



Lutte intégrée contre les ennemis

des cultures

de fruits et de légumes en serre

Le présent guide est publié à titre informatif seulement. La province de l'Ontario, représentée par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise (MAAAO), ne fait aucune garantie expresse ou implicite en lien avec l'utilisation de ce guide, à savoir son contenu ainsi que tout lien menant à des sources ou des sites de tiers et tout contenu de ces sources et sites, ce qui comprend, sans limitation, les garanties d'absence de contrefaçon ou d'adaptation à un usage particulier.

En aucun cas la province de l'Ontario ou ses dirigeants, ses cadres, son personnel, ses fonctionnaires ou ses mandataires ne sauraient assumer la responsabilité, contractuelle, délictuelle ou autre, d'un contenu désuet, d'oublis ou d'erreurs dans le présent guide ou dans les sources ou sur les sites de tiers auxquels le guide renvoie, ni des dommages (ce qui comprend, sans limitation, les pertes agricoles, animales ou financières, les préjudices pour la santé et la sécurité, les conséquences environnementales, les interruptions d'activité, la perte d'information et les dommages directs, indirects, accessoires, particuliers ou punitifs) liés, directement ou indirectement, à l'utilisation ou à l'inutilisabilité du présent guide (soit l'ensemble de son contenu), de tout lien ou des sites et travaux de tiers. Il incombe à l'utilisateur d'adopter la meilleure conduite quant à sa situation particulière.

Le contenu du présent guide (y compris, sans limitation, les images, les icônes et son apparence globale) est la propriété de la province de l'Ontario. La province ne cède aucun de ses droits exclusifs relativement au présent guide, ce qui comprend, sans limitation, les droits d'auteur, les marques de commerce et les autres droits de propriété intellectuelle.

En aucun cas l'utilisateur ne peut, de quelque façon que ce soit, vendre, publier à nouveau, imprimer, télécharger, copier, reproduire, modifier, téléverser, publier sur un média social, transmettre ou distribuer le présent guide, en tout ou en partie, sans avoir obtenu au préalable le consentement écrit de la Province, sauf s'il l'imprime, le télécharge ou le copie dans une mesure raisonnable à des fins d'information et d'utilisation personnelles. La mise à disposition de toute partie du présent guide ne constitue en aucun cas une aliénation des droits d'auteur, des marques de commerce et d'autres droits de propriété intellectuelle de la province au profit d'un utilisateur ou d'un tiers.

**Publié par le ministère de l'Agriculture,
de l'Alimentation et de l'Agroentreprise**
© Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2025

ISBN 978-1-4868-8287-8 (imprimée)
ISBN 978-1-4868-8288-5 (PDF)

P836A-0225-VER-1.0-AODA

This publication is also available in English.

Pour obtenir une copie PDF de cette publication, visitez ontario.ca/cultures et effectuez une recherche avec le numéro et le titre de la publication.

Pour commander un exemplaire imprimé de cette publication du MAAAO, visitez ontario.ca/publications. Un nombre limité d'exemplaires imprimés sont disponibles.

Couverture

En haut à gauche : Colonie de pucerons dans les poivrons de serre attaquée par l'agent de lutte biologique, *Aphidius colemani*, entraînant la momification des pucerons.

En haut à droite : La pourriture grise infectant la tige d'un plant de poivron.

En bas à gauche : L'oïdium infectant des fraises.

En bas à droite : Les aleurodes sur une feuille de tomate.

Couverture arrière : Larve de chenille arpeuteuse se nourrissant d'une feuille de plant de poivron.

Centre d'information agricole

1 877 424-1300 (1 855 696-2811 (ATS) ou
ag.info.omafa@ontario.ca



Lutte intégrée contre les ennemis

des cultures

de fruits et de légumes en serre

Publication 836 | Livre A
Lutte intégrée contre les ennemis des cultures de fruits et de légumes en serre

Rédactrice en chef

Cara McCreary, spécialiste de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures légumières en serre, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario (MAAAO)

Rédacteurs techniques

Cara McCreary, spécialiste de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures légumières en serre, MAAAO

Geneviève Marchand, Ph. D., chercheuse scientifique — pathologie végétale, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)

Hannah Fraser, entomologiste — horticulture, MAAAO

Jason Deveau, Ph. D., spécialiste de la technologie d'application des pesticides, MAAAO

Katie Goldenhar, pathologiste — horticulture, MAAAO

Roselyne Labbé, Ph. D., chercheuse scientifique — entomologie en serre, AAC

Réviseurs techniques

La rédactrice en chef tient à remercier les partenaires de l'industrie et les personnes suivantes d'avoir révisé cette publication :

Denise Beaton, spécialiste de la protection des cultures, MAAAO

Elaine Roddy, spécialiste de la culture des légumes, MAAAO

Erica Pate, spécialiste de la culture des fruits, MAAAO

Fred Beaulieu, Ph. D., chercheur scientifique — conservateur de l'unité Acari, Collection nationale canadienne d'insectes, d'arachnides et de nématodes (CNC), AAC

Jonathan Griffiths, Ph. D., chercheur scientifique — virologie, AAC

Sarah Jandricic, Ph. D., spécialiste de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures floricoles, MAAAO

Direction artistique et gestion de projet

Andrea Vieira, agente des publications, MAAAO

Nicole Berardi, Ph. D., spécialiste du transfert de la technologie, MAAAO

Betty Summerhayes, (ancienne) spécialiste du transfert de la technologie, MAAAO

Illustrations

Michael Custode

Remerciements

La rédactrice en chef tient à remercier les intervenants suivants dont les photos, le texte ou les données ont été utilisés dans la création de cette publication :

Louis Damm, Damm Corporation

Ontario Greenhouse Vegetable Growers

Sprayers 101

Biocontrol Lab, Vineland Research and Innovation Centre

L'éditrice en chef tient à reconnaître que des photos, du texte ou des données des ressources suivantes du MAAAO peuvent avoir été utilisées dans la présente publication :

[Llcultures](#)

Blogue [ONGreenhouseVegetables](#)

Publication 835 : Guide de protection des légumes de serre (archivée)^[51]

Publication 836 : La culture des légumes de serre en ontario (archivée)

[Pose de moustiquaires pour exclure les insectes des serres](#)

[Directives d'assainissement visant à contrer les ravageurs et les maladies des légumes de serre](#)

Contents

Chapitre 1 : Ravageurs des cultures..... 3

Noms des arthropodes et des agents pathogènes.....	3
Arthropodes ravageurs.....	4
Arthropodes.....	4
Insectes.....	4
Anatomie externe des insectes.....	4
Biologie des insectes.....	6
Acariens.....	7
Anatomie externe des acariens.....	7
Biologie des acariens.....	8
Facteurs influençant la croissance et le développement des arthropodes.....	8
Arthropodes communs nuisibles aux fruits et les légumes de serre.....	9
Agents pathogènes des plantes.....	9
Champignons.....	10
Biologie des champignons.....	10
Oomycètes.....	11
Biologie des oomycètes.....	12
Bactéries.....	12
Biologie des bactéries.....	13
Courbe de croissance des micro-organismes.....	14
Virus et viroïdes.....	14
Agents pathogènes courants des fruits et des légumes de serre.....	16
Triangle de la maladie.....	16
Maladies à transmission vectorielle.....	17
Vecteurs arthropodes.....	17
Vecteurs microbiens.....	18
Vecteurs humains.....	18
Comparaison entre les ravageurs envahissants indigènes et non indigènes.....	18

Chapitre 2 : Lutte intégrée contre les ennemis des cultures.....21

Répercussions économiques.....	21
Réduction de la dépendance aux pesticides.....	22
Principes de la LI.....	22
Création d'un programme de LI.....	23
Composantes d'un programme de LI.....	23
A. Surveillance.....	24
B. Gestion des cultures.....	29
C. Gestion physique.....	37
D. Gestion biologique.....	40
E. Gestion des biopesticides et des pesticides conventionnels.....	45
Utilisation des pesticides en Ontario.....	55
Critères de réussite.....	55

Glossaire.....56

Références.....66

Annexes.....72

Annexe A. Liste des arthropodes nuisibles aux fruits et légumes de serre en Ontario.....	72
Annexe B. Liste des phytopathogènes nuisibles aux fruits et légumes de serre en Ontario.....	73
Annexe C. Agents de lutte biologique disponibles dans le commerce contre les principaux ravageurs de serre au Canada.....	76
Annexe D. Ressources ministérielles.....	78
Annexe E. Autres ressources.....	79

Figures

Figure 1	4	Figure 14	25
Anatomie externe de l'insecte. Acariens (<i>Lepidoptera</i> : <i>Trichoplusia ni</i> , fausse-arpenteuse du chou) ; coléoptères (<i>Coleoptera</i> : <i>Acalymma vittatum</i> , chrysomèle rayée du concombre); punaises (<i>Hemiptera</i> : <i>Lygus lineolaris</i> , punaise terne, de gauche à droite.		(A) Cartons collants jaunes et (B) cartons collants bleus utilisés pour la surveillance des insectes volants nuisibles dans les cultures en serre.	
Figure 2	5	Figure 15	27
Pièces buccales d'insectes. (A) Pièces buccales de type broyeur. (B) Pièces buccales de type piqueur-suceur.		(A) Piège collant appâté aux phéromones du charançon du poivron utilisé pour la surveillance des poivrons de serre. (B) Piège appâté aux phéromones d'arpenteuse utilisé pour la surveillance à l'extérieur de la serre.	
Figure 3	6	Figure 16	27
Métamorphose complète montrant le cycle de vie d' <i>Adalia bipunctata</i> , coccinelle à deux points.		Plants indicateurs de haricots utilisés pour surveiller les tétranyques à deux points dans les tomates de serre.	
Figure 4	6	Figure 17	29
Métamorphose incomplète montrant le cycle de vie de <i>Lygus lineolaris</i> , punaise terne.		Les panneaux affichés aux points d'entrée peuvent rappeler au personnel de la serre et aux visiteurs de suivre les procédures de biosécurité.	
Figure 5	7	Figure 18	30
Anatomie externe des acariens. (A) Trombidiformes : la plante nourricière, tétranyque à deux points, <i>Tetranychus urticae</i> . (B) Mesostigmat : le prédateur, <i>Phytoseiulus persimilis</i> .		(A) Les vignes de tomates passent dans une déchiqueteuse. (B) Aspiration des résidus de récolte.	
Figure 6	8	Figure 19	31
Cycle de vie du tétranyque à deux points.		(A) Piquets arroseurs sales recouverts de dépôts inorganiques. (B) Lavage et désinfection de la structure. (C) Lavage et désinfection des bacs. (D) Serre propre et prête à accueillir une nouvelle culture.	
Figure 7	11	Figure 20	33
Cycle de la maladie de l'oïdium du fraisier.		Poste d'hygiène installé à l'entrée de la serre. (B) Bain de pieds. (C) Tapis de désinfection pour petits véhicules à l'entrée de la zone de production.	
Figure 8	12	Figure 21	34
Cycle pathologique du pourridié pythien et de la fonte des semis du poivron.		Un cultivar entièrement résistant empêche l'organisme nuisible de s'établir, de se reproduire ou de se reproduire.	
Figure 9	13	Figure 22	36
Cycle de la maladie du flétrissement bactérien sur les concombres.		Étapes pour éliminer les plantes infectées ou infestées. (A) Dégagez la plante infectée ou infestée de son support et désinfectez les ciseaux (y compris les poignées). (B) Coupez le bloc de la dalle et désinfectez le couteau. (C) Placez soigneusement la plante infectée dans un sac à ordures robuste, en gardant l'extérieur du sac à ordures propre et scellez le sac.	
Figure 10	14		
Courbe de croissance exponentielle des micro-organismes.			
Figure 11	15		
Courbe de croissance exponentielle des micro-organismes.			
Figure 12	16		
Courbe de croissance exponentielle des micro-organismes.			
Figure 13	23		
Composantes d'un programme de lutte intégrée (LI) contre les ennemis des cultures.			

Figure 23.	37
Filets d'exclusion de style accordéon couvrant les événements dans la crête du toit.	
Figure 24.	39
Techniques de piégeage de masse. (A) Thrips adultes pris sur un carton collant. (B) Haute densité de pièges collants. (C) Ruban adhésif jaune au plafond le long des rangées de plantes. (D) Ruban adhésif jaune près de la zone des racines. (E) Grande barrière de piège collant appâté aux phéromones. (F) Chariot élévateur à ciseaux enveloppé de ruban adhésif.	
Figure 25.	43
(A) Plantes banques céréalières pour le parasitoïde du puceron, <i>Aphidius colemani</i> . (B) Plantes banques de molène pour la reproduction de <i>Dicyphus hesperus</i> . (C) Plantes banques asiles pour les espèces d' <i>Orius</i> et l'aptitude des parasitoïdes.	
Figure 26.	47
(A) Sélection en faveur d'une résistance aux insecticides. (B) Sélection en faveur d'une résistance aux fongicides.	
Figure 27.	52
Couverture sous les feuilles avec un pulvérisateur remorqué manuellement à l'aide de cônes creux TeeJet VisiFlo (TX-VK3) fonctionnant à >300 psi.	
Figure 28.	52
Couverture à partir de trois ensembles de buses. Papiers orientés de trois manières différentes dans une vigne de tomate de serre à l'aide d'une flèche verticale automatisée.	
Figure 29.	53
(A) Flèche verticale remorquée manuellement. (B) Régulateur de pression.	
Figure 30.	53
Pulvérisateur à flèche verticale automatisée.	
Figure 31.	54
Nébulisateur.	

Tableaux

Tableau 1.	28
Modèle de degrés-jours pour la pyrale du maïs dans le sud-ouest de l'Ontario validé par Baute, 1999.	
Tableau 2.	48
Liste des techniques d'application, des taux cibles et des volumes d'eau relatifs.	
Tableau 3.	50
Mesures pour maximiser l'efficacité des pesticides.	
Tableau 4.	51
Facteurs importants pour l'application des pesticides.	



VUE D'ENSEMBLE

Cette publication est la partie A d'une série qui remplacera la Publication 836 : La culture des légumes de serre en Ontario. Visitez ontario.ca/cultures pour plus d'informations.

Cette publication donne un aperçu de la lutte intégrée (LI) contre les ennemis des cultures pour la production de fruits et de légumes de serre en Ontario. Les concepts utiles pour une compréhension globale des ravageurs et de leur gestion seront abordés. Ces informations sont destinées à être utilisées comme guide pour ceux qui travaillent directement avec ou dans des programmes de LI.

Reportez-vous au site ONGreenhouseVegetables.ca pour obtenir des mises à jour et des informations en temps opportun concernant le cours sur les légumes de serre.

Ces publications comprendront des informations sur la LI propre aux cultures de tomates de serre, de poivrons, d'aubergines, de concombres, de laitue et de fraises. Ces publications comprendront plus de détails sur les ravageurs spécifiques des cultures et leur gestion. Étant donné que l'agriculture en milieu contrôlé^[19] a considérablement évolué au cours de la dernière décennie, il convient d'examiner attentivement

l'incidence des pratiques de production, comme l'éclairage supplémentaire sur les populations d'insectes nuisibles et bénéfiques dans l'environnement de culture.

La LI dans les serres n'est pas un programme à taille unique. Chaque serre est distincte. La combinaison de la structure, de la culture et des techniques de culture crée différents environnements. Chaque serre doit être considérée comme un écosystème individuel pour comprendre les besoins spécifiques de la culture et leur évolution tout au long de la saison de croissance et d'une année à l'autre.

La protection d'une serre offre différentes possibilités. La structure limite l'incidence des facteurs externes comme la pluie et le vent. Elle permet également de mettre en œuvre des techniques spécifiques, comme la lutte biologique, dans un cadre relativement contrôlé afin de minimiser l'établissement de ravageurs et de réduire leur propagation à l'intérieur.

Les producteurs et les professionnels de la LI peuvent interagir avec les plantes et l'environnement de la serre grâce à des inspections minutieuses et régulières et intervenir avec des techniques appropriées pour maximiser la santé des plantes. Le succès

de ces interactions peut être amélioré en approfondissant les connaissances et la compréhension de la façon dont ces écosystèmes s'établissent et évoluent au fil du temps.

Les informations fournies dans cette publication peuvent être utilisées pour commencer à établir une base de connaissances pour les postes de niveau d'entrée ou améliorer les connaissances acquises par des employés expérimentés qui n'ont peut-être pas d'expérience en lutte intégrée. Dans les deux cas, cet outil est destiné à soutenir la prise de décision et est mieux utilisé lorsqu'il est combiné à un solide réseau de personnes bien informées et partageant les mêmes idées. Établissez une équipe de professionnels de la LI, y compris des scientifiques et des membres de l'industrie. Posez des questions. Échangez des idées et des expériences. Essayez des solutions et réessayez jusqu'à ce que quelque chose fonctionne pour vous.



CHAPITRE 1

Ravageurs des cultures

Un ravageur des cultures est un organisme indésirable et destructeur qui a un impact négatif sur la production. Les ravageurs des cultures comprennent des organismes tels que les **arthropodes**, les **agents pathogènes des plantes** ou les mauvaises herbes. Dans la production de fruits et légumes en serre en Ontario, les arthropodes et les agents pathogènes des plantes sont les principaux types de ravageurs.

Un large éventail de stratégies de gestion peut être déployé par les producteurs selon le type ou l'espèce de ravageur. Par conséquent, la prise de décisions éclairées commence par une bonne compréhension des organismes rencontrés dans les systèmes de production.

Noms des arthropodes et des agents pathogènes

Toutes les espèces d'organismes vivants, y compris les arthropodes et les agents pathogènes, sont généralement identifiées par des noms distincts en deux parties (scientifiques

ou latins) constituées de leur **genre** et de leur espèce. De nombreuses espèces ont également des noms communs reconnus, mais ce n'est pas toujours le cas et ils peuvent causer de la confusion lorsque les utilisateurs utilisent le même nom commun pour identifier plusieurs espèces différentes. Par exemple, l'espèce de papillon de nuit *Ostrinia nubilalis* est souvent appelée la pyrale du maïs, mais elle est également connue sous le nom de ver du maïs européen ou de pyrale de l'armoise. Ces noms communs sont déroutants, car en plus d'avoir plusieurs noms communs, cette espèce n'est pas techniquement un ver et elle ne se nourrit pas exclusivement de maïs. De même, il existe de nombreuses espèces d'agents pathogènes spécifiques d'hôtes qui causent une maladie que nous appelons collectivement l'oïdium.

L'utilisation de noms scientifiques permet généralement une communication plus claire à l'échelle universelle. Il convient également de souligner que les noms scientifiques changent à mesure que de nouvelles approches de **taxonomie** fondée sur le **séquençage génétique** reclassent souvent les organismes lorsque plus d'informations sont connues.

Arthropodes ravageurs

Arthropodes

Les arthropodes (phylum : *Arthropoda*) forment le plus grand phylum du règne animal. Une caractéristique physique distinctive d'un arthropode est la présence d'un **exosquelette**, soit un squelette articulé externe avec une cuticule en chitine (un sucre complexe). L'exosquelette durci limite la croissance jusqu'à la **mue**, un processus durant lequel un arthropode en croissance rapide produit une nouvelle cuticule plus grande pour remplacer sa cuticule trop petite, qui est ensuite libérée. Le corps est segmenté, avec des appendices appariés et articulés. Les arthropodes ont généralement des **yeux composés** comme principale source de vision et des **ocelles** (également appelés yeux simples) qui sont le plus souvent utilisés pour détecter la direction de la lumière, ou une combinaison de ceux-ci.

Deux classes d'arthropodes sont des ravageurs économiquement importants dans la production végétale : les insectes (classe : *Insecta*) et les

acariens (classe : *Arachnida* ; Sous-classe : *Acari*). Les insectes et les acariens peuvent également être bénéfiques et utilisés dans les programmes de lutte biologique (biocontrôle). Ainsi, la capacité à distinguer les insectes et les acariens peut avoir des répercussions importantes sur la prise de décision en matière de lutte antiparasitaire.

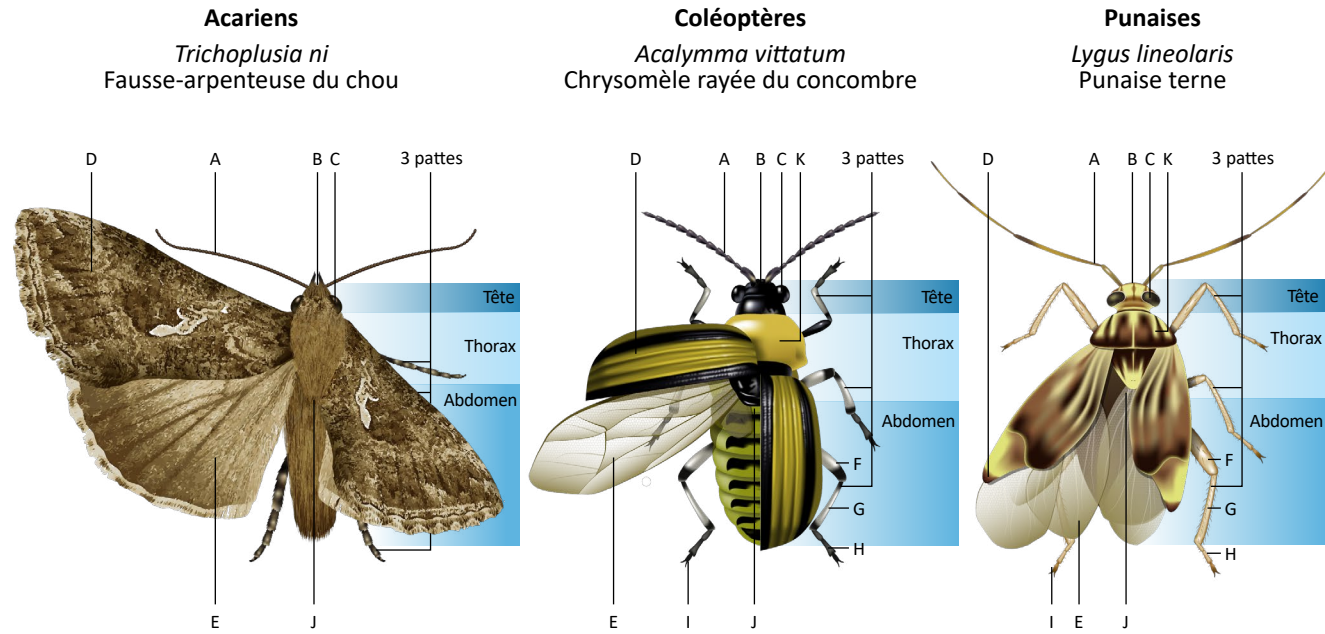
Insectes

Anatomie externe des insectes

Les insectes ont trois segments de corps : la tête, le **thorax** et l'abdomen. La Figure 1 montre des exemples de l'anatomie externe de trois adultes de différents ordres d'insectes :

- les papillons de nuit (ordre : *Lepidoptera*)
- les coléoptères (ordre : *Coleoptera*)
- les punaises (ordre : *Hemiptera*)

La tête comprend des pièces buccales, des yeux et une paire d'**antennes**. Chez les insectes adultes, le thorax comprend trois paires de pattes articulées (six au total) et une ou deux paires d'ailes. Les insectes immatures n'ont pas d'ailes.



LÉGENDE :

- A. antennes B. pièces buccales C. œil composé D. aile antérieure (élytron chez les coléoptères)
E. aile postérieure F. fémur G. tibia H. tarse I. griffe(s) J. scutellum K. pronotum

Figure 1. Anatomie externe de l'insecte. Acariens (*Lepidoptera* : *Trichoplusia ni*, fausse-arpenteuse du chou) ; coléoptères (*Coleoptera* : *Acalymma vittatum*, chrysomèle rayée du concombre); punaises (*Hemiptera* : *Lygus lineolaris*, punaise terne, de gauche à droite.

ni d'antennes et peuvent avoir d'autres structures utilisées pour la mobilité, comme les **fausses pattes** chez les chenilles. L'abdomen comprend les organes digestifs, excréteurs et reproducteurs. Les insectes respirent à travers des **spiracles** dans leur exosquelette.

La plupart des espèces d'insectes ont des ailes au stade adulte; toutefois, certaines espèces ne produisent pas ou ne produisent que des adultes ailés dans certaines conditions. Par exemple, les pucerons ne produisent des adultes ailés que lorsque la **colonie** est surpeuplée et qu'ils doivent se disperser vers des plantes inhabitées.

On regroupe couramment les insectes en fonction de leurs pièces buccales pour donner un aperçu de leurs habitudes alimentaires et de leurs patrons de dommages. Il existe quatre principaux types de pièces buccales d'insectes :

- broyeur (type de pièces utilisé par les chenilles et les coléoptères)
- piqueur-suceur (type de pièces utilisé par les punaises et les thrips)
- suceur (type de pièce utilisé par les lépidoptères adultes; les papillons, les papillons nocturnes, et les hespéries)
- lécheur (type de pièce utilisé par les mouches adultes)

La plupart des ravageurs préoccupants pour les cultures ont des pièces buccales de type broyeur ou suceur.

Les pièces buccales de type broyeur sont utilisées par les insectes se nourrissant de feuilles, tels que les coléoptères et les chenilles, pour consommer les tissus végétaux (Figure 2A).

La forme et la taille des **mandibules** varient. Elles sont utilisées pour couper et écraser les aliments, mais sont parfois utilisées pour la défense. Les **maxillaires** comprennent des **palpes maxillaires** segmentés et peuvent aider à la transformation des aliments. Les dommages causés aux cultures par les insectes avec des pièces buccales de type broyeur comprennent les suivants :

- trous dans les feuilles (**défoliation**), les tiges, les bourgeons, les fleurs ou les fruits

- tissu foliaire mangé entre les veines à l'exception de l'**épiderme** supérieur ou inférieur (**vitrage**)
- cicatrices ou tissus végétaux amincis
- tissu végétal décoloré
- feuilles, tiges, bourgeons ou racines manquants ou coupés

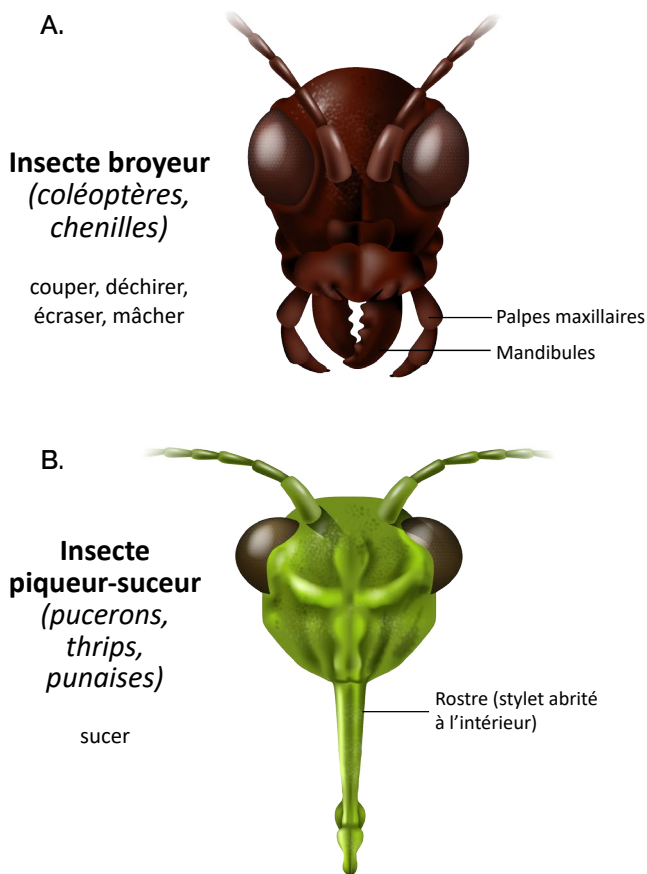


Figure 2. Pièces buccales d'insectes. (A) Pièces buccales de type broyeur. (B) Pièces buccales de type piqueur-suceur.

Les insectes piqueurs-suceurs, comme les thrips, les pucerons et les aleurodes, utilisent un **stylet** en forme d'aiguille pour percer les tissus de leur plante hôte (Figure 2B). La forme, la taille et le nombre de styles varient selon les ordres et les espèces d'insectes. Les punaises ont des stylets longs et fins qui forment un ensemble de stylets. Les thrips ont des pièces buccales asymétriques de type broyeur-suceur. La mandibule de droite est réduite ou **vestigiale**, tandis que la mandibule de gauche est modifiée en stylet pour racler l'épiderme de la plante. Deux stylets maxillaires appariés sont modifiés en structure en forme

de tube pour percer et aspirer. Les dommages causés aux cultures par les insectes avec des pièces buccales de type piqueur-suceur comprennent les suivants :

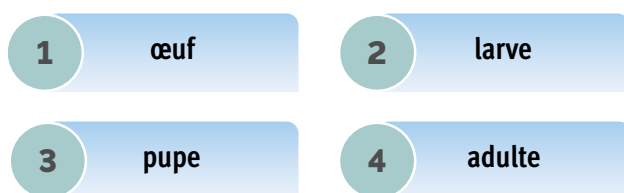
- argenture ou tachetage du tissu végétal
- tissu végétal déformé ou croissance difforme
- jaunissement des tissus végétaux (**chlorose**)
- retard de croissance
- flétrissement

Certains insectes bénéfiques utilisent également des pièces buccales de type broyeur ou de type piqueur-broyeur pour consommer leurs hôtes arthropodes.

Biologie des insectes

Les insectes subissent des changements physiques majeurs lors de leur croissance de l'œuf à l'adulte. Les insectes immatures (les **larves** ou les **nymphes**) doivent perdre leurs exosquelettes (muer) pour se développer. Chaque stade immature est appelé un **instar**. Le nombre d'instars dépend de l'espèce et des conditions environnementales. Il existe deux types de cycles de vie ou de **métamorphoses** des insectes : complets ou incomplets.

La métamorphose complète se produit lorsqu'un insecte passe par quatre phases distinctes (Figure 3) :



Au cours de la métamorphose complète, les adultes pondent des œufs, qui éclosent en stades immatures appelés larves. Les larves ne ressemblent pas aux adultes et peuvent compter sur des sources de nourriture complètement différentes. Les larves muent à travers plusieurs stades avant la pupaison. Au stade **pupal** non alimenté, les tissus larvaires se réorganisent en insectes adultes.

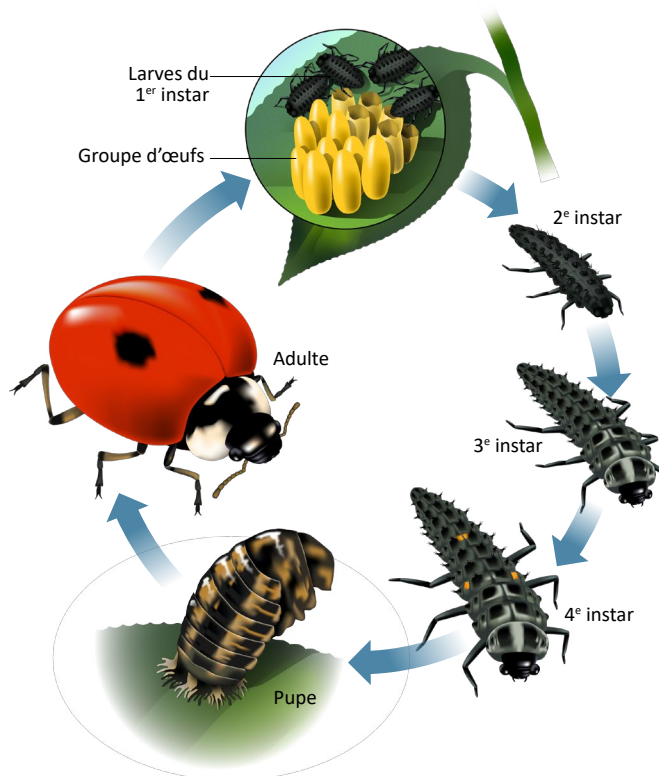


Figure 3. Métamorphose complète montrant le cycle de vie d'*Adalia bipunctata*, coccinelle à deux points.

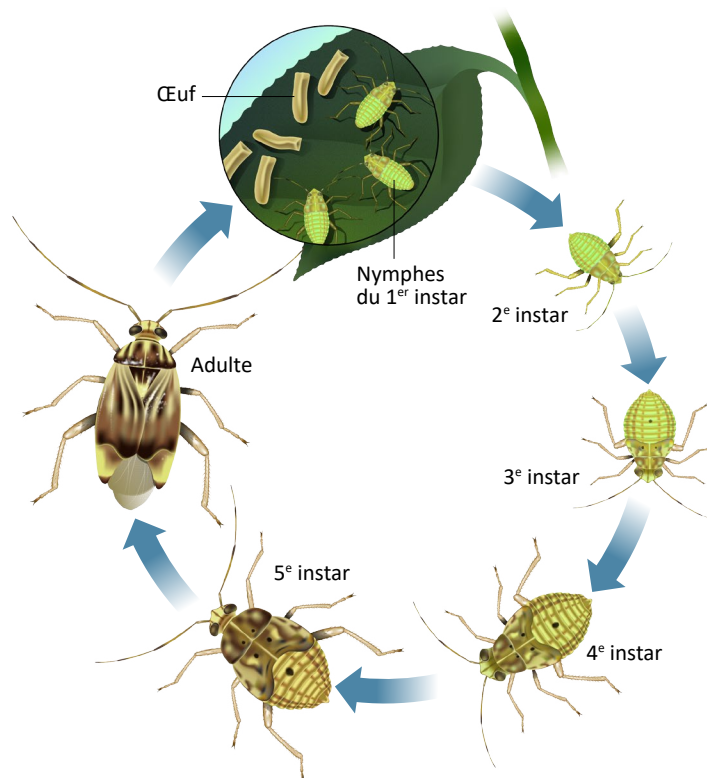
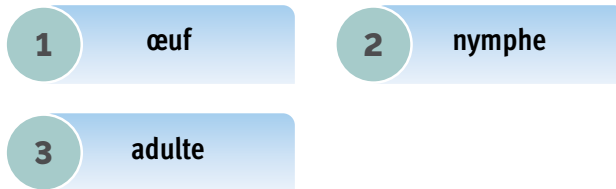


Figure 4. Métamorphose incomplète montrant le cycle de vie de *Lygus lineolaris*, punaise terne.

La métamorphose incomplète se produit lorsqu'un insecte passe par trois phases (Figure 4) :



Dans ce cas, les stades immatures appelés nymphes ressemblent étroitement aux adultes, mais sont plus petits et dépourvus de certaines caractéristiques adultes, telles que les ailes. Les nymphes muent à travers plusieurs instars, puis des bourgeons d'ailes externes se forment au cours des stades tardifs.

Il existe des exceptions à ces cycles de vie, comme chez les espèces qui se reproduisent de manière asexuée dans certaines conditions environnementales. Par exemple, de nombreux pucerons se reproduisent de manière asexuée par clonage (**parthénogenèse**), pendant la majeure partie de l'année. Dans ce cas, tous les adultes sont des femelles (parfois appelées mères) qui donnent naissance à des nymphes femelles vivantes (parfois appelées filles) plutôt que de pondre des œufs. Dans des conditions extérieures de fin d'été, des descendants mâles et femelles sont produits et une fois accouplés, les pucerons hivernent sous forme d'œufs. Cependant, on voit rarement des pucerons pondre des œufs dans des serres protégées.

Acariens

Anatomie externe des acariens

Les acariens sont petits, parfois microscopiques et ont deux segments du corps (**gnathostome** et **idiosome**). La Figure 5 montre l'anatomie externe de deux ordres différents d'acariens^[79] :

- les phytophages (ordre : *Trombidiformes*)
- les prédateurs (ordre : *Mesostigmata*)

Le gnathostome ou les pièces buccales comprennent des structures utilisées pour l'alimentation, telles que les **chéllicères** et les **palpes**.

Les chéllicères sont des appendices d'alimentation spécialisés, semblables à des pinces, qui sont parfois modifiés en stylets de perçage, comme on le voit chez le tétranyque à deux points, *Tetranychus urticae*.

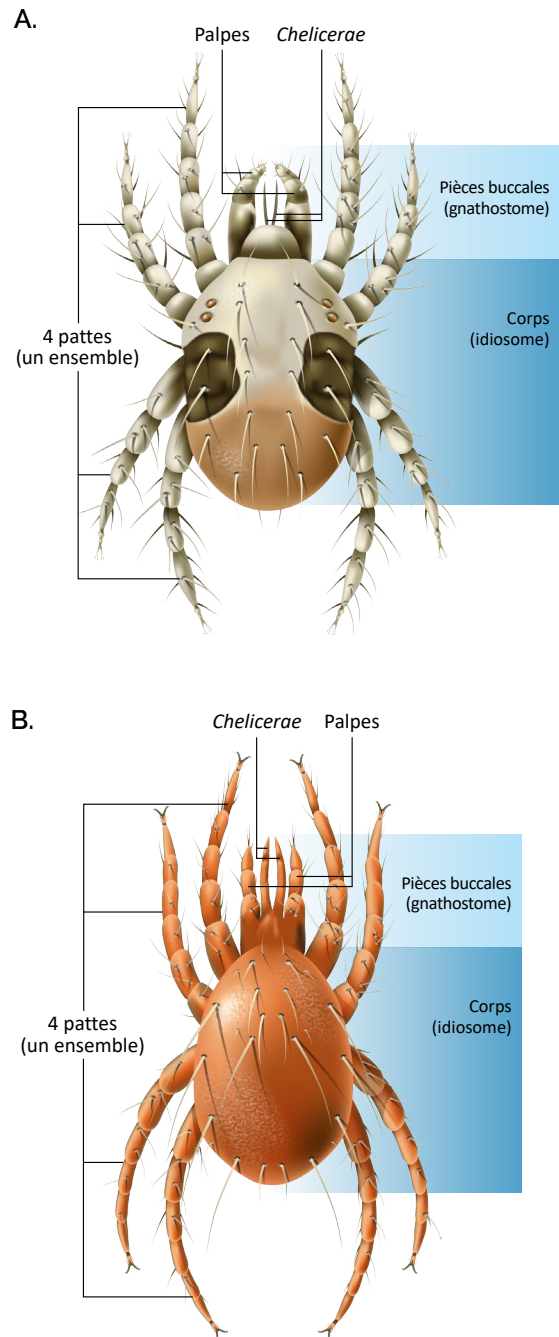


Figure 5. Anatomie externe des acariens. (A) Trombidiformes : la plante nourricière, tétranyque à deux points, *Tetranychus urticae*. (B) Mesostigmaté : le prédateur, *Phytoseiulus persimilis*.

Les palpes ou les pédipalpes sont segmentés et peuvent être de simples organes sensoriels ou des organes prédateurs qui saisiront ou perceront les proies. Les dommages causés par l'alimentation des acariens comprennent les suivants :

- **piqûres** jaunes (le contenu cellulaire de la feuille a été enlevé), brunissement ou bronzage ou marbrure des feuilles
- perte de feuilles
- avortement floral
- fruits bronzés et craquelés
- flétrissement
- croissance difforme, épaissie et tordue

Chez les acariens adultes, l'idiosome ou le corps comprend généralement quatre paires de jambes (huit au total). Certains acariens immatures ont trois paires de pattes (6 au total) jusqu'à ce qu'ils arrivent à maturité. Une autre exception comprend les membres de la famille des *Eriophyidae*, tels que l'acarien responsable de l'acariose bronzée, *Aculops lycopersici*, qui n'ont que deux paires de pattes (quatre au total). Contrairement aux insectes, tous les acariens sont dépourvus d'ailes et d'antennes. Les acariens respirent à travers des **stigmates** (pores respiratoires sur le corps) et présentent diverses formes de boucliers sclérotisés (cuticule durcie offrant une protection). Selon les espèces, le nombre d'yeux varie d'aucun à quelques paires. Par exemple, les tétranyques à deux points ont deux paires d'yeux, tandis que leurs prédateurs, *Phytoseiulus persimilis*, n'en ont aucun, mais utilisent plutôt des **composés organiques volatils** pour localiser les proies.

Biologie des acariens

Les acariens subissent également des changements physiques lorsqu'ils passent de l'œuf à l'adulte. Les stades de développement des acariens comprennent l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte (Figure 6). À l'instar de la métamorphose incomplète chez les insectes, les acariens immatures (larves et nymphes) ressemblent grandement aux adultes et doivent se débarrasser de leurs exosquelettes (muer) pour se développer. Il peut y avoir plusieurs stades nymphaux (tels que protonymphe, deutonymphe et tritonymphe), en fonction de l'espèce.

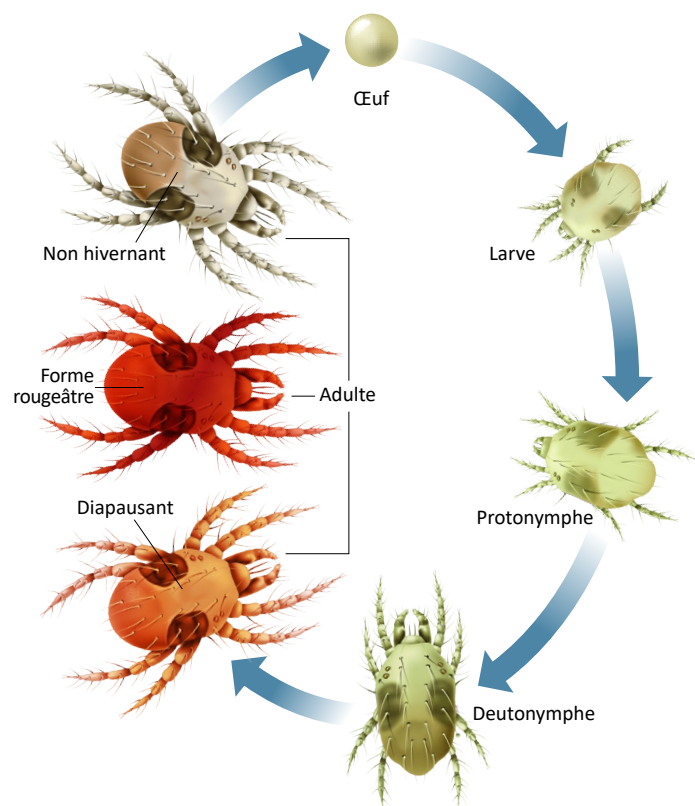


Figure 6. Cycle de vie du tétranyque à deux points.

Facteurs influençant la croissance et le développement des arthropodes

La croissance et le développement des arthropodes **dépendent en grande partie de la température**, mais peuvent également être influencés par d'autres facteurs tels que l'humidité, la disponibilité de la nourriture et les traits génétiques. Les environnements optimaux diffèrent selon les espèces. En général, plus la température est chaude, plus le développement est rapide. Toutes les espèces se développent à l'intérieur d'une plage spécifique de températures minimales et maximales, mais peuvent encore survivre en dehors de ces seuils. Outre ces plages, il y a des températures plus basses et plus élevées qui causent la mortalité. Le seuil exact peut varier selon les espèces, mais une température de développement minimale de 10°C est courante chez de nombreux arthropodes. En dessous de ce seuil, l'individu peut cesser de se développer, mais ne peut pas mourir à moins d'être directement exposé à des températures beaucoup plus basses, par exemple bien en dessous de -4°C. La production

de la plupart des cultures se fait habituellement à des températures supérieures à 10°C. Cependant, pendant le nettoyage d'automne ou d'hiver entre les cultures, les températures à l'intérieur sont souvent comprises entre 0°C et 5°C, à moins que la serre ne soit chauffée. Dans ce cas, les arthropodes qui restent peuvent être inactifs, mais redevenir actifs une fois qu'une nouvelle culture est en place et que la chaleur revient. De même, 32°C est un seuil maximum courant, où le développement des insectes se stabilise ou cesse complètement. La mortalité peut survenir avec des expositions comprises entre 35°C et 40°C pour de nombreuses espèces. Il faut ainsi tenir compte de l'incidence de ces facteurs sur les arthropodes nuisibles et bénéfiques dans un contexte de production. Il peut être nécessaire de prendre des mesures supplémentaires lors d'épisodes de chaleur extrême, comme ceux qui ont eu lieu dans le sud de l'Ontario.

De plus, certains arthropodes entrent dans une phase de repos physiologique appelée **diapause**. Cette phase est déclenchée par des conditions environnementales défavorables, y compris des changements saisonniers comme l'hiver. Les déclencheurs comprennent la longueur du jour, la température et la qualité des aliments. Pendant la diapause, il n'y a pas d'alimentation, de reproduction ou beaucoup de mouvement. Certaines espèces entrent en diapause à l'état d'œufs, d'immatures ou d'adultes.

Les arthropodes dans un environnement contrôlé avec des lumières artificielles peuvent quand même tomber en diapause. Le tétranyque à deux points est un exemple de ravageur diapausant : on sait qu'il se reproduit et se nourrit moins l'hiver. Les arthropodes bénéfiques tels que *Orius insidiosus* peuvent également entrer en diapause. Dans ce cas, les adultes continueront à se nourrir et à se reproduire, mais les rejetons produits en serre ne deviendront pas actifs sur le plan de la reproduction. Étant donné que les populations de thrips peuvent persister dans les environnements de serre tout au long de l'hiver, la gestion de ce ravageur peut être plus difficile lorsqu'il y a des limites à l'utilisation d'un prédateur clé tel que *O. insidiosus*. La diapause des insectes peut parfois créer un déséquilibre entre la dynamique des populations de prédateurs et de proies.

Arthropodes communs nuisibles aux fruits et les légumes de serre

L'Annexe A fournit une liste des arthropodes nuisibles communs aux fruits et légumes de serre en Ontario.

Agents pathogènes des plantes

Les maladies des plantes sont causées par un agent pathogène (l'**agent causal**) qui interrompt ou modifie les fonctions vitales de la plante. Un agent pathogène entraîne généralement une diminution de la productivité ou de la qualité des cultures. La maladie peut modifier la structure, la croissance, la fonction ou d'autres activités normales de la plante.

Les cultures vivrières en serre et à l'intérieur sont vulnérables, entre autres, aux agents pathogènes suivants :

- **champignons**
- **oomycètes**
- **bactéries**
- **virus**
- **viroïdes**

Les nématodes **pathogènes** peuvent également causer des maladies végétales, bien que leur apparition soit rare dans les installations modernes de cultures vivrières en serre en Ontario. Tous les tissus végétaux, y compris les racines, les couronnes, les tiges, les pousses, les feuilles, les fleurs, les fruits, les tissus vasculaires et les graines, peuvent être infectés par des agents pathogènes. Certains champignons, bactéries, virus et nématodes peuvent également être bénéfiques. Certains d'entre eux ont été commercialisés et sont utilisés dans des programmes de biocontrôle.

La compréhension des **signes** et des **symptômes** des agents pathogènes et des maladies des plantes est importante pour l'identification initiale d'un problème et l'aide au diagnostic. Les signes sont la présence visible de l'agent pathogène ou d'un sous-produit tel que des spores, des fructifications ou un suintement bactérien. Les symptômes sont les effets visibles de la maladie lorsque les plantes montrent des signes de réaction interne et externe à l'agent pathogène, comme le flétrissement ou la marbrure des feuilles.

Champignons

Les champignons sont des organismes multicellulaires **eucaryotes** (leur matériel génétique est contenu dans un noyau).

Contrairement aux plantes, ils manquent de chlorophylle (et donc de capacité de photosynthèse) et contiennent de la chitine dans leurs parois cellulaires. Comme ils n'ont pas la capacité de produire des sucres à partir de la photosynthèse, la plupart des espèces dépendent des plantes (biomasse vivante ou morte) comme source de carbone.

Les champignons macroscopiques forment de grands corps fructifères et certaines espèces comestibles sont cultivées comme cultures vivrières. Les champignons microscopiques sont souvent appelés moisissures. Les champignons sont omniprésents dans l'environnement. Ils décomposent la matière organique et libèrent du carbone, de l'oxygène, de l'azote et du phosphore dans le sol et l'atmosphère. Les champignons microscopiques sont les agents causaux les plus fréquents des maladies des plantes dans les climats tempérés.

Selon les espèces, les agents pathogènes fongiques peuvent infecter toutes les parties de la plante et provoquer un large éventail de symptômes, notamment les suivants :

- pourriture des racines
- flétrissement
- lésions de la couronne ou de la tige
- chlorose
- mort des tissus végétaux (**nécrose**)

Certaines espèces forment des masses visibles de **mycéliums** ou de corps fructifères à la surface des plantes.

Biologie des champignons

Les cycles de vie des champignons varient considérablement en fonction des espèces, des plantes hôtes et des conditions environnementales nécessaires pour provoquer des infections chez les plantes. Les champignons peuvent se reproduire de façon asexuée et sexuée.

En général, les étapes du cycle de vie des champignons comprennent les suivantes :

- mycélium (structures végétatives)
- **conidies** (spores asexuées)
- **ascospores, basidiospores** et **zygospores** (spores sexuelles)

Le mycélium fongique est un tapis d'**hyphes** (structures fongiques végétatives longues et minces). Les spores asexuées (conidies) sont souvent responsables de l'initiation de **cycles de maladie** secondaires (dans le cas de champignons causant une maladie polycyclique, où l'agent pathogène complète plus d'une génération au cours d'un cycle de culture et se propage à des zones ou à des plantes non infectées). Les spores résultant de la reproduction sexuée (par exemple, les ascospores) peuvent être contenues dans les organes fructifères et lancer des cycles primaires d'infection. Certains organes fructifères sont mieux équipés pour survivre pendant de longues périodes. Par exemple, les **chastomecia** sont l'une de ces formes de structures hivernantes.

La [Figure 7](#) illustre le cycle de la maladie de l'oïdium dans une culture de fraises. L'oïdium des fraises, *Podosphaera aphanis* (anciennement connu sous le nom de *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*) peut infecter les feuilles, les fruits, les stolons et les fleurs des fraisiers^{[21],[52]}. Il a besoin d'un hôte vivant pour compléter son cycle de vie et se reproduire. Il peut hiverner dans les tissus végétaux sous forme d'organes fructifères (cléistothèces). Les cléistothèces libèrent des ascospores.

Les ascospores sont transportées par le vent ou sur des surfaces et l'infection se produit lorsqu'elles entrent en contact avec le plant de fraise dans les bonnes conditions et germent. Les spores germinatives développent des tubes germinatifs qui se transforment en hyphes produits dans des réseaux visibles appelés mycéliums. Pendant la reproduction asexuée, des chaînes conidiales (organes fructifères asexués) se forment à partir du mycélium et libèrent des spores appelées conidies. Ces conidies se propageront et germeront sur le plant hôte dans les bonnes conditions et poursuivront le cycle de la maladie.

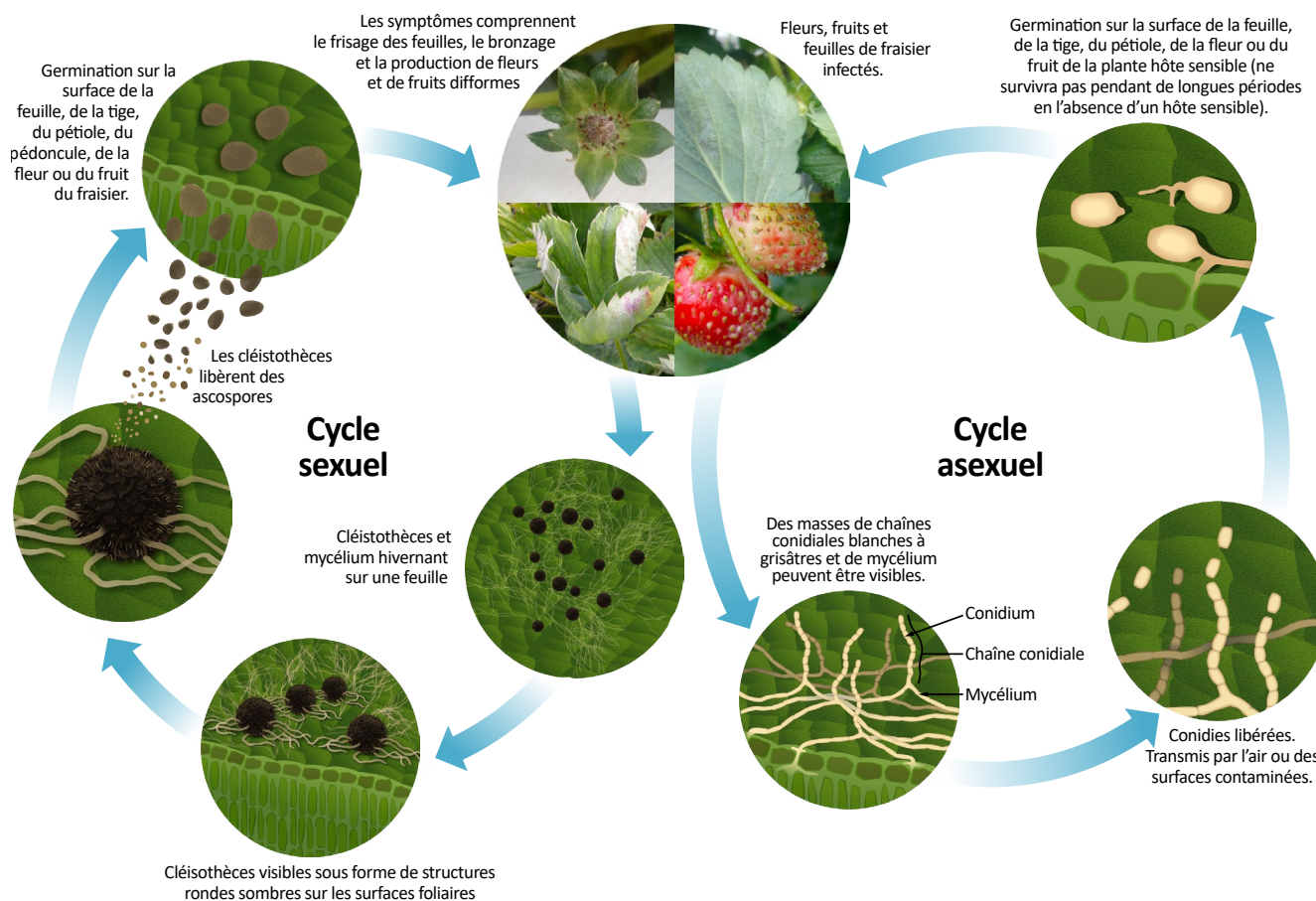


Figure 7. Cycle de la maladie de l'oïdium du fraisier.

L'oïdium envahit la couche épidermique du tissu végétal et forme des structures d'alimentation spécialisées, appelées **haustorium**, qui absorbent les nutriments de l'hôte végétal.

Certains champignons sont bénéfiques. Par exemple, les **mycorhizes** ont une relation symbiotique avec les racines des plantes. Ces champignons aident à l'absorption des nutriments et augmentent la surface des racines, ce qui améliore l'absorption de l'eau et des minéraux. La plante fournit ensuite des sucres au champignon. De nombreux champignons ont été développés comme **biopesticides**^[1] pour supprimer les arthropodes et les agents pathogènes des plantes.

Oomycètes

Les **oomycètes** ou les champignons aquatiques sont souvent confondus avec de vrais champignons. Ils peuvent vivre de la matière en décomposition ou en tant que parasites vivant sur les plantes. Contrairement aux vrais

champignons, les oomycètes n'ont pas de chitine dans leurs parois cellulaires. Les agents pathogènes des oomycètes peuvent infecter toutes les parties de la plante et provoquer un large éventail de symptômes, notamment les suivants :

- pourriture des racines
- flétrissement
- lésions de la couronne ou de la tige
- jaunissement angulaire des feuilles
- taches sombres sur les feuilles, les tiges et les fruits
- chlorose
- mildiou
- nécrose

Certaines espèces d'oomycètes peuvent former des masses de moisissures visibles sur la face inférieure des feuilles, comme celles qui causent le mildiou.

Biologie des oomycètes

Comme les champignons, les oomycètes peuvent se reproduire sexuellement ou asexuellement. Les différentes étapes du cycle de vie comprennent les suivantes :

- mycélium
- sporange et **zoospores**
- **oospores**

La Figure 8 illustre un exemple du cycle de la maladie du pourridié pythien et de la fonte des semis chez les poivrons de serre^[3]. Dans ce cas, l'agent causal du pourridié pythien est l'oomycète *Pythium aphanidermatum*. Les espèces de *Pythium* sont transmises par le sol sous la forme de zoospores, d'oospores ou de **sporangies**, et de mycélium **saprophyte** (matière organique colonisatrice). Dans les systèmes hydroponiques, les espèces de *Pythium* peuvent

être transportées vers la zone racinaire par la contamination des solutions nutritives. Pendant la reproduction asexuée, les sporanges libèrent des zoospores, qui utilisent deux structures en forme de fouet appelées **flagelles**, pour se déplacer dans l'eau libre. La reproduction sexuée entraîne la production de spores non mobiles appelées oospores. Ces structures peuvent germer et pénétrer dans la plante hôte lorsqu'elles entrent en contact avec les racines des poivrons dans les bonnes conditions.

Bactéries

La plupart des bactéries sont des organismes unicellulaires dépourvus de noyau lié à la membrane et d'autres structures internes, ce qui signifie que leur matériel génétique n'est pas séparé du reste de la cellule. Ces organismes très diversifiés ont des tailles, des formes, des habitats et des métabolismes différents.

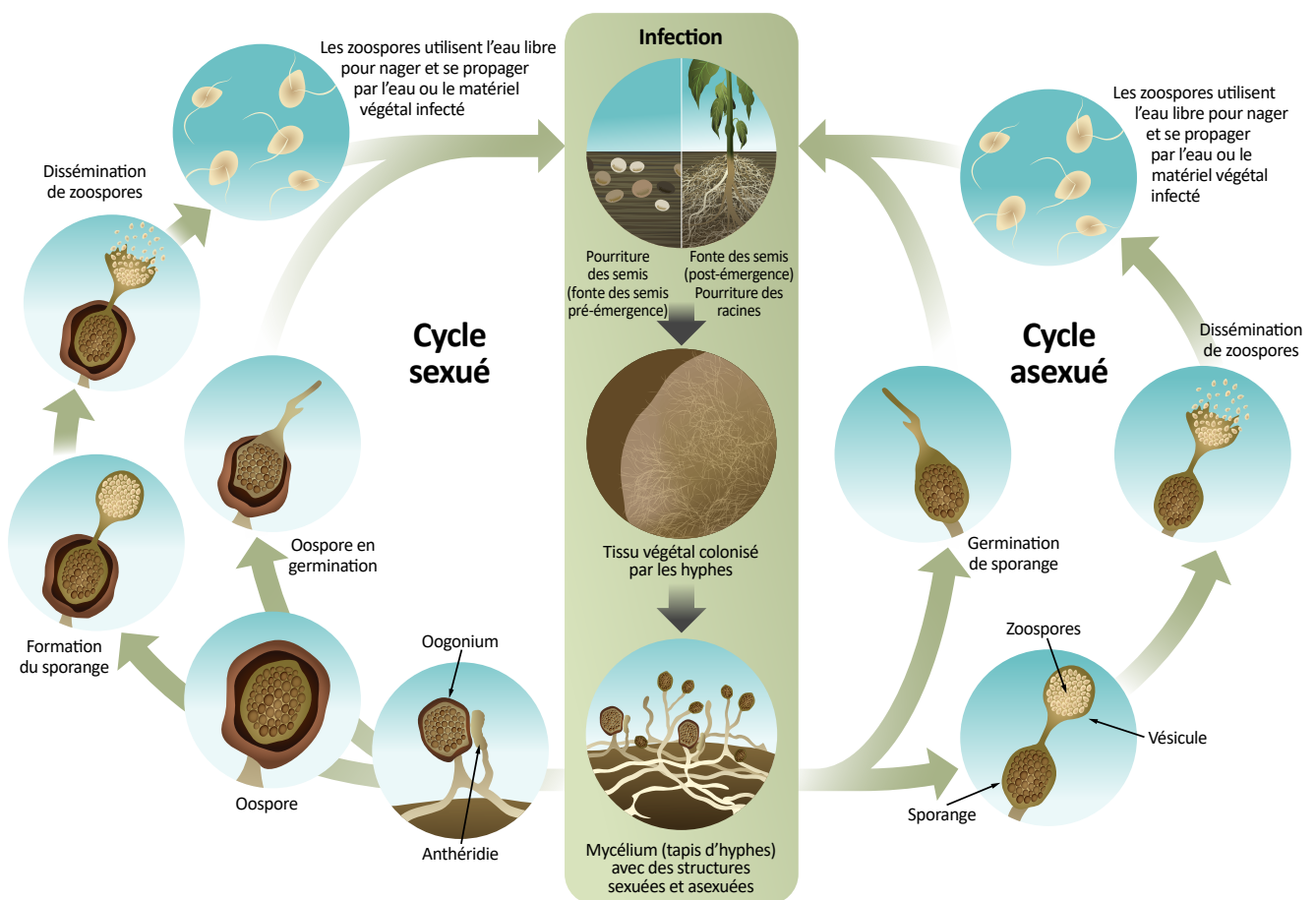


Figure 8. Cycle pathologique du pourridié pythien et de la fonte des semis du poivron.

Les agents pathogènes bactériens peuvent infecter toutes les parties de la plante et provoquer un large éventail de symptômes, notamment les suivants :

- des taches ou des lésions grasses et imbibées d'eau sur le tissu végétal avec des bords jaunes distincts autour des taches ou des lésions (communément appelées halo)
- pourriture de la tige
- chancre
- mildiou
- flétrissement

Biologie des bactéries

Les bactéries se reproduisent (souvent à un rythme rapide) par fission binaire, où une seule cellule se divise en deux nouvelles cellules. Chaque bactérie se développe et se divise indépendamment de l'autre.

La Figure 9 illustre un exemple de flétrissement bactérien sur les concombres de serre^[62]. Les chrysomèles rayées et maculées du concombre, *Acalymma vittatum* et *Diabrotica undecimpunctata*, sont les principaux **vecteurs** de l'agent pathogène, *Erwinia tracheiphila*, responsable du flétrissement bactérien. La bactérie hiverne dans l'estomac des chrysomèles adultes du concombre. La transmission se produit lorsque les coléoptères se nourrissent de plantes de concombre et déposent de la sciure et des **excréments** contenant *E. tracheiphila* près des nectaires floraux ou des plaies causées par l'alimentation des ravageurs. Les bactéries habitent le xylème de la plante, se multiplient par fission binaire et produisent du suintement. L'obstruction des vaisseaux du xylème, soit le blocage du mouvement de l'eau, entraîne un flétrissement des feuilles et des tiges, une nécrose foliaire et éventuellement la mort des plantes. La **transmission mécanique** par la manipulation des plantes a également été impliquée dans la propagation dans l'ensemble d'une culture.

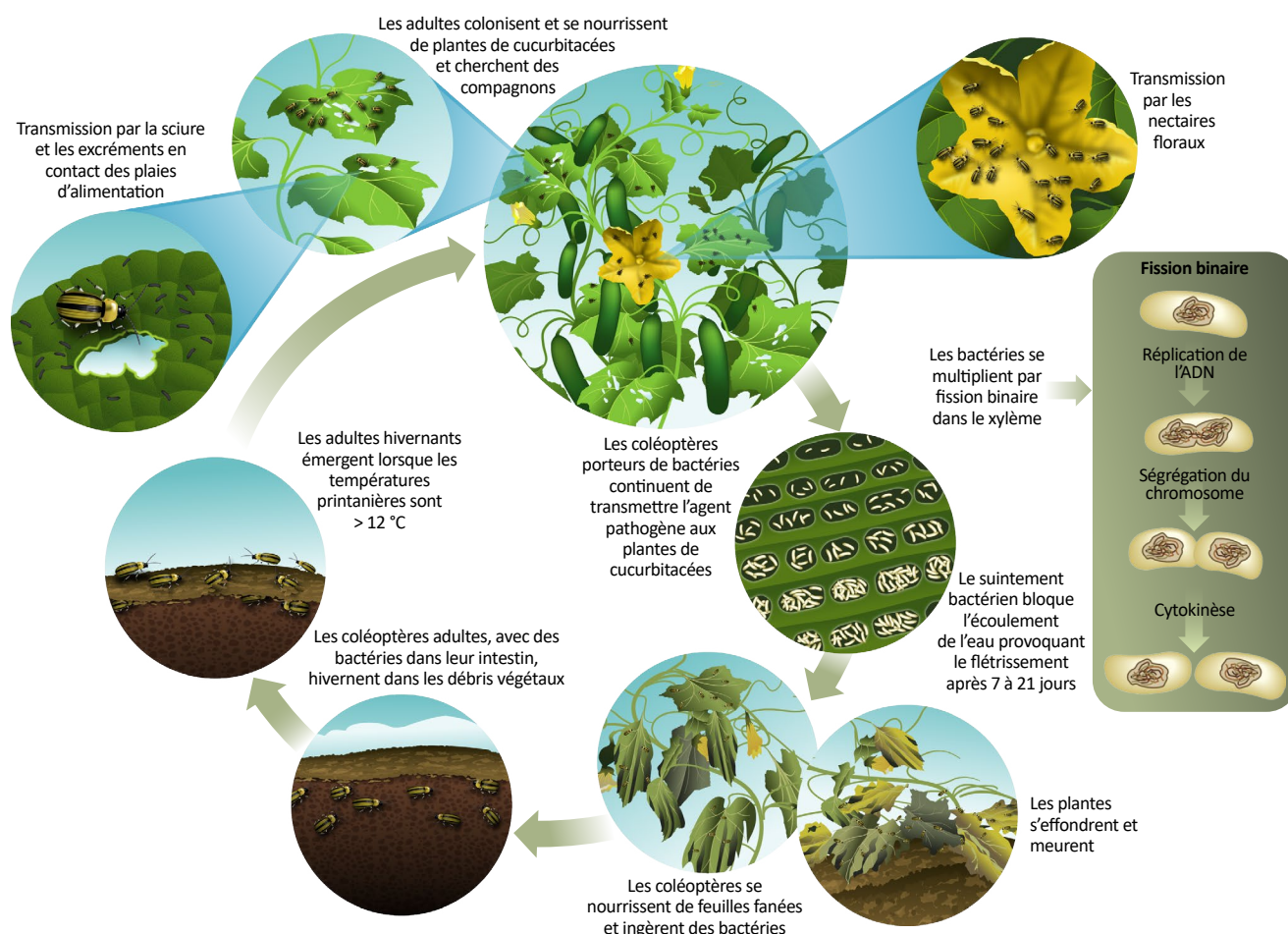


Figure 9. Cycle de la maladie du flétrissement bactérien sur les concombres.

Les agrégats de bactéries peuvent contenir plusieurs espèces différentes, y compris celles que l'on trouve dans les **biofilms**. Les biofilms peuvent comprendre des espèces pathogènes et non pathogènes et, s'ils ne sont pas maîtrisés, peuvent obstruer les systèmes d'irrigation et protéger les plants contre les agents pathogènes.

La technique de **coloration de Gram** est utilisée pour aider à identifier les bactéries. Durant ce procédé, les bactéries sont placées sur une lame de verre et traitées avec un composé de coloration. Les bactéries qui réagissent et changent de couleur sont dites **Gram-positives**, tandis que les bactéries qui ne changent pas de couleur sont dites **Gram-négatives**. Les bactéries Gram-positives ont une paroi cellulaire épaisse, mais aucune membrane externe. Les bactéries Gram-négatives ont une paroi cellulaire mince entourée d'une membrane externe. Les bactéries Gram-positives et Gram-négatives peuvent également être entourées d'une matrice externe appelée capsule. *Bacillus thuringiensis* (Bt) est un bon exemple de bactérie Gram-positif; il s'agit également d'un agent bénéfique important pour la gestion des ravageurs tels que les chenilles arpeuteuses. *Erwinia tracheiphila* est un exemple de bactérie Gram-négative.

Courbe de croissance des micro-organismes

Il existe quatre phases de base de la croissance microbienne (Figure 10)^[9]. Une fois qu'une population se trouve dans un environnement propice à la croissance, elle s'adapte et produit des protéines (phase de latence), puis se développe rapidement.

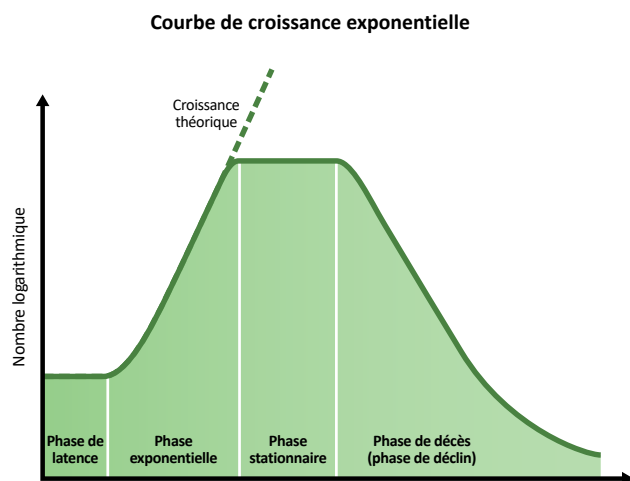


Figure 10. Courbe de croissance exponentielle des micro-organismes.

Les nutriments sont métabolisés jusqu'à épuisement, après quoi la croissance devient limitée (phase logarithmique ou exponentielle). Cette transition déclenche une réduction du métabolisme et de la consommation de protéines non essentielles (phase stationnaire). Enfin, tous les nutriments sont épuisés et l'organisme meurt (phase de décès). La gestion des agents pathogènes microbiens des plantes doit avoir lieu pendant la phase de latence. Les stratégies de gestion seront analysées au chapitre 2, [Lutte intégrée contre les ennemis des cultures](#).

Virus et viroïdes

Les virus sont beaucoup plus petits que les agents pathogènes décrits précédemment et ne peuvent être vus qu'au microscope électronique. La plupart des virus végétaux ont un génome d'ARN, mais certains ont de l'ADN à l'intérieur d'un manteau protéique (capside), parfois entouré d'une enveloppe nucléaire. Ces organismes ont des formes et des structures très diverses. Ce sont des parasites obligatoires et ils ont besoin d'un hôte vivant pour survivre et se reproduire (produire plus de particules virales). Les voies de transmission et de propagation peuvent différer entre les virus. Les viroïdes sont un autre type d'agent pathogène des cultures en serre. Un viroïde est plus petit qu'un virus et se compose d'une petite molécule d'ARN qui n'a pas d'enveloppe protéique. Les viroïdes sont plus fréquents dans les systèmes de production de fruits vivaces que dans les systèmes de production en serre, comme le viroïde « hammerhead » de la pomme ou le viroïde mosaïque latent de la pêche.

Les virus peuvent infecter toutes les parties de la plante et provoquer un large éventail de symptômes, notamment les suivants :

- retard de croissance
- croissance plissée ou difforme
- taches et motifs de mosaïque sur le feuillage

La Figure 11 illustre comment le virus du fruit rugueux brun de la tomate (ToBRFV) infecte les cellules végétales et se propage de manière systémique à travers un plant de tomate^{[17],[73]}. Dans ce cas, la longue particule virale en forme de tige (**virion**) du ToBRFV n'a pas d'enveloppe membranaire. Une fois que le virion entre en contact avec le tissu végétal, il peut pénétrer

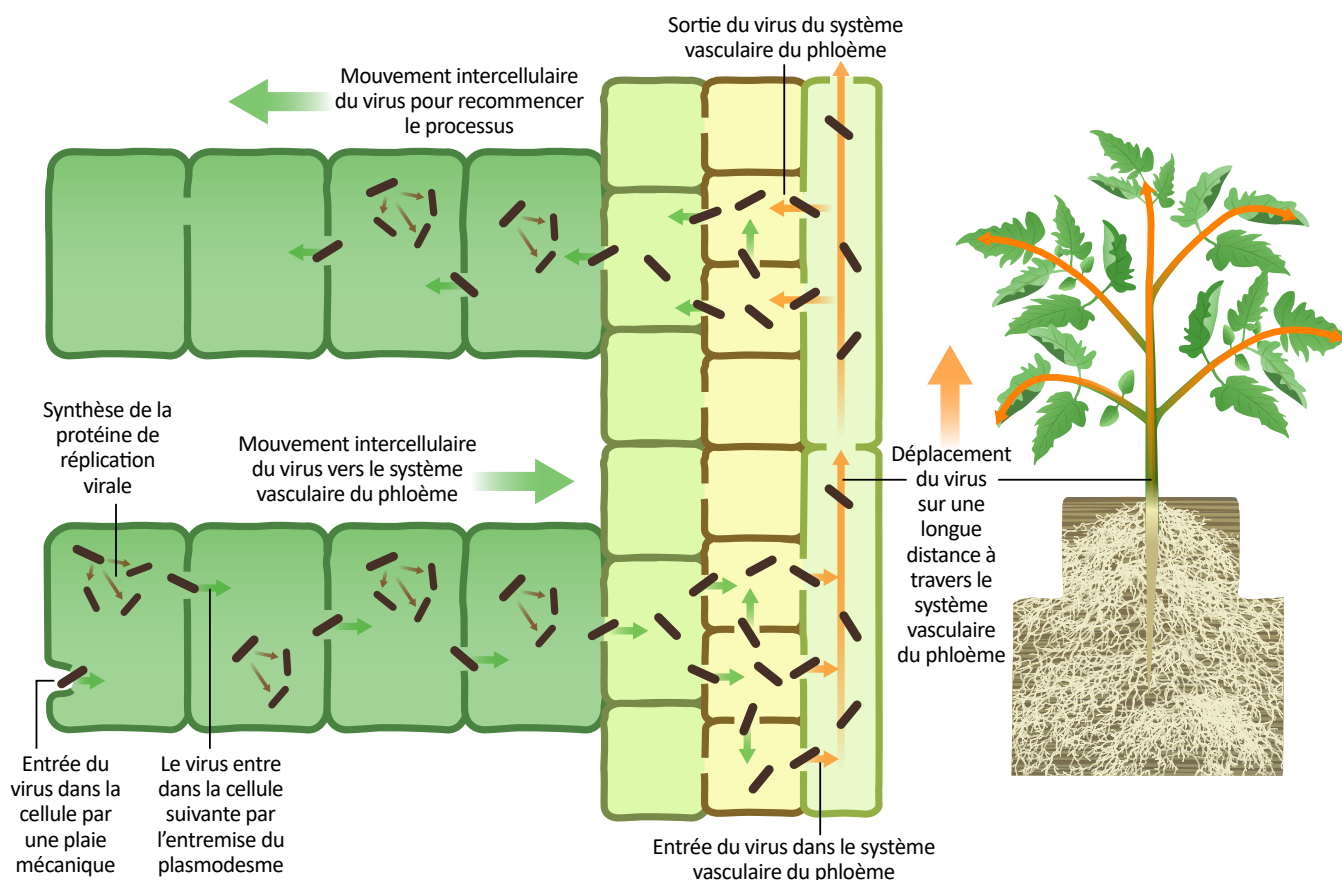


Figure 11. Courbe de croissance exponentielle des micro-organismes.

dans les cellules végétales par des ouvertures naturelles ou des plaies de surface.

Une fois qu'un virus est entré dans une cellule végétale, l'ARN génomique est traduit par des facteurs de l'hôte pour produire des protéines virales. Ces **protéines virales** nouvellement produites lanceront ensuite la réplication de l'ARN génomique viral grâce à d'autres interactions avec les protéines et les membranes de l'hôte. Une fois que le virus a répliqué son ARN et produit suffisamment de protéines, de nouveaux virions se formeront, permettant une transmission ultérieure du virus à travers la plante. Les virus se déplacent d'une cellule à l'autre à travers les **plasmodesmes**, qui sont essentiellement les connexions entre les cellules. Les virus peuvent se propager de manière systémique dans tout le plant de tomate à travers le **système vasculaire** de la plante, en particulier à travers le phloème^[17]. Presque toutes les fonctions de réplication et de mouvement du virus dans la plante dépendent des interactions avec les facteurs de l'hôte pour terminer le cycle.

Les voies de transmission peuvent également varier d'un virus végétal à l'autre. Il est essentiel de comprendre comment un virus pénètre dans une installation de production pour atténuer les risques. Par exemple, le ToBRFV peut entrer dans les serres de production par plusieurs voies, notamment les suivantes :

- semences contaminées
- semis
- surfaces
- personnes^{[23],[64],[65]}

Après avoir infecté avec succès un plant de tomate, le ToBRFV se propage facilement mécaniquement par contact des employés avec des plantes ou des équipements contaminés^[37].

D'autre part, les virus peuvent également être bénéfiques. Les **bactériophages** sont des virus qui infectent les bactéries. Les **baculovirus** sont des virus qui infectent les arthropodes. Certains bactériophages et baculovirus sont

enregistrés comme biopesticide^[4] au Canada et sont utilisés contre les maladies bactériennes et les arthropodes nuisibles. Certaines recherches sur les virus visent à identifier des souches bénignes de certains virus qui peuvent être utilisées pour vacciner les plantes contre des souches plus graves.

Agents pathogènes courants des fruits et des légumes de serre

L'Annexe B fournit une liste des pathogènes végétaux courants dans les fruits et les légumes de serre en Ontario.

Triangle de la maladie

La compréhension du triangle de la maladie est importante pour évaluer et gérer les maladies des plantes. Trois facteurs sont nécessaires au développement des maladies des plantes (Figure 12) :

- un agent pathogène
- un hôte réceptif
- un environnement favorable au développement de la maladie^[46]

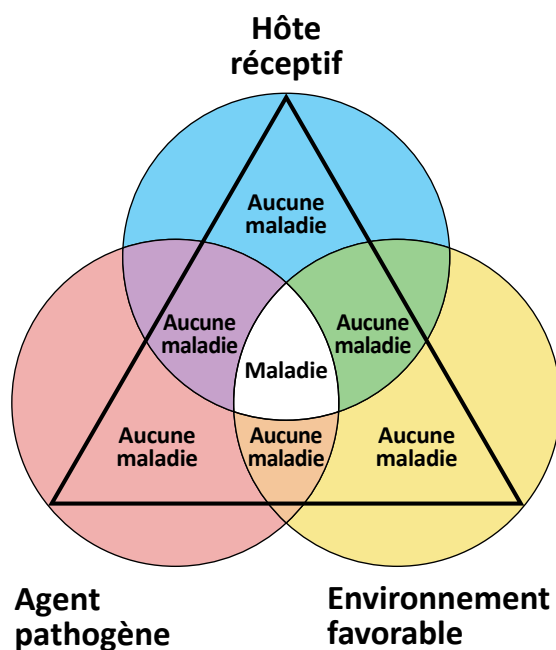


Figure 12. Courbe de croissance exponentielle des micro-organismes.

Source : Department of Plant Pathology, University of Wisconsin-Madison (États-Unis)

Les trois facteurs doivent survenir simultanément pour que la maladie se développe chez une plante. Un organisme ou un agent est considéré comme pathogène lorsqu'il peut causer des dommages à un hôte (en d'autres termes, provoquer une maladie chez une plante). Un **hôte sensible** est celui que cet agent pathogène spécifique peut infecter, ce qui entraîne une maladie. Par exemple, un cultivar de tomate spécifique qui est sensible à l'oïdium. Un environnement favorable au développement de la maladie fournit des conditions qui permettent à l'agent pathogène de prospérer et de se reproduire. La production en serre et à l'intérieur peut être considérée comme un micro-environnement distinct de l'environnement général. Dans ces systèmes de production, il existe des micro-environnements supplémentaires dans tout le couvert végétal et dans la zone racinaire. Dans le contexte du triangle de la maladie, l'environnement fait référence à l'**environnement du milieu de culture** dans lequel les racines poussent et à l'**environnement au-dessus du substrat** où les pousses, les feuilles, les fleurs et les fruits sont produits.

Les caractéristiques de l'environnement du milieu de culture qui doivent être prises en compte pour réduire le risque de maladie des plantes comprennent les suivantes :

- température
- pH
- niveaux de nutriments et leur équilibre
- **conductivité électrique (CE)**
- capacité de rétention de l'humidité
- drainage
- teneur en oxygène

Les caractéristiques de l'environnement au-dessus du substrat qui doivent être prises en compte pour réduire le risque de maladie des plantes comprennent les suivantes :

- niveaux d'éclairage
- température
- mouvement d'air
- humidité relative (HR)
- qualité de l'air

La gestion de la maladie se concentre sur la manipulation d'un ou de plusieurs des trois facteurs du triangle de la maladie pour prévenir le développement de la maladie. Par exemple, en réduisant la sensibilité de l'hôte en utilisant un **hôte tolérant** (et non immunisé), on réduit l'influence du facteur de l'hôte sensible du triangle. Ainsi, un niveau de maladie plus faible se développera qu'avec un hôte entièrement réceptif. Par ailleurs, l'utilisation de cultivars entièrement **résistants** (immunisés) élimine l'hôte réceptif et réduit le triangle à une ligne plate. Dans ce cas, aucune maladie ne se développera. Consulter le chapitre 2, *Résistance de la plante hôte* pour plus de détails.

La maladie ne survient pas instantanément, elle progresse plutôt au fil du temps. Selon l'agent pathogène, cela pourrait se produire en quelques jours ou quelques semaines. Cette donnée est importante dans le contexte de la production en serre, où les cycles de culture sont généralement plus longs que dans les cultures au champ. Par conséquent, la mise en œuvre de stratégies de gestion au début du cycle de la maladie augmentera les chances de succès.

Maladies à transmission vectorielle

Un vecteur est un organisme qui transmet un agent pathogène d'un organisme ou d'une source à un autre. De nombreux organismes peuvent être vecteurs d'agents pathogènes des plantes^[25], y compris les suivants :

- arthropodes
- champignons
- bactéries
- nématodes
- mammifères

Ces vecteurs peuvent être le mode de transmission principal ou ils peuvent s'ajouter à d'autres modes de transmission. Certains virus dépendent de vecteurs pour se propager d'une plante à l'autre.

Vecteurs arthropodes

Les arthropodes acquièrent et transmettent des agents pathogènes des plantes de trois manières principales :

- En entrant en contact avec la surface contaminée d'une plante infectée, puis en transportant un agent pathogène à la surface de son corps.
- En se nourrissant de tissus végétaux infectés et en transportant un agent pathogène sur ou dans leurs pièces buccales.
- En ingérant des **propagules** d'agents pathogènes à travers la sève des plantes et en les libérant lors de leur alimentation ou défécation.

Les insectes vecteurs communs comprennent les **hémiptères**, tels que les pucerons, les aleurodes et les thrips, qui ont tous des pièces buccales de type suceur^[29]. Les abeilles, les moucheron et certaines espèces de coléoptères qui se nourrissent de feuilles peuvent également être vecteurs d'agents pathogènes. Un large éventail d'espèces d'insectes peuvent acquérir et transmettre des agents pathogènes au moyen de la surface extérieure de leur corps. Par exemple, des spores d'oïdium peuvent se fixer à tout insecte qui entre en contact avec une zone de croissance à la surface de la plante, et se propager à de nouvelles parties de la plante ou à des plantes non infectées. Les espèces d'insectes qui ingèrent des agents pathogènes ont tendance à être plus spécialisées pour chaque agent pathogène en question. Par exemple, comme mentionné précédemment, les chrysomèles du concombre (rayées et maculées) sont les principaux vecteurs du flétrissement bactérien dans les concombres^[62].

La transmission des virus par les insectes peut être classée en trois catégories : non persistante, semi-persistante et persistante^{[31],[63],[68]}. Ces catégories se distinguent par leur temps d'acquisition, de la **période de latence** entre l'absorption et la capacité à transmettre à un nouvel hôte, et du temps de rétention. L'utilisation d'insecticides et leur efficacité pour prévenir la transmission aux cultures par les vecteurs arthropodes varient selon le type de transmission.

Les **virus non persistants** nécessitent des périodes d'alimentation relativement courtes (de quelques secondes à quelques minutes) pour permettre à l'insecte d'acquérir suffisamment de virus pour les transmettre. Ces virus sont généralement portés sur les pièces buccales. Par exemple, le virus de la mosaïque du concombre (CMV) est un virus non persistant transmis par les pucerons et les chrysomèles du concombre.

Les **virus semi-persistants** nécessitent plus de temps d'alimentation par les insectes que les virus non persistants (de quelques minutes à quelques heures) et sont généralement portés dans l'**intestin antérieur**. Par exemple, le virus de la pseudo-jaunisse de la betterave (BPYV) est un virus semi-persistant transmis par les aleurodes.

Les virus non persistants et semi-persistants n'ont pas de période de latence et ne sont généralement retenus par l'insecte que pendant une très courte période.

Les **virus persistants** peuvent nécessiter des périodes d'alimentation plus longues (des heures à des jours) pour contracter le virus, mais ils sont parfois transmis à la progéniture des insectes. Ces virus existent dans l'intestin moyen et **postérieur**, l'**hémolymph** (l'équivalent du sang chez l'insecte) et les glandes salivaires. Ces virus ont une période de latence (variant de quelques heures à quelques semaines) et sont conservés pendant une période variant de quelques jours à la durée de vie du vecteur. Le virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV) est un bon exemple de virus persistant. Les thrips des petits fruits, *Frankliniella occidentalis*, peuvent l'acquérir au stade larvaire, puis continuer à le transmettre efficacement tout au long de leur vie. Dans ce cas, les thrips ne le transmettent pas à leur progéniture.

Comme les insectes, certains acariens peuvent également acquérir et transmettre des agents pathogènes des plantes^[48]. Cependant, un ravageur de serre commun, le tétranyque à deux points, ne semble pas transmettre de virus végétaux.

Les insectes bénéfiques ont également été explorés comme vecteurs d'agents pathogènes bénéfiques, tels que les bourdons et les acariens, pour distribuer le champignon bénéfique, *Beauveria bassiana*.

Vecteurs microbiens

Certaines espèces de champignons sont responsables de la vectorisation des maladies des plantes^[10]. Le plus souvent, il s'agit de **champignons du sol**. Par exemple, *Rhizoctonia solani*, un agent causal du pourridié, peut également acquérir et transmettre le virus de la mosaïque du concombre (CMV)^[2].

Certains agents pathogènes des plantes se propagent à l'aide de multiples vecteurs. Par exemple, le virus de la criblure du melon (MNSV) peut être transmis aux concombres par des insectes vecteurs, tels que les chrysomèles du concombre et les champignons qui habitent les racines, tels qu'*Olpidium bornovanus*^[70].

Vecteurs humains

Les mammifères, y compris les humains, peuvent également être des vecteurs d'agents pathogènes des plantes. Comme on le voit avec les maladies transmises mécaniquement, telles que le chancre bactérien, *Clavibacter michiganensis* ou le ToBRFV, les personnes qui entrent en contact avec des plantes infectées peuvent transmettre l'agent pathogène physiquement par des mains ou des vêtements contaminés. Ce concept est particulièrement important pour les employés qui manipulent régulièrement des plantes ou ceux qui visitent plusieurs serres. Ces risques peuvent être atténués grâce à des programmes de **biosécurité** et à la gestion des flux de travail. Consulter la section [B. Gestion des cultures](#), au chapitre 2, pour plus de détails.

Pour de meilleurs résultats, utilisez de multiples stratégies pour gérer les agents pathogènes des plantes principalement transmis par d'autres organismes, y compris en ciblant les vecteurs.

Comparaison entre les ravageurs envahissants indigènes et non indigènes

Les **ravageurs indigènes** en Ontario sont des organismes qu'on retrouve à l'état naturel dans la province et qui causent des dommages aux plantes hôtes cultivées. Les **ravageurs envahissants non indigènes (exotiques ou étrangers)** sont des organismes qui ont été introduits en Ontario à partir d'autres régions

du Canada ou d'autres pays ou continents et qui ont des effets négatifs sur la santé des écosystèmes et des personnes. Toutes les espèces non indigènes ne sont pas considérées comme envahissantes. Parfois, ces espèces envahissantes non indigènes sont réglementées par l'*Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA)* en vertu de la *Loi sur la protection des végétaux* dans le but de prévenir l'établissement de ces espèces ou de minimiser leurs impacts économiques et environnementaux. Pour en savoir plus, consultez la *Liste des organismes nuisibles réglementés par le Canada*^[14].

Les mécanismes d'introduction d'espèces envahissantes non indigènes comprennent le mouvement des marchandises, l'arrivée d'un vecteur de transport ou la propagation naturelle d'une région voisine^{[33],[71]}.

Au cours des premiers stades de l'invasion, les ravageurs exotiques peuvent manquer d'ennemis naturels et il peut ne pas y avoir de produits antiparasitaires homologués pour les combattre. À l'inverse, de nombreux ravageurs indigènes ont des populations bien établies d'ennemis naturels. L'atténuation du risque d'organismes nuisibles envahissants non indigènes devrait donc être axée sur la gestion des voies d'introduction et de propagation à haut risque.



CHAPITRE 2

Lutte intégrée contre les ennemis des cultures

La **lutte intégrée (LI) contre les ennemis des cultures** est une approche qui vise à appliquer les multiples outils et stratégies de gestion disponibles pour tenter de maintenir les populations de ravageurs nuisibles en dessous d'un **seuil de dommage économique** de manière rentable et écologiquement rationnelle. Dans la plupart des cas, l'objectif d'un programme de lutte intégrée n'est pas d'éradiquer les ravageurs par l'utilisation de programmes de pulvérisation de pesticides. La LI favorise plutôt l'intégration de plusieurs stratégies pour réduire une population de ravageurs à un niveau acceptable pour minimiser leur impact économique^{[56], [60]}.

Répercussions économiques

Le potentiel de rendement et la minimisation des répercussions économiques sont des considérations importantes dans les programmes de LI de la plupart des cultures vivrières. Le seuil de dommage économique (SDE) est une mesure d'une population de ravageurs qui provoque des dommages économiques^{[57], [60]}.

Les facteurs qui influencent le SDE sont les suivants :

- coût de la lutte contre les ravageurs
- valeur marchande
- unités endommagées
- dommage
- réduction proportionnelle de la pression parasitaire

Pour éviter de subir des pertes économiques importantes, un **seuil d'intervention (SI)** (ou **seuil économique**) peut être utilisé pour déterminer le moment de lancer une intervention de « gestion ». Le moment de l'intervention est important, car il définit un calendrier approprié pour une réduction de la pression des ravageurs avant d'atteindre le SDE. Les SI peuvent être déterminés par la recherche ou selon l'expérience. Les SI peuvent également différer entre les espèces de ravageurs, les cultivars et les systèmes de production. Par exemple, une espèce de thrips peut avoir un SI de 10 à 12 thrips par fleur dans les poivrons de serre, tandis qu'une autre espèce de thrips peut avoir un SI de 4 à 6 thrips par fleur. En conséquence, le SDE et le SI peuvent être définis par les exploitants de serres individuels, en particulier s'ils ont accès à un ensemble

de données approfondies et spécifiques aux cultures provenant de programmes de surveillance et de gestion antérieurs, qui les aideront à prédire le moment optimal pour lancer des stratégies de gestion.

Réduction de la dépendance aux pesticides

Il existe plusieurs raisons d'utiliser les SI et d'autres techniques de lutte intégrée pour réduire la dépendance aux pesticides dans les serres, notamment :

1

Une application excessive ou incorrecte de pesticides peut entraîner une pollution de l'environnement et une contamination des eaux souterraines.

2

L'exposition potentielle des applicateurs et des travailleurs aux pesticides et aux résidus de pesticides dans les serres nécessite une évaluation critique de la fréquence d'utilisation et de la sécurité des pesticides pendant l'application.

3

Les ravageurs peuvent développer une résistance aux pesticides. Le développement et l'homologation de nouveaux pesticides nécessitent beaucoup de temps et de ressources. Il est essentiel de limiter l'utilisation des pesticides pour réduire le développement de la résistance chez les ravageurs.

La meilleure approche pour ralentir le développement de la résistance consiste à utiliser une combinaison de stratégies, en utilisant uniquement des pesticides en dernier recours. L'adoption d'une approche de LI minimise l'accent mis sur l'utilisation des pesticides. Cela réduit à son tour les effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement, réduit les résidus sur les aliments et retarde la résistance aux ravageurs. Par conséquent, il y a souvent des augmentations mesurables de la production et de la qualité de l'application dans un programme de lutte intégrée bien conçu.

Principes de la LI

Il existe de nombreuses stratégies qui peuvent être utilisées avec succès dans un programme de lutte intégrée. Avant de planifier un programme spécifique, tenez compte des six principes suivants de gestion des maladies des plantes qui peuvent généralement être appliqués à tous les ravageurs, y compris les arthropodes.

Exclusion

L'un des principaux objectifs de la lutte antiparasitaire est d'empêcher les parasites de s'établir dans la serre.

Évitement

Utiliser des pratiques pour éviter les conditions qui favorisent le développement des ravageurs.

Résistance

Différents cultivars ont des capacités différentes à rester en bonne santé ou à résister aux attaques lorsqu'un ravageur est présent ou que l'environnement est propice au développement des ravageurs.

Protection et prévention

En améliorant la santé des plantes grâce à la lutte biologique, des mesures préventives peuvent réduire la transmission et la propagation des ravageurs.

Éradication

Bien que difficile pour certains ravageurs, cela peut parfois être réalisé avec des efforts de gestion stricts.

Traitement

Les traitements post-infection ou post-infestation peuvent aider à réduire la propagation aux plantes voisines en bonne santé et, dans certains cas, à prévenir les blessures graves aux plantes.

Création d'un programme de LI

Chaque serre aura probablement son propre programme de lutte intégrée, car la « recette » variera nécessairement selon la culture, l'emplacement, la saison et la tolérance aux ravageurs de l'exploitation. Tous les intervenants travaillant dans les cultures et tout au long de la **chaîne d'approvisionnement** sont responsables de la mise en œuvre ou du soutien d'un programme désigné de lutte intégrée et devraient se coordonner activement pour réduire de manière préventive la pression des ravageurs et l'utilisation des pesticides. Il pourrait s'agir notamment d'adopter des lignes directrices générales et des pratiques exemplaires propres à chaque exploitation serricole. Un programme de lutte intégrée comprend la surveillance des ravageurs et jusqu'à quatre éléments de prévention ou de gestion de base : gestion des cultures, gestion physique, gestion biologique et pesticides (Figure 13).

Chaque composante de gestion est explorée plus en détail dans les sections suivantes :

A. Surveillance

B. Gestion des cultures

C. Gestion physique

D. Gestion biologique

E. Gestion des biopesticides et des pesticides conventionnels

Composantes d'un programme de LI

Toutes les composantes d'un programme de lutte intégrée sont importantes pour la gestion réussie des ravageurs. Indépendamment de leurs tâches principales, tous les employés bénéficieraient d'une formation pour comprendre les signes et les symptômes des ravageurs des plantes et des agents de lutte biologique.

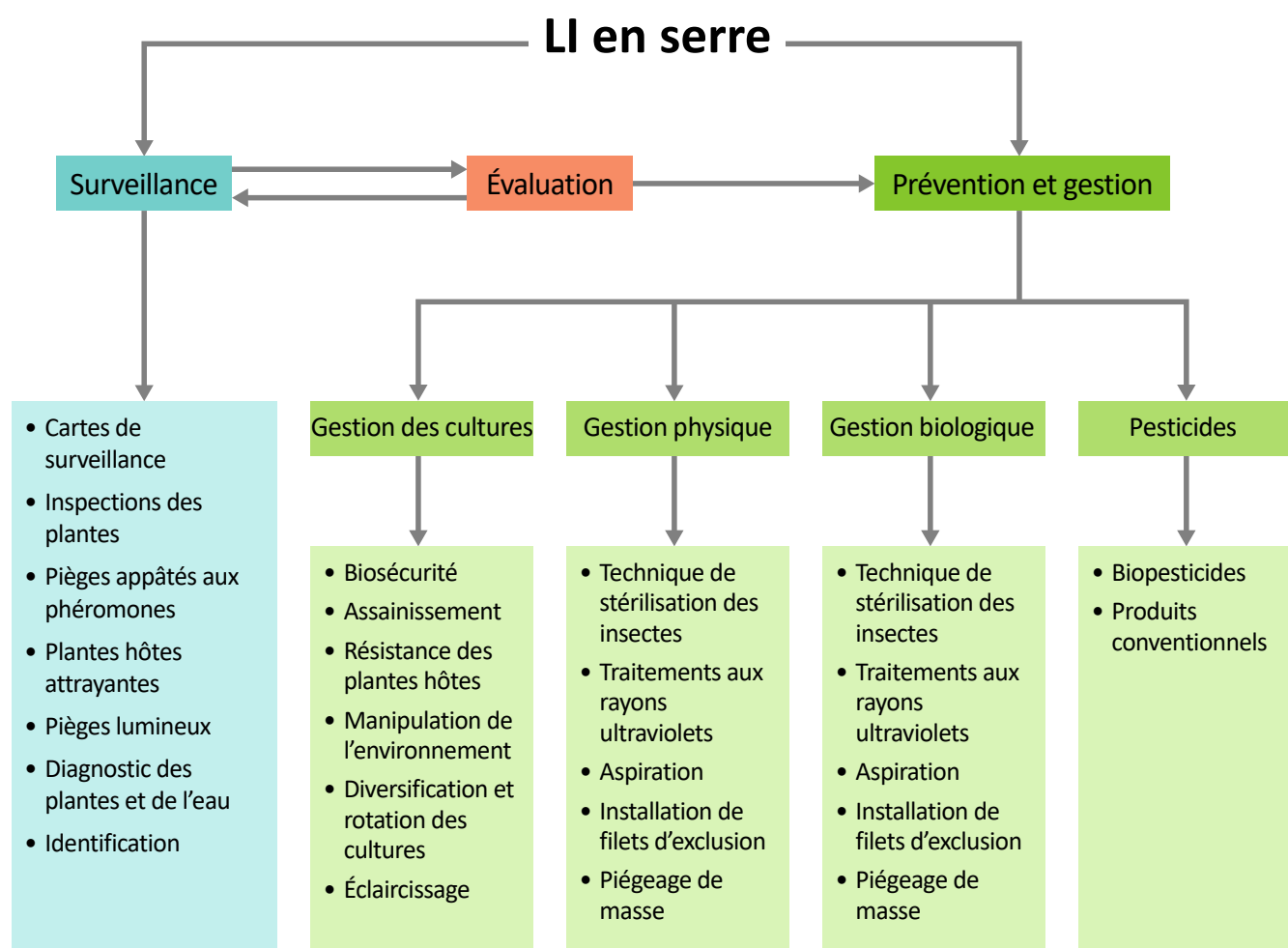


Figure 13. Composantes d'un programme de lutte intégrée (LI) contre les ennemis des cultures.

A. Surveillance

Une surveillance ou un dépistage rigoureux doit être effectué au moins une fois par semaine pour obtenir des informations fiables permettant d'orienter les décisions en matière de lutte antiparasitaire. Idéalement, la totalité de la serre serait contrôlée en une semaine. Toutefois, en réalité, cette surveillance peut varier selon les facteurs suivants :

- la culture cultivée
- la taille de la culture
- le niveau de pression des ravageurs
- l'espèce nuisible
- l'accès à la main-d'œuvre et aux équipements

Si on les compare aux cultures plus matures, les jeunes cultures peuvent être plus faciles à surveiller : les plants sont plus petits, il y a moins de parasites et les dépisteurs peuvent couvrir plus de surface en moins de temps. Au fur et à mesure que les plantes poussent, plus de temps doit être alloué pour la surveillance à l'aide d'équipements tels que des chariots élévateurs à ciseaux, de sorte qu'il peut être nécessaire d'alterner les rangées chaque semaine. Dans certains cas, cela peut signifier que le dépistage est effectué seulement dans une rangée sur quatre, ce qui signifie que l'ensemble de la serre est couvert toutes les quatre semaines.

Les stratégies et les outils de surveillance courants comprennent les suivants :

- installation de pièges collants pour la surveillance des insectes volants
- inspection physique des plantes à la recherche de signes et de symptômes de maladies des plantes et de stades sédentaires ou de parasites non volants
- utilisation de **pièges sélectifs appâtés aux phéromones**
- utilisation de plantes hôtes attrayantes et de **pièges lumineux** pour améliorer la détection précoce des ravageurs
- utilisation de méthodes moléculaires (par exemple, à l'aide d'une réaction en chaîne de la polymérase ou PCR) ou d'immunodosages (par exemple, des tests en bandelette) pour la détection précoce de maladies

De plus, les récents progrès technologiques ont commencé à intégrer l'intelligence artificielle (IA) et les logiciels de reconnaissance d'images qui peuvent à la fois identifier et compter les parasites sur les **cartons collants**.

En l'absence de telles technologies, ou en plus de celles-ci, les moyens de base d'identifier les ravageurs et d'enregistrer les détails de leur occurrence comprennent l'utilisation des suivants :

- outils d'écriture tels que le papier et stylo à planchette à pince ou les tablettes numériques pour conserver des dossiers détaillés
- loupes ou caméras (téléphone ou microscope) équipées d'une capacité de macrophotographie
- **ruban indicateur** pour marquer les plantes infestées ou suspectes à revisiter avec l'option de traitement ou à réévaluer pour déterminer le traitement nécessaire, s'il y a lieu

Cartons collants

L'outil de surveillance en serre le plus courant consiste à utiliser des cartons collants pour piéger de nombreuses espèces d'insectes volants. Les cartons sont disponibles dans une gamme de tailles et de couleurs, notamment le jaune, le bleu, le blanc et le vert. Les cartons collants jaunes sont particulièrement bons pour un large éventail d'insectes, y compris les aleurodes adultes, les thrips, les mineuses des feuilles, les fongicoles et les pucerons ailés. Si un large éventail de parasites est présent, utilisez des cartons collants jaunes. En général, peu d'agents de biocontrôle sont capturés sur ces cartes.

Il est important de fournir une couverture adéquate lors de l'utilisation de cartons collants. Utilisez un taux de distribution minimum d'un carton tous les 100–200 m² (1/100 m² dans les petites zones; 1/400 m² dans les grandes zones). Choisissez l'extrémité supérieure ou inférieure de cette plage en fonction de la taille de l'exploitation surveillée, de l'incidence des ravageurs et de la période de l'année. L'utilisation de cartons plus collants aide à la détection précoce des ravageurs lorsque la densité de population est encore faible. Changez les cartons au besoin pour faciliter le comptage et l'enregistrement du nombre d'insectes capturés chaque semaine. Les cartons collants peuvent perdre leur adhérence après environ 12 semaines dans une serre chaude. Pour éviter le double

comptage des insectes, utilisez un marqueur permanent pour marquer les insectes ou les encercler.

Les cartons doivent être placés à proximité des lieux d'activité des insectes en fonction de leur source de nourriture préférée, des zones où vous anticipez des infestations précoces ou aux points d'entrée initiaux (Figure 14). De nombreux insectes nuisibles préfèrent les jeunes pousses, de sorte que les cartons sont souvent placés près du sommet de la plante.



Figure 14. (A) Cartons collants jaunes et (B) cartons collants bleus utilisés pour la surveillance des insectes volants nuisibles dans les cultures en serre.

Les informations à enregistrer sur les cartons collants à partir des observations hebdomadaires comprennent les suivants :

- ✓ date ou numéro de semaine
- ✓ emplacement du carton
- ✓ identité des insectes (sont-ils importants pour la culture?)
- ✓ quantité d'insectes
- ✓ comparaison entre les chiffres sur les cartons et les observations sur la plante pour évaluer les tendances ou les afflux soudains de ravageurs
- ✓ changements dans les paramètres météorologiques ou climatiques de serre

Inspections des plantes

Les inspections visuelles des plantes sont essentielles pour surveiller la présence de plusieurs espèces et stades de parasites sédentaires tels que les acariens, les pucerons sans ailes ou les stades immatures des aleurodes, des thrips et des arpeuteuses. De plus, les signes et les symptômes de maladies des plantes doivent être enregistrés, tels que le flétrissement ou les zones d'oïdium.

Adoptez un patron d'échantillonnage régulier qui assure une bonne couverture de l'ensemble de la serre, y compris les points d'entrée et les zones préoccupantes. La détection précoce permet des interventions en temps opportun pour prévenir ou retarder la propagation des populations de ravageurs aux plantes voisines en bonne santé. Les interventions en temps opportun peuvent comprendre l'élimination des plantes infestées ou infectées ou l'utilisation d'applications ponctuelles d'agents de lutte biologique ou de pesticides, réduisant ainsi les coûts associés à la lutte contre les ravageurs.

L'inspection des plantes doit comprendre l'examen visuel des plantes, le retournement des feuilles au hasard pour observer l'activité des ravageurs sur la face inférieure de la feuille et la vérification des fleurs qui sont attrayantes pour de nombreux ravageurs tels que les thrips. Les dépisteurs doivent parcourir les rangées à une vitesse raisonnable. Les observations doivent comprendre des indicateurs de l'établissement de la lutte biologique, tels que les agents de lutte biologique souhaités présents à différents stades de la vie dans les colonies de ravageurs. Recherchez d'autres signes de présence de parasites tels que les dommages causés par l'alimentation, la sciure et les excréments d'insectes, les flocons blancs issus de la mue des pucerons ou le miellat excrété par les pucerons et les aleurodes. Prenez note des plantes décolorées ou des préoccupations concernant la vigueur générale des plantes. Inspectez les tiges des plantes fanées à la recherche de plaies et les racines à la recherche de symptômes de pourriture.

Si un ravageur est observé et qu'il est nécessaire d'appliquer un traitement ou de révéifier la zone à l'avenir, un ruban indicateur peut être utilisé pour marquer les plantes individuelles ou le début de la rangée où la plante a été observée. Certains

programmes utilisent différentes couleurs pour identifier différents ravageurs. Par exemple, le bleu pour les aleurodes, le rose pour les tétranyques à deux points et l'orange en cas de suspicion de maladie. L'écriture du numéro de la semaine ou de la date sur le ruban indicateur peut aider aux observations futures et aider à évaluer le succès des traitements appliqués.

Les observations hebdomadaires des plantes doivent comprendre les renseignements suivants :

- ✓ date ou numéro de semaine
- ✓ emplacement dans la serre
- ✓ espèces végétales et cultivar
- ✓ identité des insectes et des acariens (sont-ils importants pour la culture? S'agit-il d'un ravageur ou d'un agent de biocontrôle?)
- ✓ quantité d'insectes (estimations approximatives des niveaux d'infestation, comme le nombre le plus faible par rapport au point chaud)
- ✓ stade des insectes (p. ex. adultes, pupes, larves ou nymphes, ou œufs)
- ✓ étendue des dommages
- ✓ établissement des agents de biocontrôle (toutes les étapes de la vie sont-elles présentes?)
- ✓ efficacité des pesticides
- ✓ emplacement sur la plante (fleurs ou feuilles)
- ✓ corrélation entre les individus observés sur la plante avec les chiffres sur les cartons collants
- ✓ note sur la couleur inhabituelle des feuilles ou des tiges
- ✓ note à savoir si le nombre observé est une tendance ou un afflux soudain
- ✓ note sur les effets du temps ou de l'environnement dans la serre

Pièges lumineux

Les pièges lumineux offrent également une solution de rechange facile à utiliser et non chimique pour attirer les parasites nocturnes tels que les arpeuteuses adultes. Les pièges lumineux utilisent une combinaison de lampes à lumière noire pour attirer les insectes et d'un

électrocuteur à basse tension autour des lampes. Ces lampes émettent un rayonnement ultraviolet (UV) à ondes longues d'environ 365 nanomètres (nm). Elles émettent également de la lumière visible dans la plage de 430 à 540 nm. La lumière ultraviolette est la partie la plus efficace du spectre lumineux pour attirer les papillons nocturnes.

Tenez compte des facteurs suivants lorsque vous utilisez des pièges lumineux :

Taille

Plus le piège est grand, plus il attirera les papillons de nuit. La plupart des pièges peuvent attirer les papillons de nuit dans un rayon de 40 à 50 m.

Lieu

Idéalement, placez les pièges dans les endroits les mieux adaptés à leur portée d'attraction. Cependant, comme les considérations pratiques ont tendance à dicter l'emplacement des pièges, la plupart des employés de la serre les placent le long des allées. Dans les deux cas :

- Placez un grand panneau collant ou un récipient contenant de l'eau savonneuse sous le piège pour attraper les insectes.
- Placez les pièges suffisamment haut pour que les plantes ne bloquent pas la lumière émise par les pièges ou n'entravent pas l'accès des petits papillons de nuit.
- Placez des pièges juste au-dessus du couvert végétal.

Entretien

Pour maintenir l'efficacité des pièges, inspectez et nettoyez régulièrement les pièges lumineux.

Bourçons

Les pièges lumineux peuvent attirer et tuer les bourçons. Pour éviter ou minimiser le piégeage des abeilles, utilisez une minuterie pour que les lumières s'allument au crépuscule après le retour de la plupart des abeilles à leurs ruches et s'éteignent au lever du soleil. Certains agents de biocontrôle peuvent également être attirés par les lumières, alors faites attention si vous utilisez des agents actifs la nuit.

Pièges appâtés aux phéromones

Les phéromones sont des composés chimiques libérés par les organismes qui provoquent une réponse immédiate telle que l'attraction sexuelle, les comportements d'alarme ou de recrutement ou provoquent des changements physiologiques chez l'insecte. Les leurres de phéromones spécifiques à l'espèce peuvent être utilisés pour faciliter la détection précoce. Les insectes situés à proximité du leurre aux phéromones peuvent être fortement attirés par le piège et observés plus tôt qu'ils ne le seraient autrement. Les pièges appâtés aux phéromones (leurre aux phéromones avec un carton collant) sont souvent utilisés pour la détection précoce du charançon du poivron, *Anthonomus eugenii* (Figure 15).



Figure 15. (A) Piège collant appâté aux phéromones du charançon du poivron utilisé pour la surveillance des poivrons de serre. (B) Piège appâté aux phéromones d'arpenteuse utilisé pour la surveillance à l'extérieur de la serre.

Plantes hôtes attrayantes (plantes indicatrices)

Parfois, une espèce végétale particulière peut être plus attirante pour les ravageurs que l'espèce cultivée. Ces plantes hôtes attrayantes peuvent être utilisées comme « plantes indicatrices » dans un système d'alerte précoce. Selon la culture, certaines options de plantes hôtes attrayantes comprennent l'aubergine pour les aleurodes, le souci pour les thrips ou les haricots pour les tétranyques à deux points (Figure 16).



Figure 16. Plantes indicateurs de haricots utilisés pour surveiller les tétranyques à deux points dans les tomates de serre.

Identification ou diagnostic

L'identification correcte des arthropodes et le diagnostic des maladies des plantes sont importants pour prendre des décisions de gestion éclairées. Par exemple, les symptômes du pourridié peuvent se ressembler visuellement, même s'il existe différents agents causaux, mais les options de traitement peuvent être différentes pour un vrai champignon comme *Fusarium oxysporum* par rapport à un oomycète comme *Pythium aphanidermatum*.

Parfois, l'identification des arthropodes peut se produire sur place lorsque les caractéristiques distinctives sont évidentes et peuvent être observées à l'aide d'une loupe ou d'un microscope. Des distinctions plus subtiles ou plus complexes peuvent nécessiter l'aide d'un taxonomiste professionnel ou l'utilisation de diagnostics génétiques tels que le codage à barres ou le séquençage. Par exemple, il est difficile de faire la distinction entre l'arpenteuse de tomates, *Chrysodeixis chalcites*, et l'arpenteuse

du soya, *Chrysodeixis includens*, sur place et nécessite une inspection étroite des organes génitaux des insectes ou un séquençage pour identifier l'espèce exacte. Cette distinction est importante étant donné que certaines options de traitement peuvent être plus efficaces pour une espèce donnée.

Les outils de diagnostic de la maladie peuvent comprendre des inspections visuelles pour détecter des agents pathogènes visibles tels que l'oïdium ou des symptômes évidents tels que le mildiou, des tests rapides pour détecter certains agents pathogènes bactériens ou viraux, ou l'utilisation d'un laboratoire de diagnostic dans votre région pour confirmer l'espèce ou l'agent causal. Les **bandelettes de test d'immunodosage**, par exemple, sont des tests rapides qui réagissent avec des anticorps dans les tissus végétaux et indiquent la présence d'un agent pathogène végétal spécifique au moyen d'un indicateur visuel.

Le diagnostic de la maladie peut être proactif ou réactif. L'**échantillonnage proactif** est un échantillonnage aléatoire ou fréquent avant l'observation des symptômes. Par exemple, un exploitant de serre pourrait effectuer la surveillance du virus du fruit rugueux brun de la tomate (ToBRFV) en prélevant régulièrement des échantillons de la solution nutritive et en dépistant le ToBRFV par PCR, séquençage ou autres **analyses immunologiques de laboratoire**. L'**échantillonnage réactif** se produirait une fois que les symptômes sont observés pour confirmer l'identité de l'organisme responsable des dommages.

Degrés-jours

Dans certains cas, nous pouvons prédire les événements du stade de vie en utilisant les connaissances sur le développement dépendant de la température. Ces prédictions peuvent être effectuées en suivant le cumul des **degrés-jours**. Les degrés-jours sont une unité d'accumulations de chaleur utilisant une température de base (la température minimale requise pour le développement). Ils sont calculés le plus souvent en prenant la température quotidienne moyenne, puis en soustrayant la température de base :

$$\text{Degrés-jours} = \frac{(\text{température maximale} + \text{température minimale})}{2} - \text{température de base}$$

Le point de départ des calculs des degrés-jours est déterminé à l'aide d'une date de **fixation biologique**^[72]. La date de fixation biologique peut être une date civile précise (comme le 1^{er} avril, où il est certain que l'espèce d'intérêt n'a pas émergé de son site d'hivernage avant cette date) ou la date d'un événement biologique (comme le point de vol soutenu déterminé par les insectes capturés dans les pièges). Les modèles de degrés-jours sont cumulatifs, c'est-à-dire que le cumul de chaleur quotidienne est ajouté aux cumuls du ou des jours précédents.

Par exemple, un modèle de degré-jours validé peut être utilisé pour prédire les modèles de vol de la pyrale du maïs dans le sud-ouest de l'Ontario (Tableau 1)^[5]. Ce modèle nous donne une idée du moment où le vol de la pyrale commence, culmine et se termine en fonction des captures de papillons de nuit et peut être utilisé pour guider les efforts de dépistage et les décisions de gestion. Les modèles de degrés-jours n'existent pas pour tous les ravageurs et sont difficiles à développer pour les ravageurs dont plusieurs générations se chevauchent.

Tableau 1. Modèle de degrés-jours pour la pyrale du maïs dans le sud-ouest de l'Ontario validé par Baute, 1999.

Nombre de générations	Première capture ¹	Période de vol de pointe ¹
Bivoltine (2 générations)		
1 ^{re} génération	150	300-350
2 ^e génération	700	1050
Univoltine (1 génération)		
1 ^{re} génération	300	650-700

¹ Cumul des degrés-jours.

Tenue de registres et gestion des données

Une fois que toutes les informations sont recueillies, les données doivent être utilisées pour évaluer si une intervention est nécessaire. Une bonne tenue des dossiers peut fournir des informations utiles sur les augmentations de population et le succès des mesures de gestion. Il peut y avoir des tendances évidentes au fil du temps ou d'une année à l'autre. Ces tendances peuvent être utilisées pour aider aux efforts de surveillance, au calendrier à l'établissement de la chronologie appropriée des options de

gestion et à la prédiction des occurrences de ravageurs migrateurs. L'utilisation de cartes peut être utile pour donner une indication visuelle de l'emplacement et de la répartition d'une semaine à l'autre. De nombreux outils numériques sont maintenant disponibles pour aider à la collecte, à la gestion et à l'analyse des données.

La vidéo [Monitoring for Pests in the Greenhouse](#)^[77] sur [ONGreenhouseVegetables.ca](#) comprend des renseignements supplémentaires.

B. Gestion des cultures

La gestion des ravageurs par l'intermédiaire de la gestion des cultures nécessite une modification du système ou des pratiques de production afin de réduire les populations de ravageurs ou de perturber leur habitat ou leur environnement nécessaire à l'intérieur ou à proximité de la culture. De nombreuses techniques différentes de gestion des cultures peuvent être incorporées dans un programme de lutte intégrée contre les ennemis des cultures dans la production en serre, telles que la biosécurité, l'**assainissement**, la résistance des plantes hôtes, la manipulation de l'environnement et la modification des pratiques de culture, la diversification et la rotation des cultures et l'élimination des plantes mortes et mourantes (**éclaircissage**).

Plan de biosécurité

La biosécurité est l'utilisation de stratégies d'atténuation des risques pour protéger les cultures contre les dommages causés par les ravageurs, y compris la prévention de l'introduction des ravageurs et la gestion de leur propagation. Les stratégies comprennent l'identification et la résolution des voies d'introduction. En outre, les voies d'introduction et de transmission dans une serre peuvent être différentes pour chaque espèce de ravageur.

Les risques courants comprennent les suivants :

- présence de mauvaises herbes hôtes
- matière organique ou débris de culture infestés ou infectés
- conditions de croissance
- produits importés
- mammifères

Bon nombre de ces risques peuvent être atténués grâce à un plan de biosécurité complet utilisant plusieurs techniques. Le plan

de biosécurité peut varier d'une serre à l'autre en fonction de la culture, des méthodes de production, de la structure elle-même et des menaces phytosanitaires.

L'atténuation des ravageurs est plus efficace lorsqu'un plan de biosécurité est mis en œuvre à toutes les étapes de la chaîne d'approvisionnement. Il s'agit, entre autres, des propagateurs, des producteurs, des emballateurs, des importateurs, des entreprises d'élimination des déchets, des fournisseurs, des consultants et du gouvernement (Figure 17).



Figure 17. Les panneaux affichés aux points d'entrée peuvent rappeler au personnel de la serre et aux visiteurs de suivre les procédures de biosécurité.

Le [Guide de biosécurité du secteur des légumes de serre](#) de l'Agence canadienne d'inspection des aliments peut être utilisé pour aider à l'élaboration d'un plan de biosécurité^[12].

Nettoyage et assainissement

L'assainissement est une partie nécessaire de tout programme de lutte intégrée contre les ennemis des cultures. Il s'agit d'un processus continu tout au long de l'année^[53] et dont les mesures ont des effets directs sur les niveaux de ravageurs. En général, l'assainissement comprend l'élimination des matières infestées et des sources potentielles d'infestation, puis la désinfection des surfaces.

Les mesures d'assainissement doivent être mises en œuvre à tous les stades de la production, en commençant par la propagation, jusqu'à la fin de la culture (arrêt) pour maximiser leur effet. Les zones principales et les choix de désinfectants peuvent également varier en fonction des espèces cultivées ou des menaces phytosanitaires. Par exemple, étant donné

que le ToBRFV se propage facilement dans toute la culture et survit pendant de longues périodes sur les surfaces, concentrez les efforts d'assainissement sur le nettoyage diligent des zones, des outils et des équipements qui présentent un risque élevé de contamination par la sève des plantes^{[23],[47]}. Cela inclut les surfaces touchées par les employés après avoir manipulé des plantes, telles que les poignées de porte ou les mains courantes. Les détergents et les désinfectants efficaces sont souvent identifiés dans le cadre de recherches sur les agents pathogènes des plantes à haut risque comme le ToBRFV^{[15],[69]}.

En outre, différents niveaux d'assainissement doivent être mis en œuvre dans la serre. Pendant la production végétale, l'assainissement de base est utilisé pour supprimer le développement des ravageurs. Cependant, à la fin de chaque cycle de culture, avant de replanter, un assainissement majeur est nécessaire. C'est ce qu'on appelle souvent le « nettoyage des cultures ». Il s'agit non seulement d'enlever tout le matériel végétal, mais aussi de nettoyer et de désinfecter par la suite la structure de la serre et tous les équipements utilisés. Ce processus minimise le transfert des ravageurs vers la nouvelle culture, favorisant ainsi un bon départ dans le prochain cycle de culture.

Il y a trois étapes essentielles pour un nettoyage et une désinfection en profondeur. Elles doivent être effectuées dans l'ordre suivant :

1

Éliminer la matière organique

La matière organique protège les parasites et peut neutraliser ou inactiver les désinfectants.

2

Laver avec un détergent, rincer, et sécher

Lavez ou frottez d'abord avec un détergent afin d'aider à éliminer plus de matière organique et de commencer à décomposer les agents pathogènes.

3

Désinfecter, rincer (au besoin), et sécher

Cette dernière étape permet d'éliminer les éléments qui restent après les étapes 1 et 2.

Mesures utilisées pendant le nettoyage des cultures

Traitez les plantes avant de les enlever pour éliminer les parasites actifs. Retirez et éliminez correctement les éléments suivants :

- Anciens résidus de cultures et de plantes. Retirez toutes les matières organiques et les dépôts inorganiques (y compris les dépôts de calcium) de toutes les surfaces et de tous les objets à désinfecter. Toute matière organique ou tout résidu présent réagira avec le désinfectant et réduira son efficacité. Frottez les surfaces texturées avec un détergent ou un nettoyant de qualité commerciale et une laveuse à pression. Broyez les vignes, balayez et aspirez les résidus en vous concentrant sur les joints dans le revêtement de sol, les allées, les coins, les rebords, etc. (Figure 18). N'empilez ou ne répandez pas de matériel végétal infesté ou infecté derrière votre serre.
- Remplacez l'ancien revêtement de sol lorsqu'il est endommagé ou difficile à nettoyer, ainsi que les autres matériaux comme les pinces, les dalles, les ficelles, etc.



Figure 18. (A) Les vignes de tomates passent dans une déchiqueteuse. (B) Aspiration des résidus de récolte.

Les zones à nettoyer et à désinfecter comprennent les suivantes :

- réservoirs, réservoirs de récupération des eaux ou d'épuration pour les eaux sales, réservoirs d'eau douce, et groupes de pompage
- piquets arroseurs : faites-les tremper dans une solution acide jusqu'à 48 heures, rincez-les bien de nouveau, désinfectez-les, puis rincez-les selon les directives indiquées sur l'étiquette du produit. Remplacez les émetteurs et les autres pièces lorsqu'ils sont endommagés ou difficiles à nettoyer (Figure 19A)
- structures vides : utilisez une laveuse à pression ou un équipement spécialisé à basse pression avec une large buse. Commencez à la pointe du toit et travaillez vers le bas (Figure 19B)
- surfaces horizontales où la poussière et les débris peuvent s'accumuler : tuyaux de chauffage, chevrons, bacs, passerelles en béton (Figure 19C)
- outils et équipements : tels que les chariots élévateurs à ciseaux, les caisses de récolte, les fils, les machines, les véhicules, les chariots élévateurs (y compris les fourches), les palettes, les couteaux et les ciseaux
- autres zones communes : bureaux, toilettes, salles à manger, chaînes d'emballage, chaufferie. N'oubliez pas les poignées de porte, les claviers et les autres surfaces touchées par les employés.

Le guide [Cleaning and sanitizing a greenhouse between crop cycles](#) sur [ONGreenhouse](#) Vegetables.ca fournit des informations supplémentaires^[75].



Figure 19. (A) Piquets arroseurs sales recouverts de dépôts inorganiques. (B) Lavage et désinfection de la structure. (C) Lavage et désinfection des bacs. (D) Serre propre et prête à accueillir une nouvelle culture.

Avant de nettoyer l'équipement d'irrigation, n'oubliez pas de retirer les goutteurs du milieu de culture, en gardant les conduites légèrement remplies pour maintenir l'humidité. Débranchez également les capteurs de pH et de **conductivité électrique (CE)** et retirez les filtres.

Six étapes pour rincer les conduites :

1. Rincer à l'eau
2. Rincer à l'acide (tel que l'acide nitrique, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique ou muriatique); vérifier les exigences de pH du fabricant de l'émetteur.
3. Allumer le système plusieurs fois à des intervalles d'une heure pendant 24 heures
4. Rincer à l'eau claire
5. Rincer avec un désinfectant
6. Rincer à nouveau avec de l'eau propre lorsque cela est spécifié par l'étiquette du produit

Lorsque vous lavez et désinfectez différentes parties de la serre, assurez-vous de laisser agir les produits (laisser les surfaces humides) pendant de 15 à 60 minutes. Les temps de contact plus longs sont généralement plus efficaces; toutefois, méfiez-vous de la corrosion potentielle causée par les désinfectants. Rincez soigneusement à l'eau et laissez tout sécher complètement entre les étapes.

Maintenez des températures chaudes dans une serre sèche et sans culture pour « affamer » les ravageurs et augmenter l'efficacité des désinfectants. En général, des températures plus basses nécessitent des temps de contact plus longs entre le désinfectant et les surfaces, tandis que des températures plus élevées augmentent leur efficacité de deux à trois fois pour chaque augmentation de 10°C de la température. Idéalement, mélangez les désinfectants dans de l'eau chaude (à environ 20°C) et appliquez la solution sur des surfaces sèches dans une serre chaude pendant la soirée. N'utilisez pas d'eau dure (eau avec des ions calcium de plus de 300–400 ppm) avec des désinfectants, car elle nuit à la capacité désinfectante de certains produits chimiques.

Utilisez toujours la concentration appropriée de désinfectant recommandée par le fabricant du produit. Des concentrations trop faibles

peuvent ne pas désinfecter correctement, tandis que des concentrations trop fortes peuvent endommager les matériaux en contact avec le désinfectant. Vérifiez toujours les règlements fédéraux et provinciaux ainsi que les règlements municipaux lorsque vous choisissez des pesticides et des désinfectants. Il est essentiel de stocker, de manipuler, d'appliquer et d'éliminer de manière appropriée pour éviter les impacts négatifs sur la santé et la sécurité des personnes et sur l'environnement. Vérifiez toujours les recommandations de la **fiche de données de sécurité (FDS)** avant d'utiliser un produit. Consultez les étiquettes d'avertissement pour vous assurer d'utiliser l'**équipement de protection individuelle (EPI)** requis. Chauffez et ventilez la serre pour la débarrasser des résidus de pesticides après le nettoyage pour éviter la phytotoxicité dans votre prochaine culture.

D'autres mesures peuvent inclure l'utilisation d'un traitement thermique pour éliminer les infestations parasitaires lorsque la serre est vide entre les cultures. Le maintien de la température à environ 40°C et de l'humidité à moins de 50 % pendant 3 à 4 jours peut aider à éliminer les insectes et les acariens nuisibles. Cet objectif est plus facile à atteindre pendant les mois les plus chauds, lorsque cette température peut être atteinte en fermant simplement les événements. Notez qu'à des températures plus élevées, les raccords en plastique peuvent se déformer.

Remplacez le milieu de culture si possible. La **solarisation** ou la **stérilisation à la vapeur** sont des options pour traiter le milieu de culture à réutiliser comme c'est souvent le cas avec les cultures biologiques.

La température et la durée nécessaires pour tuer ou dénaturer l'organisme nuisible cible peuvent varier d'un organisme ou d'une espèce à l'autre. Par exemple, pour un traitement à la vapeur d'environ six heures, il faut maintenir une température allant de 50°C pour certaines bactéries à plus de 70°C pour certains champignons pour tuer ou dénaturer les ravageurs. Des températures encore plus élevées peuvent être nécessaires pour inactiver certains virus.

Évitez d'hiverner des plantes de jardin ou d'intérieur dans la serre, car elles peuvent abriter des ravageurs qui pourraient infecter la prochaine culture.

Mesures utilisées lors de l'établissement des cultures et de la production des cultures

Utilisez du matériel végétal exempt de parasites en achetant des semences propres qui ont été traitées (si disponibles) ou testées pour détecter la présence d'éventuels agents pathogènes des plantes et propagées dans une installation propre. N'introduisez pas de nouvelles plantes dans la serre tant que l'ancienne culture n'a pas été enlevée et que la zone n'a pas été soigneusement nettoyée et désinfectée. Examinez tous les plants repiqués (plantes et racines) du propagateur afin que les plantes malades ou infestées de ravageurs puissent être jetées ou traitées immédiatement.

Les visiteurs et le personnel doivent suivre de bonnes pratiques d'hygiène :

- Portez des combinaisons jetables et des vêtements ou uniformes fraîchement lavés.
- Portez des housses de bottes ou changez-les en chaussures « de ferme » propres.
- Lavez-vous soigneusement les mains. Toutefois, il faut souligner que le lavage des mains n'est pas aussi efficace pour réduire la transmission des parasites que l'utilisation de gants jetables qu'on change régulièrement lors de la manipulation des plantes.

Des stations d'hygiène peuvent être installées à l'entrée pour s'assurer que tous les visiteurs et les employés désinfectent leurs chaussures et leurs mains avant d'entrer dans la serre (Figure 20A). Utilisez des tapis de désinfection comme des bains de pieds et des rotoluves (pour les petits véhicules) entre les compartiments de la serre (Figure 20B et Figure 20C). L'entretien régulier de ces bassins est essentiel. Suivez les instructions sur l'étiquette du produit utilisé. Gardez les allées et toutes les surfaces propres. Retirez régulièrement et éliminez correctement les résidus de culture. Maintenez un bon drainage pour éliminer les flaques d'eau et les surfaces humides, car elles constituent des sites de reproduction idéaux pour les fongicoles et les éphydridés. Plongez les couteaux dans le désinfectant (y compris les poignées) entre les plantes ou au minimum, à la fin de chaque rangée pour éviter la propagation des agents pathogènes. Gardez la serre et ses environs

immédiats exempts de mauvaises herbes et d'éléments ornementaux pouvant abriter des parasites.



Figure 20. Poste d'hygiène installé à l'entrée de la serre. (B) Bain de pieds. (C) Tapis de désinfection pour petits véhicules à l'entrée de la zone de production.

Lors de la manipulation de plantes malades ou fortement infestées :

- Demandez aux employés de porter des combinaisons et des gants jetables.
- Enlevez les plantes mortes et mourantes (également appelé *Éclaircissage*). Placez-les dans des sacs lorsque vous les retirez de la rangée. Placez les plantes supprimées dans des conteneurs à ordures commerciaux et éliminez-les dans une zone qui réduit la réintroduction potentielle.

Désinfection de la solution nutritive recirculée

L'eau de source propre atténue le risque d'introduction dans la serre par les conduites d'irrigation. La désinfection des solutions nutritives recirculées empêche les niveaux d'agents pathogènes de s'accumuler au fil du temps. Il existe de nombreux types de systèmes de désinfection qui peuvent convenir à une gamme de situations. Consulter la section *Recyclage et désinfection de la solution nutritive*, au chapitre 7 de la publication 836B : *Guide de production des fruits et des légumes de serre*.

Résistance de la plante hôte

Les plantes et leur réaction aux ravageurs se divisent en trois catégories de base, soit : les plantes sont sensibles, tolérantes ou résistantes. Un **cultivar sensible** est une plante où l'organisme nuisible peut s'établir, se reproduire ou se répliquer et entraîner des dommages ou le développement de symptômes. Un **cultivar tolérant** résiste mieux aux ravageurs sur le plan de la santé, mais n'élimine pas la population de ravageurs. Les dommages ou les symptômes peuvent se développer, mais avec une efficacité réduite. Un **cultivar entièrement résistant** empêche l'organisme nuisible de s'établir, de se reproduire ou de se repiquer. Les plantes cultivées peuvent être cultivées avec une résistance **héréditaire** aux ravageurs et, par conséquent, de nombreux cultivars disponibles dans le commerce sont résistants à des agents pathogènes spécifiques des plantes. La résistance des plantes hôtes est particulièrement efficace contre les agents pathogènes viraux, car ils dépendent des facteurs de l'hôte pour compléter leur cycle de vie. Par exemple, le gène de résistance *Tm-2²* a fourni une résistance stable contre les tobamovirus comme le virus de la mosaïque du tabac (VMT) et le virus

de la mosaïque de la tomate (ToMV) jusqu'à l'émergence du ToBRFV en 2014^{[40][79]}. Un cultivar sensible permet au ravageur de s'établir, se reproduire ou se répliquer et d'engendrer des dommages ou le développement de symptômes (Figure 21).



Figure 21. Un cultivar entièrement résistant empêche l'organisme nuisible de s'établir, de se reproduire ou de se repiquer.

Manipulation environnementale et modification des pratiques culturales

Les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température, l'humidité relative (HR), la circulation de l'air, l'eau, les nutriments, la composition du milieu de culture, le pH et la CE peuvent influencer non seulement les plantes, mais aussi les ravageurs qui les affectent ainsi que les agents de biocontrôle qui attaquent les ravageurs. La manipulation de l'environnement pour gérer les ravageurs est un processus complexe. Chaque organisme nuisible cible peut réagir différemment aux changements de l'environnement de culture et doit être évalué avec soin.

Par exemple, l'humidité peut jouer un rôle important dans le développement des ravageurs. Les tétranyques à deux points préfèrent les conditions chaudes et sèches et l'augmentation de l'humidité au moyen d'un brumisateur peut aider à ralentir leur développement et la croissance de la population. Toutefois, à l'inverse, une humidité plus élevée pourrait augmenter la progression de la maladie pour certains agents pathogènes.

Pour créer un environnement de serre bien équilibré et sain et réduire le stress des plantes, veillez à :

- Comprendre les conditions requises pour une croissance optimale des cultures, les ravageurs courants de types de cultures distincts et les agents de biocontrôle utilisés pour les gérer sur des types de cultures spécifiques. Pour plus de détails sur les exigences environnementales, voir la publication 836B : *Guide de production des fruits et des légumes de serre*.
- Ne pas oublier que la température à la surface des feuilles peut être inférieure à la température de l'air en raison de la perte de chaleur rayonnante.
- Assurer une bonne circulation de l'air. Une mauvaise circulation de l'air peut provoquer des variations de température dans la culture. Elle peut également entraîner la formation d'humidité libre sur les plantes, en particulier la nuit, créant des conditions idéales pour l'oïdium et la pourriture noire, et les infections à *Stagonosporopsis cucurbitacearum* (anciennement *Didymella bryoniae*).
- Éviter autant que possible tous les extrêmes. Des changements rapides de température et d'humidité relative, en particulier entre le jour et la nuit, peuvent favoriser la progression de la maladie. Ne pas fertiliser excessivement la culture ; la surfertilisation favorise l'infection à *Fusarium solani* et à *Fusarium oxysporum*, tandis que la combinaison de températures très élevées ou basses et d'arrosage excessif favorise le développement des espèces de *Pythium*.
- Examiner la température, l'humidité relative, les schémas de circulation de l'air et les pratiques d'arrosage si les **maladies foliaires** sont un problème récurrent. L'incidence des maladies foliaires peut souvent être réduite

en maintenant des températures nocturnes plus élevées ou des températures minimales plus élevées dans les conduites, ainsi qu'une ventilation appropriée.

- Acheter l'entretien des cultures suffisamment tôt dans la journée pour permettre aux plaies de sécher, ce qui les rend moins sujettes aux infections. Par exemple, les plaies de taille sont un point d'entrée commun pour la moisissure grise du haricot, *Botrytis cinerea*.

Diversification et rotation des cultures

La culture d'une seule espèce dans une grande zone (également appelée monoculture) peut être un défi important pour les programmes de lutte intégrée. Certains ravageurs prospèrent dans les **monocultures**, mais ce n'est pas un environnement idéal pour de nombreux ennemis naturels des ravageurs qui peuvent avoir besoin de diverses sources de nourriture pour assurer leur forme physique. Par exemple, les guêpes parasites adultes de nombreuses espèces ont besoin de nectar pour maximiser leur durée de vie et leur taux de reproduction. De plus, les maladies des plantes telles que le ToBRFV peuvent se propager rapidement dans une grande monoculture de tomates de serre. Étant donné que le ToBRFV peut être persistant dans l'environnement et difficile à éliminer, la diversification et la rotation des cultures peuvent réduire les impacts de ce virus.

Dans certains cas, les ravageurs persistants et économiquement nuisibles peuvent être gérés en passant à une culture non hôte. Les exploitations serricoles qui cultivent plus d'une culture et sont divisées par compartiments pourraient faire la rotation des zones de la serre pour réduire la pression des ravageurs. Par exemple, si vous cultivez des concombres et des tomates dans deux sections différentes de la serre, vous pourriez les inverser chaque année pour minimiser les impacts du ToBRFV. Il est également intéressant de noter que certains arthropodes bénéfiques tels qu'*Orius insidiosus* se reproduisent beaucoup plus facilement sur des cultures comme les poivrons par rapport aux tomates. Ainsi, pour maximiser leur potentiel de lutte biologique, la culture d'espèces végétales préférées à côté d'espèces moins appréciées peut avoir une incidence bénéfique globale sur les programmes de lutte intégrée.

Éclaircissage

L'élimination minutieuse des plantes ou des milieux de culture infectés ou infestés peut minimiser la propagation des agents pathogènes des plantes ou des arthropodes aux plantes voisines. Pour ce faire, suivez un protocole de biosécurité pour éviter toute propagation supplémentaire lors du retrait des plantes en portant un équipement de protection et en désinfectant fréquemment les outils.

Tout d'abord, coupez la plante infectée ou infestée de son support et désinfectez les ciseaux (y compris les poignées) (Figure 22A). Ensuite, coupez le bloc de la dalle et désinfectez le couteau (Figure 22B). Enfin, placez soigneusement la plante infectée dans un sac à ordures robuste, en gardant l'extérieur du sac propre et scellez le sac (utilisez de l'aide pour cette étape si disponible) (Figure 22C).



Figure 22. Étapes pour éliminer les plantes infectées ou infestées. (A) Dégagez la plante infectée ou infestée de son support et désinfectez les ciseaux (y compris les poignées). (B) Coupez le bloc de la dalle et désinfectez le couteau. (C) Placez soigneusement la plante infectée dans un sac à ordures robuste, en gardant l'extérieur du sac à ordures propre et scellez le sac.

Source : en collaboration avec Ontario Greenhouse Vegetable Growers.

C. Gestion physique

Les stratégies physiques de lutte antiparasitaire comprennent des techniques actives ou passives.

Voici quelques exemples de méthodes actives :

- aspiration
- traitements aux rayons ultraviolets (UV)
- irradiation ou **technique de stérilisation des insectes (TSI)**

Voici quelques exemples de méthodes passives :

- installation de **filets d'exclusion** sur les événements
- **piégeage de masse** des ravageurs à l'aide de pièges légers, de pièges collants ou de plantes pièges

Techniques de gestion physique active

Aspiration

Bien que laborieux, le passage rigoureux de l'aspirateur dans les zones à forte pression parasitaire comme les aleurodes pas de virgule, peut être une tactique efficace pour réduire rapidement les populations adultes.

Traitement aux rayons ultraviolets C (UV-C)

Les traitements foliaires utilisant la lumière UV-C peuvent aider à la gestion des ravageurs tels que l'oïdium ou le tétranyque à deux points. Ces traitements sont mieux effectués la nuit pour minimiser l'exposition des travailleurs et maximiser l'efficacité du traitement. Des doses élevées ou des applications fréquentes de traitements UV peuvent endommager les plantes et avoir une incidence sur le rendement. L'effet de la dose d'UV-C, l'intervalle de traitement et le moment de l'application peuvent varier selon la culture^[5]. Les répercussions collatérales des traitements UV-C sur les agents de biocontrôle doivent également être pris en compte et il faut éviter les applications où ils sont les plus abondants lorsque cela est possible.

Technique de stérilisation des insectes (TSI)

La TSI est une forme de lutte génétique contre les ravageurs qui consiste à stériliser un grand nombre de mâles d'une espèce d'insecte visée et à les libérer dans la zone de contrôle cible. Après cette dissémination, les mâles stériles peuvent s'accoupler avec des femelles non stérilisées, et produire ensuite des œufs non viables. Dans des situations idéales, les populations d'insectes ciblées seront considérablement réduites dans

les zones traitées. En date de mai 2024, cette technique n'a pas été appliquée à la production de fruits et de légumes en serre en Ontario, mais une preuve de concept a été réalisée pour certains ravageurs, comme la stérilisation réussie du charançon du poivron par irradiation^[4].

Techniques de gestion physique passive

Filets d'exclusion

L'installation de moustiquaires sur les événements peut créer une barrière physique et réduire considérablement l'entrée des parasites dans la serre depuis l'extérieur (Figure 23).



Figure 23. Filets d'exclusion de style accordéon couvrant les événements dans la crête du toit.

Il peut s'agir d'insectes volants ou d'autres arthropodes nuisibles et d'agents pathogènes des plantes soufflés par le vent dans les événements. Les avantages supplémentaires comprennent une réduction de la perte d'agents de biocontrôle et de pollinisateurs par la fuite et une réduction des phénomènes environnementaux extrêmes. Par exemple, les événements couverts par des moustiquaires peuvent être ouverts lorsqu'il vente ou qu'il pleut, ce qui élimine le risque de dommages causés par le vent aux plantes, tout en permettant une plus grande circulation de l'air lors de ces événements météorologiques. Dans les climats plus chauds où les ravageurs sont actifs à l'extérieur toute l'année, le dépistage fait partie intégrante des programmes de lutte intégrée. **L'installation de filets d'exclusion**, moins commune dans les zones tempérées, est de plus en plus courante et sa valeur devient plus évidente.

Les considérations les plus importantes pour l'installation de moustiquaires dans une serre sont le type de ravageurs ciblés à exclure et la façon dont les moustiquaires auront une incidence sur la capacité de ventilation de la serre.

La taille de l'organisme nuisible détermine la taille des mailles de la moustiquaire nécessaire. Consulter la fiche d'information [Pose de moustiquaires pour exclure les insectes des serres](#)^[50] sur le site Web ontario.ca ainsi que l'ouvrage [Optimizing Air Movement with Pepper Weevil Exclusion Screening](#)^[42] pour plus de détails sur la taille des mailles des moustiquaires. Les moustiquaires résidentielles habituelles ont des mailles trop grandes pour exclure la plupart des principaux ravageurs des serres. Cependant, elles peuvent être utiles pour éloigner des ravageurs occasionnels plus grands, comme les punaises ternes et les lépidoptères (papillons nocturnes) nuisibles. Les mailles doivent être très fines pour exclure entièrement les plus petits insectes, comme les thrips. En présence de plusieurs ravageurs préoccupants, choisissez la taille de maille qui exclura la plus petite des espèces cibles.

La réduction de la capacité de débit d'air est l'une des principales préoccupations des producteurs qui envisagent l'installation de moustiquaires. En effet, la réduction du débit d'air peut entraîner une surchauffe de la serre. Dans les serres ventilées mécaniquement, la présence de moustiquaires peut surcharger les ventilateurs, car ils devront travailler plus fort pour aspirer la même quantité d'air à travers les événements partiellement bloqués. La réduction de la ventilation peut être résolue en augmentant la surface totale des ouvertures grillagées. En outre, il est beaucoup plus facile et moins coûteux de protéger les événements muraux ou de ventilation mécanique que de moderniser les événements supérieurs. L'objectif est de s'assurer que la surface finale de moustiquaires offre un échange d'air suffisant pour permettre un refroidissement adéquat des serres.

Plusieurs facteurs déterminent la surface de ventilation supplémentaire à ajouter pour compenser l'ajout de moustiquaires aux événements :

- taille des mailles de la moustiquaire
- capacité des ventilateurs

- chute de pression statique (différence de pression d'air entre l'intérieur et l'extérieur d'une serre lorsque les ventilateurs fonctionnent)

Bien que des logiciels existent pour aider à optimiser les points de consigne de ventilation et le calcul de ces paramètres, ils peuvent être compliqués à saisir adéquatement et il vaut mieux s'en remettre aux fabricants de la moustiquaire.

Les moustiquaires doivent être inspectées et entretenues après l'installation. Il est important de faire ce qui suit :

- Nettoyez régulièrement les moustiquaires. Elles se bloquent facilement avec la poussière et d'autres dépôts, réduisant davantage le flux d'air et pouvant contribuer à des températures excessivement élevées dans la serre. Lavez les moustiquaires de l'intérieur avec un boyau à haute pression. Ne le faites pas lorsque les ventilateurs fonctionnent. Assurez-vous que les questions de facilité d'accès pour le nettoyage soient intégrées dans la conception de la moustiquaire.
- Réparez les déchirures ou les trous dans les plus brefs délais. L'efficacité des moustiquaires dépend de leur capacité à exclure les insectes volants.

Piégeage de masse

Le concept de piégeage de masse repose sur l'utilisation d'une forte densité de pièges qui attirent un ravageur spécifique dans le but de réduire la taille de sa population. Voici quelques exemples de pièges :

- pièges collants (carton ou ruban adhésif, avec ou sans appâts aux phéromones)
- pièges lumineux
- plantes hôtes attrayantes (plantes pièges)
- combinaison de ce qui précède

Pièges collants

L'installation de ruban adhésif jaune, de grands cartons collants ou d'un grand nombre de petits cartons collants dans et autour d'une culture peut aider à la gestion des insectes nuisibles volants ([Figure 24A](#)) et ([Figure 24B](#)). Ces pièges fonctionnent selon le même principe que les cartons collants utilisés pour le suivi.

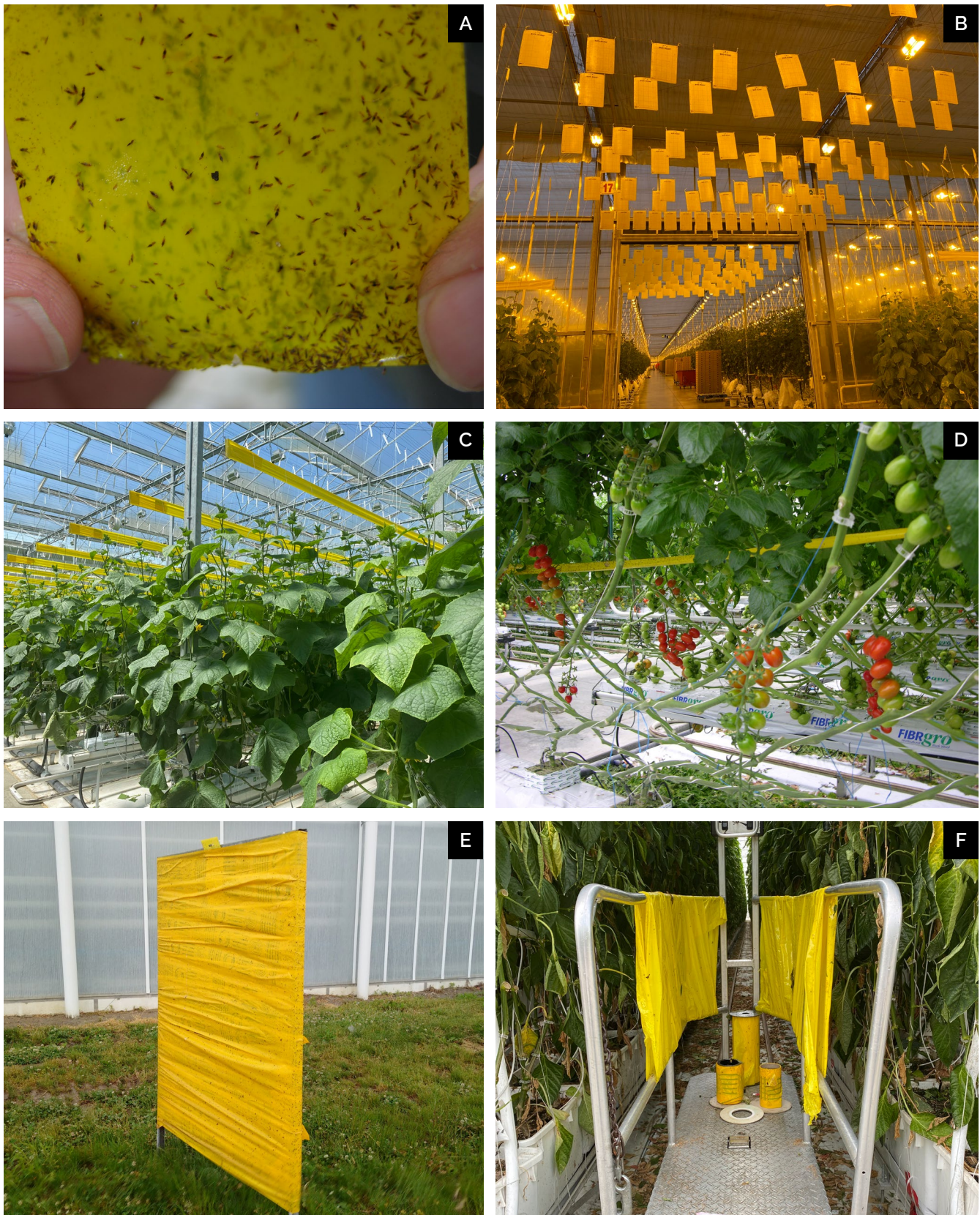


Figure 24. Techniques de piégeage de masse. (A) Thrips adultes pris sur un carton collant. (B) Haute densité de pièges collants. (C) Ruban adhésif jaune au plafond le long des rangées de plantes. (D) Ruban adhésif jaune près de la zone des racines. (E) Grande barrière de piège collant appâté aux phéromones. (F) Chariot élévateur à ciseaux enveloppé de ruban adhésif.

Concentrez-vous sur les zones de la serre où les ravageurs ciblés se trouveront. Placez les pièges collants le long des rangées de plantes, accrochez-les verticalement à l'intérieur de la culture ou aux points d'entrée communs comme les événements latéraux ou les portes. Par exemple, si vous ciblez des aleurodes adultes, placez du ruban adhésif près du haut de la plante tout au long de la rangée (Figure 24C). Par contre, si vous ciblez les fongicoles adultes, des pièges collants doivent être placés près de la zone des racines (Figure 24D).

Lorsqu'ils sont disponibles, les leurres appâtés aux phéromones peuvent être utilisés pour augmenter la quantité de parasites attirés par les pièges collants (Figure 24E)^[26]. Les équipements tels que les chariots élévateurs à ciseaux peuvent être recouverts de ruban adhésif pour attraper les aleurodes lorsque les employés parcourent chaque rangée (Figure 24F).

Pièges lumineux

Comme les pièges utilisés pour la surveillance, les pièges lumineux réduisent ou suppriment également les parasites nocturnes en les piégeant en masse.

Plantes pièges

Comme pour la surveillance, des plantes plus attrayantes que la culture cultivée peuvent être utilisées pour piéger les populations de ravageurs. Ces plantes peuvent être traitées avec un pesticide ou simplement éliminées une fois que les populations de ravageurs s'y sont établies.

D. Gestion biologique

L'une des stratégies les plus efficaces pour la gestion des ravageurs dans une serre est l'utilisation d'agents de biocontrôle^[41]. Ces ennemis naturels sont des organismes vivants tels que les insectes bénéfiques, les acariens, les champignons et les bactéries qui sont sélectionnés pour gérer spécifiquement les espèces nuisibles problématiques. Les **micro-organismes bénéfiques** (ou microbes) sont des organismes tels que les champignons et les bactéries qui attaquent les ravageurs. Les entomopathogènes sont des nématodes, des microbes ou des virus bénéfiques qui ciblent les insectes.

Les programmes de biocontrôle réussis nécessitent souvent une planification accrue et des disséminations préventives d'agents. Ils devraient comprendre les éléments suivants :

- La détermination des ravageurs spécifiques à cibler et des agents de lutte biologique appropriés pour les contrôler dans la culture cible (Annexe C).
- L'élaboration d'une liste de ressources pour aider à développer le programme. Il peut s'agir de discussions avec des producteurs ou des fournisseurs d'agents de biocontrôle, d'autres producteurs, des spécialistes de la vulgarisation, des chercheurs et des consultants.
- La participation à des cours, des séminaires et des ateliers, la lecture d'articles et l'utilisation d'outils numériques pour en apprendre davantage sur les options de biocontrôle.
- Si possible, lorsque vous testez de nouveaux agents et stratégies pour soutenir les programmes de biocontrôle, commencez dans une petite zone isolée de la serre. La collecte de données afin d'évaluer si la stratégie a bien fonctionné et, dans l'affirmative, l'élargissement du programme à l'ensemble de la zone de la serre, minimisant ainsi les risques de pertes économiques.
- La formation de tous les employés afin de s'assurer qu'ils savent reconnaître tous les stades de l'organisme nuisible cible et de ses agents de lutte biologique ainsi que les symptômes précoces des dommages causés par l'organisme nuisible.
- L'optimisation des conditions environnementales avant le lâcher de l'agent de biocontrôle pour soutenir son établissement dans la culture. L'identification des agents de biocontrôle peut être utilisée de manière préventive (biocontrôle inoculatif) et de manière réactive (biocontrôle inondatif).

La connaissance de la compatibilité des agents de biocontrôle entre eux et avec tout pesticide appliqué sur les cultures. De nombreux pesticides homologués peuvent avoir des effets non ciblés et des effets résiduels. Vérifiez les registres de pulvérisation de pesticides antérieurs sur plusieurs mois. Si des pesticides persistants ont été utilisés, attendez la durée appropriée avant de commencer votre programme de biocontrôle.

Utilisez des produits ayant moins d'impact résiduel pour gérer les ravageurs pendant cette période. Consultez les bases de données des fournisseurs ou le [Portail ontarien pour la protection des cultures](#) du ministère pour plus de détails.

Les taux d'application peuvent varier en fonction de la culture, des conditions environnementales et de la pression des ravageurs.

Agents de lutte biologique (auxiliaires de lutte/AL)

Il existe quatre catégories générales d'agents de lutte biologique : les prédateurs, les parasites ou les parasitoïdes, les nématodes bénéfiques et les microbes et virus bénéfiques.

Caractéristiques communes des prédateurs :

- généralement plus grands que leurs proies
- assez mobiles et se déplacent souvent rapidement
- beaucoup sont des prédateurs à la fois à leurs stades immature et adulte
- tuent et mangent de nombreuses proies à mesure qu'elles grandissent et se reproduisent, vivent autrement sans s'en préoccuper
- doivent consommer plus d'un individu pour atteindre la maturité

Caractéristiques communes des parasitoïdes :

- généralement de la même taille ou plus petits que leur hôte
- tous subissent une métamorphose complète
- pondent leurs œufs sur l'insecte hôte (**ectoparasite**) ou dans l'insecte hôte (**endoparasite**)
- nécessitent généralement un hôte individuel pour terminer leur développement

Caractéristiques communes des nématodes bénéfiques (entomopathogènes) :

- mortels pour les insectes, mais sans danger pour les plantes
- utilisent des bactéries symbiotiques
- vaste gamme d'hôtes

Caractéristiques communes des microbes et virus bénéfiques :

- causent des dommages ou une maladie à l'organisme nuisible (pourraient cibler les arthropodes ou les agents pathogènes des plantes)
- peuvent induire une résistance ou favoriser la croissance des plantes
- nécessitent des conditions spécifiques pour un rendement optimal

Les microbes bénéfiques, également connus sous le nom de biopesticides microbiens^[1], sont considérés comme des agents de biocontrôle, mais ils sont réglementés en vertu de la même législation que les **pesticides conventionnels** lorsqu'ils comportent des allégations relativement au contrôle d'un agent pathogène des plantes. De plus, comme leur application est similaire, ils sont discutés plus en détail dans la section suivante (E).

Agents de biocontrôle

Les agents de biocontrôle peuvent être regroupés de manière générale selon qu'il s'agit d'un **spécialiste** ou d'un **généraliste**. Un spécialiste se nourrit généralement d'une ou de quelques espèces de proies apparentées, tandis qu'un généraliste peut avoir plusieurs sources de nourriture, y compris plusieurs espèces de proies diverses, voire parfois aussi des aliments dérivés de plantes tels que le pollen ou le nectar.

Certains agents de biocontrôle peuvent également tuer et manger des substances bénéfiques concurrentes provenant de la même espèce (cannibalisme) ou d'espèces différentes (**prédation intraguild**), en particulier en l'absence de nourriture adéquate pour ces agents. Ces cas peuvent être atténués par l'ajout d'**aliments complémentaires** tels que le pollen ou les œufs de papillons de nuit inactivés.

Un élément intéressant et mal compris du biocontrôle est l'utilisation de **parasitoïdes alimentés par l'hôte** : lorsque les parasitoïdes agissent comme des prédateurs, ils tuent l'organisme nuisible cible en s'alimentant directement à partir de celui-ci. Certaines espèces de parasitoïdes peuvent tuer des ravageurs cibles en les utilisant comme source d'alimentation directe à un rythme encore plus

élevé que par **parasitisme**. Par exemple, une grande proportion de nymphes d'aleurodes peuvent être tuées par le parasitoïde *Eretmocerus eremicus* qui les utilise comme source d'alimentation.

Un autre des volets les plus intéressants et les plus difficiles de la lutte biologique à observer en dehors d'un cadre de recherche sont les **effets non létaux** que ces agents fournissent. Les **effets létaux** les plus évidents incluent tuer et manger (consommer) leur proie. Les effets non létaux comprennent les suivants :

- l'intimidation ou le harcèlement de leurs proies, ce qui entraîne une réduction des ressources alimentaires
- l'évitement des prédateurs
- la réduction du nombre d'œufs pondus
- les retards de développement
- la sensibilité accrue aux champignons **entomopathogènes** ^{[36], [78]}

Consulter les [Affiches des auxiliaires de lutte en serre. Aleurodes, Thrips, Tétranyques, Pucerons et Mouches noires](#) du Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel pour des renseignements détaillés sur l'application, la compatibilité des agents et les conditions environnementales nécessaires à la réussite de l'établissement de ces espèces.

Approches et méthodes d'application pour la lutte biologique

Il existe plusieurs approches différentes pour introduire des agents de lutte biologique contre les arthropodes :

- classique
- augmentation
- conservation

Dans une approche de **lutte biologique classique**, le ravageur cible est généralement une espèce invasive exotique et il peut être nécessaire d'importer ses ennemis naturels de son aire de répartition indigène pour les gérer. Cette approche n'est généralement pas utilisée pour la production en serre.

Les agents de biocontrôle utilisés pour les **contrôles biologiques par lâcher périodique**

sont généralement produits dans des insectariums. Les introductions d'agents de **biocontrôle inoculatif** se produisent lorsqu'une population de lutte biologique s'établit et s'étend sur les cultures pour gérer adéquatement la population de ravageurs au fil du temps. Les introductions d'agents de **biocontrôle innondatif** se produisent lorsqu'un grand nombre d'agents de lutte biologique sont libérés pour submerger rapidement l'organisme nuisible.

L'approche de **biocontrôle conservateur** comprend la réduction des facteurs qui interfèrent avec l'établissement naturel des arthropodes bénéfiques ou la fourniture à ces agents des ressources nécessaires pour favoriser la croissance de leurs populations ^{[22], [44], [66]}.

Une combinaison des trois approches pourrait être utilisée simultanément. Par exemple, pour gérer les tétranyques à deux points sur les tomates de serre, l'introduction par inoculation de *Phytoseiulus persimilis* entraînerait l'établissement de populations dans cette culture. Si une application de pesticide était justifiée, un produit biocompatible serait choisi pour maintenir les populations de *P. persimilis*. Il s'agirait ainsi d'un exemple d'augmentation et de conservation.

Dans certains cas, les **systèmes de plantes banques** et la supplémentation alimentaire peuvent également être utilisés pour soutenir l'établissement d'agents de biocontrôle.

Le système de plantes banques fournit une autre source d'alimentation ou un endroit pour se reproduire ^{[44], [45], [66]}. Par exemple, les plantes banques pour les pucerons comprennent des plantes céréalières infestées de pucerons qui favorisent le développement parasitoïde de puceron et la croissance de la population. Ces plantes céréalières sont généralement inoculées avec une espèce de puceron qui ne se nourrit pas ou n'infeste pas la culture primaire cultivée dans la serre, de sorte qu'il n'y a pas de risque de contamination croisée ([Figure 25A](#)). Un autre exemple est les molènes, qui peuvent être utilisées pour soutenir la reproduction du prédateur, les plantes des espèces *Dicyphus hesperus* ([Figure 25B](#)) ou *Alyssum*, qui seront fréquentées par des prédateurs tels qu'*Orius insidiosus* et plusieurs espèces parasitoïdes comme source de nectar ([Figure 25C](#)).



Figure 25. (A) Plantes banques céréalières pour le parasitoïde du puceron, *Aphidius colemani*. (B) Plantes banques de molène pour la reproduction de *Dicyphus hesperus*. (C) Plantes banques asiles pour les espèces d'*Orius* et l'aptitude des parasitoïdes.

La **supplémentation alimentaire** consiste à fournir aux ennemis naturels une source de nourriture en plus des ravageurs comme proies, ce qui améliore la durée de leur séjour sur la culture et facilite l'établissement à long terme et préventif de nombreux agents bénéfiques^[39]. Par exemple, les œufs d'*Ephestia*, les kystes d'*Artemia* ou une combinaison des deux peuvent augmenter l'établissement du prédateur généraliste, *Dicyphus hesperus*. Cependant, *Orius insidiosus* préfère les œufs et le pollen d'*Ephestia*^[39].

L'utilisation de l'éclairage artificiel peut avoir une incidence sur les parasites et les agents de biocontrôle. Cette stratégie peut avoir des avantages et des inconvénients, car elle peut soutenir l'établissement et l'utilisation de certains agents de lutte biologique, tout en soutenant la croissance des populations de certains ravageurs. Dans les deux cas, il faut tenir compte de la nécessité de modifier le programme de biocontrôle pour utiliser une combinaison d'agents de biocontrôle qui seront efficaces dans un environnement avec un éclairage artificiel.

Il est important de suivre toutes les instructions fournies par les fournisseurs pour conserver et libérer correctement les agents de biocontrôle.

Conservation des agents de biocontrôle

De nombreux agents ne peuvent être conservés que pendant une courte période dans des conditions spécifiques. Ces produits doivent être étiquetés avec des conditions de conservation spécifiques ou ces informations peuvent être obtenues auprès des fournisseurs.

Les instructions générales pour la manipulation et la conservation des agents de biocontrôle sont les suivantes :

- À l'arrivée, la boîte doit être fraîche, exempte d'humidité excessive ou d'odeurs nauséabondes telles que l'ammoniac ou la levure.
- Les bouteilles doivent être stockées horizontalement pour minimiser la compression et maximiser l'oxygène dans les bouteilles.
- La température et l'humidité sont des facteurs importants pour le stockage. La plupart des réfrigérateurs sont trop froids pour répondre aux exigences de stockage et il est parfois préférable d'utiliser une glacière avec des

blocs de glace ou de les laisser à température ambiante. Il est également possible de se procurer des refroidisseurs spécialisés auprès de fournisseurs.

- Si vous conservez une boîte de sachets dans la serre, laissez-la ouverte pour éviter l'accumulation de dioxyde de carbone. Gardez les sachets à l'abri de la lumière directe du soleil.

La qualité des agents de biocontrôle produits par les principaux insectes est généralement excellente, mais des problèmes peuvent parfois survenir lors de l'expédition. Les évaluations de la qualité peuvent être effectuées sur place. Examinez les méthodes utilisées pour ces évaluations afin de vous assurer qu'elles sont effectuées d'une manière qui évalue véritablement la viabilité et la vigueur du produit. Certains guides d'évaluation sont disponibles, mais on recommande de travailler avec les fournisseurs pour s'assurer que les méthodes sont appropriées à l'agent ou au produit spécifique. Idéalement, les agents de biocontrôle seront libérés le plus tôt possible après l'arrivée et directement dans la culture en serre.

Dissémination d'agents de biocontrôle

Les méthodes de dissémination peuvent varier selon les produits. Roulez doucement la bouteille sur le côté pour mélanger le contenu. NE secouez PAS la bouteille, car cela pourrait endommager les agents à l'intérieur. Répartissez les agents de biocontrôle uniformément dans toute la culture ou appliquez-en davantage sur les points chauds.

Les options pour libérer des agents de lutte biologique sans ailes comme les acariens prédateurs sont les suivantes :

- Saupoudrer le produit en vrac sur le feuillage des plantes infestées.
- Épandre manuellement à l'ensemble de la culture.
- Utiliser des souffleurs pour les produits à base de vermiculite ou de son. Ils doivent être calibrés en vérifiant la présence d'acariens vivants et intacts sur la culture à différentes distances.
- Accrocher les sachets directement sur les tiges et éviter les feuilles qui peuvent tomber ou être enlevées. Placer les agents à l'abri de la

lumière directe du soleil pour optimiser les taux de dissémination.

Les options pour libérer des agents de biocontrôle volants comme les parasitoïdes sont les suivantes :

- Saupoudrer le produit en vrac sur le feuillage.
- Installer les boîtes avec une fine couche de matériau pour éviter que le produit ne tombe de la plante.
- Accrocher les cartes ou les sachets directement sur les tiges et éviter les feuilles qui peuvent tomber ou être enlevées. Placer les agents à l'abri de la lumière directe du soleil pour optimiser les taux de dissémination.

Étapes après la dissémination des agents de biocontrôle

Surveiller les populations de ravageurs et d'agents de lutte biologique. Évaluer les progrès du programme de biocontrôle en vérifiant régulièrement :

La présence d'insectes parasités.

Par exemple, la présence de nymphes noires indique qu'*Encarsia formosa* a parasité les aleurodes, tandis que les pucerons momifiés indiquent qu'ils ont été parasités par des guêpes parasites telles que les espèces d'*Aphidius*.

La présence d'agents de biocontrôle sans ailes.

Par exemple, les observations d'acariens prédateurs et de coccinelles immatures qui ne volent pas nécessitent une inspection visuelle de la culture. Porter une attention particulière aux zones où le nombre de ravageurs est élevé. Noter les signes d'établissement et d'alimentation des prédateurs, y compris les différents stades de vie des prédateurs ou les ravageurs morts.

Tendances de la population de ravageurs.

Surveiller les ravageurs sur des cartons collants ou sur la culture pour déterminer si les populations augmentent ou diminuent.

Si nécessaire, utiliser des pesticides. Commencer par les pesticides biocompatibles pour minimiser les effets nocifs sur les agents de biocontrôle. Identifier ces pesticides avant de commencer un programme afin qu'ils puissent être facilement utilisés en cas de besoin.

La page [Effective release methods for predators and parasitoids in greenhouse crops](#) sur [ONGreenhouseVegetables.ca](#) fournit plus de renseignements sur ces processus^[76].

Agents de lutte biologique contre les arthropodes et les nématodes disponibles dans le commerce

Des agents de lutte biologique produits commercialement sont disponibles pour tous les principaux insectes et acariens nuisibles dans les serres ([Annexe C](#)). Pour plus de détails sur la mise en œuvre de programmes de biocontrôle ou sur l'approvisionnement en parasitoïdes ou en prédateurs, consultez les spécialistes de la lutte intégrée et les fournisseurs de biocontrôle à la page [Biological Control Agents Suppliers](#).

Réglementation des agents de lutte biologique

Au Canada, l'importation, la manipulation et la dissémination d'agents de lutte biologique, y compris les insectes, les acariens et les nématodes, sont réglementées en vertu de la *Loi sur la protection des végétaux* par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Les réglementations visent à atténuer les impacts involontaires et potentiellement négatifs des espèces introduites sur les hôtes non ciblés dans de nouveaux environnements. Pour plus d'informations sur la réglementation actuelle, consulter la page [Importation et dissémination d'agents de lutte biologique au Canada](#) sur le site Web de l'Agence canadienne d'inspection des aliments^[13]. Les agents de lutte biologique microbiens sont réglementés en tant que biopesticides en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires*^[58] fédérale par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada. Pour plus d'informations sur la réglementation canadienne, consulter la page [Biopesticides](#) sur le site Web d'Agriculture et Agroalimentaire Canada^[1].

Effets secondaires non ciblés des pesticides

Il faut faire preuve de prudence lors de l'utilisation de pesticides avec des agents de biocontrôle, car de nombreux pesticides sont nocifs pour les insectes et les acariens bénéfiques. De plus, certains pesticides ont une **activité résiduelle** (parfois appelée persistance) qui empêche la mise en place réussie d'agents de biocontrôle

pendant une période spécifiée, qui peut durer jusqu'à plusieurs mois. En général, les pesticides sont classés en fonction de leur impact sur les agents de lutte biologique, allant de « doux » à « dur » en fonction de leur potentiel de mortalité et de leur persistance. En règle générale, le choix d'appliquer d'abord des produits plus doux qui sont efficaces contre l'organisme nuisible cible et de réserver des produits plus durs au dernier recours peut aider à préserver ou à étendre les programmes de biocontrôle existants. Pour obtenir de plus amples renseignements sur les effets non ciblés des **ingrédients actifs (IA)** sur des agents de lutte biologique spécifiques, consultez les détails sur la compatibilité dans le [Portail ontarien pour la protection des cultures](#) du ministère.

E. Gestion des biopesticides et des pesticides conventionnels

Les pesticides sont un outil de lutte antiparasitaire largement utilisé dans les systèmes de productions agricoles commerciales. Leur rôle varie des exploitations en protégeant les plantes saines, au traitement des plantes infectées ou infestées. Les pesticides contiennent un ou plusieurs ingrédients actifs, soit les composants responsables de la lutte contre un ravageur. Dans la serre, les pesticides traditionnels comprennent les **insecticides** et les **acaricides** qui ciblent les insectes et les acariens, respectivement, ainsi que les **fongicides** et les **bactéricides** qui ciblent les champignons, les oomycètes et les bactéries. Plus récemment, des **pesticides de type vaccinal** ont été développés pour cibler les virus végétaux, y compris des virus légers ou atténués.

Il existe deux grands types de pesticides utilisés dans la production en serre : les pesticides conventionnels et les biopesticides. Les pesticides conventionnels et les biopesticides doivent être homologués par l'ARLA avant d'être commercialisés au Canada.

Les pesticides conventionnels sont généralement fabriqués à partir de produits chimiques synthétiques ou ont des composants synthétiques. Les biopesticides sont des produits chimiques dérivés de sources naturelles telles que les bactéries, les champignons, les plantes, les animaux et les minéraux.

Il existe trois types différents de biopesticides au Canada^[1] :

- produits microbiens
- **produits sémiochimiques**
- **produits antiparasitaires non conventionnels**

Les **pesticides microbiens** comprennent les agents pathogènes ou les parasites, les concurrents ou les inducteurs de la résistance des plantes hôtes. Certains micro-organismes bénéfiques suppriment fortement les agents pathogènes des plantes et les arthropodes nuisibles sans nuire à la culture.

Les mécanismes d'action sont les suivants :

- compétition
- **antibiose**
- parasitisme
- résistance induite

À l'instar d'autres agents de biocontrôle, chaque biopesticide microbien peut avoir des exigences spécifiques de stockage et de manipulation. Assurez-vous de suivre les directives sur l'emballage. Plusieurs de ces produits nécessitent une réfrigération et peuvent être conservés jusqu'à la date de péremption.

Les produits sémiochimiques sont des produits chimiques porteurs de messages produits par un organisme qui provoquent une réponse comportementale dans un autre organisme de la même espèce (intraspécifique) ou d'une espèce différente (interspécifique). Il existe différents types de produits sémiochimiques, mais les phéromones sexuelles d'insectes produites synthétiquement sont celles qui sont les plus utilisées dans les programmes de lutte intégrée pour la surveillance, le piégeage et la perturbation de l'accouplement.

Les produits antiparasitaires non conventionnels sont ceux qui inhibent la croissance, l'alimentation, le développement ou la reproduction des ravageurs. Par exemple, des extraits végétaux ou microbiens et des huiles minérales.

De nombreux biopesticides sont plus efficaces lorsqu'ils sont utilisés à titre préventif ou au début du cycle de culture et appliqués régulièrement.

Certains produits et formulations répondent aux exigences de certification biologique, ce qui signifie qu'ils peuvent être approuvés pour une utilisation par l'organe directeur des producteurs biologiques.

Gestion de la résistance

Différents pesticides agissent en gérant les ravageurs de différentes manières en fonction de leurs structures moléculaires et de leur interaction avec les sites cellulaires cibles. Les pesticides peuvent ainsi être catégorisés en fonction de leurs modes et sites d'action ou des ingrédients actifs. Le **mode d'action** correspond au « comment » du fonctionnement du pesticide. Le **site d'action** est l'endroit « où » le pesticide fonctionne.

Les groupes de travail de l'Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)^[34] et du Fongicide Resistance Action Committee (FRAC)^[27] classent les groupes de pesticides en familles ou catégories en fonction de leur mode d'action. Ces groupes peuvent être divisés en sous-groupes de pesticides ayant des modes d'action similaires (par exemple 20A, 20B, etc.). Des informations sur les classifications de l'IRAC et du FRAC peuvent être trouvées sur leurs sites Web. Il est important d'être informé de ces groupes, car l'utilisation répétée de pesticides ayant le même mode d'action (soit année après année ou plusieurs fois au cours du même cycle de culture) augmente la probabilité de développement d'une résistance. La résistance peut se développer chez la cible ou même chez certaines espèces de ravageurs non ciblés. Toutefois, bien qu'un ravageur puisse développer une résistance à une famille chimique, il peut demeurer très sensible à une autre famille d'ingrédients actifs.

Le développement de la résistance dans les populations de ravageurs est un incitatif important en faveur de l'adoption de la lutte intégrée. La **résistance aux pesticides** se produit lorsqu'il y a un changement héréditaire (transmis d'une génération à l'autre) dans la sensibilité d'une population de ravageurs à un ingrédient actif particulier. On constate cette résistance lorsqu'un produit antiparasitaire échoue à plusieurs reprises à atteindre le niveau de contrôle attendu. Bien qu'un individu ne puisse pas développer de résistance au cours de sa vie, la présence d'un ou de quelques individus résistants dans une population peut

engendrer la transmission d'un trait génétique fortement favorisé dans la prochaine génération, en particulier avec une exposition répétée à la même classe de pesticide chimique. Ainsi, la fréquence de la résistance dans une population augmentera inévitablement lorsque l'exposition aux pesticides tuera des individus sensibles, permettant à un nombre de plus en plus grand d'individus résistants de survivre (Figure 26).

En raison de l'immense diversité génétique de nombreux ravageurs, de leurs cycles de vie courts, de leur grande capacité de reproduction et de la nature relativement isolée et protectrice de la production en serre, les ravageurs en serre ont un potentiel considérable de développement d'une résistance. Le recours aux pesticides conduit inévitablement au développement de populations résistantes.

Il existe différents types de résistance aux pesticides, y compris la **résistance croisée** et

la **résistance multiple**. La résistance croisée se produit lorsqu'un ravageur est résistant à différents sous-groupes qui ont un mode d'action similaire. La résistance multiple se produit lorsqu'un ravageur résiste à différents groupes avec différents modes d'action. La résistance croisée est plus fréquente que la résistance multiple.

Les programmes de **gestion de la résistance** visent à réduire la pression exercée par les pesticides sur les populations de ravageurs. La meilleure approche consiste à minimiser l'utilisation des pesticides en les considérant strictement comme un dernier recours. On y parvient en priorisant les techniques de biocontrôle préventif et leur réapplication au besoin, en mettant en œuvre des tactiques clés de gestion des cultures et de l'environnement physique et en utilisant des pesticides biocompatibles préventifs au besoin. En dernier

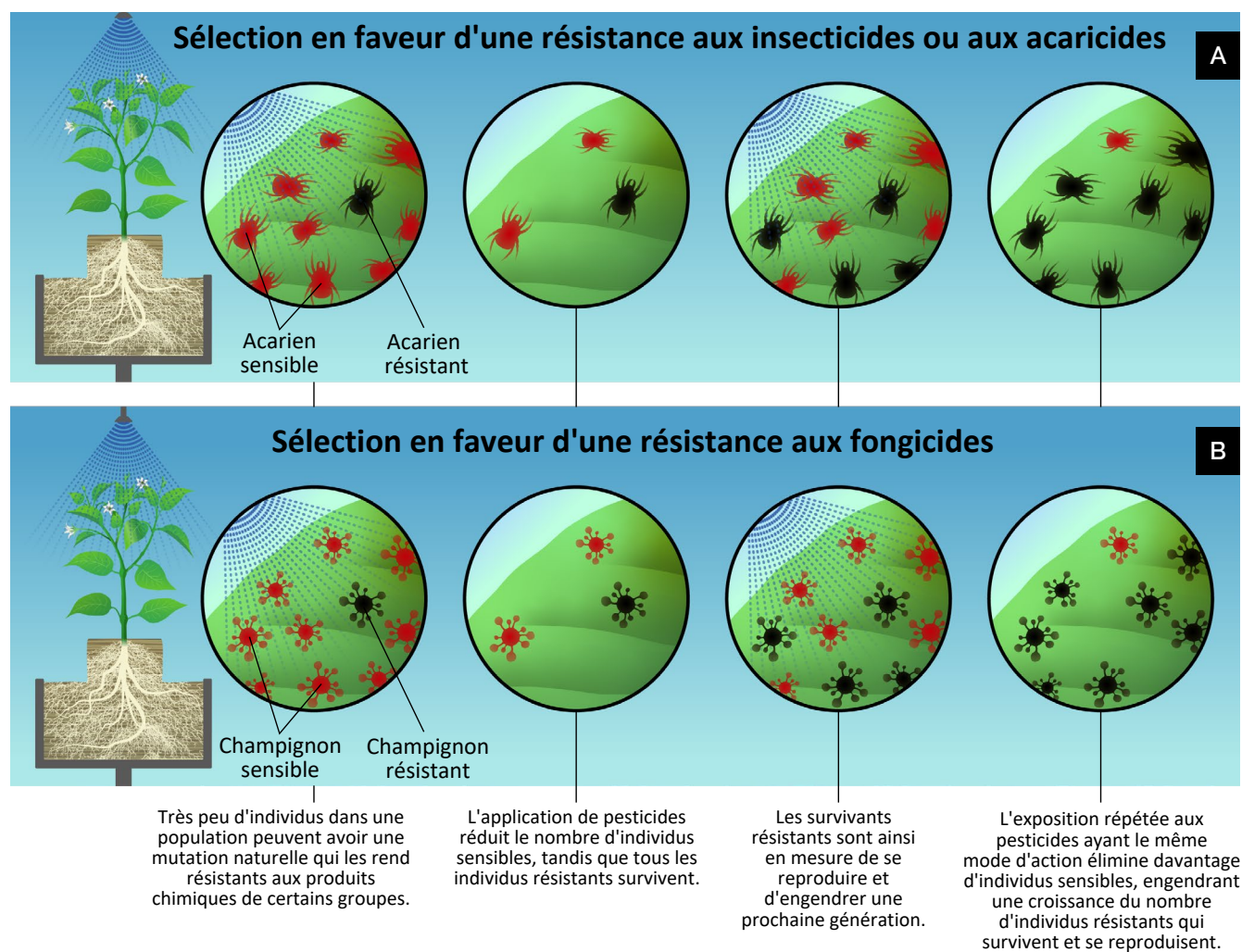


Figure 26. (A) Sélection en faveur d'une résistance aux insecticides. (B) Sélection en faveur d'une résistance aux fongicides.

recours, on applique judicieusement et parfois sélectivement des pesticides conventionnels si nécessaire. Bien que les ravageurs puissent encore développer une résistance à certains biopesticides, ils sont généralement considérés comme présentant un risque plus faible et beaucoup peuvent être utilisés à titre préventif. L'alternance entre les groupes chimiques reste une stratégie viable pour la gestion de la résistance et souligne l'importance de comprendre les sites cibles et les modes d'action des différentes classes d'ingrédients actifs.

Mettez en œuvre les stratégies suivantes pour réduire le risque de développement de la résistance chez les ravageurs :

- Évitez l'application répétée de pesticides du même groupe ou sous-groupe chimique ou (indiqué par le numéro de groupe des modes d'action de l'IRAC et du FRAC) en effectuant une rotation entre les groupes chimiques avec des modes d'action différents.
- Pour les ravageurs à générations distinctes, n'utilisez les produits d'un groupe de mode d'action que pendant la durée d'une génération du ravageur cible avant de passer à un autre groupe pour la génération suivante.
- Pour les ravageurs dont les générations se chevauchent (comme les pucerons ou les acariens), utilisez une fenêtre d'application appropriée qui tient compte de la durée des générations ou d'un stade de développement des cultures. Par exemple, l'IRAC recommande une fenêtre de 15 jours pour les pucerons et les acariens et une fenêtre de 30 jours pour la plupart des autres ravageurs.
- Utilisez des fongicides à faible risque (tels que des biofongicides dans les groupes BM01 ou BM02 du FRAC) en rotation ou en combinaison

avec des fongicides à risque moyen et élevé lorsque cela est possible.

- N'utilisez les pesticides que lorsque cela est nécessaire et intégrez-les autant que possible avec d'autres stratégies de gestion dans un programme de lutte intégrée.
- Suivez toutes les recommandations de l'étiquette. Ne dépassez pas le nombre total d'applications autorisées par an ou par cycle de culture pour chaque produit. N'appliquez pas le produit à des taux inférieurs au taux recommandé sur l'étiquette. L'exposition à de faibles doses peut également augmenter le développement de la résistance.
- Surveillez les populations de ravageurs récemment traitées à la recherche de signes de résistance (par exemple, des réductions plus faibles que prévu selon les allégations figurant sur l'étiquette).
- Consultez l'étiquette du pesticide pour plus de renseignements sur la gestion de la résistance.

Pour plus d'informations sur les stratégies de gestion de la résistance aux pesticides, consulter les modules de formation de l'IRAC disponibles au [centre de formation](#) (en anglais seulement) de l'IRAC et les [recommandations de gestion de la résistance aux fongicides](#) (en anglais seulement) sur [le site Web du FRAC](#) ou visitez le [Portail ontarien pour la protection des cultures de l'Ontario](#) du ministère.

Méthodes d'application des pesticides, mouvement et efficacité

Selon ce qui est spécifié sur l'étiquette, les pesticides peuvent être appliqués de différentes manières, soit par application foliaire, par arrosage, par brumisation et parfois par vectorisation au moyen de pollinisateurs ([Tableau 2](#))^[18].

Tableau 2. Liste des techniques d'application, des taux cibles et des volumes d'eau relatifs

Technique d'application	Processus	Cible	Volume d'eau
Foliaire	équipement de pulvérisation	feuilles, tiges ou fruits	modéré
Arrosage (parfois appelé égouttage ou chimigation)	par le système d'irrigation ou à la main	zone des racines	relativement élevé
Brumisation ou pulvérisation	conversion de la solution en vapeur	grands volumes de la serre	faible
Vectorisation au moyen de pollinisateurs (parfois appelé « apivectoring »)	bourdons utilisés pour disséminer des biopesticides microbiens	souvent les fleurs, mais parfois les feuilles, les tiges ou les fruits	aucun

Outre ces méthodes, certains pesticides sont également disponibles dans des formulations granulaires qui peuvent être appliquées directement sur le milieu de culture.

Le mouvement ou l'absence de mouvement des pesticides sur ou au sein des plantes cultivées varie selon les ingrédients actifs^[38]. Les pesticides varient selon la façon dont ils :

- A. interagissent avec la plante (s'ils restent à la surface ou se déplacent dans les tissus)
- B. atteignent l'organisme nuisible cible (par contact, ingestion ou inhalation)

A. Interaction avec la plante

Les **pesticides de contact ou de surface** ont des attributs pénétrants limités pour les plantes. Certains ont très peu de potentiel de pénétration, restent en surface et agissent par adsorption uniquement (adhérence). D'autres peuvent pénétrer dans la cuticule de la plante (être absorbés), sont moins résistants au délavage et peuvent avoir une longue activité résiduelle. Les pesticides de contact doivent couvrir les surfaces de la plante où les parasites sont actifs et susceptibles d'entrer en contact direct avec le résidu. Idéalement, une forte densité de dépôts uniformes qui n'entraînent pas de ruissellement améliore l'efficacité de ces produits.

Les **pesticides translaminaires** pénètrent dans les tissus végétaux et forment un réservoir d'ingrédient actif près du point d'application ou, en d'autres termes, ils sont localement systémiques. Les pesticides translaminaires peuvent passer de la surface supérieure d'une feuille à sa face inférieure lorsqu'ils sont appliqués par vaporisation foliaire, ce qui protège la plante contre les parasites comme les pucerons. La redistribution locale dans les tissus de surface en s'étendant au-delà du site de dépôt de pesticide améliore la couverture par rapport aux produits qui se limitent à la surface. Le degré de couverture requis n'est pas aussi strict que celui d'un produit de contact, mais devrait être supérieur à celui d'un produit systémique.

Les **pesticides systémiques** peuvent se déplacer dans le système vasculaire de la plante en augmentant le degré de protection au-delà de la zone couverte par l'application initiale. Les pesticides systémiques sont absorbés

passivement ou activement par les racines ou sont absorbés ou adsorbés par les tissus foliaires. Il peut s'écouler un certain temps avant que l'ingrédient actif ne se déplace vers toutes les parties de la plante, y compris les nouvelles croissances. La plupart des pesticides systémiques ont tendance à se déplacer vers le haut (avec l'eau dans le xylème) plutôt que vers le bas (avec les sucres et les nutriments dans le phloème), de sorte que les applications foliaires doivent cibler les populations de ravageurs au niveau des feuilles ou à des niveaux inférieurs. Les applications absorbées par les racines ont tendance à fournir une activité résiduelle beaucoup plus longue par rapport aux applications foliaires. Dans les deux cas, l'activité résiduelle peut varier de 2 à 12 semaines. Selon la taille de la plante et les taux d'application, peu d'ingrédients actifs peuvent aboutir dans la nouvelle croissance au sommet de la plante.

B. Atteinte du ravageur cible

Les **pesticides de contact** agissent en tuant les ravageurs lorsqu'ils entrent en contact direct avec des résidus de l'ingrédient actif. Cela se produit lorsque les ravageurs marchent sur des surfaces traitées ou par des effets **ovicides**, lorsque les œufs sont pondus sur ou sous des surfaces traitées. Les pesticides qui atteignent la cible par contact sont généralement des produits de surface, bien que les produits systémiques ou translaminaires puissent tuer au contact si les ingrédients actifs n'ont pas encore été absorbés par les tissus végétaux. La bonne couverture, en particulier par rapport à l'endroit où les parasites sont actifs, a une incidence directe sur l'efficacité de ces produits.

Pour les arthropodes nuisibles, les pesticides qui agissent par **ingestion** doivent être déposés sur les surfaces des plantes que les parasites sont susceptibles de consommer pour avoir un effet toxique. Les ravageurs cibles sont exposés au pesticide lorsqu'ils se nourrissent de tissus végétaux contenant des ingrédients actifs, qu'ils soient en surface, translaminaires ou systémiques. Certains insecticides ont des effets **ovilarvicides**, tuant les larves émergentes lorsqu'elles mâchent le **chorion** de l'œuf. Un dépôt uniforme est toujours préférable, mais le pourcentage de la surface cible nécessitant une couverture dépend de la nature du pesticide. Il peut y avoir une couverture moindre dans les cas où les résidus attirent des ravageurs ou peuvent

faire l'objet d'une dispersion secondaire en raison de la propagation ou de l'absorption par les plantes, et vice versa.

L'**efficacité des pesticides** est une mesure de rendement du produit exprimée en potentiel de suppression partielle, de suppression ou de contrôle^[59]. Elle pourrait être mesurée par la mortalité du ravageur ou les répercussions négatives sur sa capacité à se nourrir et à se reproduire, ou par la réduction des dommages causés à la culture. Il est important que le produit fournisse des résultats cohérents avec le taux d'efficacité le plus bas sans dommage inacceptable (phytotoxicité) pour la culture.

Les allégations de rendement pour la lutte contre les arthropodes nuisibles ne sont pas des seuils rigides, mais nécessitent des données pour démontrer que la réduction du nombre d'arthropodes nuisibles ou des dommages est acceptable sur le plan commercial. Les allégations de suppression des arthropodes nuisibles peuvent signifier que le rendement est moins constant, mais que le produit a toujours de la valeur dans un programme de lutte intégrée lorsqu'il est combiné à d'autres stratégies ou s'il offre d'autres avantages. Par exemple, le produit peut avoir un mode d'action différent qui le rend apte à la rotation ou avoir des effets minimes sur les ravageurs non ciblés.

Pour les fongicides, ces allégations de rendement signifient différentes choses. On peut contrôler les agents pathogènes des plantes en réduisant l'incidence des maladies ou en maintenant le potentiel de rendement, en fonction de l'espèce d'agent pathogène cible. Bien que la suppression des agents pathogènes des plantes puisse toujours offrir un contrôle cohérent et commercialement bénéfique, ce n'est pas une solution optimale.

D'autres facteurs peuvent influencer l'efficacité observée d'un produit s'il n'atteint pas les niveaux de rendement attendus à la ferme. L'efficacité dépend de plusieurs facteurs, notamment la technologie d'application, la technique, le moment, la couverture, la température, la lumière, l'humidité, le pH, les populations d'organismes nuisibles résistants, etc. Consulter le [Tableau 3](#) pour plus de détails.

Technologie d'application des pesticides

Le type de technologie d'application (équipement) utilisée dans la production en serre varie. En somme, l'équipement de pulvérisation mesure une solution liquide (souvent sous forme de gouttelettes) et l'achemine vers la cible. Le plus souvent, la cible est décrite comme la population de ravageurs.

Tableau 3. Mesures pour maximiser l'efficacité des pesticides

Facteur	Mesures recommandées
Exactitude	S'assurer que les taux d'application des pesticides sont calculés et mesurés avec précision.
Couverture	S'assurer que la couverture adéquate est atteinte sur le site cible (p. ex., cibler un ravageur sur le fruit par rapport aux feuilles). Des changements simples, tels que se déplacer plus lentement dans la culture et maintenir une distance constante entre la buse de pulvérisation et la cible, améliorent considérablement le rendement.
Entretien	Entretenir l'équipement de pulvérisation. Certains produits chimiques peuvent corroder et endommager l'équipement d'application, ce qui signifie que les composants nécessiteront à la fois un entretien ou un remplacement au fil de leur utilisation. Un régime de nettoyage et d'entretien réguliers conformément aux directives du fabricant garantira un rendement optimal et des temps d'arrêt réduits.
Technologie d'application	Tenir compte de différentes technologies d'application. L'équipement d'application est conçu dans un but précis et peut ne pas être adapté à tous les besoins. La distance entre le point de brumisation et la cible, le volume de l'agent porteur et la taille et la densité de la canopée ciblée dicteront le meilleur outil pour le travail. S'assurer que l'équipement utilisé est approprié au pesticide et à l'objectif.
Dates	Pulvériser la cible au moment opportun pour maximiser les effets sur les ravageurs. Un programme de dépistage peut fournir les informations nécessaires pour décider quand, où, et pourquoi une application de pesticide est nécessaire.
pH	Ajuster le pH de l'eau à 5,5-6,0. Le pesticide peut se dégrader rapidement à un pH supérieur à 7.
Histoire	Garder à l'esprit l'historique d'utilisation d'un produit particulier dans la serre et effectuer une rotation entre les groupes chimiques.

Dans certains cas, la cible peut comprendre une partie particulière de la plante pour faciliter le déplacement du pesticide vers l'organisme nuisible. Par exemple, une application par arrosage d'un insecticide systémique ciblant un insecte se nourrissant de feuilles dépend de l'absorption du produit par les racines pour le transférer dans la partie de la plante où l'insecte se nourrit. La quantité d'eau utilisée, la pression de fonctionnement, la taille des gouttelettes

et la main-d'œuvre nécessaire pour le faire fonctionner sont tous des facteurs qui peuvent varier d'un équipement à un autre ([Tableau 4](#)). Le degré de couverture requis est parfois indiqué sur l'étiquette du pesticide.

Le choix de la technologie d'application dépend de plusieurs facteurs variant selon la méthode (application foliaire, arrosage, ou brumisation).

Tableau 4. Facteurs importants pour l'application des pesticides

Facteur	Détails
Taille des gouttelettes	La gamme des tailles de gouttelettes va d'extrêmement fines (environ ≤ 50 microns [μm] de diamètre) à ultra-grossières (environ > 622 microns de diamètre).
Volume élevé d'eau ou de solution	Ces applications sont effectuées à des pressions allant de 500 à 4 285 kPa (75 à 700 psi) en utilisant des débits de 3,9 à 5,7 L/min (1 à 1,5 g/min). Elles utilisent des taux d'étiquetage standard pour réaliser une application diluée en diffusant des gouttelettes de plus de 100 microns.
Faible volume d'eau ou de solution	Ces applications sont effectuées à des pressions élevées autour de 20 685 kPa (3 000 psi) en utilisant des débits approchant 1 L/min (0,26 g/min), couvrant 93 m ² (1 000 pi ²). Elles s'effectuent à des taux réduits sur une zone donnée et créent des gouttelettes variant de 25 à 100 microns.
Ultrafaible volume d'eau ou de solution (brumisateurs)	Ces applications utilisent des débits approchant 2 L/min (0,52 g/min), couvrant 930 m ² (10 000 pi ²). Elles nécessitent des solutions concentrées, mais appliquées à des taux réduits par zone en utilisant des gouttelettes de moins de 25 microns.
Calibration	Selon l'opérateur et la culture.
Pression	Affecte la vitesse d'application et la distribution de la pulvérisation. Habituellement mesurée avec une jauge indiquant la pression à la buse. Voir volume.
Couverture	Répartition uniforme de l'ingrédient actif sur la cible souhaitée. La répartition peut être évaluée à l'aide de papier sensible à l'eau (Figure 27). Noter qu'une humidité ambiante élevée et la présence d'eau sur les plantes peuvent affecter les observations du papier si elles sont laissées dans la canopée trop longtemps.
Efficacité de l'application	L'efficacité signifie que vous évitez le gaspillage de ressources telles que le temps, l'argent ou les pesticides. Le produit gaspillé s'entend de tout liquide de pulvérisation non déposé sur la cible (p. ex. dérive, ruissellement, fuites, déversements ou solution de pulvérisation résiduelle).
Rendement de l'application	Le rendement signifie que vous réussissez à produire le résultat souhaité. Par exemple, si un pesticide est étiqueté pour la suppression d'un ravageur et que c'est le résultat obtenu, on peut dire que l'application a donné un bon rendement.
Buses	Une buse hydraulique conventionnelle mesure le débit de liquide de pulvérisation en gros, le convertit en une gamme de tailles de gouttelettes et les disperse dans une forme géométrique spécifique; le tout en réponse à la pression hydraulique. Les exemples comprennent un ventilateur plat, un cône creux ou un double ventilateur plat (Figure 28).



Figure 27. Couverture sous les feuilles avec un pulvérisateur remorqué manuellement à l'aide de cônes creux TeeJet VisiFlo (TX-VK3) fonctionnant à >300 psi.

Source : sprayers101.com, photo : Jason Deveau

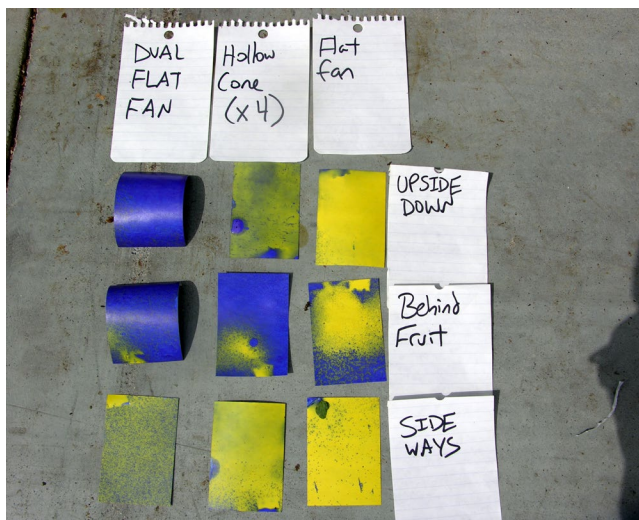


Figure 28. Couverture à partir de trois ensembles de buses. Papiers orientés de trois manières différentes dans une vigne de tomate de serre à l'aide d'une flèche verticale automatisée.

Source : sprayers101.com, photo : Jason Deveau

L'équipement d'application de pesticides comprend des pulvérisateurs hydrauliques à grand volume, des pulvérisateurs à faible volume ou des pulvérisateurs à très faible volume (y compris les brumisateurs). Certaines étiquettes permettent des applications au moyen de systèmes d'irrigation ou à l'aide de brûleurs, tandis que d'autres permettent le recours à des pollinisateurs. Idéalement, chaque combinaison de morphologie de la canopée, d'architecture

de plantation, de ravageurs et de chimie serait assortie à un pulvérisateur spécifique conçu pour optimiser la couverture et le rendement du produit. Toutefois, ce n'est pas réaliste sur le plan économique. Au lieu de cela, de nombreux producteurs utilisent des technologies qui reposent sur des volumes d'eau élevés et des pressions hydrauliques pour « arroser » les cibles sans distinction. D'autres utilisent des méthodes très manuelles qui permettent à l'opérateur de diriger la buse par rapport à la canopée au cas par cas, mais comptent toujours uniquement sur l'eau pour distribuer l'insecticide.

De nombreuses serres utilisent plus d'une technologie d'application pour répondre à un large éventail de besoins. Les applicateurs doivent utiliser des EPI appropriés en fonction de la technologie utilisée et des spécifications figurant sur les étiquettes des pesticides. Vous trouverez ci-dessous des descriptions de certaines technologies couramment utilisées dans la production de fruits et de légumes en serre.

Pulvérisateurs hydrauliques à grand volume

Avec les pulvérisateurs à grand volume ou hydrauliques, l'énergie est générée par une pompe qui crée une pression pour amener la solution (l'ingrédient actif et l'eau) à la cible (la plante). Ces pulvérisateurs sont le plus souvent utilisés pour les pesticides de contact et utilisent de grands volumes d'eau permettant de pulvériser le feuillage jusqu'au point de ruissellement ou d'humidité. Les différents choix de buses dictent la taille des gouttelettes (généralement entre 200 et 400 microns) et l'orientation de la solution de pulvérisation.

Pulvérisateurs sac à dos

Cette méthode est souvent utilisée pour la pulvérisation ponctuelle et est généralement utilisée à l'aide d'une pompe manuelle qui pressurise la solution et d'une baguette avec des buses dirigeant le pulvérisateur vers sa cible.

Pulvérisateurs manuels

Ces pulvérisateurs sont dotés d'une flèche verticale tractée manuellement avec un rouleau de tuyau, puis remorqués par l'opérateur entre les rangées à une vitesse constante (Figure 29). Il y a un réservoir et une pompe centralisés, situés à l'extérieur de la zone de culture. Les produits

sont mélangés et pompés à partir de ce réservoir centralisé. La pression est réglée à la source et certaines exploitations subissent une chute de pression importante aux confins de la serre. Parfois, la pression peut être contrôlée avec un régulateur sur la flèche.

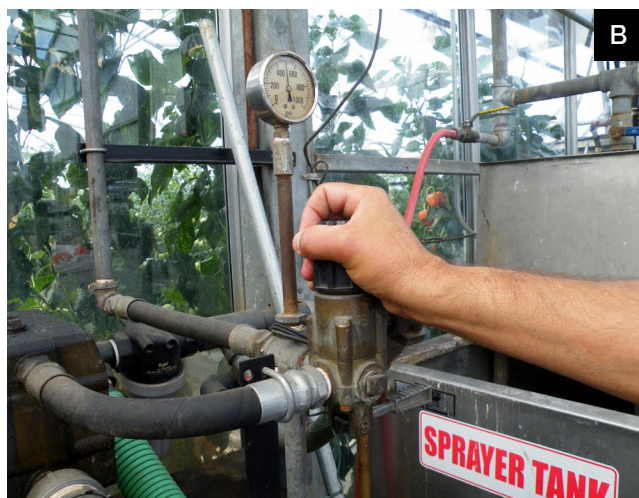


Figure 29. (A) Flèche verticale remorquée manuellement. (B) Régulateur de pression.
Source : sprayers101.com, photo : Jason Deveau

Pulvérisateur à flèche verticale automatisé (chariot de pulvérisation)

Les flèches verticales robotisées (automatisées) peuvent rouler le long des tuyaux entre les rangées (Figure 30). L'opérateur se tient généralement dans le couloir et envoie le pulvérisateur dans la rangée.

Soyez prudent lors de la calibration ou de l'ajustement du pulvérisateur en fonction de votre objectif, soit d'améliorer la couverture ou de réduire le gaspillage. N'oubliez pas de réévaluer

la quantité de pulvérisation nécessaire pour atteindre ces objectifs lorsque vous calibrez les pulvérisateurs pour améliorer la couverture de pulvérisation.



Figure 30. Pulvérisateur à flèche verticale automatisée.

Pulvérisateurs à faible volume

Ces pulvérisateurs utilisent des pesticides plus concentrés (moins d'eau que les pulvérisateurs à grand volume) pour acheminer des pesticides à la cible. En utilisant une pression élevée entre 1 000 et 3 000 psi, la solution pesticide est injectée dans un flux d'air à l'aide d'un ventilateur, d'un souffleur ou d'un compresseur, pour créer des gouttelettes plus fines (généralement entre 50 et 100 microns).

Les pulvérisateurs assistés par air utilisent de l'air pour transporter le produit vers la cible, plutôt que de compter sur l'énergie hydraulique. Le recours à la pression hydraulique et au volume d'un liquide porteur présente des inconvénients :

- Des volumes d'eau élevés entraînent une humidité plus élevée dans des environnements fermés, ce qui peut favoriser les maladies.
- Le ruissellement inévitable crée des eaux usées qui peuvent nécessiter un traitement avant de quitter les environnements fermés.
- Des volumes élevés de liquide porteur diluent les produits chimiques déjà « doux » et la pression hydraulique n'améliore pas toujours la pénétration de la canopée ou l'uniformité de la couverture.

La pulvérisation assistée par air peut être une solution de rechange viable (et une amélioration) à ces approches. Les pulvérisateurs à faible volume (et ultra-faibles) peuvent être stationnaires ou mobiles et utilisent l'air pour tirer profit de l'avantage mécanique offert par des gouttelettes plus petites et plus nombreuses. Les gouttelettes plus fines sont très légères, elles doivent donc être dirigées et transportées par les courants d'air pour les amener à la cible. Une énergie d'air suffisante déplacera également l'air à l'intérieur de la canopée cible et exposera physiquement les surfaces végétales autrement cachées au jet. L'air peut remplacer partiellement l'eau en tant que support et il a le potentiel d'améliorer l'uniformité de la couverture dans toute la canopée cible.

Dans le cas des pulvérisateurs électrostatiques, la vaporisation est chargée par un surcompresseur haute tension. Généralement, la charge est induite par une électrode positionnée à proximité du panache de pulvérisation lorsque des gouttelettes commencent à se former. On parle alors d'effluve électrique. Un champ électrique intense confère une charge positive ou négative en fonction de la polarité de l'alimentation en courant continu (CC) utilisée. Imaginez de l'électricité statique à haute tension. Parfois, la pulvérisation est atomisée par une buse hydraulique (p. ex., un cône creux) et parfois à l'aide d'une buse à air. Cette dernière a l'avantage supplémentaire de souffler des gouttelettes loin de l'électrode et de les projeter dans la canopée.

La taille des gouttelettes est un facteur critique. Les gouttelettes doivent être suffisamment grandes pour résister à l'évaporation et à la dérive, mais suffisamment petites pour que la charge puisse modifier leur trajectoire lorsqu'elle s'approche d'une cible (c.-à-d. le **rapport charge/masse**).

La plupart des buses électrostatiques produisent des gouttelettes d'environ 50 microns, dites « très fines » en agriculture. À titre de comparaison, un cheveu humain varie de 20 à 180 microns. Les gouttes d'eau du brouillard mesurent environ 5 microns. Les gouttelettes sont d'une taille si petite que la distance entre la buse et la canopée est un facteur déterminant pour le dépôt ou la dérive de la pulvérisation.

Pulvérisateurs à très faible volume

Ces systèmes, souvent appelés brumisateurs, produisent des gouttelettes encore plus petites (0,5-50 microns). Les brumisateurs stationnaires comptent sur la circulation de l'air dans la serre pour atteindre leur objectif. Le papier sensible à l'eau a une utilité limitée lors de l'évaluation de la couverture des brumisateurs, car les gouttelettes sont extrêmement petites (les gouttelettes de < 50 microns ne sont pas détectées de manière fiable sans **coalescence**). Ces systèmes peuvent nécessiter ou non un applicateur et sont souvent utilisés pendant les heures où la plupart des employés ne sont pas présents. Il est important d'avoir un taux d'humidité atmosphérique suffisant pour éviter l'évaporation des gouttelettes avant leur atteinte de la cible.

Les brumisateurs mécaniques, également appelés brumisateurs froids, utilisent des pompes à haute pression et des buses de pulvérisation qui délivrent des gouttelettes ultrafines à la cible à l'aide d'un ventilateur externe (Figure 31).

Les brumisateurs thermiques utilisent une chaleur extrême et un flux d'air pour transformer le pesticide en vapeur. Ces gouttelettes ultrafines peuvent se déplacer sur de longues distances dans les bonnes conditions et peuvent traiter de grandes surfaces en peu de temps.



Figure 31. Nébuleuse.

Source : Damm Corporation. Photo : Louis Damm,

Irrigation goutte-à-goutte

Avec ces systèmes, parfois appelés applications par inondation, le pesticide est appliqué sur le milieu de culture par des canaux d'irrigation. Cette technique demeure désirable lorsqu'elle est possible en fonction de l'emplacement de la population de ravageurs cible ou de l'activité systémique.

Application au moyen de pollinisateurs

Dans ces systèmes, des distributeurs contenant un principe actif (probablement la poudre d'un biopesticide microbien) sont placés près de la sortie de la ruche de la colonie. Les bourdons marchent dans le distributeur et déposent l'agent microbien sur les fleurs qu'ils butinent^[18]. Ils déposent également de l'inoculum sur le feuillage des cultures alors qu'ils se nourrissent entre les fleurs des cultures.

Pour plus d'informations sur la technologie d'application, consultez le site Web www.sprayers101.com.

Utilisation des pesticides en Ontario Réglementation des pesticides

Avant qu'un pesticide (produit antiparasitaire) puisse être vendu ou utilisé en Ontario, il doit être homologué en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* (LPA) fédérale et être classé en vertu de la *Loi sur les pesticides* provinciale.

Une étiquette de pesticide est un document juridique

Les étiquettes de pesticides fournissent des informations spécifiques sur la façon d'utiliser un produit en toute sécurité, les dangers, les restrictions d'utilisation, la compatibilité avec d'autres produits, l'effet des conditions environnementales sur son efficacité, etc. Consultez l'étiquette de chaque produit avant d'utiliser un pesticide. Assurez-vous d'avoir l'étiquette la plus récente et d'être au courant de toute décision de réévaluation. Les homologations d'urgence sont des homologations temporaires (1 an ou moins) de pesticides dont les producteurs ont besoin pour gérer une nouvelle éclosion d'une espèce nuisible envahissante ou de ravageurs. Soyez attentif à la date de péremption des pesticides que vous utilisez dans le cadre d'une homologation d'urgence. Pour obtenir de plus amples renseignements sur les pesticides homologués utilisés dans les serres au Canada, consultez le [Portail ontarien pour la protection des cultures](#) du ministère.

Pour plus de renseignements sur les informations sur l'étiquette (y compris les intervalles d'entrée restreints et les intervalles avant la récolte), la réglementation, la sécurité, la formation et la certification, consulter la page [Utilisation de](#)

[pesticides en Ontario](#) du [Portail ontarien pour la protection des cultures](#).

Critères de réussite

Les programmes de lutte intégrée jouent un rôle énorme dans le succès de la production de fruits et légumes de serre en Ontario. Pour évaluer le succès des programmes de lutte intégrée, les producteurs doivent :

- Mettre l'accent sur la prévention plutôt que sur l'intervention.
- Surveiller les cultures au moins une fois par semaine et éduquer et mobiliser les employés dans la détection précoce des ravageurs ou des symptômes inhabituels.
- Tenir des registres détaillés à l'aide d'un système qui peut fusionner les stratégies de lutte intégrée et les données sur les ravageurs pour analyser les tendances.
- Inclure d'autres paramètres pour aider à anticiper les problèmes potentiels de ravageurs. Par exemple, un été frais, nuageux et humide sans gestion adéquate du climat (chauffage et ventilation pour gérer l'humidité relative) crée des conditions idéales pour de nombreuses maladies telles que le mildiou, la pourriture noire, la moisissure grise du haricot, etc.
- Diagnostiquer correctement les maladies et identifier les arthropodes pour déterminer comment gérer efficacement le ravageur.
- Développer une compréhension approfondie des ravageurs qui affectent généralement les cultures en cours de culture. L'utilisation appropriée et en temps opportun des stratégies de gestion fait ensuite partie d'un processus continu.
- Développer une compréhension approfondie des agents de biocontrôle utilisés pour gérer les ravageurs. Fournir un environnement optimal propice à l'établissement du biocontrôle et au succès de la reproduction tout au long du cycle de culture.
- Apprendre à anticiper les périodes où des infections sont susceptibles de se produire car les agents pathogènes sont microscopiques. Ainsi, une fois qu'ils sont visibles, les agents pathogènes sont généralement présents depuis un certain temps et plus difficiles à contrôler.

Glossaire

Acaricide (également connu sous le nom de miticide) — toute substance toxique (pesticide) utilisée pour tuer les acariens^[8].

Activité résiduelle — la durée d'activité d'un pesticide pour lutter contre l'organisme nuisible par rapport au temps nécessaire pour le dégrader^[54].

Agent causal (également connu sous le nom d'organisme causal) — organisme responsable de la maladie chez les plantes.

Agents de lutte biologique (également connus sous le nom de biocontrôle) — organismes vivants utilisés pour réduire les dommages causés par les ravageurs à des niveaux tolérables^[60].

Agents pathogènes des plantes — micro-organisme qui provoque des maladies chez les plantes^[54].

Agriculture en environnement contrôlé — agriculture hydroponique avancée et intensive où la culture est cultivée dans un environnement contrôlé pour optimiser la santé et la production des plantes^[19].

Aliments complémentaires — voir supplémentation alimentaire.

Analyse immunologique en laboratoire — méthodes de détection des agents pathogènes des plantes à l'aide d'anticorps et effectuées en laboratoire^[54].

Antenne (antennes au pluriel) — organes sensoriels élançés, mobiles et segmentés sur la tête des insectes^[43].

Antibiose — association antagoniste entre organismes au détriment de l'un d'entre eux ou entre un organisme et un produit métabolique d'un autre^[43].

Arthropode — un phylum (*Arthropoda*) d'animaux invertébrés (tels que les insectes et les arachnides) qui ont un corps segmenté et des appendices articulés, un exosquelette généralement chitineux et mué à intervalles et un cerveau antérieur dorsal connecté à une chaîne ventrale de ganglions^[43].

Ascospores — spores produites sexuellement dans un asque (structure semblable à un sac produite par des champignons dans le phylum *Ascomycota*; pluriel = asci)^[8].

Assainissement — la promotion de l'hygiène et la prévention des maladies par le maintien des conditions sanitaires (comme par l'enlèvement des déchets)^[43].

Bactéricide — toute substance toxique (pesticide) qui tue ou inhibe la croissance des bactéries^[8].

Bactérie Gram négative — l'un des différents types de bactéries qui se caractérisent par une fine paroi cellulaire peptidoglycane entourée d'une membrane externe contenant un lipopolysaccharide qui est à son tour enveloppée par une capsule. Ces bactéries sont ainsi nommées en raison de leur réaction à la coloration de Gram, où elles prennent une couleur rose ou rouge caractéristique, en raison de leurs parois cellulaires minces^[8].

Bactérie Gram positive — l'un des différents types de bactéries qui sont caractérisées par une paroi cellulaire de peptidoglycane épaisse et par l'absence d'une membrane externe composée de lipopolysaccharide. Ces bactéries sont ainsi nommées en raison de leur réaction à la coloration de Gram, où elles prennent une couleur mauve caractéristique, en raison de leurs parois cellulaires épaisses^[8].

Bactériophage — tout groupe de virus qui infecte les bactéries^[8].

Bacterium (pluriel = bacteria) — l'un des domaines (bactéries) des micro-organismes procaryotes unicellulaires principalement ronds, en spirale ou en forme de tige qui vivent généralement dans le sol, l'eau, la matière organique ou les corps des plantes et des animaux, qui fabriquent leur propre nourriture, en particulier à partir de la lumière du soleil ou qui sont saprophytes ou parasitaires, sont souvent mobiles au moyen de flagelles, se reproduisent notamment par fission binaire et comprennent de nombreux agents pathogènes importants^[43].

Baculovirus — tout membre de la famille (*Baculoviridae*) des virus à ADN qui se compose d'une ou plusieurs nucléocapsides enveloppées, qui infectent les arthropodes et en particulier les

insectes et qui ont été utilisés comme agents de lutte biologique contre les insectes nuisibles et expérimentalement dans la technologie de l'ADN recombinant comme vecteurs pour l'expression des gènes eucaryotes^[43].

Bandelettes de tests immunologiques (également connues sous le nom de tests rapides) — trousse de test disponibles dans le commerce utilisant des anticorps pour détecter la présence d'agents pathogènes spécifiques des plantes sur place^[54].

Basidiospores — spores produites sexuellement dans un basidium (organe sporeux en forme de massue produit par des champignons dans le phylum *Basidiomycota*)^[8].

Biocontrôle conservateur — approche de biocontrôle qui comprend la réduction des facteurs qui interfèrent avec l'établissement naturel des arthropodes bénéfiques ou la fourniture à ces agents des ressources nécessaires pour favoriser la croissance de leurs populations^{[24],[60]}.

Biocontrôle inondatif — dissémination d'un grand nombre d'agents de lutte biologique pour submerger rapidement le ravageur sans attente de suppression à long terme des ravageurs^[60].

Biocontrôle inoculatif — dissémination périodique d'agents de lutte biologique qui s'établissent et se développent sur les cultures pour gérer de manière adéquate la population de ravageurs au fil du temps^[60].

Biofilm — agrégat de bactéries maintenues ensemble par une matrice glucidique ressemblant à un mucus qui adhère à une surface^[8].

Biopesticide — agents de lutte antiparasitaire et produits chimiques dérivés de sources naturelles telles que bactéries, champignons, virus, plantes, animaux et minéraux^[1].

Biosécurité — ensemble de pratiques utilisées pour prévenir, minimiser et gérer la transmission des ravageurs, y compris leur introduction, leur propagation et leur dissémination^[12].

Cartons collants — cartes de couleur (généralement jaunes ou bleues) recouvertes d'une substance collante et utilisées pour

capturer les insectes volants afin de les surveiller ou de les piéger.

Chaîne d'approvisionnement — chaîne de processus, d'entreprises, etc., par lesquels un produit est produit et distribué^[43].

Champignon — toute espèce du règne (champignons) d'organismes eucaryotes produisant des spores saprophytes et parasitaires, généralement filamenteuses, anciennement classées comme plantes dépourvues de chlorophylle et comprenant les moisissures, les rouilles, les mildious, les fumiers, les champignons et les levures^[43].

Champignons transmis par le sol — champignons transmis par ou dans le sol^[43].

Chasmothecium (pluriel = chasmothecia) — le corps fructifère qui contient des asques^[30].

Chélicère — l'un des deux appendices antérieurs d'un arachnide souvent spécialisé en forme de crocs^[43].

Chitine — un polysaccharide de poids moléculaire élevé contenant des groupes d'acides aminés constituant la majeure partie d'une cuticule d'arthropode^[8].

Chlorose — une maladie chez les plantes vertes marquée par le jaunissement ou le blanchiment^[43].

Chorion — coquille d'œuf d'un insecte, généralement pourvue d'un maillage rempli d'air assurant la respiration de l'embryon en développement^[8].

Coalescence — réunion d'éléments au fil de leur croissance^[43].

Colonie — une population localisée distincte d'une espèce ou d'un type d'organisme, une masse circonscrite de micro-organismes poussant généralement dans ou sur un milieu solide^[43].

Coloration de Gram — une technique de coloration microbiologique qui est utilisée pour identifier et caractériser les bactéries^[8].

Supplémentation alimentaire (ou nourriture supplémentaire) — l'utilisation d'autres ressources végétales ou proies pour améliorer l'établissement d'agents de biocontrôle sur la culture cultivée^[39].

Conductivité électrique (CE) — une mesure de la quantité totale de sels, y compris les sels d'engrais, dans le milieu de culture^[74].

Conidies — spore asexuée produite sur un conidiophore de certains champignons^[43].

Contrôle biologique par lâcher périodique — élevage et dissémination d'agents de lutte biologique déjà présents (ou natifs) pour augmenter leur efficacité^[60].

Cuticule — la couche externe ou la partie d'un organisme qui entre en contact avec l'environnement. Chez de nombreux invertébrés, la cuticule non cellulaire est sécrétée par l'épiderme. Cette couche peut, comme chez les arthropodes, contenir des pigments et de la chitine^[8].

Cycle de la maladie — une série d'événements sur une période qui entraîne le développement de la maladie^[35].

Défoliation — perte ou excrétion de feuilles^[54]; il s'agit souvent de dommages causés par l'alimentation des insectes.

Degré-jour (DJ) — une unité qui représente un degré de différence par rapport à un point donné (tel que 10°C) dans la température extérieure quotidienne moyenne et qui est utilisée spécialement pour mesurer les besoins en chaleur^[43].

Développement dépendant de la température — où la vitesse de développement (l'inverse du temps de développement) commence à une température minimale et augmente lentement à mesure que la température augmente, souvent linéairement, jusqu'à ce qu'elle atteigne un niveau optimal, après quoi elle diminue rapidement jusqu'à une température maximale où le développement cesse ou la mort survient^[61].

Diapause — chez les arthropodes, il s'agit d'une période de dormance physiologiquement forcée avec une activité métabolique réduite entre les

périodes d'activité. Elle peut être déclenchée par des conditions environnementales défavorables (comme l'hiver) ou est une étape nécessaire de leur cycle de vie^[8].

Échantillonnage proactif — échantillonnage dans le but de diagnostiquer un ravageur avant que les symptômes ne soient présents ou évidents.

Échantillonnage réactif — échantillonnage dans le but de diagnostiquer un ravageur avant que les symptômes ne soient présents ou évidents.

Éclaircissage — soit libérer une culture des plantes ou des semis inférieurs, malades ou autrement indésirables^[54].

Ectoparasite — un parasite qui vit à l'extérieur de son hôte^[8].

Effets létaux — lorsque les agents de lutte biologique tuent et mangent leurs proies^{[36],[78]}.

Effets non létaux — impacts des agents de lutte biologique sur les populations de ravageurs qui n'incluent pas la mise à mort et la consommation de leurs proies (y compris l'intimidation, le harcèlement, la réduction de l'alimentation, la ponte, le développement, etc.)^{[36],[78]}.

Efficacité des pesticides — mesure du niveau, de la durée et de la cohérence du contrôle fourni par un pesticide^[59].

Endoparasite — un parasite qui vit dans son hôte^[8].

Entomopathogène — un pathogène qui infecte les insectes.

Environnement au-dessus du substrat — désigne l'environnement en dehors du milieu de culture où les pousses, les feuilles, les fleurs et les fruits sont produits et comprend les niveaux de lumière, la température, le mouvement de l'air, l'humidité relative et la qualité de l'air.

Environnement du milieu de culture — l'environnement dans le substrat dans lequel les racines poussent, y compris la température, le pH, les niveaux de nutriments, la conductivité électrique, la capacité de rétention d'humidité, le drainage et la teneur en oxygène.

Épiderme — une fine couche superficielle de tissu chez les plantes supérieures formée par la croissance d'un méristème primaire^[43].

Équipement de protection individuelle

(EPI) — dispositifs de protection, vêtements ou revêtements (tels que respirateurs, casques, écrans faciaux, bottes ou gants) qui sont portés pour minimiser l'exposition aux dangers pouvant causer des blessures ou des maladies^[43].

Eucaryote — toute cellule ou tout organisme qui possède un noyau clairement défini^[8].

Exosquelette — enveloppe rigide ou articulée qui soutient et protège les tissus mous de certains animaux. Chez les arthropodes, il est formé à partir de l'épiderme et est composé d'une couche externe cireuse, résistante à l'eau sur les couches cornées chitineuses et flexibles^[8].

Fausses pattes — une jambe charnue qui se produit sur un segment abdominal de certaines larves d'insectes, mais pas chez l'adulte^[43].

Fiche de données de sécurité (FDS) — un document de synthèse qui fournit des informations sur les dangers d'un produit et des conseils sur les précautions de sécurité^[11].

Filets d'exclusion — une stratégie de gestion physique qui utilise des moustiquaires pour couvrir les événements empêchant les parasites de voler ou d'être poussés dans les événements par le vent.

Fixation biologique — le point de départ pour les accumulations de degrés-jours basées sur un événement biologique, comme la date du début du vol de la teigne ou une date calendaire, comme le 1^{er} avril^[72].

Flagelle — l'un des divers appendices allongés en forme de fil qui est le principal organe de mouvement de nombreux micro-organismes^[43].

Fongicide — toute substance toxique (pesticide) utilisée pour tuer ou inhiber la croissance des champignons^[8].

Genre — une catégorie de classement biologique entre la famille et l'espèce, en fonction des caractéristiques structurelles ou phylogénétiques^[43].

Gestion de la résistance — stratégies utilisées pour prévenir, réduire ou ralentir le développement de la résistance aux pesticides chez les ravageurs^{[27],[34]}.

Gnathosome — une région antérieure des acariens qui contient la bouche, des appendices d'alimentation spécialisés (chélicère) et des structures segmentées appelées palpes ou pédipalpes^[8].

Haustorium (haustoria, au pluriel) — une excroissance absorbant les nutriments d'un champignon tel que l'oidium qui pénètre dans les tissus de la plante hôte^[43].

Hémiptères — n'importe quel membre du grand ordre (hémiptères) d'insectes hémimétaboliques (tels que les punaises) qui ont des hémélytres et des pièces buccales adaptées au perçage et à la succion^[43].

Hémolymph — le liquide circulatoire de divers animaux invertébrés tels que les arthropodes qui est fonctionnellement comparable au sang et à la lymphe des vertébrés^[43].

Héréditaire — trait naturellement transmissible ou transmis de parent à progéniture^[54].

Hôte résistant (ou cultivar ou variété) — désigne les hôtes cultivés qui sont exempts de parasites ou de symptômes de maladie, même lorsqu'ils y sont exposés directement (soit une plante immunisée contre un agent pathogène spécifique)^[8].

Hôte sensible (ou cultivar ou variété) — désigne les hôtes cultivés qui sont susceptibles d'être infestés ou infectés par des phytoravageurs spécifiques et qui, dans des conditions optimales, pourraient être endommagés^[8].

Hôte tolérant (ou cultivar ou variété) — désigne les hôtes cultivés dont les symptômes ou le développement de parasites sont réduits par rapport aux hôtes sensibles et qui subissent des blessures minimales^[8].

Hyphe — l'un des fils qui composent le mycélium d'un champignon, augmente par la croissance apicale, et peut-être muni d'un septum transversal ou non^[43].

Idiosome — cavité corporelle des acariens qui contient divers systèmes d'organes baignés d'hémolymphe (sang d'arthropode).

Ingestion — se dit d'un pesticide dont l'organisme nuisible doit consommer l'ingrédient actif pour qu'il soit efficace.

Ingrédient actif — un composant d'un produit antiparasitaire auquel les effets escomptés du produit sont attribués et qui comprend un synergiste, à l'exclusion de tout solvant, diluant, émulsifiant ou autre composant qui n'est pas principalement responsable de ces effets^[58].

Insecticide — toute substance toxique (pesticide) utilisée pour tuer les insectes^[8].

Instar — une étape de la vie d'un arthropode (comme un insecte) entre deux mues successives^[43].

Intestin antérieur — la partie antérieure du canal alimentaire des insectes qui contient le pharynx, l'œsophage, le jabot et le proventricule et aide à l'ingestion et au stockage des aliments^[16].

Intestin moyen — la partie centrale du canal alimentaire chez les insectes qui produit et sécrète des enzymes digestives et absorbe les nutriments^[16].

Intestin postérieur — partie postérieure du canal alimentaire chez les insectes qui contient le pylore, l'iléon et le rectum et est responsable du mélange des résidus alimentaires et des sécrétions de l'intestin moyen et aide à l'élimination éventuelle des matières non digérées^[16].

Larve — forme immature et sans ailes à l'éclosion de l'œuf de nombreux insectes, change principalement de taille en passant par plusieurs mues et se transforme finalement en pupe ou chrysalide d'où l'adulte émerge^[43].

Lutte biologique classique (également connue sous le nom de lutte biologique à l'importation) — agents de lutte biologique de l'aire de répartition indigène d'une espèce exotique envahissante qui sont importés et libérés pour les gérer^[60].

Lutte intégrée contre les ennemis des cultures

— utiliser une combinaison de tactiques de gestion pour réduire le nombre de ravageurs à des niveaux tolérables de manière rationnelle sur les plans économique et environnemental^[56].

Maladies foliaires — maladies qui infectent les parties au-dessus du substrat des plantes.

Mandibules — l'un ou l'autre membre de la paire antérieure d'appendices buccaux d'un arthropode formant souvent de fortes mâchoires mordantes^[43].

Maxillaires — l'une des première ou deuxième paires de pièces buccales postérieures aux mandibules chez de nombreux arthropodes (tels que les insectes ou les crustacés)^[43].

Métamorphose — changement frappant de forme ou de structure chez un individu après l'éclosion. Les changements sont régulés par la mue et les hormones juvéniles^[8].

Microbien — lié à des microbes ou causé par ceux-ci^[43]; **dans les pesticides**, désigne le fait de contenir des micro-organismes vivants tels que des bactéries, des champignons, des virus, des protozoaires, des algues, des mycoplasmes, des rickettsies et des organismes apparentés et des métabolites associés (ou des sous-produits), qui sont utilisés pour lutter contre les ravageurs^[1].

Micro-organismes bénéfiques (également connus sous le nom de lutte biologique microbienne) — micro-organismes qui peuvent être utilisés pour réduire les dommages causés par les ravageurs à des niveaux tolérables^{[49],[60]}; certains peuvent être naturels et d'autres enregistrés comme biopesticides.

Miticide (voir acaricide)

Mode d'action — une voie chimique identifiée ou une interaction avec un site cible spécifique chez les insectes, ou un processus cellulaire spécifique chez les champignons, qui détermine comment un pesticide agit pour inhiber la croissance ou causer la mortalité de l'organisme nuisible ciblé^{[27],[34]}.

Monoculture — la culture ou la croissance d'une seule culture ou d'un seul organisme, en particulier sur des terres agricoles ou forestières^[43].

Mue — le processus biologique d'excrétion ou de rejet d'une couche externe. Les arthropodes perdent leurs exosquelettes à des fins de croissance ou de changement de forme^[8].

Mycélium (invariable) — une masse de filaments tubulaires ramifiés (hyphes) de champignons et est souvent submergée dans les tissus de l'hôte végétal^[8].

Mycorhize — association symbiotique du mycélium d'un champignon avec les racines d'une graine. L'association est généralement mutuellement bénéfique (symbiotique)^[8].

Nécrose — mort généralement localisée des tissus vivants^[43].

Seuil de dommage économique (SDE) — une mesure d'une population de ravageurs qui provoque des dommages économiques^{[57],[60]}.

Nymphe — forme sexuellement immature généralement similaire à l'adulte et trouvée chez certains insectes et acariens qui ont une métamorphose incomplète ou hémimétabolique^[8].

Ocelle (également connu sous le nom d'œil simple) — un œil ou un point oculaire simple d'un invertébré souvent utilisé pour détecter la lumière chez les arthropodes^[43].

Oomycète — phylum d'organismes ressemblant à des champignons dans le règne Chromista. Les oomycètes peuvent se présenter sous forme de saprotrophes (vivant sur la matière décomposée) ou de parasites vivant sur les plantes supérieures et peuvent être aquatiques, amphibies ou terrestres^[8].

Oospore — une spore sexuelle^[8].

Ovicide — un insecticide efficace contre le stade de l'œuf^[43].

Ovilarvicide — un insecticide efficace contre le stade de l'œuf et de la larve^[43].

Palpe maxillaire — une petite pièce buccale à plusieurs segments sur l'aspect externe de chaque maxillaire d'un insecte qui aurait une fonction sensorielles^[43].

Palpes (également connus sous le nom de pédipalpes) — l'une ou l'autre de la deuxième paire d'appendices de divers arthropodes (tels qu'un arachnide) qui se trouvent de chaque côté de la bouche et remplissent souvent une fonction spécialisée (telle que saisir ou sentir)^[43].

Parasitisme — relation entre deux organismes dans laquelle l'un profite à l'autre, parfois sans tuer l'organisme hôte^[8].

Parasitoïde alimenté par l'hôte — un parasitoïde qui se nourrit et se développe à l'intérieur ou sur le corps d'autres arthropodes^[8].

Parthénogenèse — une stratégie de reproduction qui implique le développement d'un gamète femelle (rarement un mâle) (cellule sexuelle) sans fécondation comme on le voit chez les pucerons^[8].

Pathogène — caractère d'un agent causant ou capable de causer une maladie^[43].

Pédipalpes — voir palpes.

Période de latence — temps pendant lequel un agent pathogène est présent sans produire de symptômes^[54].

Pesticide conventionnel (ou traditionnel) — désigne un pesticide fabriqué par l'humain ou contenant des ingrédients synthétiques (et non des biopesticides)^[28].

Pesticide de contact — produit adsorbé, susceptible d'être lavé, et qui ne protège pas les parties de la plante qui poussent après l'application; les parasites doivent entrer en contact direct avec les résidus de l'ingrédient actif^[6].

Pesticide systémique — pesticide pénétrant qui est absorbé, soluble dans l'eau et ingéré et transporté dans tout l'organisme^[8].

Pesticide translaminaire — pesticide pénétrant localisé qui est absorbé, mais qui reste dans la zone de contact initial avec la plante avec un mouvement limité à l'intérieur de la plante^[6].

Pesticides de type vaccinal (également connus sous le nom de vaccins végétaux) — il s'agit d'une approche proactive qui offre une protection croisée avec un variant atténué d'un virus^[79].

Phéromone — tout produit chimique endogène sécrété en quantités infimes par un organisme afin de provoquer une réaction particulière d'un autre organisme de la même espèce^[8].

Phloème — un tissu complexe dans le système vasculaire des plantes supérieures qui se compose principalement de tubes de tamis et de cellules de parenchyme allongées généralement avec des fibres et qui fonctionne en translocation, en support et en stockage^[43].

Phylum — catégorie primaire dans la taxonomie biologique, en particulier des animaux qui se classent au-dessus de la classe et en dessous du règne^[43].

Piège appâté aux phéromones — un piège utilisant un leurre infusé d'une phéromone destiné à attirer les individus d'une certaine espèce de ravageur.

Piégeage de masse — lorsque des pièges sont utilisés pour capturer de grandes quantités d'arthropodes nuisibles dans le but de réduire la pression des ravageurs sur la culture cultivée.

Pièges lumineux — dispositif pour recueillir ou détruire les insectes qui se compose d'une lumière vive en association avec un milieu de piégeage ou de destructions^[43].

Piqûres (« stippling ») — petites perforations dans les tissus végétaux où le contenu cellulaire a été enlevé, souvent par les acariens.

Plasmodesme — l'un des brins cytoplasmiques passant à travers les ouvertures de certaines parois cellulaires végétales et formant des connexions avec les cellules adjacentes^[43].

Pose de filets d'exclusion sur les événements — pose de moustiquaires sur les événements dans une serre pour exclure certains insectes.

Prédateur généraliste — prédateur qui se nourrit de plusieurs ou de nombreuses espèces de proies différentes^[60].

Prédateur spécialiste — prédateur qui se nourrit d'une ou de quelques espèces de proies différentes^[60].

Prédation intraguild — prédation d'un ennemi naturel par un autre.

Produits antiparasitaires non conventionnels — substances utilisées par le grand public à diverses fins, mais qui peuvent être utilisées comme produits antiparasitaires. Par exemple, la poudre d'ail ou le sel de table, le vinaigre, les extraits de plantes et les huiles^[1].

Produits sémiologiques — produits chimiques porteurs de messages produits par un organisme qui provoquent une réponse comportementale dans un autre organisme de la même espèce (intraspécifique) ou d'une espèce différente (interspécifique)^[1].

Propagules (d'agents pathogènes) — une structure (telle qu'une spore) qui provoque la transmission de la maladie^[54].

Protéines virales — comprennent toutes les protéines du virion qui peuvent être des produits du génome viral ou incorporées à partir de l'hôte, y compris les protéines structurales, les protéines d'enveloppe ou les protéines de reconnaissance des cellules hôtes^[32].

Pupe — le stade de vie dans le développement des insectes présentant une métamorphose complète qui se produit entre les stades larvaire et adulte. Pendant la pupaison, les structures larvaires se décomposent et des structures adultes telles que les ailes apparaissent pour la première fois. L'adulte émerge en fendant la peau de la pupille, en la mâchant ou en sécrétant un liquide qui adoucit le cocon de soie (s'il y a lieu). Le processus de pupaison est contrôlé par les hormones^[8].

Rapport charge/masse — la charge d'un objet divisée par la masse du même objet. Pour les pulvérisateurs électrostatiques, les gouttelettes doivent être suffisamment grandes pour résister à l'évaporation, mais suffisamment petites pour que la force d'attraction de la charge puisse modifier la trajectoire de la gouttelette lorsqu'elle s'approche de la cible^[20].

Ravageur indigène — organisme naturel dans une région et causant des dommages à une plante hôte cultivée.

Ravageur non indigène envahissant — un organisme qui a été introduit d'autres régions ou pays et cause des dommages à une plante hôte cultivée ou a des impacts négatifs sur la santé de l'écosystème et sur les personnes^[71].

Résistance aux pesticides — lorsque les membres sensibles d'une population sont tués, tandis que les membres résistants qui survivent se multiplient, éventuellement pour former une majorité de la population. La résistance désigne une population d'insectes autrefois sensibles qui ne peuvent plus être contrôlés par un pesticide aux taux normalement recommandés^[8].

Résistance croisée — résistance à deux insecticides ou plus par l'intermédiaire d'un seul mécanisme de résistance^[34].

Résistance multiple — résistance à deux insecticides ou plus au moyen de multiples mécanismes de résistance dans un seul organisme^[34].

Rostre — l'un des divers processus tubulaires allongés ou extensibles (tels que l'organe de succion d'un papillon) de la région buccale d'un invertébré^[43].

Ruban indicateur — ruban utilisé pour marquer les endroits ou les plantes dans une serre qui sont infestés de parasites.

Saprophyte — organisme qui se nourrit de matière organique non vivante.^[8]

Sciure et excréments — l'excrément des larves; aussi, les déchets laissés par les insectes foreurs^[43].

Sclérotisé — se dit d'un tégument durci par la formation de sclérotine, cuticule d'insecte sclérotisée^[43].

Séquençage génétique (également connu sous le nom de séquençage de l'ADN) — technique utilisée pour déterminer la séquence nucléotidique de l'ADN (acide désoxyribonucléique)^[8].

Seuil d'action (SA) (également connu sous le nom de seuil économique/SE) — un niveau de dommages ou une population de ravageurs qui déclenche une action de gestion dans un programme de gestion intégrée des ravageurs, évitant ainsi un préjudice économique^{[56],[57],[60]}.

Seuil économique (SE) — voir le seuil d'action.

Signe — preuve objective d'une maladie des plantes^[43].

Site d'action — dans un mode d'action, un site cible spécifique dans un insecte (généralement une protéine réceptrice) ou des enzymes spécifiques dans un processus cellulaire dans les champignons, qui détermine le point d'ancrage du pesticide^{[27],[34]}.

Solarisation — acte ou processus de solarisation de quelque chose, par exemple par l'utilisation de l'énergie solaire pour chauffer le sol à une température élevée (afin de contrôler les ravageurs du sol) dans l'agriculture^[43].

Spiracle — orifice respiratoire tel qu'une ouverture trachéale externe d'un arthropode terrestre qui, chez un insecte, fait généralement partie d'une série de petites ouvertures situées de chaque côté du thorax et de l'abdomen^[43].

Sporange — structure où se forment les spores asexuées^[43].

Stérilisation à la vapeur — pratique qui fait appel à l'utilisation d'une feuille de film plastique transparent pour concentrer la chaleur du soleil ou de machines pour générer de la chaleur afin de tuer les organismes dans le sol ou les milieux de culture à base de sols^[43].

Stigmates — pores respiratoires sur le corps^[8].

Stylet — organe ou appendice allongé relativement rigide tel qu'une partie buccale perçante d'un arthropode^[43].

Symptôme — preuve subjective d'une maladie ou d'une perturbation physique au sens large; réaction évidente d'une plante à un agent pathogène^[43].

Système de plantes banques — l'utilisation de plantes spécifiques dans l'environnement de la culture qui fournissent un habitat et une nourriture de remplacement (proie ou hôtes) qui ne sont pas menaçantes pour la culture, mais soutiennent la production d'ennemis naturels (biocontrôle) des ravageurs^[45].

Taxonomie — au sens large, la science de la classification, mais plus strictement la classification des organismes vivants et éteints^[8].

Technique de stérilisation des insectes (TSI) — stérilité temporaire ou permanente de l'un ou des deux sexes ou empêchant la maturation des jeunes à un stade adulte sexuellement fonctionnel^{[4], [8]}.

Technologie d'application de pesticides — technologie et équipement utilisés pour appliquer des pesticides à leur cible.

Thorax — la partie du corps d'un animal entre sa tête et sa section médiane, comme on le voit chez les insectes^[8].

Transmission mécanique — lorsque la propagation d'un ravageur se produit à travers des surfaces ou des matériaux contaminés. Dans les serres, cela peut se produire par la manipulation de plantes, de vêtements d'employés, d'outils et d'équipements contaminés ou même d'insectes.

Vasculature (également connue sous le nom de système vasculaire) — assemblage de tissus conducteurs et de fibres de soutien associées qui transportent les nutriments et les fluides dans tout le corps de la plante^[8].

Vecteur — micro-organisme, tel que des champignons ou des bactéries, qui transmet un agent pathogène d'un organisme ou d'une source à un autre^[43].

Vecteurs microbiens — micro-organisme, tel que des champignons ou des bactéries, qui transmet un agent pathogène d'un organisme ou d'une source à un autre.

Vestigial — organe restant ou survivant dans une forme ou un état dégénéré, atrophié ou imparfait^[54].

Virion — particule virale complète qui se compose d'un noyau d'ARN ou d'ADN avec un revêtement protéique, parfois avec des enveloppes externes, et qui est la forme infectieuse extracellulaire d'un virus^[43].

Viroïde — l'une des deux familles (Pospiviroidae et Avsunviroidae) de particules qui se composent d'un petit ARN simple brin disposé en boucle fermée sans coquille protéique et qui se répliquent dans leurs plantes hôtes où elles peuvent ou non être pathogènes^[43].

Virus — molécules extrêmement complexes de l'un d'un grand groupe d'agents infectieux submicroscopiques. Elles contiennent généralement une couche de protéine entourant un noyau d'ARN ou d'ADN de matériel génétique, mais pas de membrane semi-perméable, et sont capables de croissance et de multiplication uniquement dans les cellules vivantes. Elles causent diverses maladies importantes chez les humains, les animaux et les plantes^[43].

Virus non persistant — un virus végétal qui peut être acquis en quelques minutes et transmis par un insecte hôte sur une courte période (minutes)^{[31], [63]}.

Virus persistant — un virus végétal qui peut être acquis et transmis par un insecte hôte sur de longues périodes (des heures à des jours ou des jours à la vie) et parfois transmettre à leur progéniture^{[31], [63]}.

Virus semi-persistant — un virus végétal qui peut être acquis en quelques minutes et transmis par un insecte hôte sur une courte période (minutes)^{[31], [63]}.

Vitrage — blessures causées par les insectes broyeurs qui se nourrissent des tissus végétaux, mais laissent une fine couche translucide de l'épiderme.

Volatiles (également connus sous le nom de composés organiques volatils) — se dit de produits chimiques produits ou libérés par les organismes qui peuvent servir à la communication et faciliter les interactions liées à la croissance, au développement, à la défense, à la propagation et au cycle de vie^[7].

Yeux composés — un œil (comme un insecte) composé de nombreuses unités visuelles distinctes^[43].

Zoospore — spore asexuée mobile^[8].

Zygospore — spore sexuée à paroi épaisse qui sert généralement de spore de repos^[43].

Références

- [1] Agriculture et Agroalimentaire Canada (2021). *Biopesticides*. Gouvernement du Canada.
- [2] Andika, I. B., Wei, S., Cao, C., Salaipeth, L., Kondo, H. et Sun, L. (2017). « Phytopathogenic Fungus Hosts a Plant Virus: A Naturally Occurring Cross-Kingdom Viral Infection ». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(46), 12267-12272.
- [3] Arora, H., Sharma, A., Sharma, S., Haron, F. F., Gafur, A., Sayyed, R. Z. et Datta, R. (2021). « Pythium Damping-Off and Root Rot of Capsicum annuum L.: Impacts, Diagnosis and Management ». *Microorganisms*, 9(4), 823.
- [4] Basso, J. V. (2022). Sterile Insect Technique as a Novel Tool for the Management of Pepper Weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae), in *Greenhouse and Field Pepper Crops*, thèse de doctorat, Université de Guelph.
- [5] Baute, T. S. (1999). Assessment of the Value of Transgenic Field Corn Expressing *Bacillus thuringiensis* (B.t.), Endotoxins as a Management Tool for European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), thèse de maîtrise, Université de Guelph.
- [6] Beckerman, J. (2018). « Fungicide mobility for nursery, greenhouse, and landscape professionals ». *Purdue Extension: Disease Management Strategies for Horticultural Crops*.
- [7] Bouwmeester, H., Schuurink, R. C., Bleeker, P. M. et Schiestl, F. (2019). « The role of volatiles in plant communication ». *The Plant Journal*, 100(5), 892-907.
- [8] Britannica, 2024. www.britannica.com/
- [9] Bruslind, L. (2023). General microbiology.
- [10] Campbell, R. N. (1996). « Fungal Transmission of Plant Viruses ». *Annual review of phytopathology*, 34(1), 87-108.
- [11] Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (2023). SIMDUT — Fiche de données de sécurité (FDS). https://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/whmis_ghs/sds.html. Gouvernement du Canada.
- [12] Agence canadienne de l'inspection des aliments (2017). *Guide de biosécurité pour le secteur des légumes de serre*. Gouvernement du Canada.
- [13] Agence canadienne de l'inspection des aliments (2020). *Guide relatif à l'importation et à la dissémination au Canada d'arthropodes exotiques destinés à la lutte biologique*. Gouvernement du Canada.
- [14] Agence canadienne de l'inspection des aliments (2024). *Liste des organismes nuisibles réglementés par le Canada*. Gouvernement du Canada.
- [15] Chanda, B., Shamimuzzaman, M., Gilliard, A. et Ling, K. S. (2021). « Effectiveness of disinfectants against the spread of tobamoviruses: Tomato brown rugose fruit virus and Cucumber green mottle mosaic virus ». *Virology Journal*, 18, 1-12.
- [16] Chapman, R. F. (1998). *The insects: structure and function*. Cambridge University Press.
- [17] Chen, M. H. et Citovsky, V. (2003). « Systemic Movement of a Tobamovirus Requires Host Cell Pectin Methylesterase ». *The Plant Journal*, 35(3), 386-392.

- [18] Coates, C. E., Labbé, R., Gagnier, D., Laflair, A. et Kevan, P. G. (2023). « Apivectoring of Entomopathogen, *Beauveria bassiana* Strain Gha for Suppression of Thrips on Commercial Greenhouse Strawberries: A Real Life Study ». *BioControl*, 68(2), 143-154.
- [19] Université Cornell (2024). Controlled Environment Agriculture. <https://cea.cals.cornell.edu/about-cea/>
- [20] Deveau, J., Ledebuhr, M. et Manketelow, D. (2021). Airblast 101 : Your guide to effective and efficient spraying. Page 302.
- [21] Dodgson, J. L., Liu, B., Wileman, H. J., Mutasa-Gottgens, E. S. et Hall, A. M. (2021). « Development and Evaluation of a Decision Prediction Tool for the Reduction of Fungicide Applications for the Control of Strawberry Powdery Mildew Epidemics ». *bioRxiv*, 2021-08.
- [22] Doehler, M., Chauvin, D., Le Ralec, A., Vanespen, É. et Outreman, Y. (2023). « Effect of the Landscape on Insect Pests and Associated Natural Enemies in Greenhouses Crops: The Strawberry Study Case ». *Insects*, 14(3), 302.
- [23] Dombrovsky, A., et Smith, E. (2017). « Seed transmission of Tobamoviruses: Aspects of global disease distribution ». *Adv. Seed Biol*, 12, 233-260.
- [24] Ehler, L. (1998). « Conservation biological control: past, present, and future ». *Conservation biological control* (pp. 1-8). Academic Press.
- [25] Eigenbrode, S. D., Bosque-Pérez, N. A. et Davis, T. S. (2018). « Insect-Borne Plant Pathogens and their Vectors: Ecology, Evolution and Complex Interactions ». *Annual Review of Entomology*, 63, 169-191.
- [26] El-Sayed, A. M., Suckling, D. M., Wearing, C. H. et Byers, J. A. (2006). « Potential of Mass Trapping for Long-Term Pest Management and Eradication of Invasive Species ». *Journal of Economic Entomology*, 99(5), 1550-1564.
- [27] Fungicide Resistance Action Committee. (n.d.). *FRAC Recommendations for Resistance Management*.
- [28] Santé Canada. (2021). Sécurité des pesticides. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sujet-pesticides/pesticides-sont-ils-securitaires.html>. Gouvernement du Canada.
- [29] Heck, M. (2018). « Insect Transmission of Plant Pathogens: A Systems Biology Perspective ». *MSystems*, 3(2), 10-1128.
- [30] Heffer, V. I., Johnson, K. B., Powelson, M. L. et Shishkoff, N. (2006). « Identification of powdery mildew fungi anno 2006 ». *The Plant Health Instructor*.
- [31] Hohn, T. (2007). « Plant Virus Transmission from the Insect Point of View ». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(46), 17905-17906.
- [32] Hull, R. (2013). *Plant virology*. Academic Press.
- [33] Hulme, P. E., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kühn, I., Minchin, D., Nentwig, W., Olenin, S., Panov, V., Pergl, J., Pyšek, P., Roques, A., Sol, D., Solarz, W. et Vilà, M. (2008). « Grasping at the Routes of Biological Invasions: A Framework for Integrating Pathways Into Policy ». *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 403-414.
- [34] Insecticide Resistance Action Committee. (n.d.). <https://irac-online.org/>

- [35] Iowa State University (2014). Introduction to Plant Pathology. (PDF) https://www.ipm.iastate.edu/files/curriculum/05%20Introduction%20to%20Plant%20Pathology_0.pdf. Disponible sur : <https://www.ipm.iastate.edu/curriculum/05-introduction-plant-pathology>
- [36] Jandricic, S. E., Schmidt, D., Bryant, G. et Frank, S. D. (2016). « Non-consumptive predator effects on a primary greenhouse pest: Predatory mite harassment reduces western flower thrips abundance and plant damage ». *Biological Control*, 95, 5-12.
- [37] Klap, C., Luria, N., Smith, E., Bakelman, E., Belausov, E., Laskar, O., Lachman, O., Gal-On, A. et Dombrovsky, A. (2020). « The Potential Risk of Plant-Virus Disease Initiation by Infected Tomatoes ». *Plants*, 9(5), 623.
- [38] Krauskopf, D. (2007). « Contact, Systemic and Translaminar: How Insecticides Move in Plants ». MSU Crop Advisory Team Alerts, Michigan State University Extension.
- [39] Labbé, R. M., Gagnier, D., Kostic, A. et Shipp, L. (2018). « The Function of Supplemental Foods for Improved Crop Establishment of Generalist Predators *Orius insidiosus* and *Dicyphus hesperus* ». *Scientific Reports*, 8(1), 1-12.
- [40] Luria, N., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M., Levin, I., Elad, N., Tam, Y., Sela, N., Abu-Ras, A., Ezra, N., Haberman, A., Yitzhak, L., Lachman, O. et Dombrovsky, A. (2017). « A new Israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes ». *PloS One*, 12(1), e0170429.
- [41] Mason, P. G. et Gillespie, D. R. (éd.). (2013). *Biological Control Programmes in Canada 2001-2012*. CABI.
- [42] McCreary, C., Krist, J. et Labbé, R. (2017). « Optimizing Air Movement with Pepper Weevil Exclusion Screening ». *IOBC-WPRS Bull*, 124, 230-235.
- [43] Merriam-Webster (2024). www.merriam-webster.com/
- [44] Messelink, G. J., Bennison, J., Alomar, O., Ingegno, B. L., Tavella, L., Shipp, L., Palevsky, E. et Wäckers, F. L. (2014). « Approaches to Conserving Natural Enemy Populations in Greenhouse Crops: Current Methods and Future Prospects ». *BioControl*, 59(2), 377-393.
- [45] Messelink, G. J., Lambion, J., Janssen, A. et van Rijn, P. C. (2021). « Biodiversity in and Around Greenhouses: Benefits and Potential Risks for Pest Management ». *Insects*, 12(10), 933.
- [46] Moore, D., Robson, G. D. et Trinci, A. P. (2020). *21st Century Guidebook to Fungi*. Cambridge University Press.
- [47] Oladokun, J. O., Halabi, M. H., Barua, P. et Nath, P. D. (2019). « Tomato brown rugose fruit disease: current distribution, knowledge and future prospects ». *Plant Pathology*, 68(9), 1579-1586.
- [48] Oldfield, G. N. (1970). « Mite transmission of plant viruses ». *Annual Review of Entomology*, 15(1), 343-380.
- [49] Onstad, D. W., Fuxa, J. R., Humber, R. A., Oestergaard, J., Shapiro-Ilan, D. I., Gouli, V. V., Anderson, R. S., Andreadis, T. S. et Lacey, L. A. (2006). « An abridged glossary of terms used in invertebrate pathology ». *Society for invertebrate pathology*. Disponible : <http://www.sipweb.org/glossary>.
- [50] Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario. (2000). *Pose de moustiquaires pour exclure les insectes des serres*.
- [51] Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario. (2016). *Crop Protection Guide for Greenhouse Vegetables*. Publication 835.

- [52] Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario. (2024). *Fraises : Blanc (oïdium)*, Llcultures.
- [53] Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario. (n.d.). *Directives d'assainissement visant à contrer les ravageurs et les maladies des légumes de serre*.
- [54] Oxford English Dictionary (2024). www.oed.com.
- [55] Patel, J. S., Radetsky, L. C., Nagare, R. et Rea, M. S. (2020). « Nighttime Application of UV-C to Control Cucumber Powdery Mildew ». *Plant Health Progress*, 21(1), 40-46.
- [56] Pedigo, L. P. et Rice, M. E. (éd.) (2009). « Entomology and pest management ». Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- [57] Pedigo, L. P., Hutchins, S. H. et Higley, L. G. (1986). « Economic Injury Levels in Theory and Practice ». *Annual Review of Entomology*, 31(1), 341-368.
- [58] Loi sur les produits antiparasitaires, L. C. 2002, ch. 28, <https://canlii.ca/t/55xdv>, consultée le 11 mai 2024.
- [59] Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, Santé Canada. (2023). *Lignes directrices sur la valeur — Nouveaux produits phytosanitaires et modifications des étiquettes*. Gouvernement du Canada.
- [60] Radcliffe, E. B., Hutchison, W. D. et Cancelado, R. E. (éd.). (2009). *Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies*. Cambridge University Press.
- [61] Rebaudo, F., et Rabhi, V. B. (2018). « Modeling temperature-dependent development rate and phenology in insects: review of major developments, challenges, and future directions ». *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166(8), 607-617.
- [62] Rojas, E. S., Batzer, J. C., Beattie, G. A., Fleischer, S. J., Shapiro, L. R., Williams, M. A. et Gleason, M. L. (2015). « Bacterial Wilt of Cucurbits: Resurrecting a Classic Pathosystem ». *Plant Disease*, 99(5), 564-574.
- [63] Roossinck, M. J. (2015). « Plants, Viruses and the Environment: Ecology and Mutualism ». *Virology*, 479, 271-277.
- [64] Salem, N., Mansour, A., Ciuffo, M., Falk, B. W. et Turina, M. (2016). « A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan ». *Archives of virology*, 161, 503-506.
- [65] Salem, N. M., Sulaiman, A., Samarah, N., Turina, M. et Vallino, M. (2022). « Localization and mechanical transmission of tomato brown rugose fruit virus in tomato seeds ». *Plant Disease*, 106(1), 275-281.
- [66] Scarlato, M., Bao, L., Rossing, W. A. H., Dogliotti, S., Bertoni, P. et Bianchi, F. J. J. A. (2023). « Flowering Plants in Open Tomato Greenhouses Enhance Pest Suppression in Conventional Systems and Reveal Resource Saturation for Natural Enemies in Organic Systems ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 347, 108389.
- [67] Scholthof, K. B. G. (2007). « The Disease Triangle: Pathogens, The Environment and Society ». *Nature Reviews Microbiology*, 5(2), 152-156.
- [68] Shi, X., Zhang, Z., Zhang, C., Zhou, X., Zhang, D. et Liu, Y. (2021). « The Molecular Mechanism Of Efficient Transmission of Plant Viruses In Variable Virus–Vector–Plant Interactions ». *Horticultural Plant Journal*, 7(6), 501-508.

- [69] Skelton, A., Frew, L., Ward, R., Hodgson, R., Forde, S., McDonough, S., et Fox, A. (2023). « Tomato Brown Rugose Fruit Virus: Survival and Disinfection Efficacy on Common Glasshouse Surfaces ». *Virus*, 15(10), 2076.
- [70] Tomlinson, J. A. et Thomas, B. J. (1986). « Studies on Melon Necrotic Spot Virus Disease of Cucumber and on the Control of the Fungus Vector (*Oidium radicale*) ». *Annals of Applied Biology*, 108(1), 71-80.
- [71] Turbelin, A. J., Diagne, C., Hudgins, E. J., Moodley, D., Kourantidou, M., Novoa, A., Haubrock, P. J., Bernery, C., Gozlan, R. E., Francis, R. A. et Courchamp, F. (2022). « Introduction Pathways of Economically Costly Invasive Alien Species ». *Biological Invasions*, 24(7), 2061-2079.
- [72] Utah State University Extension et Utah Plant Pest Diagnostics Laboratory. (2008). *Using Degree Days to Time Treatments for Insect Pests*. Factsheet IPM-05-08.
- [73] van Damme, M., Zois, R., Verbeek, M., Bai, Y. et Wolters, A. M. A. (2023). « Directions from Nature: How to Halt the Tomato Brown Rugose Fruit Virus ». *Agronomy*, 13(5), 1300.
- [74] van Iersel, M. Université de Géorgie (2020). *Ec and ph: What is it and why does it matter?*.
- [75] Centre de recherche et d'innovation de Vineland et ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario (16 mai 2023). Cleaning and sanitizing a greenhouse between crop cycles [vidéo] <https://ongreenhousevegetables.ca/2023/06/08/cleaning-sanitizing-a-greenhouse-between-crop-cycles/>
- [76] Centre de recherche et d'innovation de Vineland et ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario (8 juin 2020). Effective release methods for predators and parasitoids in greenhouse crops [vidéo] <https://ongreenhousevegetables.ca/2022/10/18/effective-release-methods-for-predators-and-parasitoids-in-greenhouse-crops/>
- [77] Centre de recherche et d'innovation de Vineland et ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario (8 juin 2023). Monitoring for pests in the greenhouse [vidéo] <https://ongreenhousevegetables.ca/2022/09/29/monitoring-for-pests-in-the-greenhouse/>
- [78] Werner, E. E., et Peacor, S. D. (2003). « A review of trait-mediated indirect interactions in ecological communities ». *Ecology*, 84(5), 1083-1100.
- [79] Zhang ZhiQiang, Z. Z. (éd.). (2003). « Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control ». CABI Publishing.
- [80] Zhang, S., Griffiths, J. S., Marchand, G., Bernards, M. A. et Wang, A. (2022). « Tomato Brown Rugose Fruit Virus: An Emerging and Rapidly Spreading Plant Rna Virus that Threatens Tomato Production Worldwide ». *Molecular Plant Pathology*, 23(9), 1262-1277.

Annexe A. Liste des arthropodes nuisibles aux fruits et légumes de serre en Ontario

LÉGENDE : H = Hôte – = Sans objet

Ravageur			Culture hôte					
Groupe	Nom scientifique	Nom commun	Tomate	Poivron	Aubergine	Concombre	Laitue	Fraise
Pucerons	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron du melon	H	H	H	H	H	H
Pucerons	<i>Aulacorthum solani</i>	Puceron de la digitale	H	H	H	H	H	H
Pucerons	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Puceron de la pomme de terre	H	H	H	H	H	H
Pucerons	<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert du pêcher	H	H	H	H	H	H
Pucerons	<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>	Puceron du fraisier	–	–	–	–	–	H
Coléoptères	<i>Anthonomus eugenii</i>	Charançon du poivron	–	H	H	–	–	–
Coléoptères	<i>Acalymma vittatum</i>	Chrysomèle rayée du concombre	–	–	H	H	–	–
Coléoptères	<i>Diabrotica undecimpunctata</i>	Chrysomèle maculée du concombre	H	H	H	H	H	H
Foreuse	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Pyrâle du maïs	H	H	H	H	–	–
Punaïses	<i>Lygus lineolaris</i>	Punaïse terne	H	H	H	H	H	H
Mouches	<i>Bradysia spp.</i>	Sciaridés	H	H	H	H	H	H
Mouches	<i>Drosophila suzukii</i>	Drosophile à ailes tachetées	–	–	–	–	–	H
Mouches	<i>Scatella stagnalis</i>	Éphydridés	H	H	H	H	H	H
Mouches	<i>Liriomyza sativae</i>	Mineuse maraîchère	H	H	H	H	H	–
Mouches	<i>Liriomyza trifolii</i>	Mineuse sinuante du chou	H	H	H	H	H	H
Arpenteuses	<i>Chrysodeixis chalcites</i>	Fausse-arpenteuse du chou	H	H	H	H	H	H
Arpenteuses	<i>Chrysodeixis includens</i>	Arpenteuse du soya	H	H	H	H	H	H
Arpenteuses	<i>Trichoplusia ni</i>	Fausse-arpenteuse du chou	H	H	H	H	H	H
Acariens	<i>Tetranychus urticae</i> ¹	Tétranyque à deux points	H	H	H	H	H	H
Acariens	<i>Aculops lycopersici</i>	Acarien de la tomate	H	H	H	–	–	–
Acariens	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Tarsomène des serres	H	H	H	H	H	H
Acariens	<i>Phytonemus (=Tarsonemus) pallidus</i>	Tarsomène du cyclamen	H	H	–	–	–	H
Thrips	<i>Echinothrips americanus</i>	Thrips de l'impatiens	–	H	H	H	–	H
Thrips	<i>Frankliniella tritici</i>	Thrips des fleurs	H	H	H	–	–	H
Thrips	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Thrips des petits fruits	H	H	H	H	H	H
Thrips	<i>Thrips parvispinus</i>	Pepper thrips	–	H	H	–	–	H
Thrips	<i>Thrips tabaci</i>	Thrips de l'oignon	H	H	H	H	H	H
Aleurodes	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Aleurodes des serres	H	H	H	H	H	H
Aleurodes	<i>Bemisia tabaci</i>	Aleurodes du tabac	H	H	H	H	H	H

¹ Comprend la forme rougeâtre de *T. urticae* (souvent appelée tétranyque carmin).

Annexe B. Liste des phytopathogènes nuisibles aux fruits et légumes de serre en Ontario

LÉGENDE : B = Bactéries F = Champignons O = Oomycète V = Virus H = Hôte — = Sans objet

Maladies végétales			Culture hôte					
Groupe	Maladie	Organisme causal	Tomate	Poivron	Aubergine	Concombre	Laitue	Fraise
Maladies foliaires et des fruits								
F	Alternariose	<i>Alternaria spp.</i> (y compris <i>A. cucumerina</i>)	—	—	—	H	—	—
B	Tache angulaire	<i>Xanthomonas fragariae</i>	—	—	—	—	—	H
F	Tache angulaire	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	—	—	—	H	—	—
F	Anthraxnose	Complexe d'espèces de <i>Colletotrichum acutatum</i> (CASC)	H	H	H	—	—	H
F	Anthraxnose	<i>Codes coco Colletotrichum</i>	H	H	H	—	—	—
F	Anthraxnose	<i>Colletotrichum nymphaeae</i>	—	—	—	—	—	H
F	Anthraxnose	<i>Colletotrichum dematium</i>	H	H	H	—	—	—
F	Anthraxnose	Complexe d'espèces <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (CGSC)	H	H	H	—	—	H
F	Anthraxnose	<i>Colletotrichum orbiculare</i>	—	—	—	H	—	—
B	Chancres bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	H	H	H	—	—	—
B	Brûlure bactérienne	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	H	H	H	—	—	—
B	Tache bactérienne	<i>Xanthomonas spp.</i> (y compris <i>X. vesicatoria</i> , <i>X. auvesicatoria</i> , <i>X. gardneri</i> , <i>X. perforans</i>)	H	H	H	—	—	—
B	Pourriture molle bactérienne	<i>Pectobacterium carotovorum</i>	H	H	H	—	—	—
B	Feu bactérien	<i>Erwinia tracheiphila</i>	—	—	—	H	—	—
B	Feu bactérien	Complexe d'espèces <i>Ralstonia solanacearum</i> (RSSC)	H	H	H	H	H	H
F	Moisissure grise	<i>Botrytis cinerea</i>	H	H	H	H	H	H
F	Cercosporiose	<i>Cercospora citrullina</i>	—	—	—	H	—	—
F	Cercosporiose	<i>Peronospora effusa</i> (syn. <i>P. farinosa</i>)	—	—	—	—	H	—
F	Cercosporiose	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	—	—	—	H	—	—
F	Cercosporiose	<i>Bremia lactucae</i>	—	—	—	—	H	—
F	Brûlure hâtive	<i>Alternaria solani</i>	H	H	H	—	—	—
F	Chancres gommeux	<i>Stagonosporopsis cucurbitacearum</i> (syn. <i>Didymella bryoniae</i>), <i>S. citrulli</i> , <i>S. caricae</i>	—	—	—	H	—	—
F	Pourriture fusarienne interne des fruits (pourriture interne)	Complexe d'espèces <i>Fusarium fujikuroi</i> (FFSC) (y compris <i>F. lactis</i> , <i>F. proliferatum</i>)	—	H	—	—	—	—
F	Pourriture fusarienne interne des fruits (pourriture interne)	Complexe d'espèces <i>Fusarium oxysporum</i> (FOSC) (y compris <i>F. oxysporum</i>)	—	H	—	—	—	—
O	Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	H	H	H	—	—	—
F	Moisissure olive	<i>Passalora fulva</i> (syn. <i>Fulvia fulva</i>)	H	—	—	—	—	—

[suivant »](#)

Annexe B. Liste des phytopathogènes nuisibles aux fruits et légumes de serre en Ontario (suite)
LÉGENDE : B = Bactéries F = Champignons O = Oomycète V = Virus H = Hôte — = Sans objet

Maladies végétales			Culture hôte					
Groupe	Maladie	Organisme causal	Tomate	Poivron	Aubergine	Concombre	Laitue	Fraise
Maladies foliaires et des fruits								
O	Pourriture cuir	<i>Phytophthora cactorum</i>	—	—	—	—	—	H
F	Brûlure des feuilles	<i>Phomopsis obscurans</i>	—	—	—	—	—	H
O	Pourriture phytophthoréenne	<i>Phytophthora capsici</i> (phase foliaire)	H	H	H	H	—	—
O	Pourriture phytophthoréenne	<i>Phytophthora nicotianae</i>	H	H	H	—	—	H
F	Oïdium	<i>Leveillula taurica</i>	H	H	H	H	—	—
F	Oïdium	<i>Golovinomyces lycopersici</i> (syn. <i>Oidium lycopersici</i>)	H	H	H	H	—	—
F	Oïdium	<i>Pseudoidium neolyopersici</i> (syn. <i>Oidium neolyopersici</i>)	H	H	H	H	—	—
F	Oïdium	<i>Golovinomyces cichoracearum</i> (syn. <i>Erysiphe cichoracearum</i>)	H	H	H	H	H	—
F	Oïdium	<i>Sphaerotheca fuliginea</i> (syn. <i>Podosphaera xanthii</i> , <i>Podosphaera fusa</i>)	—	—	—	H	H	—
F	Oïdium	<i>Podosphaera aphanis</i> (syn. <i>Sphaerotheca macularis</i>)	—	—	—	—	—	H
F	Dépérissement neopestalotiopsien	<i>Neopestalotiopsis</i> spp.	—	—	—	—	—	H
F	Tache septorienne	<i>Septoria lycopersici</i>	H	H	H	—	—	—
F	Tache septorienne	<i>Septoria cucurbitacearum</i>	—	—	—	H	—	—
Pourritures et flétrissement des racines, du collet et des tiges								
F	Rhizoctone commun	<i>Rhizoctonia solani</i>	H	H	H	H	H	H
F	Pourriture noire	<i>Diaporthe</i> spp. (y compris <i>D. sclerotioides</i> (syn. <i>Phomopsis sclerotioides</i>), <i>D. cucurbitae</i> (syn. <i>P. cucurbitae</i>))	—	—	—	H	—	—
F	Racine liégeuse	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	H	H	H	H	H	H
F	Pourriture fusarienne de la tige	Complexe d'espèces <i>Fusarium solani</i> (FSSC) (y compris <i>F. solani</i>)	H	H	H	H	H	H
F	Pourriture fusarienne des racines	Complexe d'espèces <i>Fusarium oxysporum</i> (FOSC) (y compris <i>F. oxysporum</i>)	H	H	H	H	H	H
F	Pourriture pénicillienne	<i>Penicillium oxalicum</i>	—	—	—	H	—	—
O	Pourriture phytophthoréenne du collet et des racines	<i>Phytophthora capsici</i> (phase sol)	H	H	H	H	—	—
O	Pourriture phytophthoréenne du collet et des racines	<i>Phytophthora cactorum</i>	—	—	—	—	—	H
O	Pourridié pythien, fonte des semis	<i>Pythium aphanidermatum</i>	H	H	H	H	H	H
O	Pourridié pythien, fonte des semis	<i>Pythium dissotocum</i>	H	H	H	H	H	H

[« précédent](#)
[suivant »](#)

Annexe B. Liste des phytopathogènes nuisibles aux fruits et légumes de serre en Ontario (suite)
LÉGENDE : B = Bactéries F = Champignons O = Oomycète V = Virus H = Hôte — = Sans objet

Maladies végétales			Culture hôte					
Groupe	Maladie	Organisme causal	Tomate	Poivron	Aubergine	Concombre	Laitue	Fraise
Pourritures et flétrissement des racines, du collet et des tiges								
O	Pourridié pythien, fonte des semis	<i>Pythium irregulare</i>		H	H	H	H	H
O	Pourridié pythien, fonte des semis	<i>Pythium ultimum</i>		H	H	H	H	H
F	Dépérissement neopestalotiopsien	<i>Neopestalotiopsis spp. y compris Neopestalotiopsis rosae</i>		—	—	—	—	H
F	Pourriture sclérotique (affaissement sclérotique de la laitue)	<i>Sclerotinia minor</i>		—	—	—	H	—
F	Pourriture sclérotique (affaissement sclérotique de la laitue)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		H	H	H	H	H
Virus								
V	Virus de la pseudo-jaunisse de la betterave (BPYV)	<i>Closterovirus</i>	—	—	—	H	H	H
V	Virus de la marbrure verte du concombre (CGMMV)	<i>Tobamovirus</i>	—	—	—	H	—	—
V	Virus de la mosaïque du concombre (CMV)	<i>Cucumovirus</i>	H	H	H	H	H	H
V	Virus de la nécrose du concombre (CNV)	<i>Tombusvirus</i>	—	—	—	H	—	—
V	Virus de la tache nécrotique de l'impatisante (INSV)	<i>Tospovirus</i>	H	H	H	H	H	H
V	Virus de la mosaïque du pépino (PepMV)	<i>Potexvirus</i>	H	H	H	—	—	—
V	Virus de la marbrure légère du poivron (PMMV)	<i>Tobamovirus</i>	—	H	—	—	—	—
V	Virus de la frisolée du fraisier (SCV)	<i>Cytorhabdovirus</i>	—	—	—	—	—	H
V	Virus du bord jaune du fraisier (SMYEV)	<i>Potexvirus</i>	—	—	—	—	—	H
V	Virus de la marbrure du fraisier (SMoV)	<i>Sadwavirus</i>	—	—	—	—	—	H
V	Virus du liséré des nervures du fraisier (SVBV)	<i>Caulimovirus</i>	—	—	—	—	—	H
V	Virus de la striure du tabac (TSV)	<i>Ilarvirus</i>	H	H	H	H	H	H
V	Virus de la mosaïque du tabac (TMV)	<i>Tobamovirus</i>	H	H	H	H	H	—
V	Virus du fruit rugueux brun tomate (ToBRFV)	<i>Tobamovirus</i>	H	H	—	—	—	—
V	Virus de la mosaïque de la tomate (ToMV)	<i>Tobamovirus</i>	H	H	H	—	—	—
V	Virus de la maladie bronzée de la tomate (TWSV)	<i>Tospovirus</i>	H	H	H	H	H	H
V	Virus de la criblure du melon (MNSV)	<i>Gammacarmovirus</i>	—	—	—	H	—	—

[« précédent](#)

Annexe C. Agents de lutte biologique disponibles dans le commerce contre les principaux ravageurs de serre au Canada

LÉGENDE : A = Proie ou cible primaire B = Proies de substitution/contribue à la réduction de la population de ravageurs

Agent de lutte biologique	Arthropode ravageur attaqué ¹									
	Courant							Occasionnel		
Espèces	Pucerons	Acariens et chenilles	Fongicoles	Acariens	Éphydridés	Thrips	Aleurodes	Mineuses des feuilles	Cochenilles	Charançons
Parasitoïdes (guêpes parasites)										
<i>Aphelinus abdominalis</i>	A	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Aphidius colemani</i>	A	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Aphidius ervi</i>	A	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Aphidius matricariae</i>	A	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Dacnusa sibirica</i>	–	–	–	–	–	–	–	A	–	–
<i>Diglyphus isaea</i>	–	–	–	–	–	–	–	A	–	–
<i>Encarsia formosa</i>	–	–	–	–	–	–	A	–	–	–
<i>Eretmocerus eremicus</i>	–	–	–	–	–	–	A	–	–	–
<i>Trichogramma brassicae</i>	–	A	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Trichogramma minutum</i>	–	A	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Trichogramma ostrinae</i>	–	A	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Trichogramma pretiosum</i>	–	A	–	–	–	–	–	–	–	–
Insectes prédateurs (coléoptères, moucheron, chrysopes, insectes, mouches)										
<i>Adalia bipunctata</i>	A	–	–	–	–	–	–	–	B	–
<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	A	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	A	–
<i>Chrysoperla (=Chrysopa) carnea</i>	A	B	–	B	–	B	B	–	B	–
<i>Chrysoperla (=Chrysopa) rufilabris</i>	A	B	–	B	–	B	B	–	–	–
<i>Dalotia (=Atheta) coriaria</i>	–	–	A	–	A	A	–	–	–	–
<i>Delphastus catalinae</i>	–	–	–	–	–	–	A	–	–	–
<i>Dicyphus hesperus</i>	B	–	–	B	–	B	A	–	B	–
<i>Eupodes americanus</i>	A	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Feltiella acarisuga</i>	–	–	–	A	–	–	–	–	–	–
<i>Hippodamia convergens</i>	A	–	–	–	–	B	–	–	B	–
<i>Micromus variegatus</i>	A	–	–	–	–	B	B	–	B	–
<i>Orius insidiosus</i>	B	B	–	B	–	A	B	–	B	–
<i>Podisus maculiventris</i>	–	A	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Stethorus punctillum</i>	–	–	–	A	–	–	–	–	–	–

¹ Les agents de lutte biologique peuvent avoir des espèces préférées au sein de ces groupes de ravageurs.

² Les agents pathogènes microbiens ou leurs sous-produits (à l'exclusion des nématodes) utilisés pour la lutte antiparasitaire doivent être enregistrés et homologués comme biopesticides par Santé Canada en vertu de la *Loi sur la lutte antiparasitaire*. Chaque produit a des utilisations spécifiques sur l'étiquette, y compris les applications approuvées par culture et parasite. Chaque espèce microbienne peut avoir différentes souches qui ciblent différentes espèces de ravageurs. Consulter les étiquettes pour obtenir des directives.

Annexe C. Agents de lutte biologique disponibles dans le commerce contre les principaux ravageurs de serre au Canada (suite)
LÉGENDE : A = Proie ou cible primaire B = Proies de substitution/contribue à la réduction de la population de ravageurs

Agent de lutte biologique	Arthropode ravageur attaqué ¹									
	Courant							Occasionnel		
Espèces	Pucerons	Acariens et chenilles	Fongicoles	Acariens	Éphydridés	Thrips	Aleurodes	Mineuses des feuilles	Cochenilles	Charançons
Acariens prédateurs										
<i>Amblydromalus limonicus</i>	–	–	–	B	–	A	A	–	–	–
<i>Amblyseius andersoni</i>	–	–	–	A	–	B	B	–	–	–
<i>Amblyseius degenerans</i>	–	–	–	B	–	A	B	–	–	–
<i>Amblyseius swirskii</i>	–	–	–	B	–	A	A	–	–	–
<i>Anystis baccharum</i>	A	–	–	A	–	A	B	–	–	–
<i>Gaeolaelaps aculeifer</i> (= <i>Hypoaspis aculeifer</i>)	–	–	–	–	–	A	–	–	–	–
<i>Gaeolaelaps gillesspiei</i>	–	–	A	–	–	B	–	–	–	–
<i>Neoseiulus</i> (= <i>Amblyseius</i>) <i>californicus</i>	–	–	–	A	–	B	–	–	–	–
<i>Neoseiulus</i> (= <i>Amblyseius</i>) <i>cucumeris</i>	–	–	–	B	–	A	–	–	–	–
<i>Neoseiulus</i> (= <i>Amblyseius</i>) <i>fallacis</i>	–	–	–	A	–	B	B	–	–	–
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	–	–	–	A	–	–	–	–	–	–
<i>Stratiolaelaps scimitus</i> (= <i>Hypoaspis miles</i>)	–	–	A	–	B	B	–	–	–	–
Entomopathogènes² (nématodes, champignons, bactéries, baculovirus)										
<i>Autographa californica</i> <i>Nucleopolyhedrovirus</i>	–	A	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i>	–	A	–	–	–	–	–	A	–	–
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	–	A	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i>	–	–	A	–	–	–	–	–	–	–
<i>Beauveria bassiana</i>	B	–	–	B	–	A	A	–	–	–
<i>Lecanicillium muscarium</i>	A	–	–	–	–	A	A	–	A	–
<i>Metarhizium anisopliae</i>	–	–	–	B	–	A	A	–	–	–
<i>Steinernema carpocapsae</i>	–	B	A	–	A	B	–	–	–	B
<i>Steinernema feltiae</i>	–	B	A	–	A	B	–	–	–	B
<i>Steinernema kraussei</i>	–	–	B	–	–	–	–	–	–	B

¹ Les agents de lutte biologique peuvent avoir des espèces préférées au sein de ces groupes de ravageurs.

² Les agents pathogènes microbiens ou leurs sous-produits (à l'exclusion des nématodes) utilisés pour la lutte antiparasitaire doivent être enregistrés et homologués comme biopesticides par Santé Canada en vertu de la *Loi sur la lutte antiparasitaire*. Chaque produit a des utilisations spécifiques sur l'étiquette, y compris les applications approuvées par culture et parasite. Chaque espèce microbienne peut avoir différentes souches qui ciblent différentes espèces de ravageurs. Consulter les étiquettes pour obtenir des directives.

Annexe D. Ressources ministérielles

Centre d'information agricole

Fournit des renseignements techniques et commerciaux à l'échelle de la province aux fermes commerciales et aux agroentreprises.

Tél. : 1 877 424-1300

Courriel : ag.info.omafra@ontario.ca

ONGreenhouseVegetables

Pour les dernières informations sur les sujets suivants :

- l'agriculture commerciale en environnement contrôlé, y compris les fruits de serre, les légumes et l'agriculture verticale
- les mises à jour opportunes et des informations techniques sur la production et la lutte intégrée contre les ravageurs
- les ateliers et les webinaires de la série éducative GrowON
- les cours sur les légumes de serre

Visitez le blogue sur le site Web

ONGreenhouseVegetables.ca

Portail ontarien pour la protection des cultures

Utilisez cet outil sur n'importe quel appareil pour trouver :

- Les concentrations et les protocoles d'épandage appropriés pour les insecticides, fongicides et herbicides homologués
- Des renseignements à jour sur l'efficacité des produits contre les ennemis des cultures
- Des stratégies d'épandage pour favoriser l'intendance environnementale
- Des renseignements pour aider les producteurs à gérer la résistance aux pesticides

Visitez le portail ontarien pour la protection des cultures au **Ontario.ca/protectiondescultures**

Llcultures

Des renseignements sur la LI au bout de vos doigts.

Le nouvel outil de Llcultures comprend :

- Des renseignements à jour sur la LI pour les principaux ennemis des cultures de l'Ontario
- Une nouvelle fonction d'identification pour vous aider à identifier les ennemis des cultures et les problèmes
- Une offre accrue de renseignements propres aux cultures
- Des calendriers de dépistage
- Des comparaisons entre des ennemis des cultures souvent confondus
- Des détails sur les analyses de sol et les lésions causées par les herbicides

Visitez le outil de Llcultures au **[Ontario.ca/licultures](https://ontario.ca/licultures)**

Annexe E. Autres ressources

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)

Agriculture et Agroalimentaire Canada soutient le secteur agricole et agroalimentaire canadien par l'intermédiaire d'initiatives qui favorisent l'innovation et la compétitivité.

<https://agriculture.canada.ca/fr>

Centres de recherche d'AAC

<https://agriculture.canada.ca/fr/science/centres-recherche-lagriculture-lagroalimentaire>

Agence canadienne d'inspection des aliments — Protection des végétaux

Services et informations sur les phytovoleurs et les espèces envahissantes, l'importation, l'exportation, le commerce, les engrais, le sol et les matières liées au sol, les céréales et les grandes cultures, les semences, le cannabis, la foresterie, l'horticulture. <https://inspection.canada.ca/fr/protection-vegetaux>

Canadian Greenhouse Conference

La Canadian Greenhouse Conference est une organisation à but non lucratif et le principal événement et point de connexion du Canada

pour les producteurs commerciaux de cultures produites dans un environnement contrôlé

<https://www.canadiangreenhouseconference.com/>

Greenhouse Canada

Magazine d'affaires national publié exclusivement pour les serriculteurs commerciaux au Canada.

<https://www.greenhousecanada.com/>

Université de Guelph — Agriculture végétale

Le département de biologie végétale appliquée le plus important et le plus diversifié du Canada. Un département à forte intensité de recherche au sein du Collège d'agriculture de l'Ontario dédié à l'enseignement, à la recherche et aux services liés aux cultures horticoles, au gazon, aux espèces paysagères et aux grandes cultures. www.plant.uoguelph.ca

Division des services de laboratoire

www.uoguelph.ca/labserv/

Notes

