *Trichogramma minutum* Riley Collected from Apples in Southern Ontario. Environ. Entomol. 13(5) : 1324-1329.

Zhang, A., Linn, C., Wright, S., Prokopy, R., Reissig, W. et Roelofs, W. 1999. Identification of a new blend of apple volatiles attractive to the apple maggot, *Rhagoletis pomonella.* J. Chem. Ecol. 25(6) : 1221–1232.

MÉTHODES ALTERNATIVES DE

PROTECTION DES POMMIERS

Principales méthodes applicables
pour le jardin domestique et
la pomiculture commerciale

Partenaire

Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec