

L'entomologie au Québec

Une science à découvrir



L'entomologie aujourd'hui

À l'instar des autres secteurs scientifiques, l'entomologie a connu depuis le début du XX^e siècle des développements qui ont transformé en profondeur le rôle des entomologistes ainsi que la nature et la portée de leurs recherches.

A lors que l'essor des mathématiques, de la botanique, de l'astronomie et de la géologie a marqué les XVII^e et XVIII^e siècles, ce n'est qu'au XIX^e siècle que l'entomologie a acquis un statut de discipline scientifique à part entière. Au pays, cette reconnaissance, qui découle en partie du sérieux travail d'identification et de description d'entomologistes actifs dans le Haut et le Bas-Canada, accompagne le développement important de l'agriculture.

C'est en avril 1863 que le Canada se dote de sa première société entomologique avec la création de l'Entomological Society of Canada, suivie en 1871 par la fondation de l'Entomological Society of Ontario. La formation d'une filiale de cette société ontarienne à Montréal en 1873 constitue l'acte de naissance officiel de la Société d'entomologie du Québec.

Suite à la page 2



Société d'entomologie
du Québec

L'entomologie aujourd'hui



D'abord le fait d'amateurs enthousiastes principalement issus de la communauté anglophone de Montréal, la Société d'entomologie du Québec réunit 125 ans plus tard plus de 225 scientifiques aux compétences diverses en biologie, écologie, éthologie, physiologie, biochimie, mathématiques... Comme dans bien d'autres disciplines scientifiques, la multidisciplinarité est aujourd'hui nécessaire pour répondre aux questions complexes de biologie fondamentale ou résoudre les problèmes liés aux insectes nuisibles avec des moyens de lutte de plus en plus sophistiqués.

Suscitant à la fois curiosité et fascination, les insectes inspirent de plus en plus de documentaires, de séries télévisées, de romans et de films, une abondance qui n'est pas le fruit du hasard. Elle résulte sans doute en partie de la prise de conscience écologique qui se fait dans nos sociétés depuis 20 ans. Les insectes, souvent considérés comme nui-

sibles sans aucune forme de procès, constituent un réservoir important et fascinant de biodiversité, encore mal connu. Et leur étonnante faculté d'adaptation — qui leur a permis de coloniser tous les habitats terrestres, même les plus extrêmes — ne cesse d'étonner les scientifiques.

La publication de ce supplément vise à brosser un portrait de l'entomologie québécoise contemporaine. Nous nous sommes donné pour objectif de mettre en valeur la contribution des entomologistes à la vie scientifique et économique du Québec. Il faut souligner qu'un grand nombre des travaux de recherche des entomologistes québécois portent sur le contrôle biologique des insectes ravageurs en foresterie et en agriculture, deux secteurs névralgiques de notre économie. C'est pourquoi plusieurs des articles de ce supplément sont consacrés à la lutte biologique en milieu forestier ou agricole, qui vise à protéger les cultures tout en

réduisant autant que possible le recours à des insecticides chimiques.

Les insectes sont des créatures étonnantes et complexes. Et, à maints égards, leur étude est encore à l'état embryonnaire. Leur développement spectaculaire — pensez seulement au mécanisme qui permet à une chenille de se transformer en papillon —, les moyens de communication et les comportements sophistiqués qu'ils ont adoptés au cours de leur évolution sont autant d'avenues de recherche prometteuses.

Au même titre que l'observation des astres suscite tout naturellement des questionnements métaphysiques chez l'astronome amateur, la connaissance des habitants les plus humbles de notre environnement éveille chez plusieurs d'entre nous le désir d'en savoir plus long sur notre planète. À une époque où l'homme s'interroge de plus en plus sur son rapport à la nature, les insectes nous offrent quantité de secrets à percer pour en comprendre les mécanismes et adapter nos interventions. De plus, ils représentent une source irremplaçable de biodiversité, témoignage vivant de la longue et fabuleuse histoire de la vie. Gageriez-vous qu'une grande partie de l'avenir se joue à nos pieds, entre les brins d'herbe et les cailloux qui parsèment la route ?

Bonne lecture !
Le comité de rédaction

Le père de l'entomologie québécoise

L'abbé Léon Provancher

La vie et l'œuvre d'un savant curé de campagne.

Né à Bécancour en 1820, Léon Provancher est l'entomologiste canadien-français qui a le plus contribué à l'essor des connaissances sur les insectes au cours du XIX^e siècle. Tout au long de sa vie, sa curiosité et sa passion pour les sciences naturelles ne se démentent pas. Déjà, au Séminaire de Nicolet, ni ses professeurs, ni les ouvrages de la bibliothèque ne peuvent répondre à toutes ses questions.

Devenu curé de l'Île-Verte en 1850, l'abbé Provancher collectionne les plantes et les mollusques du littoral du Saint-Laurent. Muté à la paroisse de Saint-Joachim de Montmorency en 1854, il se met alors à l'étude des insectes. À partir de 1862, le curé de Notre-Dame-de-Portneuf ne s'intéresse plus qu'à eux; il y consacrera le reste de sa vie, réunissant une collection de 30 000 insectes, dont un millier d'espèces inconnues jusque-là.

Homme d'une activité incomparable, il fonde en 1868 la première revue scientifi-

que canadienne-française, *Le Naturaliste Canadien*, dont il rédige la majorité des articles. De 1874 à 1886, il publie la *Petite faune entomologique du Canada*, un ouvrage de 2 305 pages d'une valeur surprenante et sans égale au pays. Tout cela à une époque où l'aide gouvernementale et l'intérêt du public francophone pour les sciences sont minimes. Pour couvrir les frais de publication de ses nombreux ouvrages, il doit vendre une collection de 5 000 insectes au gouvernement du Québec en 1877 et une collection de



6 629 spécimens d'oiseaux et de mollusques au Collège de Lévis en 1889.

À sa mort en 1892, l'abbé Provancher laisse une bibliothèque scientifique de plus de 500 volumes, la plus importante au Canada français, une volumineuse correspondance (4 500 lettres), plusieurs collections d'insectes, une collection de 25 000 mollusques provenant des 4 coins du monde, un herbier de 900 planches et environ 12 500 pages de texte publiées en 35 ans de carrière en entomologie.

Sa mémoire est honorée par la Société Provancher d'histoire naturelle du Canada, qui se consacre à la conservation d'habitats fauniques, et par la décoration Léon-Provancher, remise par la Société d'entomologie du Québec en reconnaissance de l'importante contribution d'un entomologiste à cette discipline scientifique. ●

Adapté de textes de Jean-Marie Perron publiés dans le bulletin *Antennae* de la Société d'entomologie du Québec.

Un monde rempli d'inconnu



Les insectes constituent le plus grand groupe d'êtres vivants du Québec, faune et flore confondues, sans compter toutes les espèces qu'on n'a pas encore trouvées. Pourtant, leurs rôles dans les écosystèmes demeurent vagues. En ces temps où la biodiversité est à l'honneur, il y a du pain sur la planche pour les entomologistes.

par Monique Laforge



Qu'est-ce qui distingue un insecte des autres animaux ? D'abord, son corps articulé et divisé en trois parties — tête, thorax et abdomen. Puis, ses trois paires de pattes et, souvent, une ou deux paires d'ailes qui sont rattachées au thorax. À partir de ce patron de base, des centaines de milliers d'insectes différents ont évolué.

« On évalue qu'il existe de 25 000 à 30 000 espèces d'insectes au Québec. Et c'est là un estimé conservateur », indique André Francœur, du Centre de données sur la biodiversité du Québec, à Chicoutimi (à titre de comparaison, seulement 326 espèces d'oiseaux occupent notre territoire). De ce nombre, autour de 16 600 espèces ont été décrites. Les insectes connus constituent environ 75 % des espèces animales, tant au Québec qu'à l'échelle planétaire. Au total, la biosphère compte plus de un million d'insectes identifiés à ce jour.

La fabuleuse biodiversité de l'entomofaune se complexifie par des différences de comportements et d'apparence au sein d'une même espèce. Par exemple, les élytres de la

coccinelle asiatique présentent plus de 200 patrons de coloration différents. Comment s'assurer qu'on l'identifie correctement malgré toutes ces variations ? La taxinomie vient à la rescousse avec un système de classement à toute épreuve.

L'Amiral, récent élu au titre d'insecte emblème du Québec



Jacques Desbiens

Fiche taxinomique de l'Amiral, *Limnitis arthemis arthemis* (Drury)

Taxon		Caractéristiques
Embranchement	<i>Arthropoda</i>	Corps segmenté et différencié en deux ou trois régions, exosquelette renouvelé périodiquement par la mue.
Classe	<i>Insecta</i>	Corps divisé en trois régions : tête, thorax, abdomen. Trois paires de pattes attachées au thorax. Une paire d'antennes sur la tête.
Ordre	<i>Lepidoptera</i>	Ailes couvertes d'écaillés aplaties (généralement pigmentées).
Superfamille	<i>Papilionoidea</i>	Extrémité des antennes en forme de massue.
Famille	<i>Nymphalidae</i>	Chez l'adulte : pattes antérieures atrophiées.
Sous-famille	<i>Limnitiidae</i>	Chenille avec deux paires de protubérances sur le dessus du thorax et ressemblant à des excréments d'oiseau.
Genre	<i>Limnitis</i>	Configuration particulières des organes génitaux.
Espèce	<i>arthemis</i>	Identifiée par l'étendue et la position des taches bleues et rouges sur les ailes.
Sous-espèce	<i>arthemis</i>	Les taches rouges du dessous des ailes de la sous-espèce <i>rubrofasciata</i> , répandue à l'ouest de l'Ontario, ont une plus grande étendue.

Drury est le nom du naturaliste qui a fait la première description scientifique de l'insecte, en 1773.

Un travail de précision

L'identification correcte des insectes, comme celle de l'ensemble du matériel biologique récolté ou observé, est à la base de tout travail scientifique valable. Elle sert aussi de porte d'accès à l'information déjà accumulée sur les espèces en question. La taxinomie permet d'associer précisément chaque insecte à une suite de groupes de plus en plus précis, jusqu'à l'espèce ou à la sous-espèce, à partir de l'observation de ses différentes structures.

Une loupe et une clé d'identification suffisent généralement pour trouver le nom d'un spécimen. Mais l'identification de certains insectes peut exiger l'avis d'un spécialiste, ainsi que l'utilisation de méthodes sophistiquées, comme la dissection, la microscopie électronique, l'observation des chromosomes et même l'étude de molécules spécifiques.

Bon nombre d'identificateurs sont devenus des spécialistes de divers ordres ou familles d'insectes. Fait intéressant à noter, ces experts ne sont pas toujours des professionnels. « Il n'y a pas beaucoup de taxinomistes au Québec, mais on a par contre plusieurs amateurs capables d'identifier des



Guy Boivin, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Mouche du chou ou de l'oignon ?

L'identification précise des insectes est cruciale dans la lutte contre les ravageurs. On doit savoir si on fait vraiment face à un problème et, s'il y a lieu, choisir le mode de répression approprié. La mouche du chou et la mouche de l'oignon sont des ravageurs redoutables lorsqu'elles s'attaquent à leurs plantes hôtes respectives, les crucifères et l'oignon. À première vue, ces deux diptères communs semblent identiques. Pourtant, il ne peuvent se reproduire entre eux : il s'agit donc de deux espèces distinctes.

Proches parentes, ces mouches appartiennent à la famille des Anthomyiides. Un seul taxinomiste est spécialisé dans l'identification de ce groupe au Canada. Son œil d'expert saurait repérer l'unique différence qui distingue ces deux espèces : chez la mouche du chou, le poil du thorax (encerclé sur la photo) est deux fois plus court que chez la mouche de l'oignon.

groupes particuliers », indique Terry Wheeler, conservateur de la collection du musée Lyman de l'Université McGill, à Sainte-Anne-de-Bellevue. Ces entomologistes amateurs ont accumulé des connaissances poussées qui en font des identificateurs fiables.

Les collections, des références indispensables

Lieux d'apprentissage et de recherche, les collections entomologiques sont aussi des outils de travail et des sources d'information pour les collectionneurs, agriculteurs, exterminateurs et écologistes qui désirent identifier des insectes. « On s'aperçoit de plus en plus à quel point il est essentiel de comprendre les implications de la biodiversité, dit Terry Wheeler. Les spécimens des collections sont comme les données de cette biodiversité : ils servent à interpréter la vie telle qu'elle est et les changements qui surviennent. »

La première collection d'insectes au Québec, celle du gouverneur Pierre Boucher, remonte aux années 1660. Depuis, la relève a été très active. Des religieux comme l'abbé Léon Provancher jusqu'aux globe-trotters comme Georges Brossard, les collectionneurs québécois ont récolté d'impressionnantes quantités d'insectes, constituant des collections reconnues à l'échelle internationale.

La plus importante est celle du musée Lyman qui a été offerte à l'Université McGill par Henry Lyman en 1914. Elle compte

2,8 millions de spécimens, dont plusieurs ont plus de 100 ans. Diverses collections québécoises comprennent de tels spécimens anciens, fort utiles sur le plan historique.

Mieux connaître pour mieux protéger

Malheureusement, l'information que les collections contiennent n'est pas aussi accessible qu'on le souhaiterait. Faute de moyens, elle est rarement informatisée. Pour combler

cette lacune, un groupe de chercheurs de l'Université du Québec à Chicoutimi travaille depuis 10 ans à l'élaboration d'un outil unique en son genre : la banque de données sur les invertébrés du Québec (BADIQ), un répertoire de la biodiversité où sont consignées des informations sur les spécimens de collections et des données brutes résultant d'échantillonnages sur le terrain.

« Il s'agit d'un outil complexe, qui n'est pas encore complètement terminé », explique André Francœur, responsable du projet. Une de ses particularités est d'inclure les données brutes (espèce d'insecte, plante hôte, endroit de la collecte, etc.), trop souvent détruites après la publication des résultats de recherche. Plus de 20 000 observations y sont actuellement répertoriées. La liste des espèces d'insectes est régulièrement mise à jour pour intégrer les plus récentes identifications.

« Chaque année, on rapporte de nouvelles espèces », affirme Christian Hébert, entomologiste au Centre de foresterie des Laurentides, à Sainte-Foy. La recherche sur le terrain permet de trouver des espèces liées à des microhabitats et des insectes dont on soupçonnait l'existence sans les avoir vus. On découvre aussi des espèces introduites, comme ces coléoptères asiatiques qui ont été transportés par bateau, cachés dans le bois dont ils se nourrissent.

« La recherche actuelle en entomologie a des visées pratiques », précise Christian Hébert. Un exemple ? Les tentatives pour identifier des insectes bio-indicateurs. « Il devient de plus en plus clair que la présence de certains insectes constitue un bon indice des répercussions de nos gestes sur l'environnement. « À mesure que diminue la diversité dans les écosystèmes, ils deviennent plus vulnérables », explique-t-il. À l'inverse, le maintien d'une diversité élevée est la meilleure garantie d'un développement durable. Continuons donc de garder un œil attentif sur les petites bêtes à six pattes ! ●

Des autoroutes-jardins ?

Vous en avez marre de la monotonie du paysage entre Montréal et Québec ? Bonne nouvelle, le portrait risque de changer. Une modification des approches d'entretien pourrait bientôt transformer les bordures des autoroutes en un corridor de jardins naturels, véritables réservoirs de biodiversité.

L'idée est simple : réduire le fauchage des bordures pour permettre à la végétation de croître librement. L'autoroute améliorée combinerait alors sécurité et économie, esthétique et accroissement de la biodiversité.

Fort des expériences positives en France et aux États-Unis, le ministre des Transports du Québec passera bientôt à l'action. Dès ce printemps, une équipe de chercheurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières entame une étude d'impact en bordure des routes à quatre voies. Plantes, insectes, reptiles et amphibiens, petits mammifères et oiseaux seront échantillonnés avec soin.

« Le projet pourrait s'étendre sur 8 000 à 10 000 km si on l'applique à la grandeur du Québec », précise Jean-Pierre Bourassa, entomologiste à l'UQTR et responsable du volet faunique de la recherche. En devenant des habitats plus riches, les bordures d'autoroutes pourraient servir de refuge à plusieurs espèces animales. Toutefois, certains agriculteurs ont exprimé des craintes quant aux bienfaits de la création de nouveaux réservoirs d'insectes. Mais ils n'ont pas à s'inquiéter : l'arrivée d'autres insectes peut se révéler un atout important pour le contrôle naturel des espèces nuisibles dans leurs cultures.



Un univers de parfums

Les insectes communiquent entre eux, même involontairement, localisent et reconnaissent leur nourriture en émettant et détectant toute une panoplie de signaux chimiques.

par Caroline Julien et François Fournier

Signal d'alarme, petite annonce d'une femelle pour trouver un mâle, nouvelle relative à la découverte d'un site d'hibernation exceptionnel, voilà autant d'exemples de messages chimiques que les insectes envoient. Pour reconnaître ces messages, ils disposent d'une multitude de récepteurs placés sur tout leur corps.

Ainsi, la reconnaissance des saveurs sucrée et salée se fait à l'aide de récepteurs gustatifs sur les pièces buccales; l'identification d'une plante préférée ou d'un hôte est effectuée par des récepteurs situés sur les antennes, les pattes et même l'ovipositeur. Ce sont toutefois les antennes qui constituent les principaux organes sensoriels des insectes : elles sont couvertes de milliers de récepteurs leur permettant de percevoir à distance des messages volatils de très faible intensité, comme ceux émis par leurs congénères.

La communication chimique entre les individus d'une même espèce fait intervenir des molécules appelées « phéromones », et chacune d'entre elles déclenche un type de comportement particulier. Par exemple, au contact d'un prédateur ou d'un intrus, plusieurs espèces d'insectes émettent des *phéromones d'alarme* qui avertissent les individus à proximité d'un danger immédiat. Vous avez sans doute déjà vérifié l'efficacité d'un tel système si, à l'approche d'un nid de guêpes, vous les avez vues sortir de partout pour vous chasser des environs. Et si les fourmis semblent connaître le chemin menant à une source de nourriture éloignée, c'est que leurs congénères ont laissé des *phéromones de piste* pour baliser le chemin. Mais les plus connues sont sans aucun doute les *phéromones sexuelles* qu'émettent, généralement, les femelles afin d'attirer les mâles pour la reproduction, ce qui explique pourquoi les antennes de ces derniers sont mieux équipées en récepteurs olfactifs.

Pièges à phéromones

Josée Boisclair, agronome et entomologiste à l'Institut de recherche en agroenvironnement de Saint-Hyacinthe, exploite les phéromones pour détecter la présence de trois ravageurs dans les champs de maïs sucré : la pyrale du maïs, le ver de l'épi et la légionnaire d'automne. Pour y arriver, elle utilise des pièges à phéromones artisanaux — des cartons de lait ouverts aux deux extrémités à

l'intérieur desquels on a placé une pseudo-femelle et un morceau de caoutchouc imbibé de la phéromone sexuelle de l'insecte à piéger. Les mâles déjoués par une telle arnaque viennent s'engluer sur les murs collants du piège, ce qui permet de prévoir le début de la ponte des femelles. Cette information est aussitôt transmise aux producteurs abonnés au Réseau d'avertissements phytosanitaires du Québec pour les aider à synchroniser leurs traitements insecticides contre ces ravageurs.

Un papillon mâle de la légionnaire unipunctuée est attiré par une phéromone synthétique émise par une capsule en caoutchouc placée dans un tunnel de vol.



Jeremy McNeil, Université Laval

« Les données recueillies avec les pièges à phéromones doivent être nuancées », avertit cependant Jeremy McNeil. Les travaux menés par cet entomologiste-chercheur à l'Université Laval ont montré que plusieurs facteurs influencent la communication chimique : la température, l'humidité, la vitesse du vent, la luminosité. L'expérience est relativement simple : « Nous plaçons un mâle à l'entrée d'un tunnel de vol dans lequel nous pouvons contrôler ces différents facteurs. Puis, nous observons la réaction de l'insecte lorsqu'une source de phéromones est placée en

amont du tunnel. » On a ainsi établi que l'âge des insectes et la qualité de la nourriture consommée peuvent aussi fortement influencer l'émission et la réception des phéromones sexuelles. « Les résultats de ces travaux pourront aider les agronomes à mieux interpréter les données obtenues avec les pièges », indique-t-il.

Synomones, allomones et kairomones

Les messages chimiques franchissent parfois les barrières entre les espèces. Ainsi, une plante attaquée par un insecte phytophage peut émettre une *synomone* qui sera captée par un prédateur de l'insecte qui accourra pour s'en régaler. Si les *synomones* sont à la fois bénéfiques pour l'émetteur (la plante) et pour le récepteur (le prédateur), les *allomones* sont avantageuses pour l'émetteur, mais ont un effet neutre ou négatif sur le récepteur. Par exemple, un insecte qui émet une odeur ayant un effet répulsif sur les oiseaux éloigne ainsi des prédateurs potentiels. On parle de *kairomones* lorsqu'un insecte émet, à son détriment, un signal chimique qui attire ses ennemis naturels.

Au cours de ses études postdoctorales au Centre de recherche et de développement en horticulture (CRDH) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lucie Royer a identifié une telle substance chimique dans les relations entre la mouche du chou, un important ravageur des crucifères, et *Aleochara bilineata*, son ennemi naturel numéro un. Ce coléoptère bien particulier, à la fois prédateur des œufs et des larves de la mouche du chou et parasitoïde de la pupe, localise ses proies et hôtes en détectant le bouquet d'odeurs provenant des larves et de leurs excréments.

L'utilisation de cette kairomone permettrait de créer des « cages chimiques », qui maintiendraient *Aleochara* là où il est le plus

utile pour combattre le ravageur. Dans des enceintes de un mètre sur un mètre, on a fait pousser des choux sur lesquels on a ajouté des œufs de la mouche du chou. Après avoir arrosé la moitié des plants avec le bouquet d'odeurs, on s'est aperçu que le coléoptère *Aleochara* a modifié son comportement en fonction de l'intensité de l'arôme. Le coléoptère a mangé moins de 2 % des œufs sur les choux moins odorants... et 90 % sur les choux traités avec la kairomone. Reste à intéresser une compagnie qui commercialisera cette nouvelle stratégie... ●

Des alliés naturels à exploiter



Pour remplacer les insecticides chimiques, les entomologistes cherchent des solutions biologiques plus respectueuses de l'environnement. Ils regardent même du côté des organismes vivants.

par François Fournier et Charles Allain

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, plusieurs croyaient que le développement de nouveaux insecticides chimiques allait mettre fin aux insectes nuisibles. Cependant, ces nouveaux produits n'ont pas été la panacée que l'on espérait. Au fil des ans, les risques de contamination de l'environnement, le développement de résistance chez les insectes nuisibles — observée chez plus de 550 espèces en 1990 —, la présence de résidus sur les aliments et l'ignorance de leurs effets à long terme sur la santé humaine ont montré que, bien souvent, le remède pouvait être pire que le mal.

Comme l'extermination totale des insectes nuisibles s'est révélée utopique, on tente aujourd'hui de limiter les dommages économiques qu'ils causent en utilisant des moyens de contrôle moins nocifs. Depuis plusieurs années, les entomologistes font intervenir délibérément des organismes vivants pour en contrôler d'autres. Identifier les ennemis naturels des insectes nuisibles et comprendre les relations qui existent entre eux afin de les utiliser à notre avantage, c'est ce qu'on appelle la lutte biologique.

Un vieux combat

La lutte biologique se pratique depuis déjà plus de 100 ans. Les premières cibles de cette approche ? Les insectes nuisibles d'origine exotique qui se sont accidentellement introduits dans de nouvelles contrées avec le développement du commerce international. Plusieurs de ces intrus se sont alors retrouvés sans ennemis naturels et ont pu se multiplier sans contrainte.

L'identification de leurs ennemis naturels dans leur pays d'origine et l'introduction de ces ennemis dans le nouveau territoire constituent les fondements de la lutte biologique dite « classique ». Au cours du dernier siècle, plus de 1 200 introductions d'ennemis naturels ont été effectuées dans le monde. Résultats : dans 43 % des cas, ils se sont établis dans le nouveau territoire, et 17 % des introductions ont permis de contrôler efficacement le ravageur visé. Lorsqu'elle fonctionne, la lutte biologique classique est une solution permanente ne nécessitant plus aucune intervention humaine.

Un succès classique : la luzerne

L'agromyze de la luzerne, *Agromyza frontella*, a envahi le Québec au début des années 70. Pour contrer cet insecte ravageur, on a introduit le parasitoïde européen *Dacnusa dryas* en effectuant quatre lâchers à Saint-Hyacinthe et à Saint-Augustin-de-Desmaures entre 1978 et 1980. De 1981 à 1986, ce parasitoïde s'est dispersé tout le long de la vallée du Saint-Laurent jusqu'à Carleton, en Gaspésie. Après 1984, les populations du parasitoïde ont diminué à la suite d'une baisse importante des populations de l'agromyze. Et le pourcentage de folioles de luzerne endommagées par l'agromyze est passé de 70 % à moins de 1 %.

Malheureusement, l'équilibre naturel entre les insectes nuisibles et leurs ennemis est souvent bien loin de satisfaire les besoins de productivité ou les critères esthétiques — parfois démesurément élevés — de l'agriculture et de la foresterie. Pour maintenir les populations d'insectes nuisibles à des niveaux acceptables, il faut souvent ajouter un nombre important d'ennemis naturels, une tâche pour le moins complexe. Pour les entomologistes, il ne suffit pas de savoir quel ennemi naturel utiliser contre un insecte nuisible donné, il faut aussi tenir compte de la culture à protéger, des comportements du ravageur visé et de ceux de l'ennemi naturel ainsi que des conditions météorologiques qui vont affecter l'équilibre entre les deux.

Actuellement, c'est dans les serres que la lutte biologique est la plus répandue, car les conditions y sont presque idéales : l'espace clos empêche la migration des insectes introduits, et le contrôle de la température, de l'humidité relative et de l'éclairage favorise la survie et l'activité des ennemis naturels.

Plusieurs projets de recherche visent aussi à mettre au point des diètes artificielles et des procédés industriels en vue de produire des ennemis naturels de qualité en grande quantité et au plus bas prix possible. De telles techniques existent déjà pour produire

des bactéries, des champignons pathogènes, des nématodes et même certaines espèces d'insectes. En fait, les différents agents de lutte biologique qui sont utilisés ou font l'objet de recherches peuvent être classés en trois groupes : les micro-organismes pathogènes, les insectes prédateurs et parasitoïdes, et les nématodes.

Les micro-organismes pathogènes

L'utilisation des bactéries, virus et champignons ressemble un peu à la lutte chimique : ils peuvent être appliqués en suspension aqueuse avec le même équipement que les insecticides et, comme les micro-organismes sont immobiles, les insectes nuisibles doivent les ingérer ou entrer en contact direct avec eux pour être infectés.

Près d'une centaine d'espèces de bactéries sont entomopathogènes, mais seuls quelques bacilles entrent actuellement dans la formulation de biopesticides commerciaux. Le plus connu est le *Bacillus thuringiensis* ou Bt, utilisé à grande échelle, notamment pour combattre la tordeuse des bourgeons d'épinette. Il accapare actuellement près de 90 % du marché des biopesticides, en partie parce que sa méthode de production *in vitro* dans des milieux nutritifs simples est peu coûteuse.

Environ 650 espèces de virus pathogènes d'insectes sont connus. Ils se reproduisent en parasitant des cellules vivantes d'autres organismes, habituellement par voie orale dans la nourriture, ou encore par contact direct ou par transmission verticale (de la mère à sa progéniture). Pour le moment, les virus doivent être multipliés à partir de tissus intacts d'insectes.

Dans des conditions idéales d'humidité et à des températures favorables, les spores de champignons entomophages germent et pénètrent la cuticule des insectes. Comme ils n'ont pas besoin d'être ingérés, on peut les utiliser à tous les stades de développement des insectes, de l'œuf à l'adulte. Leur grand besoin d'humidité limite cependant leur efficacité dans un environnement trop sec. On compte 700 espèces de ces champignons, mais seulement une vingtaine ont été étudiées dans un contexte de lutte biologique. Même s'ils sont relativement faciles à cultiver *in vitro* dans des milieux simples, seules quelques espèces sont actuellement disponibles sur le marché.

Les insectes prédateurs et les parasitoïdes

Ce deuxième groupe d'agents biologiques inclut des insectes qui peuvent entrer en contact avec le ravageur par leurs propres moyens. Les prédateurs capturent et consomment leurs proies sur le champ, alors que les parasitoïdes utilisent leur hôte pour se développer à ses dépens et, contrairement aux parasites comme les poux, ils le tuent au cours de leur développement. Cette méthode de lutte biologique a toutefois des

limites : la grande mobilité de certains prédateurs et parasitoïdes peut les amener à quitter un milieu s'ils le jugent trop pauvre en nourriture.

Plus de 125 000 espèces, soit un peu plus de 10 % des insectes connus, sont des parasitoïdes. On les retrouve principalement chez les hyménoptères (guêpes et abeilles), mais aussi de façon non négligeable chez les diptères (mouches) et les coléoptères. Leur mode de vie est très diversifié : selon l'espèce, ils attaquent les œufs, les larves, les pupes ou les adultes. Certains sont endoparasitoïdes (ils se développent à l'intérieur de leur hôte) alors que d'autres sont ectoparasitoïdes (ils se développent à l'extérieur, échappant ainsi au système immunitaire de leur hôte).

Les parasitoïdes sont d'excellentes recrues pour l'armée biologique. Leur mobilité, leur grande spécificité (ils s'attaquent à un type d'insecte en particulier) et leur capacité de propagation sont exceptionnelles. Leurs coûts de production sont toutefois variables : si certaines espèces de parasitoïdes d'œufs peuvent être produites sur des œufs d'un hôte d'élevage, soit un hôte non naturel mais adéquat pour leur développement, facile et économique à élever, d'autres doivent

être multipliées sur leur hôte naturel, ce qui peut être plus coûteux.

Les prédateurs sont plus diversifiés que les parasitoïdes : on en retrouve dans au moins neuf ordres d'insectes différents. Contrairement aux parasitoïdes, ils sont souvent considérés comme des généralistes, c'est-à-dire qu'ils peuvent consommer des insectes de plusieurs espèces différentes, qu'il s'agisse d'œufs, de larves ou d'adultes. Ils peuvent cependant manifester une préférence pour un type de proie au détriment d'une autre.

Parmi les prédateurs les plus efficaces en lutte biologique, on compte les coccinelles (coléoptères), principalement utilisées contre les pucerons; les mites prédatrices, abondamment employées en serre contre des mites phytophages et des thrips; les chrysopes (neuroptères), produites par diète artificielle et employées contre les pucerons.







Les nématodes

Peu connus au début du siècle, les nématodes comprennent environ 4 000 espèces entomophages qui présentent beaucoup d'intérêt comme agents de lutte biologique. Tout comme les micro-organismes pathogènes, ils peuvent être répandus en suspension aqueuse,

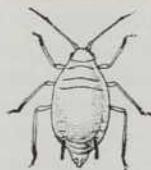
se, mais, à l'instar des insectes, ils peuvent localiser et pénétrer leur hôte de façon autonome. Ces minuscules organismes vermiformes entrent dans le corps des insectes par les ouvertures naturelles — bouche, anus ou blessure — et y libèrent des bactéries virulentes qui entraînent la mort de leur hôte souvent en moins de 24 heures.

Ces bactéries symbiotiques, spécifiques à chaque nématode, jouent un rôle essentiel : en plus de tuer l'insecte hôte, elles en digèrent les tissus et les transforment en nourriture assimilable par le nématode. Une fois adultes, les nématodes se reproduisent et donnent naissance à des milliers d'individus qui se développeront jusqu'au troisième stade larvaire avant de quitter l'insecte hôte pour recommencer un nouveau cycle.

Bien que récente, l'utilisation commerciale des nématodes est maintenant possible grâce à la mise au point de méthodes de production industrielle en fermenteurs. L'utilisation des nématodes nécessite toutefois des conditions de température et d'humidité idéales, si bien qu'elle est encore limitée à des ravageurs au sol ou à des cultures où le taux d'humidité est élevé, comme la culture en serre et la production de champignons. ●

Agents	Mode d'action	Avantages	Limites
Bactéries  <p>principalement <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Le Bt produit une toxine. Lorsqu'elle est ingérée, la toxine provoque l'éclatement des cellules de l'intestin et entraîne la mort de l'insecte. 	<ul style="list-style-type: none"> Spectre d'action élargi sur un groupe d'insectes (ex. : les lépidoptères). Méthode de production industrielle. Arrosage en suspension aqueuse. 	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilité aux rayons UV entraînant une faible persistance sur le terrain. Développement de résistance déjà observé. Absence de mobilité.
Virus 	<ul style="list-style-type: none"> Ingestion suivie de l'infection des tissus du tube digestif et, dans certains cas, des autres tissus. 	<ul style="list-style-type: none"> Transmission horizontale (d'un individu à l'autre) ou verticale (d'une génération à l'autre). Haute spécificité. Arrosage en suspension aqueuse. 	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilité aux rayons UV et faible persistance sur le terrain. Doses importantes requises. Absence de mobilité. Hésitations du public quant à leur utilisation.
Champignons 	<ul style="list-style-type: none"> Germination, puis pénétration de la cuticule de l'insecte, suivie de l'envahissement des tissus. Certaines espèces produisent aussi des toxines puissantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilités d'infection des insectes à tous les stades de développement (de l'œuf à l'adulte). Persistance dans l'environnement sous forme de spores. Arrosage en suspension aqueuse. 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite des conditions d'humidité élevée pour se développer. Spécificité réduite. Efficacité réduite des spores produites <i>in vitro</i>.
Parasitoïdes 	<ul style="list-style-type: none"> Le parasitoïde localise un hôte et pond ses œufs à l'intérieur ou à l'extérieur de ce dernier. La larve se développe aux dépens de l'hôte qu'elle finit par tuer. 	<ul style="list-style-type: none"> Grande mobilité. Capacité de localiser l'hôte. Spécificité élevée (hôte et stade de développement précis). 	<ul style="list-style-type: none"> Matériel vivant sensible aux conditions d'élevage et d'expédition. Efficacité influencée par les conditions climatiques. Possibilité d'émigration lorsque la densité du ravageur est faible.
Prédateurs 	<ul style="list-style-type: none"> Capture et consommation immédiate de la proie. 	<ul style="list-style-type: none"> Grande mobilité. Peut consommer un insecte ravageur à plusieurs stades de développement. Peut chasser d'autres proies dans le même milieu lorsque la densité du ravageur est faible. 	<ul style="list-style-type: none"> Matériel vivant sensible aux conditions d'élevage et d'expédition. Efficacité influencée par les conditions climatiques. Possibilité d'émigration lorsque la densité du ravageur est faible.
Nématodes 	<ul style="list-style-type: none"> Après avoir pénétré dans le corps de l'insecte par les orifices naturels, il libère des bactéries symbiotiques qui causent une septicémie mortelle. 	<ul style="list-style-type: none"> Bon potentiel contre les insectes qui se développent dans le sol. Arrosage en suspension aqueuse. Méthode de production industrielle. 	<ul style="list-style-type: none"> Mobilité et spécificité réduites. Sensibilité aux rayons UV et à la déshydratation.

Dilemme chez les consommateurs



Quand on achète des produits frais au supermarché, on ne veut pas y voir de trace de la guerre contre les insectes. Mais est-ce toujours possible quand on n'utilise que des moyens biologiques ?

par Charles Allain

Dans les cultures maraîchères en serre, on produit de plus en plus de légumes sans l'aide d'insecticides chimiques. La santé des travailleurs et les demandes des consommateurs l'exigeaient. Par contre, malgré leurs défauts, les insecticides avaient l'avantage de ne laisser que peu de traces apparentes de leur action. Les producteurs peuvent-ils s'en tirer aussi bien avec des agents de lutte biologiques ? Oui, la plupart du temps. Mais il arrive parfois que certaines traces persistent.

L'environnement des serres est particulièrement propice à l'infestation des ravageurs : le milieu clos, un climat chaud et très humide et les monocultures favorisent de petites explosions démographiques d'insectes sur les plants de tomates et de laitue. Pour les combattre, les champignons entomopathogènes



Les traces occasionnelles de la lutte biologique contre les pucerons : larve de coccinelle, momie vide, puceron mycosé. Plus visibles que des résidus chimiques, mais moins toxiques !

offrent des possibilités intéressantes. Par exemple, le *Verticillium lecanii* permet de contrôler efficacement plusieurs espèces de pucerons.

Valérie Fournier, étudiante en maîtrise au département de phytologie de l'Université Laval, effectue actuellement des essais avec le Vertalec, une souche de *Verticillium* commercialisée en Europe. « Nous l'avons testé dans des conditions extrêmes, sur des laitues où se trouvaient des densités très élevées de pucerons, dit-elle. Le champignon est efficace, mais, si l'infestation est sévère, on retrouve de petites boules blanches sur les feuilles de laitue. Ce sont des pucerons morts recouverts de mycélium, des filaments de champignon. » Cette trace de lutte biologique risque d'incommoder plus d'un consommateur, tout comme le ferait la présence d'insectes prédateurs ou de « momies » de pucerons, ces carapaces vides laissées par les parasitoïdes.

La laitue a toutefois ceci de particulier que les ravageurs s'attaquent à la partie de la plante qui constitue le produit acheté par les consommateurs. Dans le cas des tomates, par exemple, les ravageurs s'attaquent plus souvent au plant qu'au fruit lui-même. La lutte biologique est donc moins perceptible dans les présentoirs. N'empêche que les consommateurs, qui ont développé une aversion marquée pour les insecticides chimiques, devront peut-être apprendre à accepter la présence occasionnelle d'ennemis naturels sur leur laitue. Après tout, ces petites boules blanches, il suffit de les laver... ●

Le Biodôme de Montréal

Une serre pas comme les autres



La reconstitution côte à côte de deux écosystèmes aussi différents que la forêt boréale et la forêt tropicale s'est révélée pleine de surprises sur le plan entomologique.

par Charles Allain

Plantes et insectes vivent en étroite relation dans la nature. Il aurait donc été illusoire de penser qu'on pourrait importer des plantes tropicales ou cultiver des plantes indigènes sans que des locataires imprévus ne réussissent à se glisser à l'intérieur de l'ex-vélodrome olympique.

« Bien que les plantes tropicales aient été mises en quarantaine pendant un an en Floride avant leur transplantation, nous nous sommes rapidement aperçu que de nombreux ravageurs avaient fait le voyage à Montréal, explique Susan Johnson, entomologiste responsable du contrôle des insectes

au Biodôme. Des groupes d'insectes comme les cochenilles, les cochenilles farineuses et les tétranyques rouges sont courants dans les arrivages de plantes tropicales, peu importe les précautions prises. Mais dès qu'on a entrepris le dépistage des infestations, quelques semaines avant l'ouverture du Biodôme, j'ai remarqué que plusieurs espèces d'insectes étaient accompagnées de leurs ennemis naturels. La solution s'imposait d'elle-même : il fallait tenter d'obtenir l'équilibre entre les diverses populations d'insectes le plus favorable à la santé des plantes et des animaux. »

La tâche la plus importante de Susan Johnson est donc d'approvisionner le Biodôme en prédateurs efficaces. Cela ne pose pas de problème quand les ennemis naturels sont déjà utilisés pour la culture en serre, comme le parasitoïde *Aphidius matrixariae* et la mouche prédatrice *Aphidoletes aphidomyza*, deux ennemis naturels du puceron tropical, *Toxoptera aurantii*. Ils sont alors disponibles sur le marché.

« Le Biodôme ne correspond évidemment pas à la norme, ajoute Susan Johnson. J'ai parfois de la difficulté à trouver les prédateurs dont j'ai besoin dans le commerce. Je dois alors m'adresser à des chercheurs ou aller les chercher moi-même dans la nature. » D'autres prédateurs indigènes se sont infiltrés et se sont établis dans la forêt laurentienne, comme le thrips prédateur *Haplothrips subtilissimus* qui se nourrit de tétranyques, des mites phytophages présentes sur les bouleaux.

Mais les insectes ne sont pas tous nuisibles. L'équipe du Biodôme en élève certaines espèces destinées à nourrir les oiseaux, reptiles et amphibiens qui vivent dans les écosystèmes du Biodôme. Susan voudrait aussi présenter des insectes vivants au public : « Les insectes font partie intégrante des écosystèmes. En serre ou dans la nature, c'est une réalité encore méconnue du grand public. » ●

Photos : Bernard Drouin / MAPAQ / Mirabelle-Rov / IRTDA / Insectarium de Montréal

Une arme de choc contre l'insatiable tordeuse

Les pressions populaires et l'utilisation du Bt à titre expérimental dès 1971, avant même que son coût devienne concurrentiel et que son efficacité soit prouvée, ont largement contribué à son adoption pour la protection des forêts.

par Charles Allain



Vers la fin des années 60, l'Outaouais québécois est frappé par une grave infestation de tordeuses des bourgeons d'épinette (TBE), *Choristoneura fumiferana*, le défoliateur le plus vorace des résineux du nord-est de l'Amérique du Nord. Cette épidémie s'est étendue d'ouest en est jusqu'en 1992 et a causé des pertes de matière ligneuse évaluées à 235 millions de mètres cubes, soit l'équivalent de 10 ans de récolte.

Ce fléau a donné lieu à un formidable effort de recherche pour remplacer les pesticides chimiques, critiqués pour leur forte toxicité et leur faible spécificité, par des biopesticides, moins nocifs pour l'environnement. Le candidat le plus populaire : le *Bacillus thuringiensis*, mieux connu sous le nom de Bt.

Comment une simple bactérie peut-elle vaincre une armée de tordeuses ? Toutes les bactéries du genre *Bacillus* produisent une spore qui lui permet de survivre en conditions adverses, mais l'espèce *thuringiensis* synthétise aussi un cristal protéique externe. Lorsque les larves ingèrent l'insecticide à base de Bt, les cristaux sont dissous par les sucs digestifs et libèrent des protéines toxiques. Ces dernières détruisent les cellules qui tapissent le tube digestif, entraînant la mort de l'insecte.

Le Bt ne tue pas tous les insectes. En fait, il comprend une trentaine de sous-espèces, qui ont chacun un spectre d'action bien précis : par exemple, le *kurstaki* s'attaque aux lépidoptères, le *tenebrionis* et le *san diego* aux coléoptères, et le *israelensis* aux diptères.

Un essor spectaculaire

Le *Bacillus thuringiensis* a été découvert en 1901 par le bactériologiste japonais Ishiwata. Mais ce n'est que dans les années 60 qu'on envisage l'utiliser comme arme biologique contre la tordeuse des bourgeons d'épinette. À cet égard, la découverte par Howard Dulmage de la souche *kurstaki* HD-1 — de 20 à 200 fois plus active que les souches isolées jusqu'alors — est déterminante.



SOPFIM

De 1970 à 1992, plus de 2,2 millions d'hectares de forêt québécoise infestés par la tordeuse des bourgeons d'épinette ont été traités par pulvérisation de Bt. Pour un traitement efficace, il faut compter en moyenne deux litres de biopesticide par hectare. Coût : 25 dollars par hectare.

Cette souche est rapidement adoptée en Amérique du Nord. Dès le début des années 70, le ministère québécois des Terres et Forêts met en branle un programme expérimental de pulvérisations aériennes destiné à minimiser les dommages appréhendés de TBE. Puis, de 1971 à la fin des années 80, on se penche plutôt sur les techniques d'arrosage : couvrir le feuillage d'arbres pouvant atteindre de 15 à 20 mètres de haut sur des milliers de kilomètres carrés est un défi de

taille ! D'importants efforts sont également consacrés à stabiliser l'efficacité du Bt, peu importe la gravité des infestations et les modes d'arrosage.

L'avenir du Bt

Aujourd'hui, le succès de l'utilisation du Bt en foresterie ne fait aucun doute. Mais il faudra encore en accroître l'efficacité. D'autant plus que, depuis 1995, on constate une recrudescence des populations de tordeuse dans l'ouest du Québec.

« Nous travaillons actuellement sur les concentrations, les volumes et la synchronisation des traitements en vue d'optimiser l'efficacité du Bt tout en diminuant les coûts », explique Alain Dupont, ingénieur forestier et coordonnateur de l'évaluation des program-

mes de lutte à la Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (SOPFIM). Un beau casse-tête puisque les superficies à traiter sont morcelées et dispersées dans tout le Québec. De plus, comme les températures diffèrent d'un endroit à l'autre, la tordeuse se développe à un rythme différent dans chaque région, ce qui complique la synchronisation des traitements.

Il n'est donc pas étonnant que certains chercheurs explorent des avenues autres que l'arrosage. La création de plantes transgéniques, dans lesquelles on a intégré le gène du Bt, en est une. Mais cette stratégie a ses limites : exposés continuellement aux toxines de Bt, les ravageurs finiront inévitablement à développer une résistance. Exactement le même scénario qui a été observé avec les insecticides chimiques... ●

La pyrale du maïs

Tuer le problème dans l'œuf

Des producteurs de maïs sucré relâchent des trichogrammes, de minuscules guêpes parasitoïdes d'œufs, pour contrôler la pyrale du maïs. La lutte biologique à l'aide d'insectes sort des serres.

par François Fournier



Depuis 1995, de plus en plus de producteurs de maïs sucré parcourent leurs champs à pied plutôt qu'en tracteur. Pourquoi ? Au lieu d'arroser leurs champs d'insecticides, ils suspendent des « tricho-cartes » sur leurs plants afin de les protéger contre les dommages de la pyrale du maïs, un papillon dont la chenille s'attaque au blé d'Inde. Ces tricho-cartes, disposées tous les 15 mètres, contiennent chacune 6 000 trichogrammes femelles prêtes à émerger. Une fois sorties, elles partent à la recherche d'œufs de pyrale pour y pondre leurs propres œufs. Les œufs de pyrale donneront alors naissance à de nouveaux trichogrammes plutôt qu'à des chenilles. Pas de chenilles, pas de dommages !

Pour éviter aux consommateurs de trouver des chenilles dodues sur leurs épis de maïs, plus de 80 % des œufs de pyrale du maïs doivent être parasités. Or, la pyrale commence à pondre à la fin du mois de mai et termine au mois de septembre, alors que



Denis Bouchard, Bio-Contrôle Inc.

Une tricho-carte, c'est-à-dire une enveloppe cartonnée contenant des trichogrammes femelles, est suspendue à un plant de maïs.

les trichogrammes ne vivent en moyenne que de 7 à 10 jours. On assure donc la présence continue et en nombre suffisant de trichogrammes dans le champ avec 3 à 6 introductions hebdomadaires, selon les dates de semis et de récolte du maïs.

N'est-ce pas plus laborieux que l'emploi d'insecticides chimiques ? « Pas nécessairement, répond Denis Bouchard, directeur de la recherche et développement chez Bio-Contrôle. Pour obtenir une protection efficace, il faut faire de deux à quatre applications d'insecticides durant la saison. Et elles doivent être faites par temps calme et en soirée. L'installation des tricho-cartes, quant à elle, peut se faire en plein jour, par temps venteux et même sous une pluie légère, et cela, sans équipement spécialisé. »

Mais les milliers de trichogrammes ainsi relâchés ne risquent-ils pas de parasiter les œufs d'autres papillons ? « Le risque existe, mais il est faible. Et certainement moindre que les risques liés à l'utilisation d'insecticides, affirme Denis Bouchard. Comme toutes les espèces de trichogrammes, l'espèce que nous utilisons, *Trichogramma brassicae*, a un spectre d'hôtes réduit et une préférence marquée pour un habitat donné. La faible longévité des trichogrammes et leur capacité de dispersion limitée nous laissent croire que leur impact sur les autres papillons est négligeable. »

Cette spécificité pose même une limite à l'utilisation de trichogrammes pour le maïs récolté au début de l'automne. En effet, *Trichogramma brassicae* est inefficace contre un autre papillon ravageur du maïs, la légionnaire d'automne, qui pond ses œufs vers la fin de l'été. Les solutions biologiques aux insectes nuisibles se règlent donc cas par cas. ●

Les insecticides d'origine botanique

Une question de goût

Ne pourrait-on pas créer de nouveaux insecticides à partir des plantes qui répugnent aux ravageurs ?

par Charles Allain



Pas besoin d'être insectivore pour se défendre contre les ravageurs. Plusieurs plantes ont développé des moyens efficaces pour se protéger des insectes, notamment grâce à leur goût ou à leur odeur. Quelques insecticides d'origine botanique, telles que la nicotine (un alcaloïde du tabac), la pyrèthre (un extrait d'un chrysanthème cultivé surtout au Kenya) et la roténone (extraite de certaines légumineuses), tirent justement parti de ces propriétés. Cependant, la popularité et le faible coût des insecticides de synthèse ont freiné durant de nombreuses années la recherche de nouveaux insecticides d'origine végétale.

« Les insecticides botaniques sont généralement plus chers que les autres, moins connus et moins bien distribués, explique Hélène Chiasson, chercheuse pour la firme Urgel Délisle et Associés. Ce sont surtout les jardiniers amateurs et les producteurs biologiques qui s'en servent. Mais, avec l'amélioration des méthodes d'analyse phytochimique, on se rend compte que des composés issus de végétaux, comme l'azadiractine, offriraient des possibilités remarquables contre plusieurs espèces de ravageurs. »

L'azadiractine provient de l'huile de neem, un arbre qui pousse au Mexique, en Afrique

et en Asie. Les composés les plus intéressants pour la formulation d'insecticides botaniques proviennent d'ailleurs des régions tropicales, où la grande diversité d'insectes phytophages auraient exercé une pression évolutive sur les végétaux. Mais on en trouve aussi en Amérique du Nord : l'ail, la menthe, la sauge et la tanaisie vulgaire sont toutes des plantes nordiques ayant des propriétés répulsives et insecticides.

L'érable aussi. Pour des raisons qui n'ont rien à voir avec la politique, la tordeuse d'épinette préférera mourir de faim plutôt que de manger une feuille d'érable. « Elle contient sans doute tous les composés chimiques nécessaires au développement d'une larve de tordeuse, indique Paul Albert, chercheur au département de biologie de l'Université Concordia. Mais, à cause de son goût, la tordeuse refusera de l'avalier. »

Selon le chercheur, c'est en comprenant mieux le système gustatif des insectes que l'on parviendra à identifier les composés qui leur répugnent. « À plus ou moins long terme, ajoute-t-il, il est tout à fait envisageable que l'on parvienne aussi à les incorporer à un insecticide d'origine naturelle. » ●

Le développement des insectes

Les hormones en action

Le rôle joué par les hormones dans le processus de développement des insectes suscite depuis longtemps l'intérêt des chercheurs.

par Charles Allain et François Fournier



Pourvus d'un squelette externe, les insectes doivent se débarrasser périodiquement de cette peau contraignante et en produire une nouvelle, plus grande, afin de poursuivre leur croissance. Grâce à ces mues, le développement de l'insecte s'effectue par petits bonds jusqu'à l'âge adulte, reconnaissable par la présence des ailes et des organes reproducteurs.

Chez les insectes à métamorphose complète, comme les papillons, la transformation de la larve en adulte s'effectue durant un stade immobile intermédiaire appelé « pupe ». On sait depuis plusieurs années que cet impressionnant bouleversement tissulaire est orchestré par des hormones, produites par des glandes à sécrétion interne et libérées directement dans l'hémolymphe (le sang des insectes) qui les transporte vers les tissus où elles agissent. Là, elles stimulent ou inhibent l'expression de certains gènes qui contrôlent le développement de l'insecte.

Le processus de la mue est mis en branle par l'ecdysone. En présence d'une deuxième hormone, « l'hormone juvénile », l'insecte conserve ses caractéristiques juvéniles (ou larvaires), car cette dernière inhibe l'expression de gènes qui participent à l'élaboration des tissus adultes. L'insecte issu d'une telle mue est donc semblable en tout point au précédent, sauf qu'il a une plus grande taille. Lorsque la larve entre dans la phase finale de son développement, la synthèse d'hormone juvénile arrête, et la sécrétion d'ecdysone déclenche la métamorphose.

Les précautions d'un parasitoïde

Plusieurs guêpes parasitoïdes semblent déjà connaître l'action de l'hormone juvénile et de l'ecdysone puisqu'elles sont en mesure d'en manipuler les niveaux pour perturber le développement de leur hôte. Par exemple, la guêpe *Tranosema rostrale* peut bloquer la métamorphose de son hôte, la tordeuse des bourgeons d'épinette (TBE), grâce à l'action d'un virus qu'elle transmet à la larve de TBE lorsqu'elle pond un œuf sous sa peau. Ce virus inhibe la production d'ecdysone et contribue à ralentir la dégradation de l'hormone juvénile, ce qui stoppe le développement de la TBE. La larve de *Tranosema rostrale* dispose alors des 14 jours dont elle a besoin pour se nourrir des tissus internes de son hôte sans craindre les bouleversements hormonaux et tissulaires liés à sa métamorphose.

Les entomologistes ont vu dans cette faculté de *Tranosema rostrale* d'intéressantes pistes de recherche pour le contrôle de populations d'insectes nuisibles comme la tordeuse des bourgeons d'épinette, l'ennemi public numéro 1 des forêts québécoises. En effet, on aimerait bien tirer parti des talents de *Tranosema rostrale* pour mettre au point de nouvelles armes biologiques susceptibles d'empêcher certaines larves de ravageurs de parvenir à maturité.

Vers un traitement antihormone ?

Depuis 1992, une équipe de chercheurs québécois travaille à concrétiser cette séduisante hypothèse de travail. « Malheureusement, il ne sera jamais possible d'élaborer

un insecticide à base du virus de *Tranosema* pour combattre la TBE, affirme Michel Cusson, biologiste-chercheur spécialisé en endocrinologie des insectes au Centre de foresterie des Laurentides de Ressources naturelles Canada. D'une part, le virus n'infecte la larve que lorsqu'il est injecté par la guêpe femelle; il est donc inactif par voie orale. D'autre part, le virus ne peut se répliquer que dans la guêpe; l'élevage de *Tranosema* à grande échelle serait d'une difficulté technique quasi insurmontable. Notre objectif est donc d'identifier les gènes responsables des pathologies induites par le virus de *Tranosema* afin de les incorporer à d'autres virus capables, eux, d'infecter les chenilles par voie orale. Une telle manipulation pourrait conférer une virulence accrue au virus génétiquement modifié. »

Pour l'aider dans cette tâche, Michel Cusson bénéficie de la collaboration de Guy Bellemare, professeur au département de biochimie de l'Université Laval, de Marlène Laforge, une étudiante à la maîtrise, et de Catherine Béliveau, une biologiste moléculaire. Même s'il reste encore beaucoup de chemin à parcourir, l'équipe est convaincue que ses recherches constituent, pour les entomologistes, un champ d'expérimentation prometteur pour la mise au point de meilleurs outils de contrôle biologique. ●

Le rôle de l'hormone juvénile

Selon le stade de développement au cours duquel la synthèse de l'hormone juvénile est stoppée, la chenille entrera plus ou moins rapidement dans la phase finale de son développement (la pupe). Si cet arrêt survient dès les premiers stades de développement de la chenille, l'adulte qui émergera de la pupe sera complet, mais de petite taille. Si l'arrêt se produit au cours des stades de développement plus avancés, la taille des adultes est plus grande. Évidemment, ces résultats ne peuvent être obtenus qu'en laboratoire; aucune chenille parasitée par *Tranosema rostrale* ne se rend à l'âge adulte.



Les insectes piqueurs

Une très mauvaise réputation

Les moustiques piquent, les mouches mordent, et les chercheurs... se grattent la tête pour essayer de les contrôler.

par Charles Allain



« Je confesse que si je soupçonnais Dieu de vouloir employer les moustiques comme l'unique instrument de son châtiment pour les impies, je devrais craindre l'idée de châtiment éternel tout autant que je le crains actuellement », écrivait le colon Talbot au début du XIX^e siècle. Dès les débuts de la colonisation du Québec, les insectes piqueurs ont fait la vie dure aux colons et au bétail. Aujourd'hui encore, les Québécois ne prisent guère les maringouins et les mouches à chevreuil.

Le Québec possède 55 espèces différentes de moustiques, dont une trentaine piquent les humains, et environ 80 espèces de mouches noires, dont une trentaine peuvent nous mordre. Les deux groupes d'insectes se développent dans des environnements aquatiques : les moustiques en eau stagnante, et les mouches noires en eau vive bien oxygénée.

« Nous connaissons maintenant très bien l'écologie des insectes indigènes du Québec », indique Jean-Pierre Bourassa,

un des membres fondateurs du Groupe de recherche sur les insectes piqueurs (GRIP) de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Depuis sa fondation en 1972, le GRIP a effectué de nombreuses recherches en vue de ba-



Jean-Pierre Bourassa, Université du Québec à Trois-Rivières

Nymphes de moustiques dans leur milieu aquatique de développement.

L'entomologie urbaine

Mieux vaut prévenir que guérir

Dans les véhicules de transport, les entrepôts et les usines, la lutte contre les insectes nuisibles est de moins en moins chimique. Et de plus en plus préventive.

par Charles Allain



Le travail commence par une inspection systématique des lieux à protéger en vue d'inventorier les situations menaçantes et de dépister les insectes. « On se sert beaucoup de pièges à phéromones ou d'aliments attirants pour connaître et évaluer les populations d'insectes présentes, explique Richard Garon, vice-président chez Adalia, une entreprise de gestion parasitaire de la région de Montréal. Tout comme en agriculture, nous bénéficions de l'essor des connaissances en entomologie pour raffiner nos méthodes. »

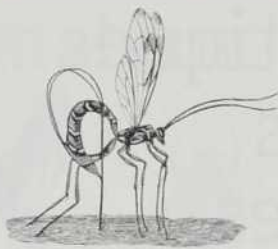
« En cas d'infestation, nous privilégions les moyens d'action non chimiques lorsque leur efficacité a été démontrée, ajoute Michel Maheu. Les traitements en atmosphère contrôlée à l'aide de dioxyde de carbone, par exemple, sont efficaces pour plusieurs populations d'insectes. » On utilise aussi la chaleur ou le froid lorsqu'ils ne risquent pas d'abîmer les biens à protéger, du bois de construction par exemple. Et lorsque l'intervention chimique est nécessaire, les insecticides utilisés doivent avoir été homologués par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. ●

même modifier les structures d'un bâtiment en vue d'y empêcher la croissance de populations d'insectes nuisibles. »

Finie l'époque des exterminateurs qu'on appelle lorsqu'on ne maîtrise plus la situation ! Les gestionnaires s'inspirent dorénavant des principes du HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Points*, pour analyse des dangers et maîtrise des éléments critiques), un processus semblable à celui qui est à l'origine de la gestion de la qualité et de la gestion environnementale.

Les consommateurs, déjà réticents à ce qu'on emploie des insecticides chimiques dans les champs, n'en veulent pas davantage dans les entrepôts d'alimentation ou les bâtiments industriels. « On préfère parler maintenant de gestion parasitaire plutôt que d'extermination, précise Michel Maheu, entomologiste et directeur technique chez Maheu et Maheu, une entreprise basée à Québec. Nous traitons les situations à la source en tentant de prévenir l'infiltration des parasites. Nous pouvons

Les étonnants comportements des parasitoïdes



La nécessaire coévolution des parasitoïdes et de leurs hôtes a donné naissance à des comportements sophistiqués.

par Charles Allain

Présente dans les cultures maraîchères au sud de Montréal, la minuscule guêpe parasitoïde *Anaphes victus* pond ses œufs dans ceux du charançon de la carotte, un ravageur qui dévaste non seulement les plants de carotte, mais aussi ceux de céleri et de persil.

La vie adulte d'*Anaphes victus* est brève : la femelle doit pondre en deux jours environ une cinquantaine d'œufs dans autant d'œufs de charançon. Pour ce faire, elle doit d'abord trouver des œufs de charançon et ensuite s'assurer qu'aucune de ses congénères n'y a pondu. En effet, si plusieurs larves éclosent dans un même œuf, elles combattent jusqu'à ce qu'il ne reste qu'une survivante (généralement la plus âgée). Pour garantir la survie de sa descendance, la guêpe doit donc s'assurer que l'œuf de charançon n'a pas été touché. Fait étonnant, les chercheurs ont découvert que la petite *Anaphes victus* « apprend » à reconnaître de plus en plus rapidement les œufs déjà parasités.

L'apprentissage d'*Anaphes victus*

Peut-on parler d'apprentissage chez un insecte ? Pour apprendre, il doit changer progressivement de comportement sous l'effet d'une stimulation et il doit pouvoir oublier ce changement si la stimulation cesse. En d'autres mots, le changement induit doit être réversible, sinon il s'agit d'un mécanisme de maturation irréversible déclenché par divers stimuli. Par exemple, à maturité sexuelle, les mâles reconnaissent immédiatement la phéromone sexuelle émise par les femelles de leur espèce sans aucune expérience préalable. Ou encore, à l'automne, plusieurs espèces d'insectes localisent avec succès un site d'hibernation pour y passer le seul hiver de leur existence. Tous ces mécanismes ne peuvent être assimilés à des apprentissages.

« Au début, la femelle *Anaphes victus* palpe l'œuf de charançon au moyen de ses antennes. Si elle ne perçoit pas la phéromone externe qui lui indique que l'œuf est déjà parasité, elle introduit son ovipositeur dans l'œuf afin de percevoir la phéromone inter-



Une femelle *Anaphes victus* en train de parasiter un œuf de charançon de la carotte.

Guy Boivin, Agriculture et Agroalimentaire Canada

ne qui lui certifie que la place est déjà prise, explique Guy Boivin, un entomologiste-chercheur à Agriculture et Agroalimentaire Canada de Saint-Jean-sur-Richelieu. Cette deuxième opération prend une cinquantaine de secondes chaque fois, une éternité dans une vie de 48 heures. Les femelles apprennent donc au bout de six essais à reconnaître les œufs parasités par simple contact avec son antenne. Elles économisent ainsi un temps précieux. »

Si *Anaphes victus* est retirée de la zone où se trouvent les œufs de charançon pendant 30 minutes, elle n'oublie rien. Mais si l'isolement dure quatre heures, elle « oublie » et doit réapprendre à reconnaître les œufs parasités par contact en refaisant six essais

« palpation-piqûre ». Les chercheurs croient que le temps de rétention de l'information par la guêpe correspond au temps qui lui est nécessaire pour explorer une zone de ponte.

Les parasitoïdes : maîtres à bord ?

Les parasitoïdes d'œufs comme *Anaphes victus* consomment rapidement tout le contenu de l'œuf et tuent leur l'hôte presque immédiatement après la ponte. Cependant, pour plusieurs parasitoïdes larvaires, il est important que l'hôte vive assez longtemps et à l'abri de ses prédateurs pour qu'ils puissent s'y développer à leur aise.

Cette situation particulière a soulevé la question suivante : les parasitoïdes peuvent-

ils modifier le comportement de leur hôte à leur avantage ? On n'a pas encore de réponse à cette question, mais quelques études récentes semblent indiquer que certains parasitoïdes réussiraient à le faire.

Par exemple, les individus sains du puceron de la pomme de terre *Macrosiphum euphorbiae* vivent en groupe et s'alimentent essentiellement sous les feuilles des plants. Par contre, on a observé que ceux parasités par la guêpe *Aphidius nigripes* se déplacent sur le dessus des feuilles — là où ils sont plus à l'abri de leurs prédateurs qui les cherchent habituellement sous les feuilles —, améliorant du même coup les chances de survie des parasitoïdes.

Bien qu'elles ne permettent pas de tirer de conclusion sur le pouvoir des parasitoïdes sur leurs hôtes, ces observations

illustrent bien la complexité de leurs interactions. « On commence à peine à découvrir les relations écologiques et comportementales entre les parasitoïdes immatures et leurs hôtes, mentionne Jacques Brodeur, professeur au département de phytologie de l'Université Laval et chercheur au Centre de recherche en horticulture. Quand nous les connaissons mieux, nous pourrions faire une meilleure sélection des parasitoïdes destinés à la lutte biologique. »

En effet, l'étude du comportement des parasitoïdes permet de mieux comprendre comment s'est effectuée la sélection naturelle de Darwin sur le terrain et, éventuellement, d'en utiliser les résultats à notre avantage... ●

Les mathématiques au service des entomologistes



Les entomologistes élaborent des modèles mathématiques pour des raisons pratiques et théoriques : prédire le développement d'insectes nuisibles et élaborer des scénarios où interagissent plusieurs variables.

par Charles Allain et François Fournier

Les mathématiques constituent un outil puissant : elles nous permettent de décortiquer des phénomènes complexes et de faire des prédictions. Ainsi, grâce à la description mathématique du mouvement de la Lune et de la Terre, on peut déterminer avec précision le moment et la durée des éclipses solaires. La construction de modèles mathématiques qui intègrent des milliers de données climatiques permet aux météorologues de faire des prévisions de plus en plus fiables. De la même façon, les entomologistes essaient de transcrire en langage mathématique le développement des insectes nuisibles et d'élucider leurs interactions avec leurs ennemis naturels.

Synchroniser les interventions

Comme le disent si bien les Américains, « *timing is everything* ». La plupart des interventions pour protéger les cultures exigent une synchronisation parfaite avec le développement des insectes ravageurs. Or, comme les insectes n'exercent aucun contrôle sur la température de leur corps, la vitesse de leur développement et leurs activités — vol, ponte, alimentation — dépendent en grande partie des conditions climatiques.

Depuis 1998, le logiciel CIPRA, pour Centre Informatique de Prédiction des Ravageurs en Agriculture, permet d'estimer, en fonction de différentes données météorologiques, le stade de développement de plusieurs insectes qui ravagent les cultures maraîchères et fruitières les plus répandues au Québec : crucifères, carotte, oignon, maïs sucré, pomme de terre, tomate, fraise et pomme. Au cœur de ce logiciel, des modèles mathématiques descriptifs réalisés à partir de l'étude de la vitesse de développement de ces insectes à différentes températures.

Depuis peu, l'automatisation et la mise en réseau des stations météorologiques d'Environnement Canada permettent d'obtenir presque instantanément des données météorologiques locales. En les entrant dans le logiciel, on peut prévoir au jour le jour si un insecte atteindra un stade de développement

Le travail sur le terrain : récolter les données requises pour la modélisation et vérifier des hypothèses complexes en situation réelle. Sur la photo, un entomologiste récolte les insectes capturés au moyen d'un piège Malaise.

Claude Moffet, Service canadien des forêts



nuisible dans une région donnée. Cependant, les modèles de CIPRA ont souvent été testés dans des conditions expérimentales idéales et doivent maintenant être adaptés aux conditions réelles. Ainsi, le modèle de prévision de la pyrale du maïs nécessite des ajustements, car on a récemment observé que la pyrale de type « nordiste », que l'on retrouve près de Québec, semble se développer plus rapidement que la pyrale qui sévit dans le sud de Montréal.

« À moyen terme, nous visons à rendre l'utilisation de ce logiciel aussi simple que la navigation sur Internet. Le producteur n'aurait alors qu'à accéder au site et à introduire les paramètres de sa requête (culture, insecte, région) pour obtenir les prévisions valables pour son exploitation », explique Gaétan Bourgeois, chercheur en modélisation de systèmes agricoles à Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Expliquer les échecs

En 1939, un insecte ravageur d'Europe, le diprion du pin sylvestre, s'est introduit au Canada. Un programme de lutte biologique classique a aussitôt été mis en branle : on a relâché des ennemis naturels européens de

ce ravageur dans l'espoir que ces derniers s'installent ici de façon permanente. L'ecto-parasitoïde larvaire *Exenterus abruptorius* était particulièrement prometteur. En Europe, le taux de parasitisme naturel atteignait 97 %. Cependant, même s'il peut hiberner sous nos latitudes, ce parasitoïde est encore très rare dans nos forêts. Pourquoi cette différence ?

Jacques Régnière, entomologiste et modélisateur au Centre de foresterie des Laurentides, s'est interrogé sur le synchronisme entre le parasitoïde et son hôte. Une simple observation lui a mis la puce à l'oreille : au Canada, les infestations de diprions ne se produisent que dans de jeunes peuplements de pin sylvestre. Il y a donc dans les jeunes peuplements un élément qui nuit aux parasitoïdes.

En raison d'un couvert végétal plutôt ouvert, le sol des jeunes peuplements est exposé au soleil et atteint des températures plus élevées que celui des vieux peuplements, plus ombragé. Or, c'est justement sur le sol, après la chute des larves de diprion à la fin de juin, que le parasitisme et le développement larvaire du parasitoïde se produisent.

L'étude du développement d'*Exenterus abruptorius* a révélé que son développement cesse à des températures supérieures à 20 °C et que, sur un sol exposé au soleil, il entre en hibernation à un stade de développement plus jeune. À partir de ces données, de celles du développement de l'hôte et des températures moyennes de sols ombragé et exposé, des simulations ont établi que la synchronisation du parasitoïde avec son hôte était moins bonne dans de jeunes peuplements de pin sylvestre.

Reste à vérifier cette hypothèse en Europe, où l'abondance du parasitoïde permet de comparer son développement dans des forêts d'âges différents. Si elle s'avère juste, on sera mieux outillé pour choisir et importer un autre ennemi naturel du diprion : on évitera toute espèce dont le développement cesse à 20 °C ! ●

Les insectes vous intéressent

Entomologiste amateur ou professionnel ?

Le Québec offre d'intéressantes ressources à qui veut approfondir sa connaissance des insectes.



La formation professionnelle

La première condition pour faire carrière en entomologie, c'est bien sûr d'avoir un intérêt marqué pour les insectes en général. Que l'on veuille travailler sur le terrain ou faire de la recherche fondamentale, la curiosité et le désir de connaître plus à fond ces représentants du règne animal sont incontournables. Bien qu'il n'y ait pas de cheminement spécifique pour devenir entomologiste, c'est quand même un métier qui s'apprend. En fait, on est entomologiste lorsque les insectes sont notre champ d'activité principal.

Si les techniques de laboratoire ou d'échantillonnage *in situ* vous intéressent davantage, la formation technique en sciences naturelles au niveau collégial peut conduire à des emplois de technicien dans des laboratoires de recherche en entomologie ou dans des entreprises de gestion antiparasitaire, par exemple. L'expérience s'acquiert alors plus « sur le tas ».

Au niveau universitaire, les portes d'entrée naturelles en entomologie sont la biologie ou l'agronomie, bien que la biochimie ou la microbiologie puissent aussi y conduire. Comme il n'existe pas de baccalauréat en entomologie, la spécialisation s'effectue durant les études de deuxième et troisième cycle. On choisira de préférence une université qui

compte des professeurs et des chercheurs en entomologie pouvant encadrer les étudiants. C'est le cas de l'Université Laval, l'Université McGill, l'UQAM, l'Université de Montréal, l'Université du Québec à Chicoutimi, l'Université du Québec à Trois-Rivières et l'Université Concordia.

La formation de deuxième et troisième cycle en agriculture ou en foresterie sera liée à la gestion des insectes dans ces milieux, alors que la formation en biologie pourra toucher la recherche plus fondamentale, comme la génétique, l'écologie et l'évolution. Le microbiologiste travaillera sur des organismes pathogènes d'insectes, et le biochimiste s'intéressera à élucider les mécanismes chimiques qui gouvernent la vie des insectes.

L'Association des entomologistes amateurs du Québec (AEAQ)

C'est sans doute l'association la plus dynamique au pays. Créée en 1973, elle s'adresse aux amateurs qui veulent partager leurs connaissances, faire identifier leurs plus ré-



Claude Moffet, Service canadien des forêts

centes captures, organiser des sorties de groupe... L'Association publie depuis 1975 la revue *Fabriques*, la seule revue d'entomologie publiée en français en Amérique du Nord. Il en coûte 20 \$ par année pour adhérer à l'AEAQ.

Pour en savoir plus : www.aeaq.qc.ca

L'Insectarium de Montréal

Fondé en 1990 grâce à une initiative de Georges Brossard, un entomologiste passionné qu'on a pu voir dans la série télévisée *Insectia*, l'Insectarium de Montréal est le plus grand « musée des insectes » en Amérique.

Sur les 20 000 spécimens de sa collection, 4 000 sont exposés au public.

L'Insectarium offre aussi la possibilité de joindre les Amis de l'Insectarium, dont la mission est de diffuser et de vulgariser les connaissances sur les insectes et les arthropodes. Ce regroupement organise plusieurs activités, dont des ateliers, des sorties nocturnes et des conférences. Un bon endroit pour rencontrer

d'autres amateurs de la région métropolitaine. Coût d'adhésion : 25 \$.

Pour en savoir plus : www.ville.montreal.qc.ca/insectarium

La Maison des insectes

Fondée en 1985 par la Société d'entomologie du Québec, la Maison des insectes est logée au Jardin zoologique de Québec, à Charlesbourg. Tout comme l'Insectarium, elle cherche à faire connaître le rôle des insectes dans les écosystèmes... et à les faire apprécier. La Maison est ouverte au grand public de juin à septembre; à compter de juin 1999, elle présentera également une volière à papillons sur le site de l'Arboretum de Maizerets.

Pour en savoir plus : (418) 841-3306 ●



Société d'entomologie
du Québec

L'entomologie au Québec

Un supplément publié par
La Société d'entomologie du Québec
4581, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec) H1X 2B2
www.ecoroute.uqcn.qc.ca/group/seq

Direction : François Fournier

Réalisation

Québec Science
3430, rue Saint-Denis, bureau 300
Montréal (Québec) H2X 3L3
Tél. : (514) 843-6888
Télec. : (514) 843-4897
courrier@QuebecScience.qc.ca
www.cybersciences.com

Directeur général : Michel Gauquelin

Rédacteur en chef
et coordonnateur : Charles Allain

Rédaction : Charles Allain, François
Fournier, Caroline Julien, Manon Laforge

Correction : Natalie Boulanger

Direction artistique : Normand Bastien

Photos couverture : photo principale :
Halicte butinant sur un aster *Novae-angliae* (photo
Insectarium de Montréal). Photo en mortaise : une
technicienne fait le tri de spécimens (photo Claude
Moffet, Service canadien des forêts).

Photos couverture arrière : photo supérieure :
un papillon de nuit adulte *Saturnie cecropia* (photo
Insectarium de Montréal). Autre photo : le
charançon de la carotte (photo Guy Boivin,
Agriculture et Agroalimentaire Canada).

Ce projet a été rendu possible grâce à
la contribution financière du ministère
de la Culture et des Communications –
programme *Étalez votre science*



Gouvernement du Québec
Ministère de la Culture
et des Communications

Et au soutien de nos commanditaires



Agriculture et
Agroalimentaire Canada
Direction générale de la recherche
Centre de R&D en horticulture

Agriculture and
Agri-Food Canada
Research Branch
Horticulture R&D Centre



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation

Congrès scientifiques en entomologie

VII^e Conférence Internationale sur les aphidophages

31 août au 4 septembre 1999, Université du Québec à Montréal

126^e Réunion annuelle de la Société d'entomologie du Québec

Thème : Biodiversité, 25-26 octobre 1999, Maison du citoyen, Hull

39^e Réunion annuelle de la Society of Nematologists

24 au 28 juin 2000, Université Laval, Québec

Congrès conjoint des sociétés d'entomologie du Québec, du Canada et des États-Unis

3 au 7 décembre 2000, Palais des Congrès de Montréal

V^e Conférence Internationale Francophone d'Entomologie

Juillet 2002, Université du Québec à Montréal



Expositions

Insectes et lutte biologique : recherche et nouvelles technologies

Arboretum de Maizerets de Québec, mai et juin 1999.

Un monde d'insectes, Jardin zoologique du Québec, juin à septembre 1999.

Le fileur de soie, l'élevage du ver à soie et la production de soie en Chine

Insectarium de Montréal, jusqu'en décembre 1999.

Activités

Volières à papillons, à l'Insectarium de Montréal, au Jardin zoologique du Québec et à l'Arboretum de Maizerets de Québec, 19 juin au 6 septembre 1999

L'odyssée des Monarques, étiquetage et relâchage des papillons qui entreprennent leur migration vers le Mexique, Insectarium de Montréal (28-29 août 1999 et 4, 5, 6, 11, 12 septembre 1999), Jardin zoologique du Québec (4, 5, 6 septembre 1999)



Suggestions de lecture

Pour les débutants

Lajoie, M. et A. Foisy, *Les insectes : 200 questions et réponses*. Les Publications du Québec, 1990, 141 p.

Leahy, C. *Le guide simplifié des insectes communs de l'Amérique du Nord*. Éditions Broquet, La Prairie, 1990, 128 p.

Loiselle, R. et D.J. Leprince, *L'entomologiste amateur*. Les Publications du Québec, Québec, 1987, 143 p.

Pelletier, G. *Guide sonore et visuel des insectes chanteurs du Québec et de l'est de l'Amérique du Nord*. Éditions Broquet, La Prairie, 1995, cassette + guide de 61 p.

Les papillons monarques une production de Micro-Intel Inc. dans la collection La science en un clin d'oeil, 1998. Site Internet : www.micro-intel.com

Pour en savoir plus

Borror, D.J. et R.E. White, *Les insectes de l'Amérique du Nord (au nord du Mexique)*. Éditions Broquet, La Prairie, 1991, 408 p.

Brossut, R. *Pheromones : la communication chimique chez les animaux*. Béline et CNRS Édition, coll. Croisée des sciences, 1996, 143 p.

Grace, E. S. *L'univers du Monarque ou quand la beauté prend son envol*. Éditions du Trécaré, 1997, 114 p.

Holldobler, B. et E.O. Wilson, *Voyage chez les fourmis : Une exploration scientifique*. Éditions du Seuil, Paris, 1996, 247 p.

Laplante, J.-P. et T. Arcand, *Papillons et chenilles de l'est du Canada*, 2^e édition. Éditions de l'Homme, Montréal, 1998, 276 p.

Pilon, J.-G. et D. Lagacé, *Les odonates du Québec*. Corporation Entomofaune du Québec, Chicoutimi, 1998, 350 p.

Vincent, C. et D. Coderre [éditeurs], *La lutte biologique*, Gaëtan Morin Éditeur, Boucherville, 1992, 671 p.

Romans

Kafka, Franz. *La métamorphose*.

Werber, Bernard.

Les fourmis, Éditions Albin Michel S.A., Paris, 1991, 352 p.

Le jour des fourmis, Éditions Albin Michel S.A., Paris, 1992, 463 pp.

La révolution des fourmis, Éditions Albin Michel S.A., Paris, 1996, 533 p.

Guillet, Jean-Pierre, *Opération papillon*. Éditions Pierre Tisseyre, Collection Sésame, Saint-Laurent, 1999, 74 p. (roman jeunesse)



Société d'entomologie
du Québec