CONNAÎTRE LES ENNEMIS NATURELS DES INSECTES RAVAGEURS ET FAVORISER LEUR ACTIVITÉ DANS LES CULTURES MARAÎCHÈRES

Compte-rendu du projet d'aménagement réalisé par Écomestible
à la Ferme des Quatre-Temps, Hemmingford (QC)



Réalisé par

écomestible

Rédigé par
Geneviève Durand, M.E.I.


www.ecomestible.com



Table des matières

AVERTISSEMENT II
AVANT-PROPOS III

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 - La répression des insectes ravageurs par leurs ennemis naturels 5

1.1 Les principaux ennemis naturels des insectes ravageurs 5
1.2 Les habitats autour de la ferme 20
1.3 L'agroécosystème 22
1.4 Les végétaux 24

CHAPITRE 2 - La lutte biologique conservative en maraîchage sur petite surface 29

2.1 La lutte biologique conservative : une approche préventive 29
2.2 Les pratiques agricoles ayant un effet sur les ennemis naturels 32
2.3 Les aménagements favorisant l'activité des ennemis naturels 37

CHAPITRE 3 - La conception et la réalisation d'aménagements et d'abris 43

3.1 Les aménagements constitués de végétaux 43
3.2 Les abris construits de matériaux naturels 51
3.3 Les étangs temporaires et permanents 56

CHAPITRE 4 - La Ferme des Quatre-Temps : des aménagements pour les ennemis naturels des insectes ravageurs en maraîchage bio-intensif 65

4.1 Le contexte du projet 66
4.2 Les aménagements pour les ennemis naturels 70
4.3 Les implications et les perspectives 83

CONCLUSION 85

GLOSSAIRE 87

PUBLICATIONS ET SITES INTERNET À CONSULTER 89

BIBLIOGRAPHIE 91

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES 95

ANNEXE 1 – Les insectes parasitoïdes et prédateurs en cultures maraîchères **96**

ANNEXE 2 – Le plan des aménagements à la Ferme des Quatre-Temps **99**

ANNEXE 3 – Les végétaux favorisant la présence des ennemis naturels **100**

Avertissement

Le présent document contient un résumé des connaissances qui ont servi à justifier l'adoption d'une démarche de lutte biologique conservative lors d'un projet réalisé par Écomestible à la Ferme des Quatre-Temps, ainsi qu'un compte-rendu de ce projet. Il a pour objectif de sensibiliser les lecteurs à l'adoption de certaines pratiques agricoles de conservation et, plus particulièrement, à la réalisation d'aménagements favorisant l'activité des ennemis naturels des insectes ravageurs dans les cultures maraîchères. *Il n'est donc pas un guide ni ne constitue une revue exhaustive des connaissances sur les différents sujets abordés.* Par ailleurs, nous invitons les lecteurs à poursuivre leurs recherches sur ces sujets en consultant les publications et les sites Internet donnés en référence à la fin de ce document.

Avant-propos

Écomestible est une entreprise qui conçoit, réalise et accompagne des projets d'aménagement paysager inspirés de la nature et guidés par les principes de la permaculture. Ces projets prennent vie en milieux résidentiel, commercial, institutionnel et agricole. Notre équipe multidisciplinaire est composée de professionnels spécialisés en architecture du paysage, en permaculture et en écologie. Notre expertise nous permet de nous démarquer en proposant des projets innovants, à l'avant-garde de la permaculture professionnelle au Québec.

Désirant combiner la permaculture et le maraîchage bio-intensif, Jean-Martin Fortier, directeur de la Ferme des Quatre-Temps, a fait appel aux services de notre entreprise à l'automne 2014. Lors d'une première consultation, il nous a fait part de sa vision des futurs jardins maraîchers de la ferme. Il rêvait alors de jardins entourés de haies diversifiées à l'image de ceux qui étaient réalisés en France il y a plus d'un siècle. À la suite de cette rencontre, nous avons été mandatés par la ferme pour créer et intégrer des haies intercalaires aux futurs jardins maraîchers.

À présent, cette ferme est pourvue d'un système de production en maraîchage bio-intensif qui intègre, en plus des haies intercalaires, une série d'aménagements favorisant l'activité des ennemis naturels des insectes ravageurs. Au cours de la réalisation de ce projet, M. Fortier nous a fortement encouragés à partager nos connaissances afin de sensibiliser les producteurs agricoles à l'adoption de telles pratiques de conservation. C'est ainsi qu'est née l'idée de réaliser le présent document.

Nous remercions cordialement M. Fortier d'avoir initié cet enrichissant projet collaboratif. De plus, nous désirons exprimer notre gratitude à André Desmarais, propriétaire de la Ferme des Quatre-Temps qui, par son appui financier, a rendu possible la réalisation du présent document.

Nous remercions sincèrement Joseph Moisan-De Serres, entomologiste et photographe au Laboratoire de phytoprotection du MAPAQ, d'avoir consacré du temps à la révision du présent document et de nous avoir accordé la permission d'utiliser ses photos d'insectes pour l'illustrer.

Nous remercions nos consultants externes pour leurs précieuses recommandations, qui ont permis d'adapter les aménagements réalisés à la Ferme des Quatre-Temps et, par la suite, d'enrichir l'information qui figure dans ce document : Alexandre Guertin, architecte paysagiste ; Stefan Sobkowiak, biologiste et propriétaire des Fermes Miracle ainsi que Martin Ouellet, consultant pour Amphibia-Nature.

Nous remercions les professionnels du secteur agricole d'avoir partagé leurs connaissances et émis leurs commentaires lors de rencontres participatives visant à optimiser les aménagements réalisés à la Ferme des Quatre-Temps : Mélanie Morel, agronome, coordonnatrice de la RHA ; Marie-Pascale Beaudoin, conseillère en horticulture, MAPAQ Saguenay ; Francisca Müller, agronome, MAPAQ Montérégie Ouest ; Marie-Pierre Maurice, biologiste, Pleine Terre ; Noémie Gagnon Lupien, biologiste, chargée de projet pour le CETAB+ ; Isabelle Martineau, agronome, Gestrie-Sol ; Julie Bellefroid, chargée de projet en biodiversité, Dura-Club et Josée Boisclair, entomologiste, chercheure pour l'IRDA.

Nous remercions vivement Émilie Dazé, co-directrice scientifique et chercheure associée, Le Collaboratoire – Recherche intégrée en science sociales, d'avoir effectué la révision linguistique du présent document.

Alexandre Gilbert, Jonathan Pineault et Geneviève Durand,
Sherbrooke, février 2018.

Introduction

Plusieurs animaux naturellement présents dans l'environnement, notamment des insectes, des oiseaux, des chauves-souris et des amphibiens, consomment ou parasitent les insectes ravageurs des cultures maraîchères. Bref, ils sont leurs ennemis naturels, et de ce fait, des alliés importants des producteurs agricoles.

Or, la destruction de leurs habitats et l'utilisation abondante de pesticides affectent fortement leurs populations ainsi que les services qu'ils procurent aux cultures. De plus, le milieu maraîcher présente généralement plusieurs contraintes à leur établissement, entre autres le manque de nourriture, d'abris et d'aires de refuge contre les perturbations dues aux pratiques agricoles. Dans ce contexte, les insectes ravageurs font face à un nombre restreint d'ennemis naturels et peuvent causer des répercussions négatives importantes sur la productivité des cultures.

En réponse à cette problématique, l'adoption de pratiques de lutte biologique conservative s'avère une solution préventive des plus intéressantes. L'approche proposée dans le présent document consiste en l'adoption de certaines pratiques agricoles et en la réalisation d'aménagements favorisant la diversité des ennemis naturels déjà présents dans l'environnement. La diversité inclut le nombre d'individus (abondance) et le nombre d'espèces (richesse en espèces) présents dans un même milieu.

L'adoption d'une telle approche permet de profiter de bénéfices écologiques et économiques. En offrant une solution efficace contre les insectes ravageurs, cette méthode permet de diminuer la dépendance aux pesticides. Elle contribue donc à réduire les impacts négatifs des pesticides sur l'environnement et les coûts associés à leur usage.

Plusieurs autres bénéfices sont associés aux pratiques favorisant la protection des ennemis naturels. Certains aménagements, comme les bandes fleuries ou les haies, ont notamment un effet positif sur la présence d'insectes pollinisateurs, tels que les abeilles indigènes et les abeilles à miel. De plus, ils ont des capacités à réduire l'érosion du sol, à améliorer la qualité des eaux adjacentes et à créer un impact visuel agréable.

La lutte biologique conservative ne constitue pas en soi une solution miracle contre les insectes ravageurs. Or, les pratiques de conservation sont primordiales au développement d'une agriculture durable et elles sont complémentaires à d'autres méthodes de protection des cultures. Elles peuvent donc être adoptées dans un contexte de gestion intégrée des ennemis des cultures (lutte intégrée), une pratique qui consiste à considérer toutes les techniques disponibles et à intégrer les mesures alternatives appropriées afin de réduire au minimum l'usage de pesticides et autres interventions comportant des risques pour la santé humaine et l'environnement.

Ce document met en lumière la pertinence de pratiques agricoles et d'aménagements favorisant la protection des ennemis naturels comme méthode de lutte contre les insectes ravageurs, plus spécifiquement en maraîchage commercial. Cependant, il importe de souligner qu'une telle approche peut aussi être adoptée pour le jardin domestique, ou encore dans d'autres milieux agricoles comme en pomiculture ou en viticulture.

Écomestible souhaite sensibiliser les producteurs et autres professionnels du secteur agricole à l'adoption de pratiques de lutte biologique conservative. Dans cette perspective, ce document a pour objectifs de faire connaître les ennemis naturels des insectes ravageurs et de proposer des pratiques agricoles et des aménagements pour favoriser leur activité dans les cultures maraîchères.

Le premier chapitre débute avec une présentation des principaux ennemis naturels : les insectes, les oiseaux, les chauves-souris et les amphibiens, ainsi que de leurs rôles respectifs dans la répression des insectes ravageurs des cultures maraîchères. Ensuite, l'influence du contexte paysager et des pratiques agricoles sur la diversité des ennemis naturels présents dans les cultures est soulignée.

Le deuxième chapitre porte sur l'adoption d'une approche de lutte biologique conservative en contexte de maraîchage sur petite surface. Entre autres pratiques de conservation, la diversification des cultures, un travail minimal des sols, la diminution de l'épandage de pesticides ainsi que l'aménagement conséquent du milieu agricole sont proposées. De plus, l'effet de ces pratiques sur les ennemis naturels est expliqué.

Le troisième chapitre contient les détails de conception et de réalisation d'aménagements tels que les bandes fleuries, les haies, les nichoirs pour les oiseaux, les dortoirs à chauves-souris, les cabanes à insectes et les étangs temporaires et permanents.

Le quatrième chapitre est un compte-rendu du projet d'aménagement expérimental réalisé en maraîchage bio-intensif à la Ferme des Quatre-Temps, située à Hemmingford (QC). Il comprend une mise en contexte du projet, une description des aménagements réalisés par l'équipe d'Écomestible et une ouverture sur les implications et les perspectives de ce projet.



CHAPITRE 1

La répression des insectes ravageurs par leurs ennemis naturels

En effectuant la répression des insectes ravageurs, les ennemis naturels procurent un important service aux cultures. La valeur de ce service aux États-Unis et mondialement est évaluée à 12 milliards de dollars US et à 100 milliards de dollars US par année respectivement (Pimentel *et al.*, 1997). Pourtant, les ennemis naturels des insectes ravageurs et leur rôle dans les cultures restent encore méconnus de la majorité des producteurs agricoles.

Ce chapitre a pour objectif d'aider les producteurs et autres intervenants du milieu agricole à identifier les ennemis naturels et à comprendre les processus écologiques associés à la répression naturelle des insectes ravageurs. Il débute avec une présentation des principaux ennemis naturels présents dans les cultures maraîchères du sud du Québec ainsi qu'une description de leurs rôles respectifs pour la répression des insectes ravageurs. Ensuite, l'influence du contexte paysager et des pratiques agricoles sur la diversité des ennemis naturels dans les parcelles cultivées est expliquée. De plus, le rôle des végétaux favorisant l'activité des ennemis naturels est précisé.

1.1 LES PRINCIPAUX ENNEMIS NATURELS DES INSECTES RAVAGEURS

Un grand nombre d'organismes exerce une action répressive sur les insectes ravageurs des cultures, allant des micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les champignons entomopathogènes, à certains mammifères comme les musaraignes et les moufettes. Dans cette section, les rôles respectifs de quatre groupes d'organismes sont présentés. Ces groupes sont : les insectes et autres arthropodes, les oiseaux, les chauves-souris et les amphibiens.

Les insectes : parasitoïdes et prédateurs

Les insectes ravageurs occupent une place importante parmi les préoccupations des producteurs agricoles. Cependant, la plupart des insectes exercent une action bénéfique pour l'agriculture, notamment en aérant le sol et en décomposant la matière organique, en pollinisant les cultures et en s'attaquant aux insectes ravageurs.

Les insectes qui effectuent la répression des insectes ravageurs procèdent principalement de deux façons : par le parasitisme (les parasitoïdes) ou par la prédation (les prédateurs).

Les parasitoïdes

Les parasitoïdes sont des organismes qui se développent sur ou à l'intérieur d'un autre organisme, causant ainsi toujours la mort de leur hôte. Au Québec, les insectes parasitoïdes des insectes ravageurs de cultures maraîchères appartiennent principalement aux groupes des Hyménoptères (guêpes) et des Diptères (mouches).



Le corps des guêpes parasitoïdes est généralement noir, brun orangé ou noir avec des colorations jaunes ou orangées.



Certaines mouches parasitoïdes ressemblent aux mouches domestiques, cependant, la plupart d'entre elles sont plus poilues.

Les guêpes parasitoïdes font majoritairement partie de la famille des braconidés (les braconides) ou des ichneumonidés (les ichneumonides). Leur taille est très variable selon l'espèce. Les guêpes braconides mesurent entre 2 et 15 mm, alors que les ichneumonides mesurent entre 5 et 40 mm. Cependant, la majorité des espèces de guêpes parasitoïdes sont de petite taille, soit entre 2 et 3 mm.

Les guêpes braconides parasitent, entre autres, les pucerons, les larves de papillon (Lépidoptères) comme la légionnaire uniponctuée (*Mythimna unipuncta*) et le ver-gris noir (*Agrostis ipsilon*), ainsi que les altises, comme l'altise des crucifères (*Phyllotreta cruciferae*) et celle des navets (*Phyllotreta striolata*). Quant aux guêpes ichneumonides, elles s'attaquent principalement aux larves de papillons, comme la légionnaire uniponctuée et le ver-gris noir.



Guêpe braconide avec l'abdomen recourbé vers l'avant pour insérer un œuf dans un puceron.

Les guêpes parasitoïdes insèrent directement leurs œufs dans leur hôte avec leur ovipositeur (organe servant à la ponte des œufs). À la suite de l'éclosion des œufs, les larves s'alimentent à l'intérieur de l'hôte et elles s'y développent jusqu'à ce qu'elles soient prêtes à se transformer en pupe (stade intermédiaire entre la larve et l'adulte). La pupaison peut se dérouler soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'hôte.



Guêpes braconides émergeant d'une larve de papillon dont le corps a été troué à la suite de l'émergence des autres guêpes.



Certaines guêpes ichneumonides ont un long ovipositeur, qui leur permet d'insérer directement leurs œufs dans l'espèce hôte, même si cette dernière est profondément cachée à l'intérieur d'une plante.

Étant donné la petite taille des guêpes parasitoïdes, leur présence dans les cultures n'est pas évidente à constater. Cependant, les pucerons parasités peuvent être repérés facilement, puisque leur taille est plus grande qu'à l'habitude, qu'ils présentent une apparence gonflée et que leur coloration n'est pas typique de leur espèce. Les pucerons parasités par des guêpes braconides sont nommés « momies ».



Puceron momifié contenant une larve de guêpe braconide. Selon l'espèce de parasitoïde, les momies de pucerons peuvent présenter différentes colorations, soit jaune, brun ou noir.

Au Québec, la majorité des espèces de mouches parasitoïdes appartiennent à la famille des tachinidés (les tachinaires). Elles mesurent environ 10 mm et sont généralement noires ou brun orangé. Leurs principaux hôtes sont des larves de papillons tels que le perce-tige de la pomme de terre (*Hydraecia micacea*), la légionnaire uniponctuée et le ver-gris noir. Elles peuvent aussi s'attaquer à des coléoptères tels que la chrysomèle du haricot (*Cerotoma trifurcata*) et les vers blancs. Les principales espèces de vers blancs du Québec sont le hanneton commun (*Phyllophaga anxia*), le hanneton européen (*Amphimallon majalis*) et le scarabée japonais (*Popillia japonica*).



Toutes les espèces de mouches tachinaires dont le stade larvaire est connu sont des parasitoïdes.

Les mouches parasitoïdes adultes pondent plusieurs œufs, qu'elles collent le plus souvent directement sur le corps de l'espèce hôte. Lorsque les larves de mouches émergent des œufs, elles pénètrent à l'intérieur du corps de l'hôte pour s'y nourrir. La pupaison peut quant à elle se réaliser à l'intérieur ou à l'extérieur de l'hôte.

Les parasitoïdes (guêpes et mouches) sont majoritairement des espèces spécialistes, c'est-à-dire qu'ils sont pour la plupart spécifiques dans la sélection de leurs hôtes. Par exemple, certaines espèces de guêpes parasitoïdes s'attaquent exclusivement à quelques espèces de pucerons.

La majorité des parasitoïdes parasitent les larves de papillons. Cependant, quelques espèces s'attaquent à d'autres insectes ravageurs, dont certains coléoptères comme les altises, les chrysomèles ou les vers blancs.



Larves de mouches tachinaires émergeant d'une chrysalide de papillon.

Généralement, un insecte parasitoïde à l'état larvaire consomme les organes internes d'un seul individu hôte au cours de sa vie. Néanmoins, les parasitoïdes adultes pondent plusieurs œufs et ils s'attaquent généralement à un nombre restreint d'espèces, à des stades précis de leur développement. Conséquemment, lorsqu'ils sont abondants dans les cultures, leur activité peut mener à une répression particulièrement efficace de ravageurs spécifiques.

Les prédateurs

Les prédateurs sont des organismes qui s'emparent de proies et s'en nourrissent. Les insectes prédateurs d'insectes ravageurs de cultures maraîchères sont nombreux et de tailles variables. Ce groupe inclut, entre autres, les Coléoptères (carabes, coccinelles, staphylins et cantharides), les Hémiptères (punaises), les Diptères (syrphes et cécidomyies prédatrices) et les Neuroptères (chrysopes et hémérobes). De plus, d'autres arthropodes comme les araignées et les acariens sont aussi des prédateurs efficaces d'insectes ravageurs de cultures.



Les carabes (carabidés) sont des coléoptères terrestres majoritairement prédateurs. Les larves et les adultes chassent les limaces, les larves de papillons et les pucerons.

Bien que plusieurs espèces de punaises, de cécidomyies et d'acariens soient connues pour causer des dommages aux cultures, d'autres espèces, appartenant à ces mêmes groupes, le sont pour leur action bénéfique. En effet, les punaises prédatrices, les cécidomyies prédatrices et les acariens prédateurs sont efficaces contre certains ravageurs et ne causent généralement pas de dommages aux cultures.



Les punaises pentatomides sont des prédateurs des larves de chrysomèles et de lépidoptères. Certaines d'entre elles, comme la punaise soldat (*Podisus maculiventris*), ci-contre, peuvent consommer jusqu'à 10 œufs de doryphore de la pomme de terre par jour.

La larve de la cécidomyie du puceron (*Aphidoletes aphidimyza*) est prédatrice de pucerons et d'acariens. Elle est ici entourée d'exuvies (mues) de pucerons.





Les acariens prédateurs consomment des acariens ravageurs et des thrips

Le perce-oreille européen (*Forficula auricularia*) est un prédateur de pucerons et d'œufs de nombreux autres insectes ravageurs. Par conséquent, il est un ennemi naturel utile pour plusieurs cultures. Cependant, il peut aussi être un ravageur occasionnel dans certaines cultures, notamment celles de la betterave, de la bette à carde, du brocoli et de la tomate. Cela dit, le perce-oreille est un cas d'exception, c'est-à-dire que très peu d'insectes sont à la fois prédateurs et ravageurs des cultures.



Bien que le perce-oreille soit un ravageur de certaines cultures, il est un prédateur bénéfique pour la majorité d'entre elles.

La plupart des prédateurs sont généralistes, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent d'une grande diversité de proies. Cependant, certaines espèces prédatrices ont des préférences marquées pour un groupe d'espèces en particulier. C'est notamment le cas des coccinelles, dont la grande majorité de l'alimentation est composée de pucerons.

Un insecte prédateur peut consommer plusieurs fois son poids en proies dans une courte période de temps. Conséquemment, même s'ils ne semblent pas nombreux dans les cultures, les insectes prédateurs peuvent avoir un impact important sur les populations d'insectes ravageurs.



Les larves de coccinelles sont généralement de voraces prédateurs de pucerons.

La consommation de proies varie selon les besoins énergétiques de l'espèce. Par exemple, une larve de coccinelle à sept points (*Coccinella Septemppunctata*) peut consommer 100 pucerons par jour alors qu'une larve de petite coccinelle (*Scymnus* spp.) n'en dévore pas plus de 8 pour cette même période.

Le régime alimentaire des insectes et des autres arthropodes change au cours de leurs différents stades de croissance. Pour la majorité des espèces, la larve doit consommer des insectes pour sa survie immédiate et pour sa croissance, alors que l'adulte se nourrit principalement de nectar ou de pollen.





Les larves de chrysope (*Chrysoperla* spp.) (à gauche) sont de voraces prédateurs de pucerons. De plus, elles s'attaquent aux acariens et autres insectes à corps mou. Quant aux adultes (à droite), ils se nourrissent principalement de nectar et de pollen.

Prédateurs au stade larvaire et pollinisateurs au stade adulte

Plusieurs insectes sont bénéfiques non seulement pour leur rôle de parasitoïde ou de prédateur, mais aussi pour leur rôle de pollinisateur. En effet, lorsqu'ils sont au stade adulte, certains insectes visitent les fleurs pour s'alimenter. C'est entre autres le cas des syrphes et de plusieurs autres Diptères (mouches), ainsi que de certains Hyménoptères (guêpes) et Coléoptères (coccinelles, cantharides).

Les pollinisateurs contribuent à augmenter la productivité de certaines cultures légumières, comme celle des cucurbitacées (courges, melons et concombres). De plus, ils sont bénéfiques pour la production de semences dans les cas où elles sont récoltées pour être utilisées ultérieurement ou vendues.





Les syrphes sont des prédateurs au stade larvaire (à gauche) et des pollinisateurs au stade adulte (à droite).

Beaucoup d'insectes naturellement présents dans notre environnement méritent notre attention. Cette section n'en présente qu'une minorité ; l'annexe 1 peut être consultée pour en savoir davantage à leur sujet.

Les oiseaux : des alliés pour la culture maraîchère

Malgré le fait que certains oiseaux puissent affecter négativement les cultures de petits fruits (bleuets, fraises, framboises, raisins), de maïs sucré et de céréales (blé, orge et avoine), ils endommagent rarement les cultures de légumes. Ils peuvent consommer les graines à la suite des semis, mais il est possible d'atténuer ce problème en démarrant les plants en serre ou sous des tunnels. De plus, les oiseaux consomment abondamment les ravageurs comme les pucerons, les cochenilles, les limaces et les larves de papillon. Bref, en production maraîchère, les bénéfices associés à leur présence dépassent largement les désagréments minimes qu'ils peuvent parfois causer.



Le bruant des prés (*Passerculus sandwichensis*), ci-contre, ainsi que le bruant chanteur (*Melospiza melodia*) et le bruant vespéral (*Pooecetes gramineus*), sont des espèces connues pour fréquenter les haies en bordure des champs et pour effectuer une répression importante des insectes ravageurs des cultures.

Bien que les oiseaux en milieu agricole aient des régimes alimentaires variés (omnivore, insectivore, frugivore, granivore, nectarivore), la majorité d'entre eux sont principalement insectivores durant la période estivale. Généralement, leur consommation d'insectes est plus élevée lors de la période de reproduction et de nourrissage des jeunes au nid. Malgré que les oiseaux consomment occasionnellement certains insectes bénéfiques, dans la grande majorité des cas, leur présence contribue efficacement à la répression des insectes ravageurs.

Dans les cultures maraîchères du sud du Québec, les corbeaux, les corneilles, les geais bleus, les pics, les bruants, les grives, les merles, les étourneaux, les carouges et les vachers sont susceptibles d'effectuer la prédation d'insectes ravageurs.

Parmi les oiseaux qui fréquentent les milieux agricoles, plusieurs espèces ont la capacité de s'adapter à divers milieux même fortement transformés, comme le sont les écosystèmes agricoles. Cependant, d'autres espèces nichent presque exclusivement dans les prairies et sont très vulnérables aux modifications de leur habitat.

Les biologistes du Regroupement QuébecOiseaux identifient comme étant des oiseaux champêtres les espèces fréquentant et nichant principalement dans les milieux agricoles ouverts (les prairies, les champs en culture ou en pâturage) et semi-ouverts (les friches, les cultures d'arbres, les vergers et les cultures d'arbustes fruitiers). En se basant sur les données de Downes *et al.* (2011), ils affirment qu'au Canada, plus de 60 % de ces espèces présentent un déclin statistiquement significatif (Lamoureux et Dion, 2014).

Le bruant des prés, le merlebleu de l'Est (*Sialia sialis*) et la crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*) sont parmi les espèces insectivores prioritaires à protéger. Certaines pratiques et aménagements proposés dans les prochains chapitres peuvent contribuer à améliorer leur habitat.



Le merlebleu de l'Est est insectivore. Il se nourrit, entre autres, de pucerons et de larves de papillons.



La crécerelle d'Amérique est un rapace diurne typique des milieux agricoles. Son régime alimentaire est composé principalement d'insectes (74 %) et en moindre proportion de petits rongeurs (16 %).

Les rapaces et la répression des petits rongeurs

Bien qu'ils consomment aussi des insectes, les rapaces sont appréciés plus particulièrement pour leur action répressive sur la vermine, comme les souris et les mulots, qui causent des dommages entre autres aux cultures de carottes, de betteraves et de poireaux. Des rapaces diurnes, comme le busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*) et la buse à queue rousse (*Buteo jamaicensis*), survolent fréquemment les champs cultivés à la recherche de proies. Les rapaces nocturnes, comme le petit-duc maculé (*Otus asio*) et la petite nyctale (*Aegolius acadicus*), chassent plutôt dans les lisières forestières.

Les chauves-souris : principaux prédateurs nocturnes

Les chauves-souris présentes au Québec sont strictement insectivores. En plus de se nourrir d'insectes piqueurs et ravageurs en milieu forestier, elles effectuent une répression importante des insectes ravageurs des cultures. Par ailleurs, ces animaux sont les principaux prédateurs des insectes nocturnes. Pour cette raison, les chauves-souris sont d'une grande importance écologique et économique. La perte de leurs populations pourrait entraîner des pertes économiques de plus de 3,7 millions de dollars US par année pour le secteur agricole en Amérique du Nord (Boyles *et al.*, 2011).



Une seule petite chauve-souris brune adulte (*Myotis lucifugus*) consomme entre 2 et 4 g d'insectes par nuit, soit l'équivalent d'environ 1200 insectes de la grosseur d'un moustique.

Bien qu'il soit variable d'une espèce à l'autre, le régime des chauves-souris est principalement constitué de papillons de nuit (Lépidoptères). Le ver-gris noir, la noctuelle fiancée (*Noctua pronuba*), le hanneton commun, la chrysomèle rayée du concombre (*Acalymma vittatum*) et quelques Hémiptères comme les punaises et les cicadelles, ne sont que quelques-uns des ravageurs qu'elles consomment. Les chauves-souris chassent généralement deux fois par jour, chaque période de chasse durant entre une et trois heures. Elles attrapent leurs proies au vol, principalement à la surface de l'eau ou à la cime des arbres. Elles peuvent être observées un peu avant le lever et au coucher du soleil.

Au Québec, on dénombre huit espèces de chauves-souris. Parmi elles, trois sont migratrices et cinq sont résidentes. Les espèces résidentes sont particulièrement vulnérables au syndrome du museau blanc, une maladie fongique qui a largement décimé leurs populations au cours des dernières années. Le champignon (ou mycète), qui cause l'infection prolifère dans les endroits froids et humides comme les grottes ou les mines abandonnées. Puisque les chauves-souris résidentes hibernent dans ces endroits, elles sont très à risque d'être infectées par ce pathogène.

Quelques chauves-souris, incluant les espèces migratrices, fréquentent presque exclusivement les milieux forestiers. Cependant, certaines espèces telles que la petite chauve-souris brune et la grande chauve-souris brune (*Eptesicus fuscus*) fréquentent une grande diversité d'habitats. En milieu agricole, ces dernières espèces sont plus fréquemment observées que les autres.

Les amphibiens : sur la terre ferme

La majorité des amphibiens sont associés aux milieux aquatiques. En effet, plusieurs d'entre eux dépendent des cours d'eau, des milieux humides ou des étangs pour leur reproduction. Cependant, après avoir atteint l'âge adulte, certains individus migrent vers les milieux terrestres comme les friches, les champs, ou les boisés, où ils passeront une bonne partie de leur vie.



Le crapaud d'Amérique de l'Est (*Anaxyrus americanus americanus*) consomme régulièrement des limaces, des escargots et, à l'occasion, des altises.

Au Québec, les populations d'amphibiens se concentrent davantage dans la partie sud, où le climat est plus clément. Dans cette région, le crapaud d'Amérique de l'Est, la grenouille léopard du Nord (*Lithobates pipiens*), la grenouille verte (*Lithobates clamitans*), la grenouille des bois (*Lithobates sylvaticus*), la rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*), la salamandre maculée (*Ambystoma maculatum*) et la salamandre à points bleus (*Ambystoma laterale*) sont susceptibles de fréquenter les milieux agricoles.

Bien que dans les milieux agricoles, le nombre d'espèces d'amphibiens soit moins élevé que le nombre d'espèces d'insectes ou d'oiseaux, le rôle écologique des amphibiens n'en est pas moins important. Ils consomment une grande quantité de limaces, d'escargots, de chenilles et de coléoptères. De plus, ils sont des proies pour une grande variété de prédateurs, comme les oiseaux omnivores ou les rapaces, ainsi que pour certaines couleuvres.

Les escargots et les limaces composent une grande partie du régime alimentaire de la salamandre maculée.



1.2 LES HABITATS AUTOUR DE LA FERME

Autour de la ferme, la présence d'une variété d'habitats est bénéfique aux ennemis naturels des insectes ravageurs. La forêt ou les milieux humides abritent généralement une plus grande biodiversité que les friches ou les pâturages. Cependant, ces derniers habitats, semi-naturels, supportent d'autres espèces bénéfiques pouvant migrer vers les cultures. Par conséquent, la diversité des ennemis naturels est généralement plus élevée sur les fermes qui sont entourées d'une multitude d'habitats que sur celles situées dans un paysage peu diversifié.

Les friches, les prairies et les pâturages sont fréquentés par plusieurs espèces d'insectes et d'oiseaux. Les lisières forestières (ou bordures de forêt) sont des écotones, soit des zones de transition entre la forêt et les autres types d'habitats. Dans ces zones, la présence d'éléments de la forêt (arbres, arbustes de milieux fermés, sol plus humide) et de milieux ouverts (arbustes de milieux ouverts, herbacées, fleurs) est favorable à l'établissement d'un grand nombre d'espèces.



Les prairies fleuries et les bordures de boisés situées à proximité des champs sont généralement des sources appréciables d'insectes parasitoïdes pouvant migrer vers les cultures.

La présence de milieux humides à proximité de la ferme peut favoriser la présence de certains ennemis naturels comme les amphibiens et les libellules, étant donné que ces milieux sont indispensables à leur reproduction. De plus, plusieurs autres organismes, comme les oiseaux et les chauves-souris, bénéficient de la présence de lacs ou de cours d'eau pour s'abreuver ou se nourrir.





Les libellules sont de voraces prédateurs de petits insectes aillés, qu'elles attrapent généralement au vol. Leurs larves sont aquatiques ; elles doivent avoir accès à une rivière, un marais ou un étang pour leur développement.

Certains éléments du paysage influencent les déplacements des ennemis naturels. Les corridors boisés facilitent les déplacements de plusieurs organismes en leur procurant un abri contre les intempéries et contre les prédateurs. Quant aux champs cultivés, ils limitent notamment les déplacements des insectes parasitoïdes et des organismes prédateurs ayant une faible capacité de dispersion.



En facilitant les déplacements des ennemis naturels et en leur procurant un refuge, les corridors boisés permettent de réduire l'impact négatif de la perte de leurs habitats.

En somme, la présence des ennemis naturels dans les cultures peut être influencée par les types d'habitats autour de la ferme et leur proximité, ainsi que la présence d'éléments favorisant leurs déplacements, comme les corridors boisés. Généralement, la conservation d'une plus grande variété d'habitats autour de la ferme est bénéfique à diverses populations d'ennemis naturels.

1.3 L'AGROÉCOSYSTÈME

Les différences liées aux types de cultures, aux modes de production, aux pratiques agricoles ainsi qu'aux superficies des champs font que les milieux agricoles présentent une grande variété de caractéristiques. Cela dit, les champs cultivés sont tous plus ou moins perturbés par les activités agricoles comme le labour, le désherbage, l'épandage de pesticides et les récoltes. Généralement, ces pratiques réalisées afin de maximiser la rentabilité des cultures limitent l'établissement des ennemis naturels des insectes ravageurs. Heureusement, plusieurs interventions peuvent, sans compromettre la productivité des cultures, favoriser la diversité de ces ennemis naturels et leur activité dans l'agroécosystème.



Le manque de nourriture, d'abris et d'aires de refuge est une contrainte majeure à l'établissement des ennemis naturels dans les champs cultivés.

Généralement, lorsque l'intensité des pratiques agricoles diminue, une meilleure répression naturelle des ravageurs est obtenue dans l'agroécosystème. En effet, la réduction de l'usage de pesticides ainsi que l'adoption de pratiques de conservation des sols en cultures, comme le labour minimal et le semis direct, sont parmi les solutions à considérer. En réduisant la fréquence et l'intensité des perturbations, ces interventions contribuent généralement à favoriser la survie et l'établissement des ennemis naturels dans l'agroécosystème (Section 2.2).

Une vaste superficie cultivée limite l'établissement des ennemis naturels qui ont une faible capacité de dispersion, comme c'est le cas pour la majorité des insectes parasitoïdes et des insectes prédateurs. Pour survivre, se reproduire et effectuer une répression efficace des ravageurs dans les cultures, ces ennemis naturels ont besoin d'aires de refuge non cultivées exemptes de pesticides, ainsi que d'une diversité de ressources alimentaires et d'abris. La réalisation de bandes fleuries et de haies permet de répondre à ces besoins et ainsi de favoriser la dispersion et l'activité des ennemis naturels dans les cultures (Section 2.3).



Les bandes fleuries et les haies permettent aux ennemis naturels de s'abriter des perturbations dues aux pratiques agricoles. De plus, ces aires de refuge peuvent être composées de diverses sources de nourriture.

Il est bien connu que dans la grande majorité des cas, la diversité végétale contribue à favoriser la présence des ennemis naturels. À l'intérieur des parcelles cultivées, elle peut être accrue par la diversification des cultures (Section 2.2) et, en bordure, par des aménagements comme les bandes fleuries ou les haies. Cependant, il est fortement recommandé de sélectionner avec attention des espèces végétales attirantes pour les ennemis naturels plutôt que de diversifier sans porter regard aux espèces à implanter. Par conséquent, l'identification des différents rôles des végétaux et des ressources qu'ils offrent est une étape préalable à leur introduction à l'intérieur ou en bordure des parcelles cultivées.

1.4 LES VÉGÉTAUX

En plus d'offrir des ressources alimentaires aux insectes et aux oiseaux, les végétaux leur fournissent des abris qui leur permettent de se réfugier, de se reproduire et de survivre à l'hiver. De plus, ils hébergent des proies et des hôtes essentiels à la majorité des ennemis naturels, à au moins un stade de leur développement. En leur procurant ainsi l'énergie nécessaire à leurs activités, les végétaux contribuent à maintenir leurs populations et à maximiser leur activité répressive sur les insectes ravageurs.

Les ressources alimentaires végétales

Le nectar et le pollen des plantes sont des sources importantes de sucre et de protéines procurant aux insectes parasitoïdes et prédateurs l'énergie nécessaire à la recherche d'hôtes ou de proies. Ce sont plus précisément les principales ressources nutritionnelles consommées par les insectes parasitoïdes au stade adulte. Ces ressources sont donc absolument nécessaires au maintien de leurs populations dans l'agroécosystème. Une bonne alimentation en nectar augmente notamment la fécondité ainsi que la longévité de plusieurs espèces de parasitoïdes. De surcroît, le nectar et le pollen sont consommés par les insectes prédateurs lorsque leurs proies sont peu abondantes.



Plusieurs espèces d'acariens prédateurs ne peuvent se passer de nourriture pendant de longues périodes. Le pollen des graminées est un aliment alternatif lorsque les proies se font rares.

Les insectes récoltent le nectar sur de petits organes nommés les nectaires. Munis de pièces buccales courtes, les parasitoïdes adultes préfèrent se nourrir à partir des nectaires floraux exposés, puisqu'ils sont plus facilement accessibles que ceux cachés à l'intérieur de la fleur. Ainsi, ils fréquentent plus particulièrement les Apiacées (comme l'aneth, le navet, le céleri, le persil et la coriandre) et les Astéracées (comme les asters, l'achillée millefeuilles et le tournesol). Une grande proportion des insectes prédateurs apprécie aussi ces plantes qui offrent un accès facile au nectar. C'est notamment le cas des syrphes.



Les Apiacées (ou ombellifères) comme la carotte sauvage (*Daucus carota*) sont composées de plusieurs petites fleurs disposées en ombelle. Leurs fleurs s'épanouissant à différents moments, ces plantes offrent une source de nectar sur une période prolongée.



Les Astéracées comme la verge d'or du Canada (*Solidago canadensis*), ci-contre, sont composées de fleurs en forme de marguerite. En effet, les minuscules fleurs de cette plante sont aussi de cette forme. Le pollen des Astéracées est une source importante de protéines pour plusieurs ennemis naturels, entre autres les syrphes et les hémérobes adultes.

La majorité des plantes ont des nectaires situés à l'intérieur des fleurs (nectaires floraux). Cependant, certaines plantes en ont sur les feuilles ou sur les tiges (nectaires extrafloraux). Le nectar de ces végétaux est ainsi disponible même en dehors de leur période de floraison. Les familles de plantes vivaces qui comportent le plus d'espèces possédant des nectaires extrafloraux sont les Fabacées et les Malvacées. Ces végétaux sont particulièrement utiles aux parasitoïdes (guêpes et mouches) et aux coccinelles qui récoltent les sucs et nectars extrafloraux. Les feuilles des cerisiers (*Prunus* spp.) et des viornes (*Viburnum* spp.) ainsi que les nouvelles tiges de certains sureaux (*Sambucus* spp.) sont aussi munies de nectaires.



La vesce commune (*Vicia sativa*) possède des nectaires extrafloraux sur les stipules. Cette plante annuelle fixatrice d'azote est utilisée comme engrais vert ou plante fourragère.

Plusieurs arbustes et arbres sont des sources abondantes de pollen, de nectar et de fruits (Section 3.1). Leurs fruits sont consommés par les oiseaux. Par ailleurs, les fruits et les graines qui demeurent attachés aux végétaux constituent une grande part du régime alimentaire des oiseaux qui résident dans la région pendant la saison hivernale.

Les végétaux pour la reproduction et l'hivernation

Lors de la ponte, les insectes prédateurs adultes cherchent à assurer à leur progéniture une protection contre les prédateurs et une source de nourriture permettant leur développement. Par conséquent, le site de ponte choisi se situe généralement près de plantes qui hébergent potentiellement des proies pour leurs larves.

Pour se réfugier durant l'hiver, plusieurs insectes et autres arthropodes utilisent des tiges creuses (chicorée, framboisier, verge d'or, sureau, tournesol). Alors que d'autres, comme les centipèdes et les acariens prédateurs, préfèrent s'abriter sous l'écorce des arbres ou des arbustes.

Les ressources alimentaires animales

Les végétaux hébergent les proies et les hôtes essentiels à la présence des ennemis naturels, ainsi que des insectes suceurs de sève. Les insectes suceurs de sève, comme les pucerons, les cochenilles, les aleurodes, les psylles, les thrips et les cicadelles, sécrètent du miellat. Cette substance riche en minéraux et en sucre est une autre ressource animale pour certains insectes parasitoïdes et prédateurs.

Le miellat leur procure l'énergie nécessaire à leurs activités et il contribue ainsi à améliorer leurs chances de survie. Par conséquent, la présence de pucerons peut favoriser la répression des insectes ravageurs, entre autres par les ichneumonidés et par les hémérobes.



L'hémérobe adulte se nourrit de pollen, de nectar et de miellat de pucerons. La larve est prédatrice de pucerons, de cochenilles, de thrips et d'acariens.

En perforant les tiges et les feuilles de certaines cultures, les insectes suceurs de sève favorisent la propagation de maladies fongiques et de virus. Par conséquent, ils sont généralement considérés comme étant nuisibles pour les cultures. Cependant, ce ne sont pas toutes les espèces qui s'attaquent aux cultures.

Les plantes qui hébergent des insectes suceurs de sève qui leur sont spécifiques et d'autres insectes qui ne s'attaquent pas aux cultures peuvent être implantées à proximité de celles-ci pour attirer les ennemis naturels.

La présence d'une diversité d'insectes permet aux insectes prédateurs de trouver des proies alternatives et elle contribue à augmenter les chances que les parasitoïdes trouvent les hôtes essentiels à leur reproduction. De plus, une forte densité d'insectes peut favoriser la présence des oiseaux et d'autres prédateurs insectivores.

Cependant, les interactions entre les organismes sont complexes et souvent imprévisibles. Certains ennemis naturels s'intéressent parfois davantage aux proies et hôtes alternatifs qu'aux insectes ravageurs des cultures. La répression des insectes ravageurs des cultures n'est donc pas forcément accrue par la présence de ces proies et hôtes.

Comme mentionné au cours de ce chapitre, les insectes, les oiseaux, les chauves-souris et les amphibiens sont des alliés importants des producteurs agricoles. Bien que dans les cultures, plusieurs aspects limitent la présence de ces ennemis naturels, des interventions peuvent contribuer à favoriser leur diversité à l'intérieur et en bordure des parcelles cultivées. De telles interventions sont proposées au prochain chapitre.

CHAPITRE 2

La lutte biologique conservative en maraîchage sur petite surface

La lutte biologique conservative, aussi nommée lutte biologique par conservation, vise à augmenter la diversité des ennemis naturels déjà présents dans l'environnement et à favoriser leur activité dans les cultures. Comme mentionné précédemment, cette méthode préventive permet de réduire les infestations d'insectes ravageurs et, par conséquent, l'usage d'insecticides.

La première partie de ce chapitre porte sur l'application de cette méthode en contexte de maraîchage sur petite surface. La seconde partie traite des effets bénéfiques de la diversification des cultures, de certaines pratiques de conservation des sols et de la diminution de l'épandage de pesticides sur la diversité des ennemis naturels dans les cultures. La troisième partie contient de l'information sur la manière dont certains aménagements, comme les bandes fleuries, les haies brise-vent et autres abris, favorisent l'activité des principaux ennemis naturels des insectes ravageurs présentés précédemment. Les détails de conception et de réalisation de ces aménagements sont décrits plus en détail au troisième chapitre.

2.1 LA LUTTE BIOLOGIQUE CONSERVATIVE : UNE APPROCHE PRÉVENTIVE

La lutte biologique conservative se différencie de la lutte biologique par introduction. Cette dernière méthode consiste à introduire artificiellement des organismes (insectes, bactéries, champignons, virus et nématodes) dans l'environnement afin de réduire l'abondance des ravageurs dans les cultures. Ces agents de lutte introduits lors d'interventions ponctuelles permettent d'obtenir un contrôle temporaire sur un ravageur. Dans certains cas, les organismes exotiques utilisés nuisent aux espèces indigènes, principalement en leur faisant compétition pour les ressources. Cependant, cette méthode présente généralement moins d'effets indésirables que l'usage de pesticides. La lutte biologique conservative, quant à elle, se démarque par son

caractère durable, puisqu'elle a pour objectif le maintien des ennemis déjà présents dans l'environnement.

En lutte biologique par introduction, la sélection des agents de lutte est effectuée en considérant leur action directe sur les ravageurs causant le plus de dommages. En lutte biologique conservative, les producteurs agricoles doivent considérer l'ensemble des ennemis naturels plutôt que de s'attarder uniquement à ceux qui semblent avoir une action plus directe sur les ravageurs les plus importants. Cette approche se base sur le principe que la répression des ravageurs est généralement plus efficace dans un agroécosystème abritant une forte diversité d'ennemis naturels.



La larve de la piéride du chou (*Pieris rapae*) est l'hôte de plusieurs espèces de guêpes ichneumonides et de mouches tachinaires. De plus, à différents stades de croissance, cette espèce est la proie des carabes, des punaises, des guêpes prédatrices, des araignées et des oiseaux.

Les résultats de la lutte biologique conservative doivent être envisagés dans une perspective à moyen et long terme. En effet, certaines populations d'ennemis naturels prennent du temps à s'installer et l'obtention d'un contrôle efficace nécessite parfois plusieurs mois, voire des années. Néanmoins, cette méthode de lutte aux insectes ravageurs est respectueuse des écosystèmes naturels et elle permet de profiter d'importants services offerts par la biodiversité.

La lutte biologique conservative est indissociable de la conservation des habitats adjacents aux agroécosystèmes. En effet, la conservation des habitats et des refuges naturels ou semi-naturels en bordure des champs est cruciale pour garder les populations d'ennemis naturels à proximité. Chaque ennemi naturel a besoin d'une série d'éléments spécifiques à différents

stades de son développement pour se reproduire avec succès sur plusieurs générations. Conséquemment, la majorité des ennemis naturels sont seulement de passage dans les cultures ou dans les aires de refuge aménagées et ils sont dépendants des habitats adjacents pour compléter leur cycle.

Comparativement à la production en grandes cultures, le maraîchage sur petite surface permet de favoriser plus efficacement l'activité des ennemis naturels à moindre coût. Puisqu'il implique une plus forte diversité de végétaux, ce mode de production est généralement plus favorable à la présence des ennemis naturels dans les cultures. De plus, il permet d'adopter plusieurs pratiques de conservation avec relativement peu de contraintes. En effet, ce mode de production permet l'utilisation d'équipements qui réduisent le travail du sol et des méthodes alternatives de protection des cultures.



L'application de filets protecteurs au-dessus des cultures est un moyen de protection efficace contre les altises et la chrysomèle rayée du concombre. De plus, cette pratique a peu d'effets négatifs sur les ennemis naturels ou autres organismes bénéfiques qui sont dans l'agroécosystème.

En grandes cultures, la superficie des champs, le type de machinerie employée et l'utilisation d'intrants chimiques peuvent avoir pour effet de limiter l'établissement d'une biodiversité intéressante à l'intérieur de l'agroécosystème. L'approche de la lutte biologique conservative implique donc d'ajuster et/ou de revoir la conception et le fonctionnement d'un tel modèle de production.

La pratique consistant à intégrer des aménagements favorisant l'activité des ennemis naturels est applicable à toutes les échelles. Cependant, aménager de grandes surfaces peut représenter un investissement financier significatif et, par conséquent, dissuader les producteurs agricoles. Notez qu'afin d'appuyer les exploitations agricoles dans la réalisation de telles interventions, le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) offre une aide financière dans le cadre de la mesure Aménagement favorisant la biodiversité du programme Prime-Vert 2013-2018.

2.2 LES PRATIQUES AGRICOLES AYANT UN EFFET SUR LES ENNEMIS NATURELS

En contexte de lutte conservative, il est important de comprendre les effets de certaines pratiques agricoles sur les ennemis naturels, afin de prendre des décisions éclairées visant à favoriser la stabilité et la productivité de l'agroécosystème. Dans cette section, les pratiques abordées sont la diversification des cultures, la gestion des sols et de l'épandage de pesticides.

La diversification des cultures

Évidemment, en diversifiant les cultures, les producteurs agricoles doivent faire face à un nombre plus élevé d'espèces d'insectes pouvant causer des dommages. Cependant, dans la grande majorité des cas, les dommages causés par les différentes espèces se limitent à certaines cultures. Les infestations dans les polycultures sont donc généralement de moins grande envergure que celles dans les monocultures. Par conséquent, les quantités d'insecticides nécessaires pour limiter les dommages sont plus faibles. L'épandage de certains insecticides peut notamment contrer les efforts investis à favoriser la présence des ennemis naturels.



En permettant de réduire les quantités d'insecticides utilisées, la diversification des cultures contribue à favoriser la présence des ennemis naturels.

Généralement, les ennemis naturels ont accès à une plus grande diversité de ressources et d'abris dans les polycultures que dans les monocultures. Cependant, les polycultures favorisent très peu l'établissement durable des ennemis naturels comparativement aux milieux naturels adjacents.

Dans les agroécosystèmes maraîchers, la majorité des légumes produits sont récoltés avant d'atteindre la floraison. Par conséquent, les ressources en nectar et en pollen y sont généralement présentes en quantités insuffisantes pour supporter une forte diversité d'ennemis naturels. De plus, la majorité des légumes est déterrée lors de la récolte et remplacée annuellement. Ainsi, ces cultures annuelles sont moins favorables à l'établissement des ennemis naturels que les cultures pérennes.

La diversification des cultures peut être réalisée de façon à augmenter les ressources disponibles pour les ennemis naturels. Dans certains cas, cette approche permet une meilleure répression des ravageurs. Cependant, pour augmenter efficacement la répression des ravageurs, il est impératif de s'assurer de la disponibilité des ressources pour les ennemis naturels (particulièrement du nectar et du pollen) aux plans spatial et temporel. En effet, ces aspects sont déterminants pour le maintien des insectes parasitoïdes et prédateurs dans l'agroécosystème (Altieri et Nicholls, 2004).

En plus de la diversification des cultures, il apparaît clairement que d'autres interventions sont nécessaires afin de favoriser l'activité des ennemis naturels à travers les parcelles cultivées.

La gestion des sols en culture : pour des sols « vivants »

Un sol en santé possède une bonne structure, une bonne proportion de matière organique, et il abrite une diversité d'organismes utiles (bactéries, champignons, vers de terre, protozoaires et nématodes). Un tel sol est riche en ressources alimentaires pour les ennemis naturels qui s'y nourrissent. Ainsi, les pratiques contribuant à sa conservation, telles que la réduction du travail du sol, le semis direct, l'introduction d'un engrais vert et la rotation des cultures, contribuent généralement à favoriser leur présence.

Le labour est une pratique courante offrant certains avantages non négligeables en agriculture. En ameublissant et en aérant le sol, il permet aux plantes cultivées de s'enraciner plus facilement et plus profondément. Les plantes ayant des racines bien développées sont généralement plus vigoureuses et résistantes aux insectes ravageurs. De plus, en supprimant un bon nombre de mauvaises herbes, le labour permet de réduire la compétition des cultures avec ces dernières pour l'eau, la lumière et les substances nutritives du sol.

Cela dit, un labour fréquent peut détruire les agrégats (agglomération de particules) qui créent des conditions d'air et d'humidité favorables à la croissance des plantes et au maintien de la diversité des organismes du sol. Ces agrégats retiennent aussi les substances nutritives essentielles aux plantes. Par ailleurs, certains organismes contribuent à la formation d'agrégats. En effet, les substances sécrétées par certaines bactéries, les filaments produits par les champignons et les déjections de vers de terre contribuent à lier les particules du sol.

En détruisant la structure du sol et en enterrant les résidus de surface, le labour modifie l'habitat des organismes du sol et, par conséquent, limite leur développement. De plus, cette pratique expose certains organismes, dont les œufs et les larves d'insectes, aux prédateurs et à la dessiccation, ou encore les emprisonne dans des mottes de terre.

L'intensité du travail du sol et la fréquence des opérations ont un effet sur la structure de ce sol et sur les ennemis naturels qui y vivent.



Généralement, réduire le travail du sol permet à une plus grande diversité d'organismes de se développer. En agriculture de petite surface, l'utilisation du chisel ou de la grelinette permet d'effectuer un travail réduit du sol, comparativement à la charrue. Ces outils sont conçus pour aérer le sol tout en conservant sa structure.



Les staphylins (Coléoptères) sont favorisés par les pratiques de conservation des sols. Ils se nourrissent de matière organique morte, d'œufs d'insectes, de petites larves, de limaces et d'acariens.

Le semis direct est une technique ne nécessitant pas de travail préalable du sol. Cette technique utilisée entre autres pour cultiver les courges d'hiver et les citrouilles permet de conserver la matière organique et de favoriser l'activité biologique dans le sol. Elle laisse à la surface du sol une quantité appréciable de tiges, de feuilles ou de graines. Ces débris procurent un refuge favorable aux centipèdes, aux perce-oreilles et aux acariens prédateurs. De plus, ils sont très utiles aux oiseaux, qui s'en servent pour la construction de nids et qui se nourrissent des graines et des insectes au sol.

Les engrais verts sont des cultures introduites en rotation avec les cultures destinées à la vente. Ils permettent principalement de protéger le sol de l'érosion et du lessivage des nutriments, d'améliorer la structure du sol et de stimuler l'activité biologique. Les engrais verts ne sont pas récoltés, afin que les nutriments qu'ils ont captés retournent en circulation dans le sol. Ces plantes peuvent être détruites par le gel de l'hiver ou se coucher pour former un paillis qui peut être éliminé par roulage ou par occultation.

L'introduction d'engrais verts en rotation avec les cultures est une technique utilisée principalement pour les grandes cultures biologiques. Cette pratique est peu courante en maraîchage sur petite surface. Néanmoins, la culture de certains engrais verts, notamment de trèfles (*Trifolium* spp.) et de moutardes sauvages (*Brassica* spp.), procure des ressources alimentaires (pollen, nectar, proies) ainsi que des abris aux ennemis naturels.

La rotation des cultures, incluant celle des engrais verts, permet d'attirer divers micro-organismes du sol. Cette pratique diminue ainsi les risques de maladies causées aux cultures par les bactéries et champignons pathogènes. Par conséquent, elle peut permettre de réduire l'usage de pesticides.

La diminution de l'épandage de pesticides

Les pesticides homologués en agriculture biologique (biopesticides) ont moins d'effets négatifs sur la santé humaine et ils laissent généralement moins de résidus dans l'environnement que les pesticides chimiques utilisés en agriculture conventionnelle. Cependant, qu'ils soient chimiques ou biologiques, les pesticides peuvent avoir un impact négatif sur les populations d'ennemis naturels. Leurs effets peuvent être directs, par exemple en affectant leurs fonctions biologiques, ou indirects, en affectant les ressources qu'ils consomment.

Lorsque les ennemis naturels sont en nombre insuffisant pour assurer une répression immédiate des ravageurs, il peut être tentant d'utiliser un produit insecticide. Cependant, l'épandage d'un tel produit peut avoir pour effet de détruire les derniers ennemis naturels présents dans l'agroécosystème et, par conséquent, d'amplifier l'impact des attaques subséquentes des ravageurs.

Les ennemis naturels ont des caractéristiques démographiques liées à celles des populations de leurs proies et hôtes. Généralement, la répression des insectes ravageurs par leurs ennemis naturels s'effectue à la suite d'une croissance soudaine des populations de ravageurs et il peut s'écouler un certain temps avant que les ennemis naturels ne prennent le dessus.

Afin d'éviter de nuire aux efforts de prévention effectués dans le cadre d'une approche de lutte biologique conservative, l'épandage de pesticides doit être réduit au minimum. C'est-à-dire que cette pratique doit être limitée à des seuils critiques d'intervention qui permettent d'éviter des pertes économiques importantes.

Évidemment, afin de réduire la nécessité d'épandre des pesticides, la sélection de variétés de plantes cultivées plus résistantes aux ravageurs s'impose. De plus, les méthodes alternatives à l'épandage de produits insecticides, comme

l'application de filets protecteurs et la pulvérisation de répulsifs biologiques, doivent être priorisées.

Lorsque l'épandage d'un insecticide est nécessaire, il est préférable de choisir un produit sélectif plutôt qu'un produit à large spectre. Autrement dit, le meilleur choix est le produit ayant le moins d'effets sur les organismes non ciblés. Par ailleurs, lorsque les ennemis naturels du ravageur ciblé sont particulièrement abondants, les seuils d'intervention peuvent être relevés, puisque les ennemis naturels exercent déjà une certaine répression sur le ravageur.

2.3 LES AMÉNAGEMENTS FAVORISANT L'ACTIVITÉ DES ENNEMIS NATURELS

Les aménagements permettent de répondre à plusieurs des besoins des ennemis naturels des insectes ravageurs. Ils contribuent ainsi à favoriser leur abondance et leur diversité à proximité des cultures. Dans cette section, les rôles des aménagements de végétaux, des abris et des étangs sont présentés.

Le rôle des aménagements constitués de végétaux

Les aménagements constitués de végétaux peuvent prendre la forme de bandes de végétation (herbacées, arbustives et/ou arborées) implantées en bordure ou en alternance avec les parcelles cultivées. Dans ce document, les bandes fleuries (composées d'herbacées) et les haies brise-vent (composées d'arbres, d'arbustes et d'herbacées) sont présentées. Ces aménagements contribuent à favoriser la présence des ennemis naturels en leur permettant de trouver des sources de nourriture supplémentaires et des sites de refuge, de reproduction et d'hivernation.



Incorporées en alternance avec les parcelles cultivées, les bandes fleuries et les haies permettent aux ennemis naturels de mieux se disperser dans les cultures.

Les insectes parasitoïdes et prédateurs ont une capacité de dispersion plus restreinte que celle des insectes ravageurs. Par conséquent, la superficie des champs peut représenter une contrainte importante à leur établissement dans les cultures. Incorporer des bandes de végétation non cultivées en alternance avec les parcelles cultivées permet de faciliter les déplacements des insectes parasitoïdes et prédateurs dans les cultures et de limiter leur désir de migrer hors des champs.

Lorsque les végétaux qui composent ces aménagements atteignent leur maturité, ils procurent un environnement plus ombragé et un microclimat plus humide et tempéré que celui des champs cultivés. Ce type de refuge est essentiel pour favoriser la survie des organismes particulièrement sensibles aux périodes de sécheresse, comme les araignées.



Les araignées sont très sensibles aux périodes de sécheresse ; elles bénéficient donc tout particulièrement du couvert d'ombre des bandes fleuries, qui leur procure un microclimat plus humide que celui des cultures.

Au Québec, peu d'insectes prédateurs et parasitoïdes survivent aux hivers dans les milieux agricoles ouverts, où le sol est fréquemment laissé à nu. L'aménagement d'aires de refuge telles que les bandes fleuries ou les haies contribuent à augmenter leurs chances de survie. En effet, la végétation laissée au sol et les accumulations de neige qui s'y forment offrent une protection contre le froid. Ces aménagements permettent ainsi aux populations d'insectes prédateurs et parasitoïdes d'être abondantes à proximité des cultures au printemps suivant, soit avant l'arrivée des insectes ravageurs. Dans ces circonstances, ils peuvent rapidement s'attaquer aux premiers insectes ravageurs et limiter leur multiplication.

Afin de favoriser efficacement la présence des insectes parasitoïdes et prédateurs, les végétaux qui composent ces aménagements doivent être sélectionnés dans le but d'assurer la disponibilité du nectar et du pollen sur une période étendue. De tels aménagements hébergent généralement un bon nombre de proies et d'hôtes. En offrant aux ennemis naturels ces éléments (nectar, pollen, proies et hôtes) essentiels à leur survie et à leur reproduction, les bandes fleuries et les haies permettent d'augmenter leur abondance et leur diversité à proximité des cultures (Bianchi *et al.*, 2006).

En hébergeant une forte densité d'insectes, les bandes fleuries et les haies constituent des sources importantes de nourriture pour d'autres prédateurs insectivores, comme les oiseaux. De plus, ils procurent aux oiseaux d'autres ressources alimentaires, comme des graines et des fruits, ainsi que des sites pour s'abriter, se poser, se reproduire et pour établir leur nid. Une sélection adéquate d'arbustes et d'arbres contribue donc à favoriser la présence de ces ennemis naturels.

En somme, la composition des bandes fleuries et des haies influence fortement le potentiel de ces aménagements pour favoriser la présence des ennemis naturels et la répression des insectes ravageurs (Section 3.1). Bien sûr, il est préférable d'éviter les végétaux qui risquent d'héberger des insectes ravageurs pouvant ensuite migrer vers les plantes cultivées.

Le rôle des abris et des étangs

L'ajout d'abris tels que des cabanes à insectes, des nichoirs à oiseaux, des dortoirs à chauves-souris et des amoncellements de branches, de feuilles mortes ou de roches, permet de procurer aux ennemis naturels des sites de refuge, de nidification ou d'hivernation supplémentaires. Par conséquent, ces abris sont des éléments à considérer dans une stratégie globale de lutte biologique conservative, et ce, même si leur efficacité pour favoriser la répression des insectes ravageurs est parfois incertaine.

Les cabanes et hôtels à insectes peuvent servir d'abris à un grand nombre d'espèces bénéfiques. En effet, bien qu'elles soient davantage connues pour abriter des insectes pollinisateurs comme les abeilles et les guêpes, elles peuvent aussi abriter des prédateurs comme les chrysopes, les perce-oreilles, les

coccinelles, les punaises, les araignées et les guêpes prédatrices. De plus, quelques-uns de ces insectes peuvent les utiliser comme site de nidification ou abri hivernal.



Une structure, similaire à celle de l'hôtel à abeilles ci-contre, peut être construite pour abriter une diversité d'insectes prédateurs et parasitoïdes. Cependant, à la différence d'un hôtel à abeilles (généralement rempli de bûches trouées et de tiges creuses), l'hôtel à insectes doit être rempli avec divers matériaux, comme des branches, des morceaux d'écorce, des briques usagées et des cocottes.

La pose de nichoirs permet d'offrir aux oiseaux qui nichent dans les arbres des sites alternatifs pour construire leur nid. Les aires d'alimentation des oiseaux se situent généralement à proximité des sites de nidification. Ainsi, la pose de nichoirs à proximité des cultures peut contribuer à y favoriser l'activité de certaines espèces insectivores. Quant à la pose de dortoirs à chauves-souris, elle contribue au maintien de leurs populations en leur fournissant des sites pour se reposer durant le jour.



Les chauves-souris utilisent parfois les cavités des gros arbres comme site de repos. La pose de dortoirs permet de leur offrir des sites alternatifs. Elles se regroupent dans ces abris pour se reposer durant le jour.

L’ajout d’amoncellements de branches, de feuilles mortes ou de roches peut être bénéfique pour plusieurs organismes. En effet, les tas de branches permettent aux insectes et aux oiseaux de trouver des abris pour échapper aux prédateurs ou pour s’abriter lors d’intempéries. De plus, comme les tas de feuilles mortes, les tas de branches peuvent être utilisés par les insectes comme site de nidification ou d’hivernation. Par ailleurs, quelques roches empilées offrent aux amphibiens des abris pour se reposer ou pour se rafraîchir.



Un simple tas de branches peut servir d’abri pour les chrysopes durant le jour, de site de nidification pour les guêpes prédatrices et d’abri hivernal pour les araignées sauteuses.

L’aménagement d’étangs temporaires et permanents à proximité des cultures procure aux crapauds, aux grenouilles et aux salamandres des sites indispensables au développement de leurs larves. De plus, plusieurs autres organismes utilisent les étangs pour se rafraîchir, s’abreuver, et s’alimenter. Par exemple, les insectes qui se développent dans les plans d’eau sont une source de nourriture supplémentaire pour les oiseaux et les libellules.

Comme mentionné précédemment, une approche de lutte biologique conservative combine idéalement diverses pratiques agricoles et aménagements. Cependant, l’aménagement du milieu agricole dans le but de favoriser la protection et l’activité des ennemis naturels est une pratique encore très peu répandue. Afin de faire connaître davantage chacun des aménagements ici mentionnés, le prochain chapitre présente les détails de leur conception et de leur réalisation.



CHAPITRE 3

La conception et la réalisation d'aménagements et d'abris

Dans ce chapitre, la construction de plusieurs aménagements favorisant la protection des ennemis naturels et leur activité à proximité des cultures est abordée en détail. Les principaux aspects à considérer lors de leur conception et de leur réalisation y sont soulignés. Pour faciliter leur présentation, ces aménagements ont été regroupés sous trois thèmes : les aménagements constitués de végétaux (les bandes fleuries et les haies brise-vent), les abris (entre autres les cabanes à insectes, les nichoirs à oiseaux, les dortoirs à chauves-souris) et les étangs temporaires et permanents.

3.1 LES AMÉNAGEMENTS CONSTITUÉS DE VÉGÉTAUX

Dans cette section, différentes façons de réaliser des bandes fleuries et d'augmenter l'attractivité des haies brise-vent pour les ennemis naturels sont décrites.

Les bandes fleuries

Les bandes fleuries peuvent être composées de plantes vivaces et/ou annuelles. Pour favoriser la présence des insectes parasitoïdes et prédateurs, ces bandes doivent être constituées principalement de végétaux dont les fleurs ont une corolle courte, comme les Apiacées (ombellifères) et les Astéracées (composées). Lors de la sélection des espèces à implanter, la succession des périodes de floraison doit être considérée de manière à s'assurer de la disponibilité constante de nectar et de pollen. La sélection finale doit idéalement inclure une diversité de végétaux présentant différentes structures et feuillages.

Prioriser les plantes indigènes

Les plantes indigènes sont à prioriser afin de diminuer les risques associés à l'introduction d'espèces exotiques dans l'environnement. Ces risques sont : l'introduction involontaire d'insectes ravageurs et de maladies exotiques ainsi que l'altération de la composition des écosystèmes et de leurs fonctions. De surcroît, plusieurs recherches concluent que les assemblages de plantes indigènes contribuent davantage à supporter les populations d'ennemis naturels (Xerces Society, 2014).

Cependant, les espèces indigènes qui ont tendance à se disperser facilement et à persister sont à éviter à proximité des cultures, puisqu'elles peuvent compliquer le désherbage. Or, certaines d'entre elles peuvent être implantées au pied d'une haie plus éloignée, en bordure des champs, sans causer de problème.



L'anémone du Canada (*Anemone canadensis*) est une espèce indigène appréciée par plusieurs ennemis naturels. Cependant, son comportement envahissant doit être considéré.



À l'automne, lorsque les sources de nourriture sont plus rares, les asters sont visités par de nombreux insectes.

Les bandes fleuries peuvent être réalisées soit en implantant de jeunes plants de vivaces, ou encore un mélange de semences.

Les bandes réalisées avec de jeunes plants de vivaces

Les bandes fleuries établies à partir de plants de vivaces ont une durée de vie considérable qui, dans certains cas, peut aller jusqu'à des dizaines d'années. Elles sont généralement implantées en bordure des champs, mais elles peuvent également être implantées à travers les cultures pour y favoriser la dispersion des ennemis naturels.

Les végétaux sont idéalement plantés dans un sol exempt de mauvaises herbes problématiques ou de plantes très compétitives. Les bandes fleuries peuvent être réalisées sur un sol plat. Cependant, l'implantation sur un talus permet d'améliorer le drainage. Dans certains cas, cette action peut s'avérer nécessaire pour prolonger la durée de vie des végétaux. Par ailleurs, la sélection des espèces doit toujours être effectuée en considérant les caractéristiques du sol ainsi que les autres aspects environnementaux du site.

Les ennemis naturels repèrent difficilement les plants isolés. Par conséquent, il est préférable de les regrouper par espèces afin de créer des masses de 5 à 10 plants. Dans la majorité des cas, l'implantation de bandes fleuries larges (2,5 à 10 m) et reliées entre elles permet d'augmenter leur efficacité, en comparaison à de petites parcelles isolées.

Réaliser des bandes fleuries en implantant de jeunes plants permet d'obtenir une floraison abondante des plantes vivaces dès la première année.



Les mélanges de semences

Les mélanges de semences présentement disponibles sur le marché ont été élaborés plus particulièrement pour favoriser la présence des insectes pollinisateurs. Cependant, certaines des espèces végétales qui composent ces mélanges peuvent aussi être bénéfiques aux ennemis naturels. À cet effet, un mélange de semences peut être implanté dans une haie ou utilisé pour réaliser une bande fleurie en bordure d'un champ cultivé.

Pour la réalisation d'une bande composée de plantes vivaces, l'achat d'un mélange de semences implique un coût initial moins élevé que l'achat de jeunes plants. Cependant, la plupart des espèces vivaces fleurissent à leur plein potentiel seulement à partir de la troisième année suivant le semis. Pour les deux premières années, l'ajout de semences d'annuelles permet d'assurer la floraison de la bande. Cette pratique a aussi pour effet de favoriser l'établissement des espèces vivaces. En effet, les espèces annuelles à croissance rapide, comme l'avoine, leur procurent un abri les protégeant de la dessiccation, ce qui favorise leur germination et leur croissance. Les espèces sélectionnées à cet effet doivent être celles qui produisent des semences ne résistant pas à nos hivers. Ces plantes disparaissent par la suite, laissant la place à celles vivaces.

Bande établie à partir d'un mélange de semences de vivaces, composé entre autres de rudbeckies hérissées (*Rudbeckia hirta*), de coréopsis lancéolés (*Coreopsis lanceolata*) et de monardes fistuleuses (*Monarda fistulosa*).



Les bandes fleuries établies à partir de semences (de vivaces et/ou d'annuelles) peuvent mesurer entre 2 à 6 m de largeur. La densité (nombre de semences/unité de surface) influence la croissance des mauvaises herbes. Les recommandations varient selon la composition du mélange (entre 20 et 50 kg/ha) et elles sont généralement mentionnées par l'entreprise qui en fait le commerce.



Bande fleurie établie à partir d'un mélange de semences composé de vivaces et d'annuelles. La première année, seules les plantes annuelles, comme le cosmos bipenné (*Cosmos bipinnatus*), la centaurée bleuet (*Centaurea cyanus*) et la phacélie à feuilles de tanaisie (*Phacelia tanacetifolia*), fleurissent.

Afin de diminuer la compétition des plantes utiles avec les mauvaises herbes, des désherbages peuvent être effectués. Lorsque la densité des plantes désirées semble être insuffisante, un sursemis d'un mélange de semences peut être réalisé. Cette pratique permet d'assurer le maintien de la diversité des ressources disponibles pour les ennemis naturels.

La sélection des espèces végétales : une étape importante

Une sélection judicieuse des plantes utilisées pour la réalisation de bandes fleuries permet d'éviter les problèmes de mauvaises herbes dans les cultures, de faciliter l'entretien des bandes et d'augmenter leur efficacité et leur durabilité.

Comme mentionné précédemment, il importe d'éviter de sélectionner des plantes qui hébergent des ravageurs ou des maladies qui peuvent affecter les cultures. Si vous souhaitez vous procurer un mélange de semences déjà élaboré, il est préférable de s'assurer que chaque plante qui compose le mélange n'est pas un hôte potentiel pour les ravageurs ou les maladies qui affectent les cultures adjacentes.



Les haies brise-vent peuvent servir de corridors de déplacement pour la faune. De plus, la sélection des arbres et des arbustes qui les composent peut-être réalisée de façon à offrir des sources de nourriture aux insectes et aux oiseaux.

Les haies brise-vent

En maraîchage, les haies sont généralement implantées autour des champs cultivés, afin de protéger les cultures contre le vent. Ces haies brise-vent sont généralement constituées de grands arbres et d'arbustes implantés sur deux à cinq rangées, pour créer un mur de végétation dense longeant un champ cultivé.

L'ombre et la productivité : une préoccupation ?

La présence d'une haie peut influencer la productivité des cultures adjacentes de diverses façons. En modifiant la quantité et la qualité des rayons solaires qui arrivent aux plantes cultivées, la haie limite leur capacité de photosynthèse. Cependant, cette même haie est bénéfique à la productivité des cultures en permettant d'améliorer le microclimat et la disponibilité en eau dans le sol. De plus, elle aide à maintenir la fertilité et à contrôler l'érosion des sols, à diminuer la croissance des mauvaises herbes et à augmenter la répression naturelle des insectes ravageurs.

Du fait, la réalisation d'une haie permet généralement d'obtenir un gain en rendement. Effectivement, dans la plupart des cas, la diminution du rendement des plantes cultivées à proximité de la haie est largement compensée par l'augmentation du rendement de celles situées dans le reste de la zone protégée par la haie. À titre d'exemple, le rendement peut diminuer sur une distance équivalant à environ 1,5 fois la hauteur des arbres, mais être accru dans le reste de la zone protégée, qui s'étend sur une distance de 15 à 20 fois la hauteur des arbres (Soltner, 1995).

Plus la hauteur des arbres est élevée, plus la zone de protection pour les cultures est étendue. Par ailleurs, un réseau de haies implanté en alternance avec les parcelles cultivées permet de maximiser l'étendue des zones protégées. Quant aux arbustes qui composent les haies, ils contribuent à diminuer l'effet Venturi, c'est-à-dire l'accélération du vent au sol qui se produit au pied des grands arbres lors de forts vents.

Afin d'augmenter l'attractivité de la haie brise-vent pour les insectes prédateurs et parasitoïdes, il importe de sélectionner des espèces d'arbres et d'arbustes florifères et dont les périodes de floraison sont successives. Une telle démarche permet d'assurer la disponibilité du pollen et du nectar sur une période étendue. De plus, la sélection de quelques arbres et arbustes fruitiers permet d'attirer les oiseaux.

En somme, sélectionner une diversité d'arbres et d'arbustes (entre 10 et 15 espèces) présentant différents ports et feuillages (incluant des feuillus et des conifères) permet d'offrir aux ennemis naturels une diversité de microhabitats et de sites pour se poser, se reproduire ou s'abriter. Par ailleurs, favoriser le recouvrement du sol par une couche herbacée (lisière de 0,5 à 2 m de largeur) permet d'obtenir une meilleure protection du sol contre l'érosion et de créer un refuge favorable pour plusieurs ennemis naturels.



Le caraganier de Sibérie (*Caragana arborescens*) fleurit au printemps. Il peut servir de site de ponte aux chrysopes. De plus, son feuillage riche en azote peut être utilisé pour fertiliser certaines cultures ou des bandes fleuries.

Les arbres et les arbustes favorisant la présence des ennemis naturels

Pour encourager la présence des insectes prédateurs et parasitoïdes avant l'arrivée des insectes ravageurs, les végétaux qui fleurissent tôt au printemps sont particulièrement importants. Pour cette raison, l'amélanchier du Canada (*Amelanchier canadensis*), l'amélanchier glabre (*Amelanchier laevis*) et le sureau rouge (*Sambucus racemosa*) sont des espèces intéressantes. De plus, elles produisent des fruits d'été appréciés par les oiseaux.

Des arbustes comme le sureau du Canada (*Sambucus canadensis*), le cassissier (*Ribes nigrum*), le groseillier à grappes (*Ribes rubrum*) ainsi que des arbres comme les cerisiers (*Prunus* spp.) produisent aussi des fruits d'été prisés par les oiseaux.

Les fruits d'automne sont une source d'énergie particulièrement importante pour les oiseaux migrateurs avant qu'ils entreprennent leur voyage. Les fruits persistants sont une source de nourriture soutenant les oiseaux résidents. Certains arbustes comme les viornes (*Viburnum* spp.) et l'aronie noire (*Aronia melanocarpa*), ainsi que certains arbres comme les aubépines (*Crataegus* spp.) et le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana*), conservent leurs fruits durant l'hiver.



Les fruits des viornes (*Viburnum* spp.) restent accrochés aux branches durant une bonne partie de l'hiver.

Les cônes du mélèze laricin (*Larix laricina*), de la pruche du Canada (*Tsuga canadensis*) et des pins (*Pinus* spp.) sont d'autres sources de nourriture appréciées par plusieurs petits oiseaux. Pour installer leurs nids, un bon nombre d'oiseaux privilégient les épinettes (*Picea* spp.) et le cèdre blanc (*Thuja occidentalis*). De plus, en conservant leurs aiguilles durant l'hiver, les épinettes, les cèdres et les pins procurent aux oiseaux un abri contre le vent.

3.2 LES ABRIS CONSTRUITS DE MATÉRIAUX NATURELS

Les cabanes à insectes, les nichoirs à oiseaux, les dortoirs à chauves-souris et les amoncellements de matières sont des structures relativement simples à réaliser. Plusieurs de ces abris peuvent être construits avec des matériaux naturels généralement disponibles sur le site de la ferme.

Les cabanes à insectes

Les cabanes à insectes sont de forme et de taille variables. Ces abris peuvent prendre la forme d'une petite cabane (ressemblant à un nichoir d'oiseau) ou d'un véritable hôtel à insectes. Pour la réalisation d'un hôtel à insectes, une structure ressemblant à une bibliothèque peut être construite avec quelques planches de bois non traité et résistant aux intempéries, comme la pruche. Cependant, le cèdre ne doit pas être utilisé à cet effet puisqu'il a des propriétés répulsives pour plusieurs insectes. Une telle structure permet de créer une série de petites cases qui peuvent ensuite être remplies avec des branches, des tiges creuses, des morceaux d'écorce, des briques usagées, des pots de plantes en terre cuite et des cocottes.



Les cabanes à insectes facilitent leur observation. Ces structures sont donc des outils pédagogiques intéressants.

Certains insectes ont des préférences pour les matériaux qui constituent leurs abris : les coccinelles préfèrent les petites plaquettes de bois rapprochées, les chrysopes trouvent refuge dans la paille et le foin, les perce-oreilles vont se loger dans les pots en terre cuite remplis de foin et les abeilles et les guêpes pondent dans les bûches trouées. La sélection des matériaux peut être réalisée pour tenter d'attirer plus particulièrement certaines espèces d'insectes. Cependant, pour qu'un bon nombre d'espèces fréquente ces abris, il est préférable de remplir ces cabanes avec plusieurs matériaux différents.

Sur les côtés de l'hôtel où les matériaux de remplissage sont exposés, du treillis de métal (style cage à poules) peut être placé afin de retenir les matériaux et limiter l'accès à certains oiseaux prédateurs, tels que les pics. Enfin, un toit est généralement ajouté à la structure pour la protéger de la pluie et en prolonger la durabilité.

Les cabanes à insectes sont idéalement installées dans des endroits ensoleillés ou partiellement ombragés. De plus, ces abris doivent être situés à des endroits où les insectes ont accès à des ressources alimentaires abondantes, afin de minimiser les déplacements qu'ils doivent effectuer pour s'alimenter. Les bordures de haies, les bandes fleuries ou les champs non cultivés sont généralement de bons endroits pour les installer.

Les nichoirs à oiseaux

Plusieurs espèces d'oiseaux insectivores profitent de nichoirs installés en milieu agricole. L'hirondelle bicolore (*Tachycineta bicolor*), le merlebleu de l'Est et la crécerelle d'Amérique sont de ces espèces.

Le choix du modèle de nichoir est réalisé en tenant compte des espèces d'oiseaux qui pourront l'utiliser. Les préférences des oiseaux concernant certaines caractéristiques du nichoir varient selon les espèces. Par conséquent, les recommandations concernant le diamètre et la forme de l'ouverture, les dimensions du nichoir, l'emplacement, l'orientation et la hauteur d'installation sont à considérer. Par ailleurs, la présence de matériaux comme des copeaux de bois au fond du nichoir est appréciée de certains oiseaux, dont les pics.



Les nichoirs peuvent être installés sur des piquets de clôture, de vieux arbres ou des poteaux en acier.

Idéalement, divers types de nichoirs sont sélectionnés afin d'en favoriser l'occupation par un bon nombre d'espèces. Ils sont installés préférablement en février et ils doivent être vidés entre la fin septembre et le début mars, soit une fois par année entre les périodes de reproduction. Le nettoyage des nichoirs est nécessaire, puisque l'accumulation de débris et de fientes à l'intérieur peut empêcher de nouvelles occupations.

Afin de diminuer les populations de petits rongeurs dans les cultures, la présence du petit-duc maculé, de la petite nyctale et de la chouette rayée (*Strix varia*) peut aussi être favorisée par la pose de nichoirs.

Les dortoirs à chauves-souris



Deux dortoirs installés parallèlement sur un poteau permettent aux chauves-souris de se déplacer de l'un à l'autre facilement lorsqu'elles sont inconfortables en raison des variations de température.

Les chauves-souris utilisent les dortoirs pour se reposer durant le jour, de la mi-mai à la fin août. Après la saison estivale, elles quittent les dortoirs pour aller hiberner dans des grottes ou des mines désaffectées. Afin de maximiser les chances d'occupation, les dortoirs doivent être installés avant la fin de la période d'hibernation des chauves-souris, soit entre les mois de mars et d'avril.

Étant donné que les chauves-souris cherchent la chaleur, les dortoirs doivent être situés dans un endroit où l'ensoleillement direct est d'au moins 7 heures par jour. De plus, ils devraient idéalement être installés face au sud. Les dortoirs au nord sont plus rarement occupés. Néanmoins, lors de fortes chaleurs, ils peuvent servir de dortoirs alternatifs. Les chauves-souris ont besoin d'un minimum de deux dortoirs à moins de 500 m de distance. Puisqu'elles changent fréquemment de dortoirs, plusieurs peuvent être installés sur le même site.

Au Québec, il est préférable d'utiliser des dortoirs peints d'une couleur foncée favorisant l'augmentation de la température à l'intérieur. Ils peuvent être installés sur un arbre, un bâtiment ou un poteau, à une hauteur minimale de 3 m du sol. L'espace sous les dortoirs doit être dégagé pour faciliter l'accès aux chauves-souris.

Ces abris sont généralement munis de panneaux minces à l'intérieur, pour créer de petites chambres de 2 à 3 cm où les chauves-souris vont se loger. Ces panneaux doivent être rainurés pour leur permettre de s'accrocher. Le calfeutrage du dortoir avec un enduit au latex est recommandé pour prolonger sa durée de vie et pour réduire les infiltrations d'eau qui font fuir les chauves-souris.

L'occupation des dortoirs peut prendre quelques années. Les chances de succès sont plus élevées lorsque des chauves-souris ont déjà été observées dans les environs et que le site est situé à proximité d'une grotte ou d'une mine abandonnée et à moins d'un kilomètre d'un lac ou d'un cours d'eau.

Les amoncellements de branches, de feuilles ou de roches

La création d'un tas de branches est assez simple. Elle consiste à employer des billes de bois ou de grosses branches et quelques pierres pour stabiliser la base et à empiler de petites branches sur le dessus en les croisant aléatoirement, de façon à créer une pile aérée. Les haies brise-vent, les bandes fleuries et les boisés à proximité des cultures sont de bons endroits pour ces abris. La mise en place de plusieurs petites piles est généralement plus efficace que l'installation d'une seule de grande taille. À titre de référence, il est convenable de créer deux piles ou plus par acre de terrain.

Des tas de feuilles mortes peuvent être laissés à proximité des cultures pour favoriser la présence des ennemis naturels. En effet, les feuilles qui tombent aux pieds des arbres et le feuillage des plantes laissé au sol à l'automne servent d'abris hivernaux pour les coléoptères, les punaises prédatrices, les syrphes, les mouches tachinaires, les cantharides et les araignées. De plus, certains insectes comme les cantharides pondent parfois leurs œufs sous les feuilles mortes.



Les femelles cantharides pondent des masses de 100 à 200 œufs sous les feuilles mortes ou dans un sol humide. Leurs larves s'attaquent notamment aux pucerons.

Les monticules de roches peuvent abriter des grenouilles, des crapauds et des salamandres. Ces amphibiens les utilisent, entre autres, pour se reposer et se rafraîchir. Lors de la construction

des abris, quelques branches ou billes de bois sont insérées à travers les roches pour créer des interstices qui faciliteront l'accès aux amphibiens et permettront une certaine ventilation à l'intérieur de l'abri. Des abris de formes et de dimensions variables peuvent être disposés près d'un boisé, d'un cours d'eau à faible débit ou d'un étang.



Des abris composés de billes de bois et de roches peuvent être disposés à travers une haie brise-vent ou une bande fleurie afin de favoriser la présence des amphibiens à proximité des cultures.

3.3 LES ÉTANGS TEMPORAIRES ET PERMANENTS

La réalisation d'étangs de faible profondeur permet de favoriser la présence des crapauds, des grenouilles et des salamandres. Cependant, chaque espèce d'amphibien a des besoins particuliers et des préférences pour les types d'étangs qu'ils occupent.

Un étang temporaire est un étang peu profond (moins d'un mètre) qui s'assèche complètement lorsque la nappe phréatique est à son niveau le plus bas, soit en août ou en septembre. Plusieurs espèces d'amphibiens, telles que le crapaud d'Amérique de l'Est, la grenouille des bois, la salamandre maculée et la salamandre à points bleus utilisent ce type d'étang comme site de reproduction. Évidemment, afin de favoriser la présence de ces amphibiens, la durée de la période d'inondation de l'étang doit être suffisante pour permettre le développement des têtards et des larves.



Un étang temporaire favorise la présence des amphibiens, dont la métamorphose se termine vers la fin de l'été, soit avant l'assèchement naturel de l'étang.

Un étang permanent est plus profond qu'un étang temporaire et il peut servir de site de reproduction et d'hibernation. En effet, plusieurs espèces de grenouilles passent l'hiver enfouies dans la vase au fond d'un plan d'eau, et ce, à différents stades de leur croissance. C'est le cas des espèces comme la grenouille verte, la grenouille léopard du Nord et le ouaouaron (*Lithobates catesbeianus*). Les têtards de ces espèces passent plusieurs mois (voire des années pour le ouaouaron) dans l'eau avant de compléter leur métamorphose. Afin de les protéger du gel de l'hiver, une zone de l'étang doit avoir une profondeur d'au moins un mètre.



Un étang permanent favorise les espèces d'amphibiens dont la métamorphose s'étend sur plusieurs mois ou années.

Dans un étang permanent créé pour les amphibiens, les poissons ne doivent pas être volontairement introduits, puisqu'ils sont des prédateurs d'œufs, de larves et de têtards d'amphibiens. De plus, leurs excréments contribuent à augmenter la concentration de nutriments organiques dans l'eau, accélérant ainsi la dégradation de la qualité de l'eau de l'étang. Par ailleurs, l'assèchement naturel des étangs temporaires fait en sorte qu'ils présentent des conditions défavorables à l'établissement de tels prédateurs.

Créer différents types d'étangs permet de favoriser différentes espèces d'amphibiens. Par exemple, un grand étang permanent peut être accompagné d'une série de petits étangs temporaires de différentes formes et profondeurs.

Plusieurs espèces d'amphibiens pondent à plusieurs reprises au cours de la même année et répartissent leurs œufs sur plusieurs plans d'eau. Cette stratégie permet de diminuer les risques que leur descendance soit complètement décimée en cas de sécheresse ou de prédation. La proximité (moins de 200 m) des plans d'eau permet de faciliter leurs déplacements en limitant les risques de déshydratation.

Le choix du site pour la création d'un étang

L'étang doit être réalisé à proximité (moins de 500 m) des habitats naturellement utilisés par les amphibiens, comme un boisé mature, une haie arbustive et un plan d'eau, et non dans le milieu d'un champ cultivé où il leur serait peu accessible. Bien entendu, avant d'entreprendre des travaux à proximité d'un lac ou d'un cours d'eau existant, il est important de s'informer des lois et règlements en vigueur.

Le site choisi pour l'aménagement d'un étang doit être ensoleillé afin de permettre le réchauffement de l'eau, ce qui favorise le succès de reproduction des amphibiens ainsi que le développement des larves et des têtards.

L'étang doit être créé sur un site à l'abri des pesticides et où l'apport en fertilisants est faible. Les amphibiens ont une peau perméable. Par conséquent, ils sont très vulnérables aux substances toxiques présentes dans leur environnement. Ces substances pénètrent leur organisme et s'y propagent rapidement. Les pesticides peuvent atteindre leurs systèmes nerveux, immunitaire et reproducteur. De plus, ils peuvent

entraîner l'apparition de malformations chez ces animaux. Par ailleurs, les fertilisants azotés (incluant les fumiers) contiennent des nitrates ; une forte concentration de nitrates dans l'eau de l'étang (60 mg/L) peut avoir des effets létaux sur les larves et têtards d'amphibiens.

Choisir un site humide ou une dépression permet de favoriser naturellement l'accumulation et la rétention de l'eau dans l'étang. L'eau d'un étang peut provenir de la nappe phréatique, du ruissellement des eaux ou de la fonte des neiges. Lorsque l'accumulation de l'eau est insuffisante, un puits de surface ou artésien peut aider à la maintenir à un niveau suffisamment élevé.

Sur un sol argileux ou limoneux, l'aménagement d'un étang nécessite rarement une imperméabilisation artificielle. Cependant, pour créer un étang sur un sol filtrant (sableux ou graveleux) avec une nappe phréatique profonde, il est généralement nécessaire d'imperméabiliser le sol à l'aide d'une membrane artificielle ou de l'argile.

Effectivement, pour déterminer si le fond de l'étang doit être imperméabilisé ou non, ainsi que pour connaître la profondeur à laquelle un étang doit être creusé, les conditions édaphiques (sol) et hydriques (eau) du milieu doivent être évaluées. À cet effet, quelques tests peuvent être effectués.

Un de ces tests consiste à creuser un trou à la profondeur prévue pour l'étang (la dimension du trou importe peu), à ajouter de l'eau dans le trou, à marquer la hauteur de l'eau à l'aide d'un bout de bois et noter périodiquement (environ toutes les heures) la hauteur de l'eau. Ce test permet d'évaluer la vitesse d'infiltration de l'eau. Après 48 heures, si cette vitesse est de plus de quelques centimètres à l'heure, une imperméabilisation du fond de l'étang sera nécessaire.

De plus, en observant les parois de ce trou, il est possible de voir les marques laissées par les fluctuations de la nappe phréatique. En effet, la fourchette de battement de la nappe phréatique est généralement ponctuée de taches couleur rouille. Cet indice aide à déterminer la profondeur de creusage pour la création de l'étang.

Le creusage d’un étang et le profilage des berges

Pour la réalisation d’un nouvel étang, il est recommandé de creuser lorsque la nappe phréatique est à son plus bas, soit généralement en août ou en septembre. Effectué durant cette période, le creusage permet de déterminer la profondeur minimale à prévoir pour l’étang. À titre d’exemple, pour la réalisation d’un étang temporaire (s’asséchant généralement à cette période de l’année), la profondeur minimale du trou serait atteinte lorsque le niveau de l’eau est atteint. Pour la réalisation d’un étang permanent, le trou serait creusé davantage afin d’y assurer la présence d’un minimum d’eau tout au long de l’année.



La meilleure période pour creuser un étang est lorsque la nappe phréatique est à son niveau le plus bas, généralement en août ou en septembre.

Les berges des étangs doivent être sinueuses et présenter une pente faible et variable (entre 5 et 20 %). Ces caractéristiques permettent la croissance de la végétation et la création de microhabitats pour les amphibiens. Dans les étangs permanents, des paliers peuvent être créés pour permettre l’implantation de végétaux semi-aquatiques.



Cet étang est muni d’un muret de grosses pierres. Les amphibiens peuvent utiliser les interstices entre ces pierres pour s’abriter. Cependant, une telle structure construite sur tout le pourtour d’un étang a pour effet de compliquer leurs déplacements.

Les végétaux : pour le maintien de la qualité de l'eau et de l'habitat

La présence d'une bande constituée de végétaux contribue à prévenir l'érosion des berges et à réduire l'apport de fertilisants et l'accumulation de litière dans l'étang. De plus, elle permet de créer un microclimat humide pour les amphibiens, qui sont majoritairement très sensibles à la déshydratation. À ces fins, il est recommandé de conserver ou de créer une bande mesurant minimalement de 3 à 6 m de largeur composée de quelques végétaux de plus de 60 cm de hauteur, incluant des arbustes.

Cependant, l'implantation d'arbustes et d'arbres autour de l'étang doit être modérée, c'est-à-dire que l'ombre qu'ils projettent ne devrait pas couvrir plus du tiers de l'étang. La croissance des algues nuisibles dans l'étang est afectée par une diminution de la quantité et la qualité des rayons solaires qu'elles reçoivent. Or, des conditions de faible ensoleillement peuvent aussi contribuer à abaisser la température de l'eau et ainsi affecter le succès de la reproduction de certains amphibiens.

Un manque d'oxygène (faible concentration d'oxygène dissout) dans l'eau d'un étang peut affecter le développement des larves et des têtards d'amphibiens. Afin d'augmenter la concentration d'oxygène dans l'eau d'un étang permanent, des végétaux aquatiques indigènes peuvent être ajoutés dans la zone peu profonde. À cet effet, une densité de 2 ou 3 plants par m^2 convient. Les plantes à feuilles émergées ou flottantes ne doivent pas couvrir plus du tiers de l'étang pour laisser pénétrer les rayons solaires qui auront pour effet de réchauffer l'eau.



La pesse commune (*Hippuris vulgaris*) est une plante à feuilles émergées qui est oxygénante. De plus, elle aide à maintenir une eau claire et limpide en absorbant les minéraux et les métaux lourds qu'elle contient.

Les entretiens courants

En premier lieu, il faut savoir qu'un étang évolue naturellement en se dégradant, c'est-à-dire qu'il se comble éventuellement de matière organique et de sédiments et s'assèche. Ce processus s'étend généralement sur plusieurs années, voire des décennies pour les étangs permanents. Cependant, en milieu agricole il se produit souvent de façon accélérée. Les principales causes de l'accélération de ce processus sont la mise à nu du sol pour les cultures annuelles et l'épandage de lisiers, de fumiers ou autres fertilisants.

Un sol dépourvu de végétation est très vulnérable à l'érosion produite par le vent et les eaux de ruissellement, lesquels peuvent transporter des particules détachées du sol jusqu'à l'étang. L'ajout de ces particules à l'eau augmente temporairement sa turbidité (concentration des particules en suspension), ce qui lui confère une apparence trouble, en plus d'accélérer le comblement de l'étang.

Une forte concentration en azote et en phosphore (provenant des fertilisants utilisés pour les cultures) dans l'eau de l'étang favorise la prolifération d'algues et le développement de bactéries aérobies. Ce phénomène est problématique, puisque la décomposition des algues par ces bactéries entraîne une diminution de la quantité d'oxygène présente dans l'eau. Étant donné que la concentration de l'oxygène diminue aussi dans l'eau lorsque sa température augmente, l'état de l'étang a tendance à s'aggraver davantage lors des chaudes journées d'été.

Pour ces raisons, le suivi et l'entretien des étangs en milieu agricole s'avèrent nécessaires pour maintenir la qualité de l'eau qu'ils contiennent et pour maximiser leur attractivité pour les amphibiens. Les entretiens consistent principalement à enlever les surplus d'algues, d'autre végétation aquatique, de feuilles mortes et de vase au fond de l'étang.

Pour les étangs de petites dimensions, les curages (retrait de la vase du fond) peuvent être réalisés avec une pelle à main, alors que pour les étangs de grandes dimensions l'utilisation d'une pelle mécanique peut s'avérer nécessaire. L'accumulation de la matière organique et l'envasement surviennent généralement plus rapidement dans un étang de petite dimension. Par conséquent, un tel étang nécessite généralement des entretiens plus fréquents qu'un étang de grande dimension. Cependant,

l’assèchement annuel qui se produit naturellement pour un étang temporaire permet d’accélérer la décomposition de la vase (minéralisation de la matière organique) grâce à l’apport d’oxygène. De ce fait, la quantité de vase accumulée au fond de ce type d’étangs est généralement moins élevée.

Si l’assèchement d’un étang temporaire ne s’effectue pas naturellement (par l’évaporation de l’eau et par l’abaissement de la nappe phréatique), il est conseillé d’installer un système pour vidanger l’eau. Quant aux étangs permanents, ils doivent avoir de l’eau en permanence et leur curage doit être réparti sur plusieurs années.

Lors des entretiens, une partie de l’étang doit être préservée intacte pour favoriser la recolonisation par les organismes aquatiques. De plus, afin de minimiser les impacts négatifs sur les amphibiens, ces entretiens doivent être réalisés au début de l’automne. Durant cette période, ils réagissent mieux aux perturbations, puisque la plupart des têtards ont complété leur métamorphose et que le froid n’a pas encore entraîné leur hibernation.

Dans ce chapitre, plusieurs aménagements favorisant la présence des ennemis naturels dans les cultures maraîchères ont été présentés. Le prochain chapitre porte sur un projet innovant visant à expérimenter dans la pratique avec ces aménagements, dans un contexte de maraîchage bio-intensif. Ce projet est actuellement réalisé par l’équipe d’Écomestible à la Ferme des Quatre-Temps.



CHAPITRE 4

La Ferme des Quatre-Temps : des aménagements pour les ennemis naturels des insectes ravageurs en maraîchage bio-intensif

En collaboration avec Jonathan Pineault, Alexandre Gilbert et Gabriel Grenier d'Écomestible

La Ferme des Quatre-Temps est située à Hemmingford, dans le sud du Québec. Elle occupe 167 acres, dont 12,9 en production maraîchère biologique intensive et 60 en pâturages en rotation pour l'élevage de bovins, de coqs à chair et de poules pondeuses. Du printemps 2015 à l'automne 2017, l'entreprise Écomestible a accompagné cette ferme dans ses démarches pour appliquer certains principes d'action de la permaculture. L'utilisation et la valorisation de la diversité (par exemple par la polyculture), l'utilisation et la valorisation des services naturels (que procurent entre autres les plantes, les organismes dans le sol) et des ressources renouvelables, ainsi que la réduction des déchets, sont quelques-uns de ces principes. Afin de faciliter leur mise en pratique, l'équipe d'Écomestible a conçu et réalisé un aménagement conséquent de la superficie dédiée à la production maraîchère et proposé des pratiques de conservation.

En 2016, sur les 6,3 acres de terrain dédiés à la production maraîchère (première phase du projet), 3,7 acres (58,7 %) ont été consacrés aux cultures et 1,7 acre (27,6 %) aux aménagements pour la biodiversité.



Le contexte privilégié de ce projet a permis d'explorer plus spécifiquement comment maximiser l'activité des ennemis naturels des insectes ravageurs dans les cultures. Bref, l'équipe d'Écomestible a conçu et réalisé des aménagements optimisés à cet effet et travaillé en étroite collaboration avec Jean-Martin Fortier, directeur de cette ferme, afin d'assurer l'intégration de ces aménagements dans l'agroécosystème.

Dans la première partie de ce chapitre, le paysage agricole et naturel d'Hemmingford, les activités de la Ferme des Quatre-Temps ainsi que le mandat d'Écomestible sont présentés. Dans la deuxième partie, les aménagements réalisés sont décrits en détail. Dans la troisième partie, les implications et perspectives du projet sont résumées.

4.1 LE CONTEXTE DU PROJET

En adoptant plusieurs pratiques de conservation à l'échelle de l'agroécosystème, de la ferme et du paysage, les producteurs agricoles peuvent apporter une contribution significative à la conservation de la biodiversité locale. Par ailleurs, l'adoption d'une telle approche permet aux producteurs de bénéficier de services non négligeables, comme la répression naturelle des insectes ravageurs et la pollinisation des cultures.

Le paysage agricole et naturel de Hemmingford

Cette municipalité est située en Montérégie, une région dominée par l'agriculture intensive. Dans cette région, la zone agricole couvre 86 % (953 402 hectares) du territoire et la superficie cultivée (572 041 hectares) correspond au quart des terres en culture au Québec. Situé dans la partie sud-ouest de la Montérégie, le paysage de Hemmingford se démarque par ses vastes superficies boisées.

La municipalité de Hemmingford, constituée de la ville et du canton, s'étend sur un territoire de 159 km². La population est estimée à 2599 habitants, soit environ 16 habitants/km^2. Le secteur agricole est composé, entre autres, d'entreprises pomicoles, de productions en serres et d'entreprises laitières et d'élevage. Les cultures intensives de maïs et de soya y sont aussi présentes. Cependant, contrairement à la majorité des paysages de la Montérégie, le paysage d'Hemmingford n'est pas dominé par ces cultures.

La couverture forestière occupe environ 70 % (111 km^2) du territoire de la municipalité. La conservation de vastes superficies forestières peut être attribuée aux sols peu fertiles pour l'agriculture comparativement à ceux du reste de la région. Les sols sont composés de till remanié et d'argile et, par endroits, de matière organique issue de tourbières. Quant aux milieux humides, peu perturbés, ils occupent environ 10 % (16 km^2) du territoire de la municipalité.

Ce paysage naturel est malheureusement vulnérable aux pressions environnementales associées à l'expansion agricole. Les grandes cultures ayant déjà fait disparaître une forte proportion des milieux humides et des boisés de la Montérégie, la conservation des écosystèmes d'Hemmingford est de grande importance pour la biodiversité du sud du Québec (Canards Illimités Canada, 2006).

Les activités de la Ferme des Quatre-Temps

La mission de cette entreprise est d'offrir un modèle agroalimentaire écologique et économiquement viable sur de petites surfaces. Afin d'innover et de stimuler la recherche, l'entreprise collabore régulièrement avec un bon nombre d'acteurs dévoués à l'agriculture biologique et à la permaculture. Cherchant à promouvoir l'agriculture biologique régionale, elle partage son expertise en formant de nouveaux fermiers et elle s'engage avec une forte présence médiatique dans le débat public sur l'agriculture.

La ferme produit une trentaine de légumes annuels. Son système de production bio-intensif lui permet d'obtenir un rendement élevé sur une surface relativement petite. À titre d'exemple, pour une parcelle de 1,2 par 30,5 m, les revenus bruts par année se situent entre 800 et 1200 dollars CAN.

La rotation des cultures annuelles est réalisée sur une courte période. Certaines parcelles sont utilisées pour produire trois récoltes de cultures différentes par année. Les récoltes multiples sont possibles grâce à l'usage de grands tunnels et de couvertures flottantes permettant de prolonger la saison de croissance. La laitue en champ est notamment récoltée jusqu'au mois de décembre. La ferme peut ainsi offrir au consommateur des produits frais sur une longue période. Les produits de la ferme sont vendus dans les marchés publics locaux ainsi qu'à plusieurs restaurants renommés de Montréal.



La diversification des cultures permet à la ferme d'offrir au consommateur une diversité de produits.

La ferme a adopté plusieurs pratiques agricoles de conservation. Les parcelles sont majoritairement cultivées en polyculture ; le travail du sol est effectué à la grelinette sans tracteur ni machinerie lourde. Tous les légumes sont semés et récoltés manuellement. Les méthodes culturales alternatives à l'épandage de pesticides sont priorisées.

Pour contrôler la croissance des mauvaises herbes à travers les parcelles cultivées, des toiles d'occultation sont utilisées entre les périodes de culture. De plus, des toiles tissées et perforées sont utilisées comme paillis principalement pour les laitues durant la période de culture. En contexte de sol non labouré, sans l'utilisation d'herbicides, l'utilisation de ces toiles permet de réduire efficacement le nombre de désherbages manuels nécessaires annuellement. En l'absence de telles pratiques alternatives, le désherbage serait une tâche énorme et coûteuse, ce qui minimiserait drastiquement la rentabilité de la production. Ces toiles approuvées en régie biologique sont jusqu'à maintenant une des solutions qui présentent le plus d'avantages pour le contrôle des mauvaises herbes en maraîchage sur petite surface.

En contexte de production sur petite surface, l'utilisation de filets protégeant les cultures contre les insectes ravageurs est une excellente alternative à l'épandage d'insecticides. Compte tenu de leur efficacité, les filets sont fréquemment utilisés à la Ferme des Quatre-Temps pour les crucifères (le chou, la rabiole, le chou-fleur, le brocoli), les alliacés (l'oignon vert, le poireau, l'ail) et la carotte. Évidemment, la présence de ces filets éloigne également les insectes bénéfiques des cultures. Néanmoins, leur santé n'est pas directement affectée et ils trouvent refuge dans les aires adjacentes (autres cultures et aménagements de végétaux).

Les réalisations de l'entreprise Écomestible

Écomestible a obtenu un mandat dès le démarrage des activités de la Ferme des Quatre-Temps, soit avant la phase d'implantation des cultures maraîchères. Il consistait à élaborer une stratégie globale et à réaliser des aménagements à proximité des cultures pour 1) maximiser la répression des insectes ravageurs par leurs ennemis naturels, 2) favoriser la création de microclimats pour allonger la saison de production et 3), allier un système de drainage efficace des parcelles cultivées à un système de captation, de rétention et d'infiltration des eaux.

Pour l'implantation des parcelles en cultures maraîchères, deux emplacements, des champs auparavant exploités pour le pâturage, ont été sélectionnés, un situé dans la partie nord (phase 1) et l'autre dans la partie sud de la ferme (phase 2). Dans la partie nord, l'implantation des parcelles a eu lieu simultanément avec la réalisation des aménagements au cours de l'été 2015. Cette partie comprend 27 parcelles (12,5 m par 30,5 m), dont 25 sont constituées de légumes annuels et 2 de légumes vivaces. Ces dernières parcelles sont expérimentales. Les aménagements (haies, bosquets, étangs, et autres abris) sont situés entre les parcelles et autour de l'agroécosystème. Un plan directeur offrant une perspective globale des aménagements réalisés lors de la première phase du projet est disponible à l'annexe 2.

Lors de la conception de ces aménagements, l'équipe d'Écomestible a été particulièrement inspirée par les schémas proposés par les auteurs de *Edible Forest Gardens*, Dave Jacke et Eric Toensmeier (2005a et 2005b). Par conséquent, l'aménagement de l'espace a été réalisé selon des principes tels que le placement des éléments au regard de la fréquence de leurs usages, la multifonctionnalité des interventions, ainsi que l'usage et la valorisation des bordures de la superficie en

production. De plus, l'équipe d'Écomestible a tenté de favoriser la protection des ennemis naturels dans les cultures en adaptant certains aménagements à la suite de commentaires de biologistes et d'autres passionnés de la faune.

Lorsque la première phase du projet a été terminée, des rencontres participatives avec des professionnels du secteur agricole ont eu lieu. Au cours de cette démarche, de nouvelles idées pour les aménagements prévus pour la deuxième phase du projet ont été développées. L'aménagement de la partie sud a été entamé au printemps 2016. L'établissement de 13 parcelles additionnelles (12,5 par 30,5 m) a été finalisé à l'été 2017. La réalisation de 14 bandes fleuries intercalaires (1,2 par 30,5 m), seulement composées de plantes herbacées, devrait être terminée au printemps 2018. Éventuellement, d'autres aménagements, comme des fossés filtrants, des nichoirs et d'autres abris pour les ennemis naturels, y seront réalisés.

La section suivante porte plus particulièrement sur les aménagements réalisés lors de la première phase du projet. Au moment de la rédaction du présent document, il était trop tôt pour dévoiler les détails de la conception et de la réalisation des aménagements prévus pour la deuxième phase. Néanmoins, les objectifs de la création des bandes fleuries intercalaires sont décrits à la dernière section.

4.2 LES AMÉNAGEMENTS POUR LES ENNEMIS NATURELS

Les aménagements réalisés lors de la première phase du projet sont des haies intercalaires, une haie brise-vent, des bosquets, des étangs temporaires et permanents (joints à un système de drainage) ainsi que des nichoirs et autres abris.

Les haies intercalaires

Une diversité d'arbustes denses et d'herbacées compose les 17 haies implantées sur une butte surélevée en alternance avec les parcelles cultivées. La réalisation de ces haies avait pour objectif de favoriser l'activité des insectes parasitoïdes et prédateurs et des oiseaux, en plus de créer des microclimats favorisant la productivité des cultures.



Les haies diversifiées intercalaires 3 mois après leur réalisation.

Toutes ces haies sont techniquement identiques. Chacune d'entre elles a une largeur de 2,5 m et une longueur de 30,5 m. La distance entre ces haies est de 12 m, soit l'équivalent de la largeur d'une parcelle établie pour la culture. Pour la réalisation de chaque haie, 96 jeunes plants ont été implantés afin de constituer une forte densité de végétaux. En somme, 19 espèces végétales, 11 espèces arbustives (majoritairement des fruitiers) et 8 espèces d'herbacées composent ces haies.

La sélection des végétaux a été réalisée de manière à assurer la succession des ressources (pollen, nectar, fruits) pour les ennemis naturels. Parmi les arbustes, le sureau du Canada (*Sambucus canadensis*) procure des fruits d'été particulièrement appréciés par les oiseaux. Du côté des espèces herbacées, l'agastache fenouil (*Agastache foeniculum*) a été sélectionnée pour attirer les guêpes parasitoïdes, le coréopsis à feuilles en aiguilles (*Coreopsis verticillata*) pour sa période de floraison importante (du début juillet à la fin septembre) et les asters (*Aster* spp.) pour la disponibilité du pollen et du nectar lorsque ces ressources sont plus rares à l'automne. L'annexe 3 contient une liste de plantes sélectionnées par les spécialistes d'Écomestible pour favoriser la présence des insectes et des oiseaux.



Lors de leur implantation, les jeunes plants de vivaces ont été disposés en groupes pour créer des masses entre les arbustes.

Afin de prévenir la croissance de mauvaises herbes, des cartons de grande dimension ont été déposés entre les plants qui constituent les haies intercalaires. Ensuite, les buttes ont été recouvertes d'un paillis de bois raméal fragmenté formant une couche d'une épaisseur approximative de 8 cm. Pour favoriser le recouvrement du sol, d'autres espèces d'herbacées, comme le trèfle blanc (*Trifolium repens*), le trèfle rouge (*Trifolium pratense*) et le lotier corniculé (*Lotus corniculatus*) ont été semés à la volée à travers le paillis de bois raméal fragmenté.

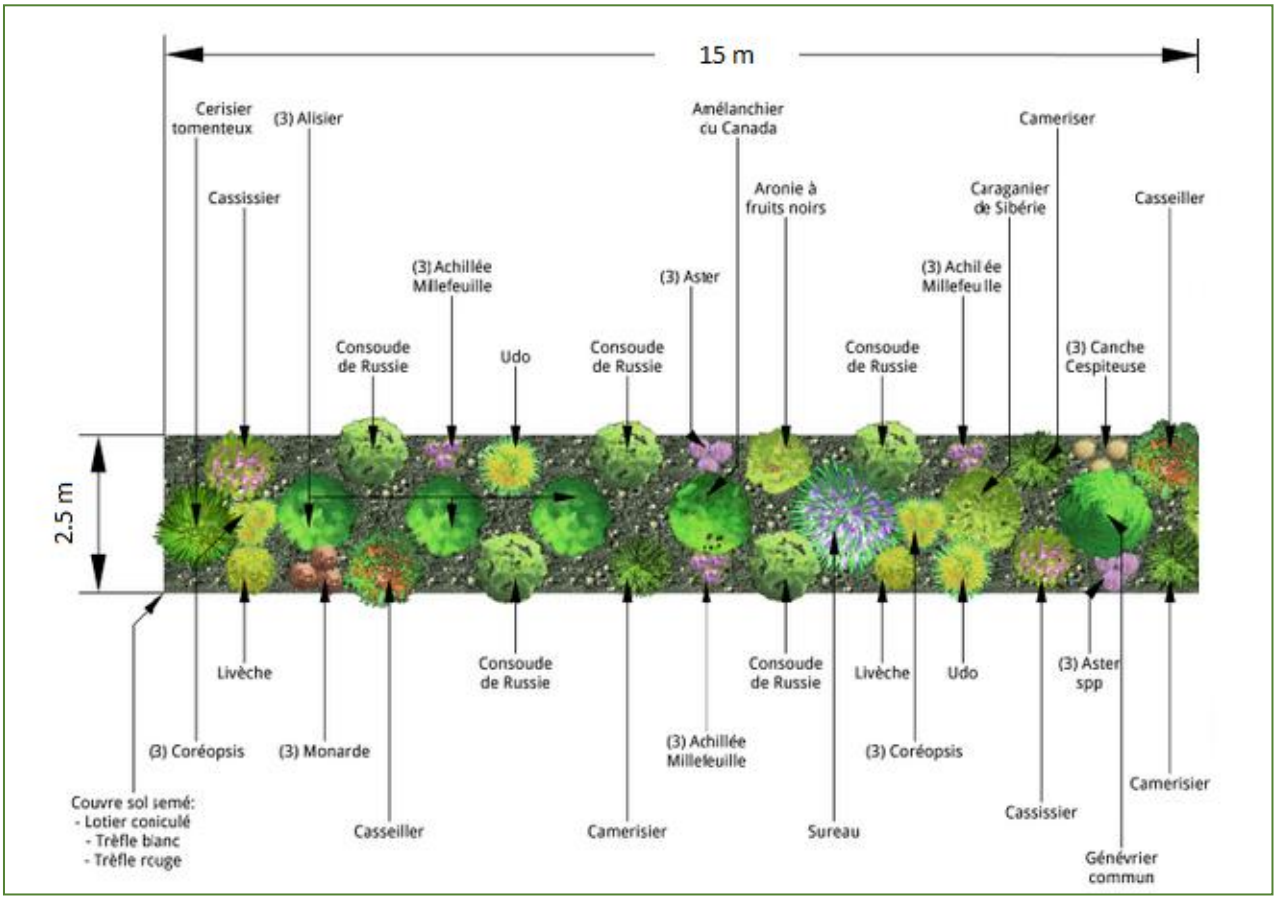


Illustration partielle du schéma de plantation des haies intercalaires
Réalisé par Écomestible

Une haie brise-vent

Une haie brise-vent constituée d'arbres ayant un port à grand déploiement et d'arbres florifères a été implantée au nord des parcelles cultivées. En incluant des arbres florifères, les spécialistes d'Écomestible ont cherché à multiplier les sources de nourriture et d'abris pour les ennemis naturels et à maximiser l'impact esthétique.

Les arbres ont été alignés pour former deux rangées sur une butte d'une largeur de 6,4 m et d'une longueur de 145 m. La première rangée est composée de noyers noirs (*Juglans nigra*) plantés en alternance avec des pins blancs (*Pinus strobus*). Ces espèces peuvent atteindre entre 21 et 24 m de hauteur à maturité. La seconde rangée est composée de robiniers faux-acacias (*Robinia pseudoacacia*), de catalpas de Caroline (*Catalpa bignonioides*), de catalpas élégants (*Catalpa speciosa*) et de virgiliers à bois jaune (*Cladrastis lutea*). Ces espèces ont une floraison exceptionnelle et elles peuvent atteindre entre 15 et 18 m de hauteur à maturité.



La haie brise-vent après son implantation, en septembre 2015.

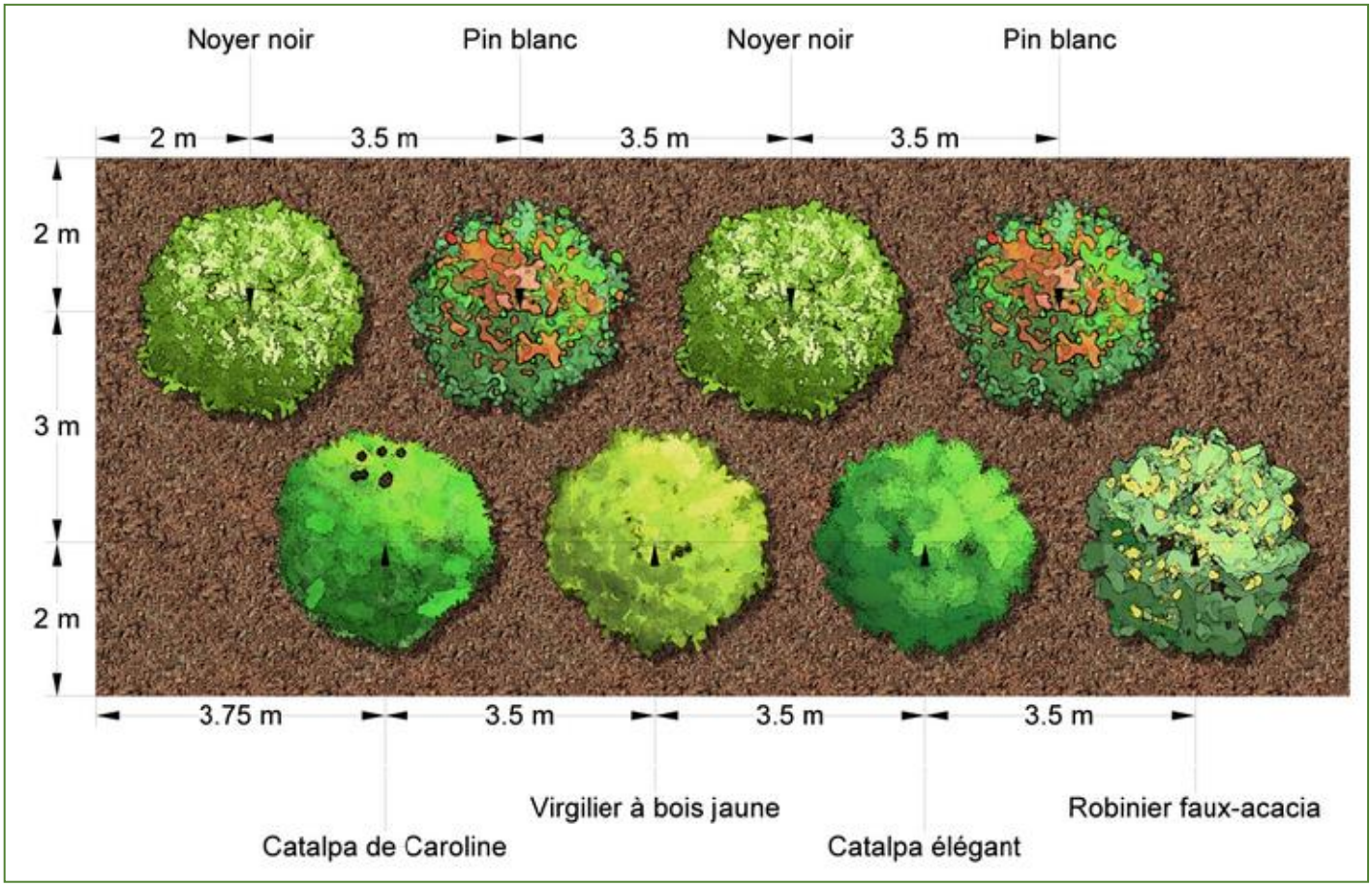


Schéma de plantation d'une section de la haie brise-vent
Réalisé par Écomestible

Comme couvre-sol, deux mélanges de semences provenant d'Aiglon Indigo, une entreprise dédiée à la production de végétaux indigènes, ont été utilisés : « Indigo couleur » et « Indigo 100 % annuelles ». Le premier est composé principalement de plantes vivaces indigènes des prairies américaines. Les plantes vivaces se sont établies tranquillement pour donner une floraison prononcée au cours de la troisième année suivant leur implantation. L'hélénie d'automne (*Heleniumm autumnale*), la rudbeckie hérissée (*Rudbeckia hirta*) et la monarde fistuleuse (*Monarda fistulosa*) sont parmi les espèces qui composent ce mélange. Le deuxième mélange, composé entièrement de semences de plantes annuelles, a été ajouté (à 15 %) afin d'obtenir une floraison marquée de la haie dès la première année et de favoriser l'établissement des vivaces. Ce dernier mélange est composé, entre autres, de cosmos bipennés (*Cosmos bipinnatus*), de centaurées bleuet (*Centaurea cyanus*) et de phacélies à feuilles de tanaisie (*Phacelia tanacetifolia*).



La haie brise-vent à l'été 2016. Les fleurs annuelles permettent de maximiser les ressources pour les ennemis naturels en attendant que les plantes vivaces s'établissent et que les arbres grandissent.

Cette haie brise-vent est située à une distance approximative de 4 m des haies intercalaires en bordure des cultures, soit l'équivalent de la largeur du chemin en bordure de la superficie couverte par les parcelles cultivées. En établissant un chemin d'accès à cet emplacement, l'équipe d'Écomestible a cherché à maximiser l'utilisation de l'espace et à minimiser la baisse de productivité qui aurait autrement eu lieu dans cette zone.

Un bosquet diversifié pour favoriser les ennemis naturels

Un bosquet de 1759 m^2 a été implanté à l'est, le long du chemin en périphérie des parcelles cultivées, pour favoriser la présence des ennemis naturels. Les arbres qui composent ce bosquet ont une floraison d'intérêt pour les ennemis naturels et ils atteignent une hauteur maximale de 15 m à maturité. Ce sont principalement des fruitiers, comme le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana*), le mûrier blanc (*Morus alba*), le mûrier rouge (*Morus rubra*), l'aubépine ergot-de-coq (*Crataegus crus-galli*), le cerisier tardif (*Prunus serotina*), le cerisier de Virginie (*Prunus virginiana*) et l'aronie noire (*Aronia melanocarpa*). Comme couvre-sol, les mêmes mélanges de semences que pour la haie brise-vent ont été utilisés.

Le bosquet à l'été 2017, deux années après sa réalisation.



Les étangs temporaires et permanents

Le drainage des parcelles en culture est essentiel au bon développement des racines des plantes. Sur une trop longue période, un excès d'eau peut provoquer l'asphyxie des racines et nuire ainsi au rendement des cultures. Cependant, l'implantation des systèmes de drainage conventionnels cause la disparition des plans d'eau utiles pour maintenir la biodiversité à proximité des cultures. En cherchant une solution à cette problématique, les spécialistes d'Écomestible ont élaboré un système qui a la particularité de drainer efficacement les parcelles cultivées et de rediriger le surplus d'eau vers des étangs favorisant la biodiversité.

Un inventaire réalisé par Amphibia-Nature relève que sept espèces d'amphibiens étaient présentes sur le site de la ferme avant le début des travaux (Ouellet et Galois, 2015). Afin de favoriser ces amphibiens, deux étangs permanents, trois étangs temporaires, ainsi que des ruisseaux secs ont été aménagés et joints au système de drainage pour les parcelles cultivées.

Un réseau d'étangs et de ruisseaux secs entoure les parcelles cultivées.



Des drains installés dans les trois allées principales permettent d'abaisser le niveau de l'eau souterraine dans les parcelles cultivées. Les ruisseaux secs drainent l'eau de surface dans le bosquet mentionné précédemment, ainsi que dans un autre bosquet à l'ouest des parcelles cultivées. Le surplus d'eau, qui survient dans les drains installés dans les allées principales ainsi que dans les ruisseaux secs, est dirigé vers les étangs.



Dans chacune des allées principales, entre les parcelles cultivées, une tranchée d'environ 60 cm a été creusée pour l'installation d'un drain de 10,16 cm de diamètre.



Des drains ont été incorporés aux ruisseaux secs sinueux réalisés dans les bosquets.

Chaque étang permanent a une superficie approximative de 195 m^2 et une profondeur maximale de 3 m. Chacun des trois étangs temporaires a une superficie mesurant entre 25 et 40 m^2 et une profondeur maximale de 75 cm. Les berges des étangs permanents et celles situées au nord des étangs temporaires ont été végétalisées. Le myrique baumier (*Myrica gale*) et l'iris versicolor (*Iris versicolor*) ont été implantés dans le haut des berges en pente. L'acore roseau (*Acorus calamus variegatus*) et le décodon verticillé (*Decodon verticillatus*) ont été implantés au niveau de la ligne des hautes eaux.

Deux étangs permanents ont été aménagés à proximité des parcelles cultivées.



Dans les étangs permanents, des plantes aquatiques telles que des nénufars (*Nympheas* spp.), la pontédérie cordée (*Pontederia cordata*), le plantain d'eau commun (*Alisma plantago-aquatica*), la cornifle nageante (*Ceratophyllum demersum*) et la pesse commune (*Hippuris vulgaris*) ont été ajoutées. Ces trois dernières espèces ont été sélectionnées pour leurs capacités filtrantes et/ou oxygénantes permettant de maintenir la qualité de l'eau.

Dix bassins de plastique servant de relais ont été installés dans la partie nord de la haie brise-vent. Ces bassins de 117 litres (112 cm sur 81 cm sur 33 cm) se remplissent par temps pluvieux, en particulier aux mois de juillet et d'août, lorsque les précipitations sont plus importantes. Afin de procurer des abris supplémentaires aux amphibiens, des roches retirées des parcelles cultivées et des billes de bois trouvées sur le site ont été utilisées pour créer des amoncellements placés aléatoirement dans les haies et les bosquets.



Les bassins de plastique, entourés de quelques pierres et de végétation, servent de relais pour les amphibiens.

L’aménagement de nichoirs et autres abris dans les haies et bosquets

Au début du printemps 2016, des nichoirs à oiseaux (40 petits et 20 moyens) ont été installés sur des poteaux de différentes hauteurs, dans les haies intercalaires et le bosquet à l’est des parcelles cultivées. De plus, trois grands nichoirs pour des rapaces ont été accrochés dans des arbres situés en pourtour de la superficie cultivée et 10 nichoirs ouverts pour l’hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) et le moucherolle phébi (*Sayornis phoebe*) ont été fixés sur des bâtiments situés à proximité.



Des nichoirs ont été installés dans les haies intercalaires offrant aux oiseaux une variété de ressources, dont des graines, des fruits, des insectes et des matériaux pour leurs nids.



Schéma d'aménagement des nichoirs
Les croix marquent les emplacements des nichoirs.
Réalisé par Écomestible
Inspiré de l'aménagement des nichoirs dans le verger des Fermes Miracle réalisé par Stefan Sobkowiak, biologiste et propriétaire

Une cabane à insectes a été installée à proximité des haies et des bosquets. La construction de cette cabane avait comme principal objectif de créer un outil pédagogique pour les visiteurs de la ferme.



La cabane à insectes a été fabriquée avec des planches de pruche et remplie de bûches percées et de tiges de phragmite, de sureau et de livèche.

4.3 LES IMPLICATIONS ET LES PERSPECTIVES

Par ce projet, l'équipe d'Écomestible démontre comment il est possible d'appliquer certains principes de la permaculture en maraîchage bio-intensif. Ses principales réalisations sur cette ferme sont la conception et l'intégration de nombreux aménagements visant à favoriser la présence des ennemis naturels des insectes ravageurs ainsi que la création d'un système de drainage innovant.

Les aménagements réalisés lors de la première phase du projet ont été intégrés dans l'agroécosystème (entre les parcelles et en bordure de la superficie cultivée) sans contraintes majeures. À travers les cultures, la croissance des mauvaises herbes provenant des aménagements est contrôlée efficacement par l'utilisation de toiles d'occultation et de toiles perforées. Par ailleurs, ces techniques permettent de conserver un espace minime (30 à 60 cm) entre les haies intercalaires et les cultures. L'utilisation de l'espace est ainsi maximisée.

À la suite de l'implantation du système de drainage, des drains ont dû être ajoutés dans les allées principales en bordure des parcelles en pente pour permettre d'améliorer son efficacité. De plus, certains étangs temporaires ne s'assèchent pas complètement, étant donné que le niveau de la nappe phréatique s'avère plus haut que prévu.

Jusqu'à maintenant, environ trois entretiens annuels sont nécessaires pour contrôler la prolifération des algues dans les étangs permanents. La concentration en azote et en phosphore dans l'eau semble élevée. L'équipe d'Écomestible s'attend à voir une diminution de ces concentrations au cours des prochaines années, à la suite de l'établissement des plantes filtrantes.

Durant la première année suivant le démarrage des activités maraîchères, plusieurs observations d'animaux ont été relevées. Un bon nombre de crapauds, de grenouilles et de libellules fréquentaient les étangs. Des salamandres et des couleuvres ont été observées dans les ruisseaux secs. Quelques tortues ont également été aperçues, notamment une tortue serpentine en train de dévorer des têtards dans les étangs aménagés.

Les nichoirs installés dans les haies intercalaires ont été occupés par des hirondelles bicolores, des merles d'Amérique et des étourneaux sansonnets. Un ancien nichoir accroché à un

bâtiment a été occupé par une crécerelle d'Amérique et quelques visites de merlebleu de l'Est ont été constatées à proximité des cultures. En somme, mise à part la présence de marmottes dans les haies, peu de désagréments ont été associés à la présence de la biodiversité à travers les cultures.

Bien que le système de production implanté lors de la première phase semble prometteur, après trois années d'exploitation, il est encore trop tôt pour émettre des conclusions sur l'efficacité et la rentabilité des aménagements installés. En 2018 et 2019, un projet de recherche sera réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert (*Volet 4 - Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement*) offert par le MAPAQ. Ce projet a récemment été initié par Josée Boisclair, agronome, entomologiste et chercheure pour l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement. Il portera principalement sur les ennemis naturels des ravageurs des crucifères, sur les pollinisateurs qui fréquentent les parcelles de cucurbitacées, ainsi que sur les divers aspects techniques et économiques de l'implantation de haies diversifiées. Les principaux objectifs de cette recherche sont d'obtenir une meilleure compréhension des interactions entre les haies intercalaires diversifiées et les parcelles maraîchères et de mieux documenter la rentabilité de ce type de haie pour les producteurs en agriculture biologique.

La Ferme des Quatre-Temps et l'équipe d'Écomestible ont encouragé la réalisation de ce projet de recherche afin de stimuler le développement de modèles d'aménagement contribuant à la lutte biologique conservative. En permettant éventuellement de mieux documenter les aspects techniques et économiques des haies diversifiées et des bandes fleuries, cette initiative facilitera la réalisation de tels aménagements.

Ces deux entreprises souhaitent aussi explorer d'autres types d'aménagements. Comme mentionné précédemment, des bandes fleuries intercalaires ont été réalisées dans la partie sud de la superficie dédiée à la production maraîchère (phase 2). Pour la réalisation de ces bandes, un mélange de semences d'herbacées indigènes, conçu par Isabelle Dupras, cofondatrice d'Aiglon Indigo, en collaboration avec les spécialistes d'Écomestible, a été utilisé. Les espèces qui le composent ont été sélectionnées pour favoriser plus particulièrement la présence des insectes parasitoïdes.

Conclusion

Ce document met en lumière le rôle des ennemis naturels dans la lutte aux insectes ravageurs. Il permet de faire connaître aux producteurs agricoles certaines pratiques et divers aménagements de lutte biologique conservative qui peuvent être intégrés en production maraîchère. Il sert à clarifier comment l'adoption de telles pratiques de conservation peut favoriser la répression des insectes ravageurs par leurs ennemis naturels. De plus, il divulgue les détails de conception et de réalisation d'un projet d'aménagement inspirant pour les producteurs agricoles qui voudraient adopter certaines des pratiques qui y sont proposées.

Pour diminuer l'épandage d'insecticides tout en renforçant l'efficacité de la lutte contre les insectes ravageurs dans les cultures, il est essentiel d'adopter des pratiques favorisant la protection des ennemis naturels dans le cadre d'une approche préventive.

Dans cette perspective, les pratiques ayant le moins d'effets négatifs sur les ennemis naturels doivent être priorisées. De plus, la réalisation d'aménagements devrait être davantage considérée, étant donné qu'elle permet d'augmenter la diversité des ennemis naturels et de favoriser leur dispersion dans l'agroécosystème. Les bandes fleuries présentent un bon potentiel pour favoriser la répression des insectes ravageurs. Par conséquent, il apparaît prioritaire que les aspects techniques et économiques de tels aménagements soient mieux documentés afin de guider les producteurs agricoles désireux de réaliser de tels aménagements.

Évidemment, l'adoption d'une approche de lutte biologique conservative peut constituer un défi pour les fermes maraîchères, puisqu'elle implique des changements dans l'organisation des tâches et, parfois, un investissement monétaire important. De plus, la présence d'une diversité élevée d'ennemis naturels dans les cultures ne permet pas toujours d'effectuer un contrôle biologique suffisant pour restreindre les pertes en dessous du seuil économique d'intervention. Autrement dit, la densité des insectes ravageurs peut atteindre un niveau auquel un traitement phytosanitaire présente un réel avantage économique.

Afin de faciliter l'adoption d'une approche de lutte biologique conservative, beaucoup d'efforts doivent encore être investis pour

établir des stratégies précises, efficaces et économiquement viables. Il importe que de tels efforts soient réalisés compte tenu de la croissance du nombre de producteurs agricoles désirant faire une transition vers un mode de production biologique.



Glossaire

Agents de lutte biologique

Organismes vivants (insectes, bactéries, champignons, virus et nématodes) utilisés en lutte biologique par introduction afin de tuer ou de limiter le développement d'un organisme indésirable (insecte, maladie ou mauvaise herbe).

Agroécologie

Science et ensemble de pratiques agricoles. En tant que science, l'agroécologie est l'application de la science écologique à la conception et à la gestion d'agroécosystèmes durables. En tant qu'ensemble de pratiques agricoles, l'agroécologie recherche des moyens d'améliorer les processus naturels en favorisant des interactions bénéfiques entre les composantes de l'agroécosystème.

Agroécosystème

Écosystème organisé par l'homme à différentes échelles en vue de cultiver des végétaux et/ou d'élever des animaux.

Auxiliaires

Organismes bénéfiques qui contribuent de différentes façons à augmenter la productivité des cultures : les ennemis naturels des insectes ravageurs favorisent leur répression, les pollinisateurs augmentent la productivité des cultures et les organismes dans le sol en maintiennent la fertilité.

Biodiversité

Variabilité des organismes vivants de toute origine et des complexes écologiques dont ils font partie, incluant la diversité des gènes, des espèces et des écosystèmes.

Écosystème

Ensemble dynamique formé par un milieu physique donné (délimité géographiquement par des conditions environnementales homogènes) et les êtres vivants qui l'occupent (plantes, animaux et micro-organismes).

Espèce indigène

Espèce présente dans son aire de répartition naturelle (passée ou présente) ou de dispersion potentielle, sans avoir été introduite par l'homme.

Lutte biologique par introduction

Pratique qui consiste à relâcher des organismes vivants (insectes, bactéries, champignons, virus et nématodes) afin de prévenir ou de réduire les dommages causés aux cultures par un organisme indésirable (insecte, maladie, mauvaise herbe) en champ ou en serre.

Lutte intégrée

Pratique qui consiste à prendre en compte toutes les techniques disponibles pour décourager la présence des ravageurs à travers les cultures et à intégrer les mesures appropriées afin de maintenir l'usage des pesticides et le recours à d'autres interventions à des niveaux économiquement justifiés. Cette pratique vise ainsi à réduire ou limiter au minimum les risques pour la santé humaine et l'environnement.

Parasitoïde

Organisme qui cause la mort de l'espèce hôte après l'avoir parasité.

Parasite

Organisme qui se nourrit strictement aux dépens d'une espèce hôte, en permanence ou pendant une phase de son cycle vital.

Permaculture

Méthode de conception de lieux de vie et de systèmes agricoles utilisant des principes d'écologie et le savoir des sociétés traditionnelles pour reproduire la diversité, la stabilité et la résilience des écosystèmes naturels.

Pourcentage d'une pente

Différence de hauteur (ou d'altitude) entre les deux extrémités du terrain concerné, divisée par la distance horizontale entre ces deux extrémités, multipliée par 100.

Services écosystémiques

Tous les processus à travers lesquels les écosystèmes naturels et la biodiversité qu'ils contiennent aident à supporter la vie humaine sur terre. Ces services peuvent être divisés en quatre catégories : les services de soutien, d'approvisionnement, de régulation, et les services socioculturels. La répression des insectes ravageurs et la pollinisation sont des services de régulation.

Seuil économique d'intervention

Niveau de densité d'un organisme ravageur auquel un traitement phytosanitaire présente un réel avantage économique, c'est-à-dire lorsque le coût du traitement devient significativement inférieur aux pertes monétaires potentielles (estimées en tenant compte de la densité de ravageurs présents).

Publications et sites Internet à consulter

Les publications

Livre sur la conservation des insectes en milieu agricole (version anglaise)

Xerces Society (2014). Farming with Native Beneficial Insects. Ecological Pest Control Solutions. The Xerces Society Guide. Lee-Mäder, E., Hopwood, J., Morandin, L., Vaughan, M., et Black, S.H. (Massachusetts: Storey Publishing). 257.

Guide sur la conservation des oiseaux en milieu agricole

Lamoureux, S. et Dion, C. (2016). Guide de recommandations – Aménagements et pratiques favorisant la protection des oiseaux champêtres. Regroupement QuébecOiseaux, Montréal, 198. https://quebecoiseaux.org/index.php/fr/publications/autres/category/15-guides.

Guide sur la conservation des chauves-souris en milieu agricole

Groupe Chiroptères du Québec (2016). Guide pratique pour la conservation des chauves-souris en milieu agricole, 34. https://www.agrireseau.net/documents/Document_91959.pdf.

Guide sur la conservation des amphibiens en milieu agricole

Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent (2015). Guide de conservation des amphibiens, des reptiles et de leurs habitats en milieu agricole, 62. https://oaq.qc.ca/wp-content/uploads/2016/05/SHNVSL_Guide-amphibiens-reptiles-milieu-agricole_lowres_v2.pdf.

Dépliant informatif sur le programme d'aide financière du MAPAQ

Afin d'appuyer les exploitations agricoles dans la réalisation d'interventions pour protéger la biodiversité, le MAPAQ offre une aide financière dans le cadre de la mesure Aménagement favorisant la biodiversité du programme Prime-Vert 2013-2018.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) (s.d.). Aménagement favorisant la biodiversité, Prime-Vert 2013-2018, 6. http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Formulaires/Depliant_Prime-Vert_Volet1_Biodiversite.pdf.

Les sites Internet

Agri-Réseau
www.agrireseau.net

Amphibia-Nature
www.amphibia-nature.org

Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec
www.atlasamphibiensreptiles.qc.ca

Centre de la science de la biodiversité du Québec
https://qcbs.ca

Fondation de la faune
www.fondationdelafaune.qc.ca

Groupe Chiroptères du Québec
https://groupechiropteresquebec.org

IRIIS phytoprotection
www.iriisphytoprotection.qc.ca

Nature-Action Québec
nature-action.qc.ca

Regroupement QuébecOiseaux
https://quebecoiseaux.org

Bibliographie

Agriculture et Agroalimentaire Canada (2014). Caractéristiques des brise-vent. http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/agroforesterie/planification-et-etablissement-des-brise-vent/caracteristiques-des-brise-vent/?id=1344638379638 Janvier 2017.

Agriculture et Agroalimentaire Canada (2015). Guide d'identification des ravageurs des grandes cultures et des cultures fourragères et de leurs ennemis naturels et mesures de lutte applicables à l'Ouest canadien, 160. http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/aac-aafc/A59-23-2015-fra.pdf Janvier 2017.

Altieri, M. et Nicholls, C. (2004). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Second Edition. (New York: Food Products Press), 240.

Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H. et Tscharntke, T. (2006). Sustainable Pest Regulation in Agricultural Landscapes: a Review on Landscape Composition, Biodiversity and Natural Pest Control. Proc. R. Soc. B, 1715-1727.

Boisclair, J., Lefrançois, E., Leblanc, M., Grenier, M., Lefebvre, M. et Richard, G. (2014). Beneficial and Pest Insects Associated with Ten Flowering Plant Species Grown in Canada. In Building Organic Bridges. Rahmann, G. et Aksoy, U. eds. Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference at the Organic World Congress 2014, Istanbul, Turkey, 109-112.

Boisclair, J., Richard, G. et Boislard, T. (2016). Plantes à fleurs et ennemis naturels des ravageurs : des éléments à considérer et des pistes à explorer. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, 37. http://www.cetab.org/system/files/publications/plantes_a_fleurs_et_ennemis_naturels_des_ravageurs_joseeboisclair_biopourtous_cetab_2016.pdf Janvier 2017.

Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F. et Kunz, T. H. (2011). Economic Importance of Bats in Agriculture. Science 332, 41-42.

Bower, R et Grue, C. E. (1995). The Need for Water Quality Criterias for Frogs. Environ. Health Perspect. 103, 352-357.

Canards Illimités Canada (2006). Plan de conservation des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes de la région administrative de la Montérégie, 98. http://www.canardsquebec.ca Avril 2016.

Centre de Coordination pour la Protection des Amphibiens et des Reptiles de Suisse (KARCH) (s.d.). Aménagement d'un étang. Zumbach, S. et Ryser, J., 20. http://www.unine.ch/files/live/sites/karch/files/Doc_a_telecharger/Weiherbau/Aménagement étang.pdf Janvier 2017.

Chambers, P. A., Guy, M., Roberts, E. S., Kent, R., Charlton, M. N., Gagnon, C., Grove, G. et Foster, N. (2001). Effets toxiques induits par l'ajout d'éléments nutritifs. Chapitre 5 In Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada. Environnement Canada, Ottawa (Ont.), 118-154. http://publications.gc.ca/collections/Collection/En21-205-2001F-7.pdf Septembre 2017.

Chaubet, B. (1992). Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. Courrier de la Cellule environnement de l'INRA 18. http://www7.inra.fr/dpenv/chaubc18.htm Janvier 2016.

Clare, E. L., Symondson, W. O. C., Broders, H., Fabianek, F., Fraser, E. E., Mackenzie, A., Boughen, A., Hamilton, R., Willis, C. K. R., Martinez-Nunez, F. *et al.* (2014). The Diet of *Myotis lucifugus* across Canada: Assessing Foraging Quality and Diet Variability. Mol. Ecol. 23, 3618-3632.

Comité de Gestion Intégrée des Ressources en Milieu Agricole (COGIRMA) (2010). La biodiversité en milieu agricole au Québec : État des connaissances et approches de conservation. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Faune Québec,152. https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/COGIRMA_2010_La biodiversite_en_milieu_agricole_au_Quebec.pdf Mars 2016.

Coulombe, D. (s.d.). Les étangs temporaires importants en permanence. Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent., 6. http://www.agence-bsl.qc.ca/Services_multiressources/Publications/Etang_temporaire_ARMVFPB SL.pdf Janvier 2017.

Downes, C., Blancher, P. et Collins, B. (2011). Landbird Trends in Canada, 1968-2006. Canadian Biodiversity: Ecosystem Status and Trends 2010. Technical Thematic Report 12. Canadian Councils of Resource Ministers. Ottawa, Ontario, 94. http://www.biodivcanada.ca/53E166A0-B0B2-4092-8444-CDED9A485C1F/No.12_Landbirds_May_2011_E.pdf Septembre 2017.

Ducruc, J.-P. et Côté, M.-J. (2012). Les paysages de la partie québécoise du bassin versant de la rivière Châteauguay. Nat. Can. 1, 11-21.

Dupraz, C. et Liagre, F. (2008). Agroforesterie : des arbres et des cultures. (Paris : Éditions France Agricole), 413.

Étilé, E. (2012). Pratiques agricoles favorisant la répression des ravageurs des cultures par leurs prédateurs naturels. Revue de littérature présentée à Agriculture et Agroalimentaire Canada, 41. http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Etile (F) FINAL francais.pdf Juillet 2015.

Estevez, B., Domon, G., et Lucas, E. (2000). Contribution de l'écologie du paysage à la diversification des agroécosystèmes à des fins de phytoprotection. Phytoprot. 81, 1-14.

Fondation de la faune du Québec (FFQ) et Union des producteurs agricoles (UPA) (2005). Manuel d'accompagnement pour la mise en valeur de la biodiversité des cours d'eau en milieu agricole, 122. http://www.coursdeauagricoles.com/pdf-chapitre/manuel-biodiversite-agricole.pdf Décembre 2015.

Gardiner, M. M., Phillips, B. W., Smith, C. A., Welty, C., Jasinski, J., et Roullé, N. (s.d.). Guide de terrain sur les ennemis naturels, 2. http://www.lutteintegree.com/IMG/pdf/guide.ennemis.naturels.pdf Juillet 2015.

Gareau, P. et Groulx Tellier, E. (2015). Plan de protection de la rivière des Anglais remis à la Fondation de la Faune du Québec St-Chrysostome. Groupe Ambioterra Québec, 44. http://www.ambioterra.org/wp-content/uploads/2016/10/Plan-de-protection-RDA-2014.pdf Avril 2016.

Guérin, M. (2014). Attractivité des plantes pour les auxiliaires - synthèse sur les interactions plante/insecte. Ecophyto, 14. https://www.ecophyto-pro.fr/data/attraction_plante_insecte_vf.pdf Juillet 2015.

Gurr, G. M., Wratten S. D. et Altieri, M. A. (2004). Ecological Engineering for Pest Management. Advances in Habitat Manipulation for Arthropods. (Australia: CSIRO Publishing), 244.

Gurr, G. M., Wratten, S. D. et Snyder, W. E. (2012). Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management. (Oxford: Wiley-Blackwell), 368.

Gratton, L. (2010). Plan de conservation pour l'écorégion de la vallée du Saint-Laurent et du lac Champlain. La Société canadienne pour la conservation de la nature, région du Québec, Montréal, Québec, Canada, 150. http://support.natureconservancy.ca/pdf/blueprints/St_Lawrence_Lowland_fr.pdf Avril 2016.

Hatt, S., Uyttenbroeck, R., Bodson, B., Piqueray, J., Monty, A. et Francis, F. (2015). Des bandes fleuries pour la lutte biologique : état des lieux, limites et perspectives en Wallonie : une synthèse bibliographique. Entomol. Faun. 68, 149-158.

Hecnar, S. J. (1995). Acute and Chronic Toxicity of Ammonium Nitrate Fertilizer to Amphibian from Southern Ontario. Environ. Toxicol. Chem. 12, 2131-2137.

Jonson, M., Wratten, S. D., Landis, D. A. et Gurr, G. M. (2008). Recent Advances in Conservation Biological Control of Arthropods by Arthropodes. Biol. Control 45, 1722-175.

Jacke, D. et Toensmeier, E. (2005a). Edible Forest Gardens. Volume One. Ecological Vision and Theory for Temperate Climate Permaculture. (Vermont: Chelsea Green), 377.

Jacke, D. et Toensmeier, E. (2005b). Edible Forest Gardens. Volume Two. Ecological Design and Practice for Temperate Climate Permaculture. (Vermont: Chelsea Green), 654.

Kirk, A., Evenden, M. D. et Mineau, P. (1996). Past and Current Attempts to Evaluate the Role of Birds as Predators of Insect Pest in Temperate Agriculture. Chapter 5 In Current Ornithology, 13, Nolan Jr., V., Ketterson, E. D. (New York: Plenum Press), 275-269.

Labreuche, J., Laurent, F. et Roger Estrade, J. (2014). Faut-il travailler le sol ? Acquis et innovations pour une agriculture durable. (Versailles : Editions Quae). 192.

Lamoureux, S. et Dion, C. (2014). Stratégies de protection des oiseaux champêtres en région dominée par une agriculture intensive. Plan d'action. Regroupement QuébecOiseaux, 128. http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Rapport_Protection_Biodiversité_Aviaire_II.pdf Novembre 2015.

Lamoureux, S. et Dion, C. (2016). Guide de recommandations – Aménagements et pratiques favorisant la protection des oiseaux champêtres. Regroupement QuébecOiseaux, Montréal, 198. https://quebecoiseaux.org/index.php/fr/publications/autres/category/15-guides Juillet 2017.

Landis, D. A., Wratten, S. D., et Gurr, G. M. (2000). Habitat Management to Conserve Natural Ennemis of Arthropod Pests in Agriculture. Annu. Rev. Entomol, 175-201.

Lefrançois, E., Richard, G. et Boisclair, J. (2013). Flash sur nos alliés dans la lutte contre la chrysomèle rayée du concombre et les chenilles des crucifères : les parasitoïdes. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, 32. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2013/5_decembre/Horticulture_biologique/10h10_Parasitoideetchenille_ELefrancois.pdf Janvier 2017.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) (2013). Portrait agroalimentaire. La Montérégie, 12. http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Portrait_agroalimentaire_monteregie.pdf Janvier 2017.

Ministère de l'Environnement et de la Faune (1996). Aménagement des boisés et terres privés pour la faune. Guides Techniques. Fascicule 7. Plantation de haies brise-vent pour la faune. http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/443_fascicule7.pdf Février 2016.

Ministère de l'Environnement et de la Faune. (1996). Aménagement des boisés et terres privés pour la faune. Guides techniques. Fascicule 9. Installation de structures pour favoriser la petite faune. http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/522_fascicule9.pdf Septembre 2015.

Ministère de l'Environnement et de la Faune. (1996). Aménagement des boisés et terres privés pour la faune. Guides techniques. Fascicule 10. Aménagement de milieux pour les amphibiens et reptiles, 8. http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/459_fascicule10.pdf Septembre 2015

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2003). Les chauves-souris du Québec. http://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/chauves-souris/index.jsp Décembre 2015.

Municipalité du Village de Hemmingford et Municipalité du Canton de Hemmingford (2014). Plan de développement durable du Canton et du Village de Hemmingford, 28. http://www.hemmingford.ca/canton/wp-content/uploads/2016/02/Plan_de_développement_durable_du_Canton_et_du_Village_.compressed.pdf Avril 2016.

N'Dayegamiye, A. (2007). Le travail du sol : une importante régie agricole. Le producteur de lait québecois, 39-42.

Nadeau, I. et Dupras, I. (2011). Guide d'implantation des mélanges de semences pour prairies sauvages, Horticulture Indigo, 23. http://www.horticulture-indigo.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2015/04/Guide-dimplantation-prairies-sauvages.pdf Janvier 2017

Ouellet, M. et Galois, P. (2015). Caractérisation du milieu et inventaire herpétofaunique à la Ferme des Quatre-Temps, Hemmingford, Québec. Rapport d'activité automnales. Amphibia-Nature, Montréal, Québec, 16. Document inédit.

Pimentel, D., Wilson, C., Mc Cullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, O., Saltman, T. et Cliff, B. (1997). Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. Biosci. 47, 747-757.

Porej, D. et Hetherington, T. E. (2005). Designing Wetlands for Amphibians: the Importance of Predatory Fish and Shallow Litoral Zones in Structuring of Amphibian Communities. Wetlands Ecol. Manage. 13, 445-455.

Pro Natura (2013). Réaliser des plans d'eau temporaires pour les amphibiens menacés. Guide pratique. Contribution à la protection de la nature en Suisse 36, 34.

Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent (SHNVSL) (2015). Guide de conservation des amphibiens, des reptiles et de leurs habitats en milieu agricole, 62. https://oaq.qc.ca/wp-content/uploads/2016/05/SHNVSL_Guide-amphibiens-reptiles-milieu-agricole_lowres_v2.pdf Janvier 2017.

Soltner, D. (1995). L'arbre et la haie. P. Édition des Sciences et Techniques Agricoles, 200.

Tremblay, L., Labrie, G. et Pageau, D. (2013). Guide des ravageurs du sol en grandes cultures. UPA, CÉROM, ACC, 78. http://cerom.qc.ca/assets/contenu/docs/guides/guide-des-ravageurs-du-sol.pdf Juillet 2015.

Tuttle, M. D., Kiser, M. et Kiser, S. (2013) The Bat House Builder's Handbook. (Texas: Bat Conservation International), 36.

Xerces Society (2014). Farming with Native Beneficial Insects. Ecological Pest Control Solutions. The Xerces Society Guide. Lee-Mäder, E., Hopwood, J., Morandin, L., Vaughan, M., et Black, S. H. (Massachusetts: Storey Publishing), 257.

Crédits photographiques

Pour chacune des photographies utilisées dans le présent document, la liste qui suit attribue le crédit à son auteur. Les numéros qui suivent l'identification de l'œuvre indiquent la page sur laquelle elle figure.

Écomestible : aménagements réalisés à la Ferme des Quatre-Temps, page couverture, pages d'accueil, 23, 37, 42, 45, 46, 47, 53, 56, 57, 60, 64, 65, 68, 71, 72, 74, 75,76, 77, 78, 79, 80, 81, 82 ; pesse commune, 61 ; rainette versicolore, 102.

Flickr (www.flickr.com), licence Creative Commons :
André Provost, crécerelle d'Amérique, (CC BY-NB 2.0), 16 ;
Arpent nourricier, vesce commune, (photo retournée), (CC BY-SA 2.0), 26 ;
Brian Gratwicke, crapaud d'Amérique, (CC BY-NC 2.0), 18 ; salamandre maculée, (CC BY 2.0), 19 ;
Bruce Fingerhood, dortoirs à chauves-souris, (CC BY-NC 2.0), (photo recadrée), 54 ;
Dave Thomas, petite chauve-souris brune, (CC BY-NC 2.0), 17 ;
Dendroica cerulea, anémone du Canada, (CC BY-NC-SA 2.0), 44 ;
Du-Sa-Ni-Ma, caraganier de Sibérie, (CC BY-NC 2.0), 49 ;
INRA DIST, hôtel à insectes, (CC BY 2.0), 51 ;
Matthias Ripp, labour, (CC BY 2.0), 34 ;
Michel G., paysage agricole, (CC BY-NC 2.0), 21 ;
Ong-Mat, hôtel à abeilles, (CC0 1.0), 40 ;
RejeanJ Deschenes, bruant des prés, (CC BY-NC 2.0), (photo recadrée), 15 ;
Romanlily, tas de branches, (CC BY-NC-ND 2.0), 41 ;
TexasEagle, merlebleu de l'Est, (CC BY-NC 2.0), 16.

Geneviève Durand : paysages, 20, 21 (haut) ; champs cultivés, 22 ; carotte sauvage, 25 ; verge d'or du Canada, 25 ; dortoir à chauves-souris, 40 ; aster de Nouvelle-Angleterre, 44 ; haie, 48 ; viorne trilobée, 50, bande fleurie 86.

Les Jardins de la Grelinette : parcelles en culture maraîchère, 31, 32.

Joseph Moisan-De Serres, Laboratoire de phytoprotection du MAPAQ : insectes et autres arthropodes, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 24, 27, 30, 35, 38, 55, 96, 98.

ANNEXE 1 – Les insectes parasitoïdes et prédateurs en cultures maraîchères

---

Tableau 1 - Les principaux insectes parasitoïdes et leurs hôtes parmi les ravageurs de cultures maraîchères

Ordre	Famille	Ravageurs parasités *
Guêpes (Hyménoptères)	Braconidés	Coléoptères (ex : altise des crucifères, altise du navet), larves de lépidoptères (ex : légionnaire uniponctuée, ver-gris noir), pucerons
Guêpes (Hyménoptères)	Ichneumonidés	Larves de lépidoptères (ex : légionnaire uniponctuée, papillon du céleri, ver-gris noir)
Mouches (Diptères)	Tachinidés	Coléoptères (ex : chrysomèle du concombre, chrysomèle du haricot, hanneton commun, hanneton européen, scarabée japonais), larves de lépidoptères (ex : légionnaire uniponctuée, perce-tige de la pomme de terre, ver-gris noir), punaises

* Dans ce tableau, les hôtes sont mentionnés en référence à la famille identifiée dans la deuxième colonne. Cependant, ces hôtes peuvent varier selon les espèces de parasitoïdes.

Inspiré de Gardiner *et al.* (s.d., p.2), Tremblay *et al.* (2013, p.11-64) et IRIIS phytoprotection (www.iriisphytoprotection.qc.ca).



GUÊPE BRACONIDE



GUÊPE ICHNEUMONIDE



MOUCHE TACHINAIRE

Tableau 2 - Les principaux arthropodes prédateurs et leurs proies parmi les ravageurs de cultures maraîchères

Ordre	Famille	Stade*	Ravageurs (proies)**
Acariens (Arachnides)	Phytoséiidés, stigmaeidés, trombidiidés	A	Acariens, cochenilles, pucerons, thrips
Araignées (Arachnides)	Araignées-crabes, araignées-loups, araignées sauteuses, aranéidés	A	Proies diverses
Coléoptères	Coccinelles	L, A	Acariens, pucerons
Coléoptères	Cantharides, carabidés, staphylins	L, A	Diptères (ex : mouche des racines, tipule des prairies), larves de coléoptères (ex : hanneton commun, hanneton européen, scarabée japonais, vers fil-de-fer), larves de lépidoptères (ex : noctuelle fiancée), limaces, pucerons
Guêpes (Hyménoptères)	Sphecidés, vespidés	L, A	Larves de lépidoptères
Odonates	Demoiselles, libellules	A	Coléoptères, diptères
Mouches (Diptères)	Cécidomyies prédatrices	L	Pucerons
Mouches (Diptères)	Syrphes	L	Pucerons
Myriapodes	Centipèdes	A	Larve de lépidoptères (ex : ver-gris noir), limaces
Neuroptères	Chrysopes	L, A	Acariens, pucerons
Neuroptères	Hémérobes	L	Acariens, cochenilles, pucerons, thrips
Perce-oreilles*** (Dermaptères)	Forficules	A	Acariens, œufs de divers insectes, pucerons
Punaises (Hémiptères)	Anthocoridés, assassines, nabidés, pentatomidés	L, A	Acariens, larves de coléoptères (ex : doryphore de la pomme de terre), larves de lépidoptères, œufs de divers insectes, pucerons, thrips

* Stade prédateur : A : adulte ; L : larve
** Dans ce tableau, les proies sont mentionnées en référence aux familles regroupées dans la deuxième colonne. Cependant, ces proies peuvent varier selon les espèces de prédateurs.
*** Ravageur de la betterave, de la bette à carde et du brocoli.

Inspiré de Gardiner *et al.* (s.d., p.1-2), Tremblay *et al.* (2013, p.11-63) et IRIIS phytoprotection (www.iriisphytoprotection.qc.ca).



ARAIGNÉE SAUTEUSE



ARAIGNÉE-CRABE



ACARIEN PHYTOSÉIIDE



CARABIDÉ



PUNAISE NABIDE



CENTIPÈDE



DEMOISELLE



PUNAISE ANTHOCORIDE



GUÊPE VESPIDE

ANNEXE 2 – Le plan des aménagements à la Ferme des Quatre-Temps



ANNEXE 3 – Les végétaux favorisant la présence des ennemis naturels

---

Tableau 3 - Les principaux végétaux sélectionnés par Écomestible pour favoriser la présence des insectes parasitoïdes et prédateurs

Nom latin	Nom commun	Forme	Couleur de la fleur	Source de pollen *	Période de floraison						
					A	M	J	J	A	S	O
Catalpa spp.	Catalpas	Arbre	Blanche				■	■	■		
Cornus stolonifera	Cornouiller stolonifère	Arbuste	Blanche			■	■	■			
Sambucus canadensis	Sureau du Canada	Arbuste	Blanche				■	■	■	■	
Viburnum lentago	Alisier	Arbuste	Blanche			■	■	■			
Achillea millefolium	Achillée millefeuille	Vivace	Blanche					■	■	■	■	■	■	■
Coreopsis lanceolata	Coréopsis lanceolé	Vivace	Jaune	X			■	■	■	■				
Coreopsis verticillata	Coréopsis à feuilles en aiguilles	Vivace	Jaune					■	■	■	■	■	■	■
Euthamia graminifolia	Verge d'or à feuilles de graminée	Vivace	Jaune	X					■	■	■	■	■	■
Heliopsis helianthoides	Héliopsis faux-hélianthe	Vivace	Jaune						■	■	■	■		
Levisticum officinale	Livèche	Vivace	Jaune				■	■	■	■	■			
Solidago canadensis	Verge d'or du Canada	Vivace	Jaune	X					■	■	■	■	■	■
Symphyotrichum novae-angliae	Aster de Nouvelle-Angleterre	Vivace	Mauve							■	■	■	■	
Rudbeckia hirta	Rudbéckie hérissée	Bi-annuelle	Jaune						■	■	■	■	■	■
Cosmos bipinnatus	Cosmos bipenné	Annuelle	Rose						■	■	■	■	■	
Phacelia tanacetifolia	Phacélie à feuilles de tanaisie	Annuelle	Bleue	X				■	■	■	■	■	■	

Les espèces mentionnées dans cette liste ont toutes des nectaires floraux exposés facilement accessibles et elles attirent une grande diversité d'insectes parasitoïdes et prédateurs.

* Source de pollen consommé par une grande diversité d'insectes.

Tableau 4 - Les principaux végétaux sélectionnés par Écomestible pour favoriser la présence des oiseaux

Nom latin	Nom commun	Forme	Présence de fruits			Autres intérêts *		
			Été	Automne	Hiver	Graines	Bosquet	Persistant
Crataegus spp.	Aubépines	Arbre		X	X		X	
Morus alba	Mûrier blanc	Arbre	X					
Prunus virginiana	Cerisier de Virginie	Arbre	X				X	
Sorbus americana	Sorbier d'Amérique	Arbre		X	X			
Thuja occidentalis	Thuya occidental	Arbre						X
Amelanchier alnifolia	Amélanchier à feuilles d'aulne	Arbuste	X					
Amelanchier canadensis	Amélanchier du Canada	Arbuste	X					
Aronia melanocarpa	Aronie noire	Arbuste		X	X		X	
Cornus stolonifera	Cornouiller stolonifère	Arbuste		X			X	
Corylus x hybrid	Noisetier hybride	Arbuste					X	
Ribes rubrum	Groseillier à grappes	Arbuste	X				X	
Sambucus canadensis	Sureau du Canada	Arbuste	X				X	
Shepherdia argentea	Shépherdie argentée	Arbuste		X	X		X	
Viburnum lentago	Alisier	Arbuste		X	X			
Solidago canadensis	Verge d'or du Canada	Vivace				X		

* Les arbres et arbustes formant des bosquets procurent des abris aux oiseaux. Les arbres au feuillage persistant leur servent d'abri durant l'hiver.


www.ecomestible.com