

Rapport final

No projet : IA119528

Implantation, gestion et évaluation de bandes florales en entre-rangs de pommiers, pour favoriser la biodiversité des arthropodes bénéfiques, comme alternative à l'usage des pesticides en vergers

Responsable scientifique : Daniel Cormier, *Ph.D.*

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

1^{er} juin 2023

Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement (ces personnes doivent également faire parvenir un courriel pour attester qu'ils ont lu et approuvent le rapport.)

Daniel Cormier, *Ph.D.*, IRDA. Chercheur, entomologiste et responsable scientifique. Il a supervisé le projet et participé à toutes les étapes de réalisation du projet ainsi qu'aux communications et publications scientifiques.

Gérald Chouinard, *Ph.D.*, agr., IRDA. Chercheur, entomologiste. Il a participé au transfert des résultats auprès des membres du Réseau-pommier et aux communications et publications scientifiques.

Mick Wu, *Ph.D.*, IRDA. Biostatisticien. Il a conçu les modèles statistiques et il a réalisé toutes les analyses.

Éric Lucas, *Ph. D.*, UQAM. Professeur, entomologiste. Il était responsable du modèle biologique des aphidiphages et il a participé aux communications et publications scientifiques.

Section 2 - Partenaires

Franz Vanoosthuysse, M. Sc., IRDA. Professionnel de recherche en entomologie fruitière. Il a été le chargé de projet. Il a participé à la préparation des communications et des rapports.

Audrey Charbonneau, B. Env., IRDA. Professionnelle de recherche en entomologie. Elle a été responsable du volet 1 du projet et elle a assisté Franz Vanoosthuysse durant toutes les années du projet. Elle a assisté à la préparation du rapport final.

Isabelle Dugas, Aiglon Indigo. Arch. pays., M.Sc.A. Chargée de projet stratégie communication et marketing. Elle nous a conseillés sur les plantes à sélectionner et elle a participé au semis et elle nous a conseillés sur l'entretien de la bande florale.

André Gosselin, Aiglon Indigo. Président. Il s'est joint à l'équipe lors du départ d'Isabelle Dugas et il a repris les tâches de cette dernière.

Jennifer Gagné, Producteurs de pommes du Québec. B. Sc. Agente de recherche et d'information. Elle a représenté les producteurs de pommes du Québec et elle nous a renseignés sur la position des pomiculteurs face à la méthode alternative proposée.

Section 3 – Fiche de transfert (max 2 à 3 pages)

UN VERGER FLEURI POUR LUTTER NATURELLEMENT CONTRE LES RAVAGEURS

Daniel Cormier et Franz Vanoosthuyse

No de projet : IA119528

Durée : 03/2020 – 06/2023

FAITS SAILLANTS

Dans une perspective d'augmentation de la biodiversité et de conservation des ennemis naturels pour lutter contre les ravageurs des pommiers, des blocs de pommiers non traités aux insecticides ont été aménagés dans un verger expérimental. L'aménagement consistait en des bandes florales composées de 13 espèces de plantes indigènes ou naturalisées qui ont été établies entre les rangs de pommiers. Les bandes florales n'ont pas eu d'incidence sur les tétranyques et les acariens prédateurs à la suite d'un fauchage-tonte des entre-rangs. Des pièges fosses installés à l'interface entre le couvre-sol et le rang de pommiers ont révélé un nombre accru de prédateurs édaphiques, composés principalement de carabidés, dans les zones aménagées de bandes florales que dans les zones témoins. L'effet des prédateurs du sol n'a pas été observé sur la mortalité des larves matures du carpocapse de la pomme, un ravageur des pommes. Les effets des bandes florales sur les ennemis naturels de la tordeuse à bandes obliques n'ont pas pu être démontrés. Le nombre de prédateurs de pucerons était similaire dans les parcelles aménagées ou non, lors de la première année, mais significativement plus élevé dans les parcelles aménagées comparativement aux parcelles non aménagées lors de la deuxième année. La composition de prédateurs de pucerons était plus diversifiée lors de la première année et plus diversifiée lors de la deuxième année dans les parcelles aménagées. Les évaluations des dommages sur pommes à la récolte n'ont pas décelé de différence consistante sur celles provenant des zones aménagées comparativement aux zones non aménagées, indiquant qu'une augmentation des dommages sur pommes n'a pas été observée dans les deux années suivant l'établissement des bandes florales. Néanmoins, les deux années d'échantillonnage suivant le semis des plantes n'ont pas permis de conclure sur le bénéfice attendu de l'aménagement de bandes florales dans le verger de pommiers sur la lutte biologique naturelle des ravageurs ciblés.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

Diversifier les vergers de pommiers par l'implantation et la gestion de bandes florales dans les entre-rangs en vue de favoriser le recrutement des pollinisateurs et d'augmenter la lutte biologique aux ravageurs. Sous objectifs: 1) Sélectionner des plantes à fleurs pérennes et indigènes attractives et utiles pour les arthropodes bénéfiques; 2) Étudier le recrutement des pollinisateurs et leurs effets sur la pollinisation des pommiers; 3) Suivre le rôle des bandes florales dans la lutte biologique aux ravageurs.

Quatre blocs de pommiers ont été aménagés de bandes florales dans le verger expérimental de l'IRDA et les données récoltées ont été comparées à quatre blocs de pommiers non aménagés. Dans chacun des blocs aménagés, douze espèces de plantes à fleurs ont été semées et une plante à fleurs a été transplantée au milieu de chacun des sept entre-rangs de pommiers. Durant les deux années suivant le semis, diverses techniques d'échantillonnage d'insectes ont été utilisées afin d'évaluer les impacts des bandes florales à attirer les insectes bénéfiques.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

En utilisant des plantes indigènes et naturalisées et en ciblant la période de semis au printemps ou à la fin de l'été, périodes où la pluviométrie est régulière, l'entretien des bandes florales a été minime et à la portée de tous les pomiculteurs. Les dicotylédones, plantes à feuilles larges et sources importantes de nectar et pollen pour les insectes bénéfiques, se sont établies graduellement au cours des deux années qui ont suivi le semis (Fig. 1). Le recours à un gyrobroyeur a permis la fauche des bandes florales et la tonte du couvre-sol adjacent en une seule opération (Fig. 1).

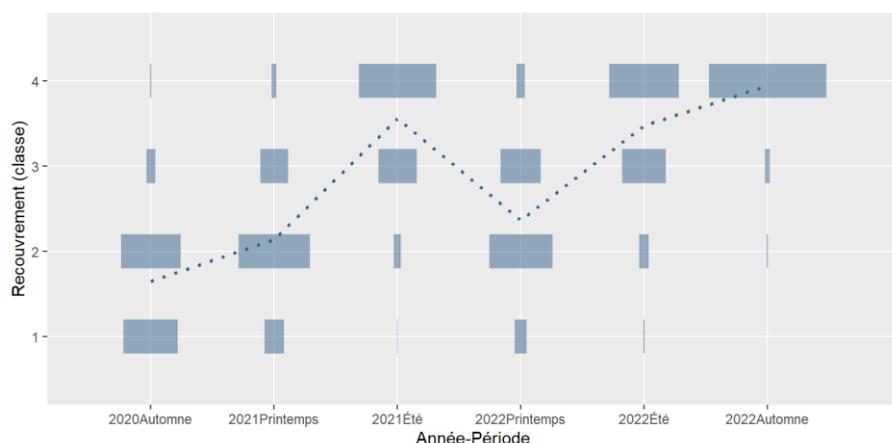


Figure 1. Probabilité de recouvrement (dimension des boîtes) par les dicotylédones dans les parcelles aménagées de bandes florales au fil des années suivant le semis en août 2020 (gauche). Les classes de recouvrement étant : 1) 0 à 25%; 2) 26 à 50%; 3) 51 à 75%; 4) 76 à 100%. Gyrobroyeur permettant simultanément une fauche d'une bande florale et la tonte du couvre-sol (droite).

L'abondance et la diversité des prédateurs de pucerons ont varié selon les parcelles aménagées ou non et selon les années (Fig. 2). Les cécidomyies, d'importants prédateurs de pucerons ont été présents en grande quantité durant les deux années, mais plus particulièrement en 2022.

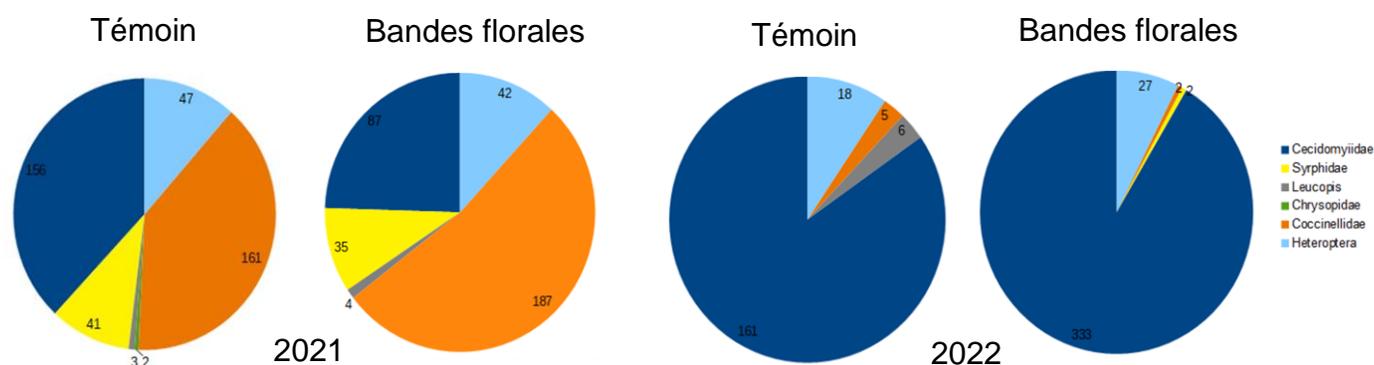


Figure 2. Nombre de prédateurs de pucerons total dénombré sur les pousses infestées de colonies de pucerons en 2021 et 2022. Les nombres indiquent la quantité de prédateurs observés.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Les plantes que nous avons sélectionnées devaient requérir le moins d'entretien possible pour les producteurs. En vergers commerciaux, le semis peut être mécanisé à l'aide d'un Brillon et le recours à un gyrobroyeur pour faciliter la tonte du couvre-sol et la fauche des bandes florales. Durant les deux années du projet, aucune fertilisation ou irrigation n'ont été effectuées dans les bandes florales et la floraison a été continue du mois de mai au mois de septembre.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Daniel Cormier, *Ph. D.*

Téléphone : (450) 653-7368 poste 360

Courriel : daniel.cormier@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Section 4 - Activités de transfert et de diffusion scientifique (joindre en annexe la documentation en appui si applicable.)

Rampnoux, E., F. Vanoosthuyse, É. Lucas et D. Cormier. 2022. Implementation of inner-rows flower strips in apple orchards to promote the biodiversity of beneficial arthropods and enhance aphid's biological control. Affiche présentée au International Symposium Ecology of Aphidophaga 15, Lleida, Espagne, 19-23 sept.

Vanoosthuyse, F., E. Rampnoux, E. Lucas et D. Cormier. 2022. Implantation de bandes florales en entre rangs de pommiers : Impact sur les populations de pucerons verts et leurs prédateurs. Affiche présentée à la 149^{ième} réunion annuelle de la Société d'entomologie du Québec, Granby, QC, 27 et 28 oct.

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (joindre en annexe la documentation en appui. Au moins une preuve de réalisation d'une activité de transfert aux utilisateurs est obligatoire pour l'acceptation du rapport final.)

Vanoosthuyse, F. et D. Cormier. 2022. Critères de sélection des plantes composant les bandes florales établies dans le verger de l'IRDA. Conférence donnée aux Journées annuelles sur la recherche et l'innovation technologique du groupe d'experts en protection du pommier, mode virtuel, 10-11 févr.

Cormier, D. et F. Vanoosthuyse. 2021. Les étapes pour l'établissement de bandes florales entre les rangs de pommiers. Conférence donnée à la Journée technique Agropomme, St-Joseph-du-Lac, Qc, 16 déc.

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	4. Cheminement des connaissances <i>a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (Conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.)</i> <i>b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs ?</i>
L'établissement des plantes ciblées a été un succès, avec un recouvrement total de la surface du sol, une floraison continue durant l'été, avec 3 fauches par année et aucune irrigation.	Pomiculteurs biologiques et en PFI	En utilisant des plantes indigènes et naturalisées et en ciblant la période de semis au printemps ou à la fin de l'été, périodes où la pluviométrie est régulière, l'entretien des bandes florales a été minime et à la portée de tous les pomiculteurs. Le recours à un gyrobroyeur facilite, en une seule opération, la fauche des bandes florales et la tonte du couvre-sol adjacent.	<i>a) Pour les pomiculteurs : présentation lors des journées d'information régionales (journées horticoles de Saint-Rémi, journée technique d'Agropomme, etc.) Pour les conseillers et membres du Réseau-pommier, conférence lors des journées annuelles sur la recherche et l'innovation technologique</i> <i>b) informer les intervenants de la première ligne soit les conseillers pomicoles privés et publics qui eux conseilleront les pomiculteurs. Parallèlement, informer les pomiculteurs par des présentations orales aux diverses journées.</i>
Les bandes florales ont eu un impact positif sur les prédateurs du sol, particulièrement sur les carabidés.	Pomiculteurs biologiques et en PFI	Les carabidés sont d'importants prédateurs qui se nourrissent des insectes qui se trouvent au sol. Leur présence accrue auprès des bandes florales pourrait augmenter la lutte biologique naturelle des ravageurs du pommier qui passent une partie de leur cycle vital au sol tel : le carpocapse de la pomme, la mouche de la pomme, le charançon de la prune et l'hoplocampe des pommes.	a) idem b) idem

<p>Le nombre de prédateurs de pucerons était similaire l'année suivant l'établissement des bandes florales, mais a été plus élevé dans les bandes florales que dans les zones témoins (sans bandes florales) lors de la deuxième année suivant l'établissement.</p>	<p>Pomiculteurs biologiques et en PFI</p>	<p>Ces résultats peuvent indiquer une tendance à une lutte biologique naturelle des pucerons dans les pommiers près des bandes florales comparativement à ceux près des zones témoins. Deux années de données sont nettement insuffisantes pour tirer une conclusion quant au rôle des bandes florales sur les insectes se déplaçant sur une longue distance.</p>	<p>a) idem b) idem</p>
---	---	---	----------------------------

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Une contribution en expertise et en marchandise a été réalisée par la compagnie Aiglon Indigo. La contribution d'expertise a consisté à appuyer les membres de notre équipe dans la conception du mélange de semences optimal et à la détermination des méthodes d'implantation adéquates pour le mélange développé. La contribution en marchandise a consisté en fournissant gratuitement au projet le mélange de semences qui a été semé en août 2020 pour l'établissement des bandes florales sur une surface totale de 478,8 m². Pour le semis, madame Isabelle Dupras, chargée de projet stratégie communication et marketing chez Aiglon Indigo, est venue au verger de l'IRDA pour nous renseigner et participer au semis à la volée. Une quantité supplémentaire de 10 gr de mélange a été fournie en 2021 afin de réparer les zones endommagées. En 2021, l'entreprise a aussi fourni un sachet de semences de *Geranium robertianum* stratifié ainsi que 90 plants de menthe.

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

RÉSUMÉ

Les vergers de pommiers sont des agrosystèmes régulièrement perturbés par des applications de pesticides qui influencent la dynamique des populations d'insectes et affectent la lutte biologique naturelle des ravageurs. Dans un esprit d'augmentation de la biodiversité et de conservation des ennemis naturels, des blocs de pommiers non traités ont été aménagés dans un verger expérimental. Des bandes florales composées de 13 espèces de plantes indigènes ou naturalisées ont été établies entre les rangs de pommiers. Les plantes se sont bien établies et deux années après leur semis, toutes les espèces étaient présentes sauf le géranium de Robert (*Geranium robertianum*). Les bandes florales n'ont pas influencé le taux de pollinisation des fleurs de pommiers et elles n'ont pas fourni l'occasion aux campagnols de champs de causer plus de dommages aux pommiers des zones aménagées. Les bandes florales n'ont pas eu d'incidence sur les tétranyques et les acariens prédateurs à la suite d'un fauchage-tonte des entre-rangs. Des pièges fosses installés à l'interface entre le couvre-sol et le rang de pommiers ont révélé un nombre accru de prédateurs édaphiques, composés principalement de carabidés, dans les zones aménagées de bandes florales que dans les zones témoins. Cependant, l'effet des prédateurs édaphiques n'a pas été observé sur la mortalité des larves matures du carpocapse de la pomme placées dans des rouleaux de carton ondulé. Concernant la tordeuse à bandes obliques, des taux de parasitisme sous les 10% pour les œufs sentinelles et sous les 30% pour les larves sentinelles n'ont pas permis d'évaluer les effets des bandes florales sur les parasitoïdes de ce ravageur. Cependant, le nombre de prédateurs de pucerons, les aphidiphages, était similaire dans les deux traitements lors de la première année et significativement plus élevés dans les parcelles aménagées comparativement aux parcelles non aménagées lors de la deuxième année. La composition de la guildes de prédateurs de pucerons était plus diversifiée lors de la première année, avec une prédominance de Cecidomyiidae lors de la deuxième année significativement plus élevée dans les parcelles aménagées. Les Coccinellidae composaient le deuxième groupe le plus observé dans les deux traitements. Les évaluations des dommages sur pommes à la récolte n'ont pas décelé de différence sur celles provenant des zones aménagées comparativement aux zones non aménagées, indiquant qu'une augmentation des dommages sur pommes n'a pas été observée dans les deux années suivant l'établissement des bandes florales. Néanmoins, les deux années d'échantillonnage suivant le semis des plantes n'ont pas permis de conclure sur le bénéfice attendu de l'aménagement de bandes florales dans le verger de pommiers sur la lutte biologique naturelle des ravageurs ciblés. Une poursuite de la prise de données dans ce type d'aménagement devrait être entreprise durant quelques années supplémentaires afin d'évaluer si les tendances que nous avons observées s'accroissent au fil des années.

OBJECTIFS

Diversifier les vergers de pommiers par l'implantation et la gestion de bandes florales dans les entre-rangs en vue de favoriser le recrutement des pollinisateurs et d'augmenter la lutte biologique aux ravageurs. Sous objectifs: 1) Sélectionner des plantes à fleurs pérennes et indigènes attractives et utiles pour les arthropodes bénéfiques; 2) Étudier le recrutement des pollinisateurs et leurs effets sur la pollinisation des pommiers; 3) Suivre le rôle des bandes florales dans la lutte biologique aux ravageurs.

MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

Étape 1 - Implantation des bandes florales

Volet 1.1 - Sélection des plantes

La sélection des plantes s'est faite selon neuf critères, à savoir : 1) attractives et utiles pour les ennemis naturels; 2) non attractives pour les insectes nuisibles et les campagnols; 3) le mélange devait offrir une première floraison avant la floraison des pommiers et tout au long de la saison; 4) plantes basses, donc tolérantes au fauchage répété; 5) tolérantes aux passages répétés de la machinerie lors des diverses opérations au verger; 6) plantes bisannuelles ou vivaces; 7) tolérantes aux sols riches en nutriments et compactés; 8) compétitives envers les mauvaises herbes; 9) tolérantes à une faible luminosité. La sélection s'est faite à partir de la liste du projet européen EcoOrchard (Pfiffner et coll. 2019). Les espèces présentes sur cette liste et présentes au Québec en tant qu'espèces indigènes ou naturalisées ont été retenues. La liste a été complétée par des espèces indigènes ou naturalisées au Québec appartenant au même genre que celles qui étaient présentes dans le projet EcoOrchard, mais absentes au Québec. Quatorze plantes ont été sélectionnées pour composer les bandes florales : *Achillea millefolium*, *Cichorium intybus*, *Daucus carota*, *Euthamia graminifolia*, *Festuca rubra*, *Geranium robertianum*, *Glechoma hederacea*, *Leucanthemum vulgare*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Mentha canadensis*, *Poa pratensis*, *Prunella vulgaris* et *Trifolium pratense* (Tableau 1).

Le mélange de graines semées comprenait des dicotylédones et des graminées dans une proportion, en graines/m², de 56,6 et 43,4%, respectivement. Les plantes *G. robertianum* et *M. canadensis* devaient être transplantées et non semées.

Tableau 1. Caractéristiques des espèces végétales sélectionnées composant les bandes florales établies entre les rangs de pommiers dans le verger expérimental de l'IRDA à St-Bruno-de-Montarville. Les espèces reconnues comme étant les plus importantes pour les insectes bénéfiques sont sur fond bleu.

Noms des espèces	Nombre de graines (%)	Classe	Famille	Période de floraison				
				mai	juin	juillet	août	sept
<i>Daucus carota</i>	9,8	Dicotylédone	Apiaceae					
<i>Achillea millefolium</i>	9,8	Dicotylédone	Asteraceae					
<i>Cichorium intybus</i>	11,5	Dicotylédone	Asteraceae					
<i>Euthamia graminifolia</i>	10,2	Dicotylédone	Asteraceae					
<i>Leucanthemum vulgare</i>	5,7	Dicotylédone	Asteraceae					
<i>Lotus corniculatus</i>	2,0	Dicotylédone	Fabaceae					
<i>Medicago lupulina</i>	2,4	Dicotylédone	Fabaceae					
<i>Trifolium pratense</i>	2,0	Dicotylédone	Fabaceae					
<i>Geranium robertianum</i>		Dicotylédone	Geraniaceae					
<i>Glechoma hederacea</i>	0,8	Dicotylédone	Lamiaceae					
<i>Mentha canadensis</i>		Dicotylédone	Lamiaceae					
<i>Prunella vulgaris</i>	2,4	Dicotylédone	Lamiaceae					
<i>Festuca rubra</i>	12,2	Monocotylédone	Poaceae					
<i>Poa pratensis</i>	31,2	Monocotylédone	Poaceae					

Volet 1.2 - Préparation du sol et semis

Dans les parcelles témoins, aucune préparation du sol ni aucun semis n'a été faite, le couvre-sol déjà présent, composé majoritairement de graminées n'a pas été modifié. Dû à la Covid-19, les travaux de préparation du sol dans les parcelles en bandes florales ont débuté quelques semaines plus tard que prévu, soit à la fin de mois de mai 2020. La préparation du sol et le semis ont été effectués dans les sept entre-rangs des quatre parcelles de bandes florales, soit sur un total de 28

entre-rangs. Afin de limiter la propagation du chiendent, un traitement de glyphosate a été effectué avant le labour. Un labour a été effectué dans la zone centrale de chaque entre-rang, sur une largeur de 45 cm, déterminée par la distance entre les roues du tracteur, et sur toute la longueur de chaque entre-rang de 38 m, pour une longueur totale de 1 064 m. Un lit de semence a été préparé avant le semis afin de faire germer les graines d'adventices (technique du faux semis). Ce lit de semence a été préparé à l'aide d'un râteau et d'une herse étrille manuelle. Un premier ratissage a été effectué à l'aide d'une herse étrille manuelle à la suite de la levée des plantules des mauvaises herbes.

Lorsque la préparation du sol a été terminée, au début du mois de juillet 2020, la période optimale pour le semis printanier (fin mai à début juin) était terminée. La sécheresse des mois de juin et juillet a rendu cette période encore moins propice au semis. À la suite des recommandations de notre partenaire, Isabelle Dupras, de l'entreprise Aiglon Indigo, le semis a donc été effectué à la fin du mois d'août, lorsque les températures étaient plus fraîches et que la pluie était plus fréquente. Pour maintenir, les parcelles prêtes au semis, une série de ratissage a été faite chaque semaine jusqu'à la mi-août et un traitement d'herbicide a été effectué au milieu de l'été. Douze des plantes choisies ont été semées, à la volée, le 28 août 2020 dans les sept entre-rangs de pommiers de chacune des quatre répétitions. La surface totale semée a été de 478,8 m². À la suite du semis, un rouleau à gazon a été utilisé pour enfoncer superficiellement les semences dans le sol. Peu d'entretien a été nécessaire pour la germination et l'établissement des plantes semées. La fréquence et l'abondance des pluies ainsi que la température étaient adéquates pour la levée des semis. Deux des espèces choisies : *G. robertianum* et *M. canadensis* devaient être transplantées. L'espèce *M. canadensis* a été transplantée au printemps 2021 alors que le *G. robertianum* n'a pas pu être transplanté. Deux rangs d'une des parcelles en bandes florales avaient été endommagés et ont été ressemés le 2 juin 2021.

Volet 1.3 - Entretien des bandes florales

En 2020, puisque le semis a été effectué à la fin août, aucun fauchage de la bande florale n'a été nécessaire durant l'été. La végétation des entre-rangs de circulation dans les parcelles en bande florale ainsi que les parcelles témoins ont été tondus quatre fois.

À partir de 2021, les fauches ont été réalisées avec un Gyrobroyeur à cinq couteaux. En 2021, une première fauche-tonte a été réalisée le 18 mai à 40 cm du sol au centre de la bande florale et au ras du sol (8-10 cm) pour les côtés et les entre-rangs témoins. Une seconde fauche-tonte du même type a été réalisée le 21 juillet, cependant le couteau central n'a pas été activé pour ne pas couper les plantes en fleurs. Une dernière fauche-tonte à 8-10 cm du sol a été effectuée le 23 septembre pour les bandes florales et les parcelles témoins.

Pour 2022, une première fauche-tonte des bandes florales et des parcelles témoins a été réalisée le 26 mai. Le couteau central a été relevé au maximum et a été inactivé pour ne pas faucher les plantes à fleurs. Les côtés des bandes florales ainsi que les entre-rangs témoins ont été tondus à 8-10 cm du sol. Deux autres fauches, identiques à la première, ont eu lieu le 30 juin et le 8 août. Une dernière fauche à 8-10 cm du sol a été effectuée en septembre pour les bandes florales et les parcelles témoins.

Étape 2 – Évaluation des bandes florales et de leur impact sur l'agroécosystème du verger

Volet 2.1 – Évaluation de la biodiversité végétale et animale des bandes florales et de la pollinisation des pommiers

2.1.1 Établissement de la bande florale

L'examen de six quadrats de 0,16 m² (40 x 40 cm) dans les trois entre-rangs centraux de chaque parcelle, une fois à l'automne 2020, deux fois en 2021 et trois fois en 2022 (Pfiffner et coll., 2019).

2.1.1.1 Variables mesurées

- Pourcentage de recouvrement global dans chaque quadrat : 1) des monocotylédones semées, 2) des dicotylédones semées, 3) des plantes sauvages, 4) du sol (par classe de 1 à 4). Les classes de recouvrement étant : 1) 0 à 25%; 2) 26 à 50%; 3) 51 à 75%; 4) 76 à 100%.
- Fréquence de dominance des espèces pour chaque quadrat (les trois espèces dominantes par ordre de priorité).

2.1.1.2 Analyses statistiques

Un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) a été utilisé pour chaque type de recouvrement (monocotylédones, dicotylédones, plantes sauvages et sol). L'indice de recouvrement a été modélisé comme variable ordonnée. L'indice de recouvrement a été comparé entre les six dates et le modèle incluait l'interaction avec les parcelles afin d'estimer si la tendance différait entre les parcelles. L'entre rangs a été considéré comme effet aléatoire. Diverses bibliothèques de R ont été utilisées pour l'estimation des modèles, l'analyse des résidus, etc. Afin de tester si un facteur avait un effet significatif, on a comparé un modèle avec et sans le facteur en question à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduisait la valeur d'AIC d'au moins 2. Une approche bayésienne a été utilisée pour les variables sans variance. Les intervalles de confiances (intervalles crédibles) et les valeurs de p approximatives ont été estimés à partir des distributions postérieures. Le critère d'information utilisé pour les modèles bayésiens était le WAIC. Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du langage de programmation R (R Core Team, 2021).

2.1.1.3 Résultats

Le recouvrement des dicotylédones dans les parcelles aménagées a été significativement différent d'une date à l'autre ($\Delta AIC = 383.7483$) avec un recouvrement sous les 50% (classe 1 et 2) à l'automne 2020 et un recouvrement majoritairement entre 76 et 100 % à l'automne 2022 (classe 4) (Fig. 1). Aucune interaction entre les facteurs dates et parcelles n'a été détectée ($\Delta AIC = -4.3047$) et aucune différence significative n'a été détectée entre les parcelles ($\Delta AIC = 0.6662$). Le recouvrement des dicotylédones a été au maximum lors du dernier échantillonnage à l'automne 2022 alors que le recouvrement a été similaire durant les périodes estivales de 2021 et 2022, similitude observée aussi aux printemps 2021 et 2022. On peut conclure que l'établissement des dicotylédones a été un succès.

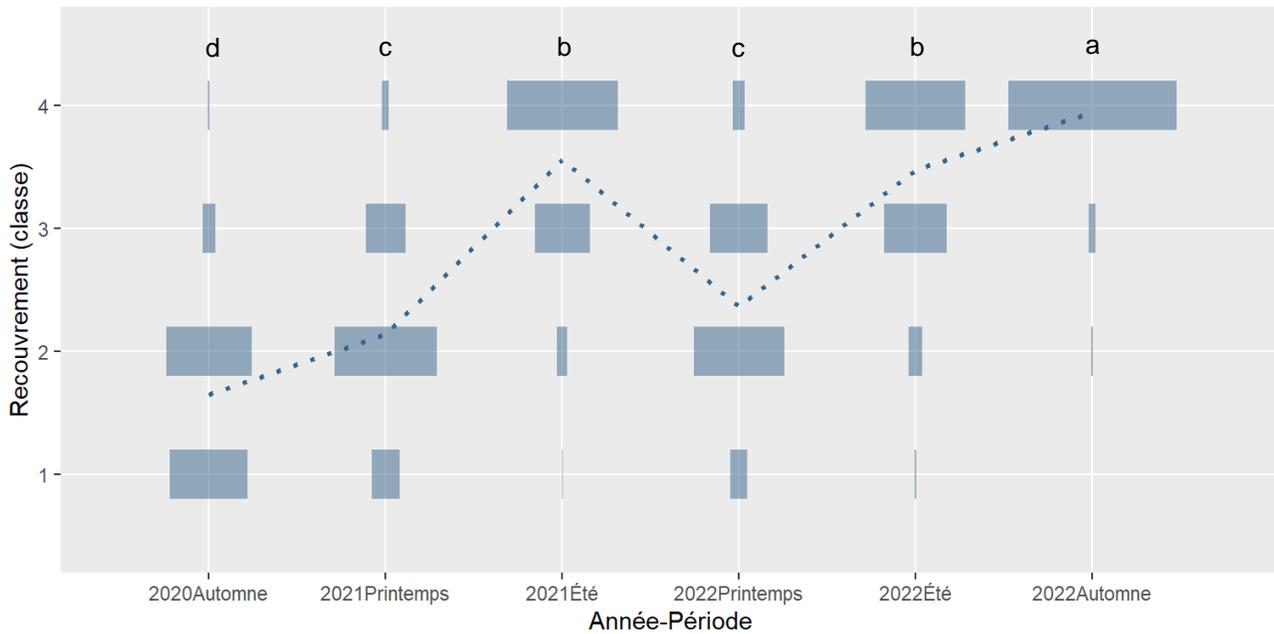


Figure 1. Probabilité de recouvrement (dimension des boîtes) par les dicotylédones dans les parcelles aménagées de bandes florales au fil des années suivant le semis en août 2020. Les classes de recouvrement étant : 1) 0 à 25%; 2) 26 à 50%; 3) 51 à 75%; 4) 76 à 100%.

Le recouvrement des monocotylédones était significativement différent selon les parcelles ($\Delta AIC = 3,24$) avec une différence significative selon les dates ($\Delta AIC = 20,0$ et avec absence d'interaction avec les facteurs dates et parcelles ($\Delta AIC < 2$) (Fig. 2).

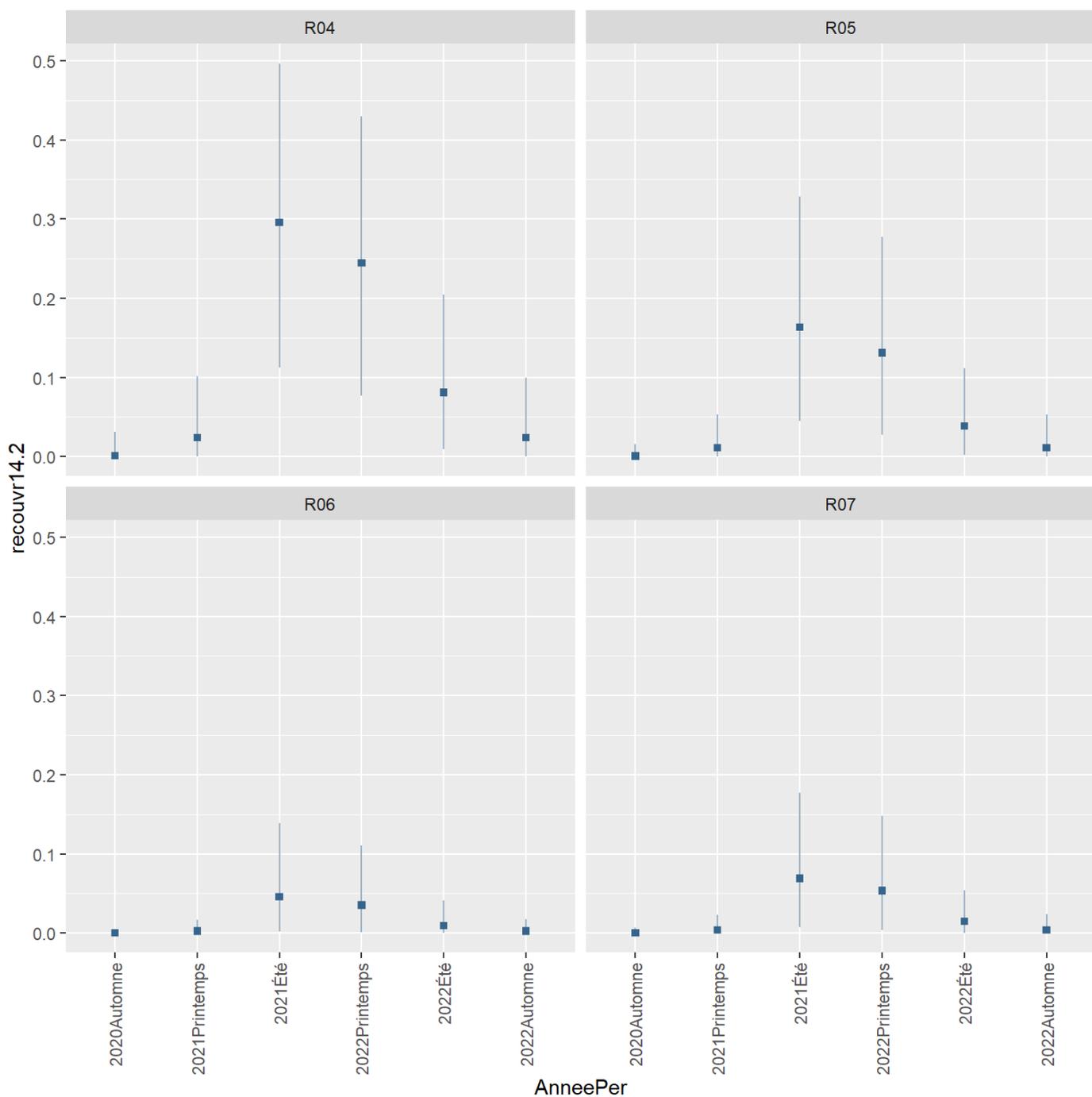


Figure 2. Probabilité de passer de la classe 1 à la classe 2 pour les monocotylédones dans les parcelles aménagées de bandes florales au fil des années suivant le semis en août 2020. Les classes de recouvrement étant : 1) 0 à 25%; 2) 26 à 50%; 3) 51 à 75%; 4) 76 à 100%.

Le recouvrement des plantes sauvages a été significativement différent entre les parcelles ($\Delta AIC = 4,8$) et entre les dates ($\Delta AIC = 140,5$) (Fig. 3).

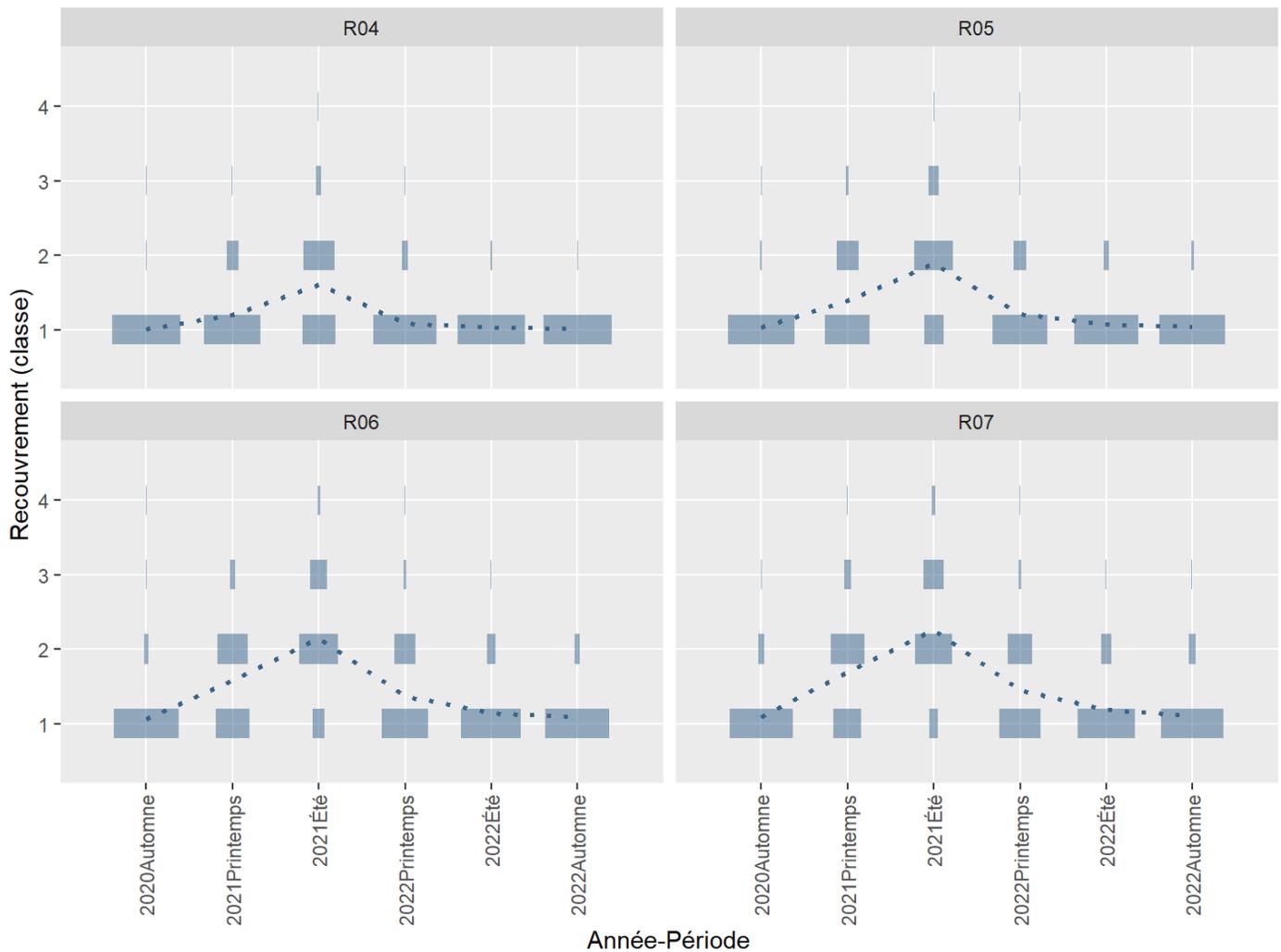


Figure 3. Probabilité de recouvrement par les plantes sauvages dans les parcelles aménagées de bandes florales au fil des années suivant le semis en août 2020. Les classes de recouvrement étant : 1) 0 à 25%; 2) 26 à 50%; 3) 51 à 75%; 4) 76 à 100%.

Le recouvrement du sol était similaire entre les parcelles ($\Delta AIC = -1.5964$), significativement différent entre les dates ($\Delta AIC = 327.3793$), avec aucune interaction significative entre les deux facteurs ($\Delta AIC = -7.4948$) (Fig. 4). Le pourcentage de recouvrement du sol nu a diminué au fil des saisons pour se stabiliser à l'été 2021 à des valeurs se situant entre 0 et 25 % (classe 1). Cette situation n'est pas étrangère au fait que les plantes semées se sont développées graduellement et par le fait même, elles ont occupé de plus en plus d'espace du sol nu.

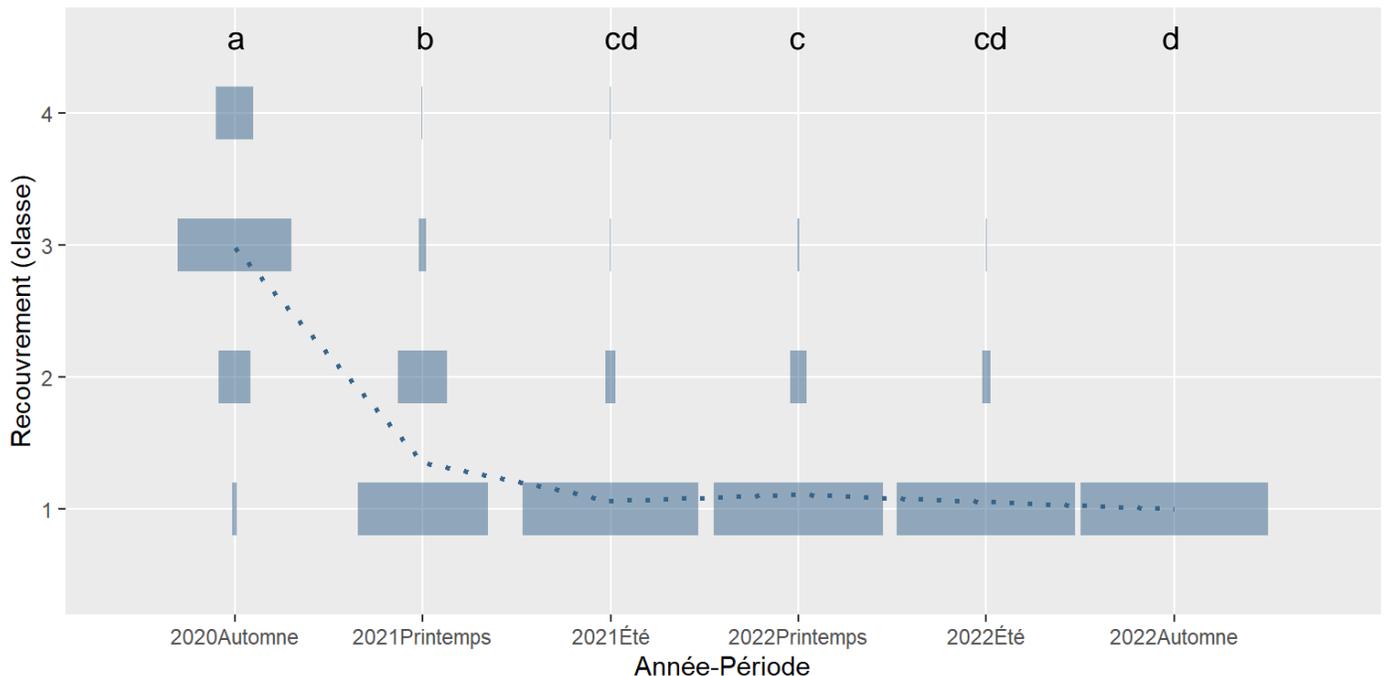


Figure 4. Probabilité de recouvrement par le sol dans les parcelles aménagées de bandes florales au fil des années suivant le semis en août 2020. Les classes de recouvrement étant : 1) 0 à 25%; 2) 26 à 50%; 3) 51 à 75%; 4) 76 à 100%.

2.1.2 Présence de prédateurs édaphiques

Pose de trois pièges fosses par parcelle à l'interface entre le couvre-sol et le rang de pommiers (Labrie et coll., 2003). Le piège est fabriqué à partir de pot d'un litre ayant trois ouvertures près du bord supérieur. Le couvercle a été posé afin de protéger le contenu de la pluie et de diminuer l'évaporation. Le piège contenait 250 ml d'antigel Winter Proof® (solution aqueuse d'éthanol entre 10 et 30 % et de 1,2-propylène glycol entre 1 et 5 %) auquel ont été ajoutées quelques gouttes de détergent (Labrie et coll., 2003). Le piège a été relevé une fois par semaine. Le contenu a été filtré puis conservé dans l'alcool 70 % dans des contenants entreposés au réfrigérateur jusqu'à l'identification des spécimens. La première pose de piège a eu lieu le 4 juin en 2021 et le 06 juin en 2022. Le dernier relevé a eu lieu le 30 août en 2021 et le 29 août en 2022.

2.1.2.1 Variables mesurées

- Nombre de spécimens de Carabidae, Staphylinidae, Forficulidae, Araneae et Chilopoda capturés par piège et l'abondance relative des familles de prédateurs.

2.1.2.2 Analyses statistiques

Les abondances ont été analysées avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) pour chaque taxon. L'abondance a été modélisée avec une distribution de Poisson ou binomiale négative selon la dispersion des données. L'abondance a été comparée entre les traitements (témoin et bandes florales), et les parcelles, et en incluant l'interaction traitement et parcelle. L'entre rangs a été considéré comme effet aléatoire. Afin de tester si un facteur avait un effet significatif, on a comparé un modèle avec et sans le facteur en question à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduisait la valeur d'AIC d'au moins 2. Une approche bayésienne a été utilisée pour les variables sans variance. Les intervalles de confiance (intervalles crédibles) et les valeurs de p approximatives ont été estimés à partir des distributions postérieures. Le critère d'information utilisé pour les modèles bayésiens était le WAIC. Tous les taxons ont été analysés sauf les Forficulidae, par manque de données.

2.1.2.3 Résultats

Les données des années 2021 et 2022 ont été analysées séparément puisque les bandes florales étaient en cours d'établissement et leurs effets pouvaient être différents à chacune des années.

Carabidae

En 2021, le nombre de Carabidae échantillonnés dans les pièges fosses était significativement plus élevé dans les bandes florales que dans les témoins ($\Delta AIC = 19.9062$), similaire entre les parcelles ($\Delta AIC = -4.9365$) et avec une absence d'interaction entre les facteurs ($\Delta AIC = -4.2738$) (Fig. 5). La quantité de Carabidae récoltée dans les pièges fosses était deux fois plus élevée dans les parcelles aménagées que dans les parcelles témoins avec, respectivement $32,3 \pm 2,6$ insectes et $16,2 \pm 1,7$ insectes par piège fosse. Parallèlement, en 2022, le nombre de Carabidae échantillonnés dans les pièges fosses était significativement plus élevé dans les bandes florales que dans les témoins ($\Delta AIC = 6.8102$), similaire entre les parcelles ($\Delta AIC = -2.3808$) et avec une absence d'interaction entre les facteurs ($\Delta AIC = -4.2483$). La quantité de Carabidae récoltée dans les pièges fosses était près du double dans les parcelles aménagées comparativement à celle récoltée que dans les parcelles témoins avec, respectivement $6,7 \pm 0,9$ insectes et $3,7 \pm 0,6$ insectes par piège fosse.

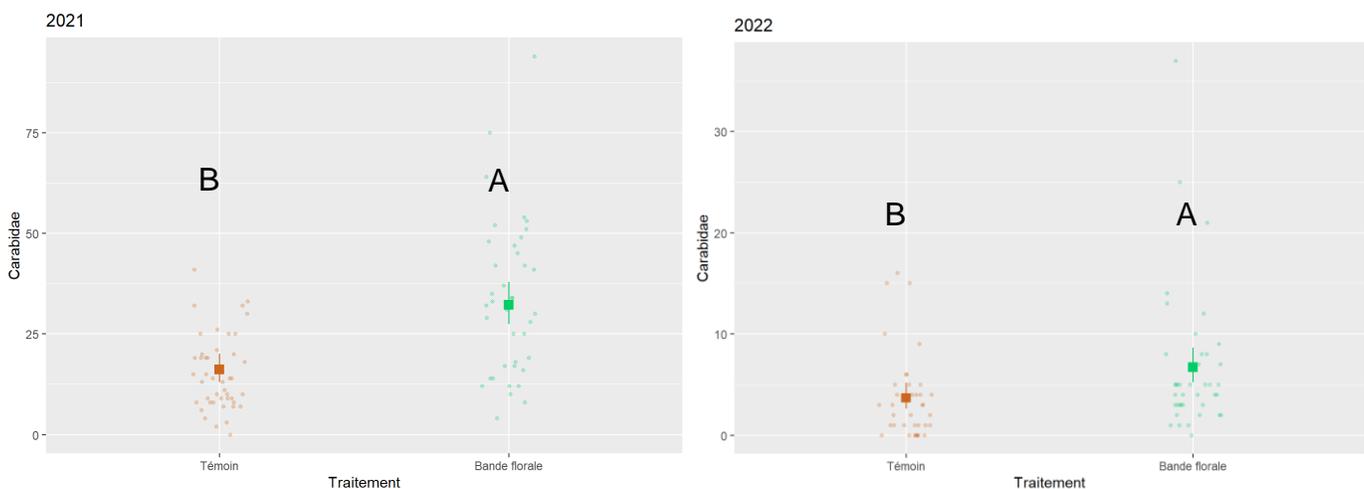


Figure 5. Nombre de Carabidae (moyenne \pm erreur type) récolté par piège fosse, installé du 4 juin au 30 août 2021 (gauche) et du 6 juin au 29 août 2022 (droite), dans les parcelles aménagées de bandes florales et les parcelles témoins.

Staphylinidae

Aucune différence significative n'a été observée au nombre total de Staphylinidae récoltés dans les pièges fosses en 2021 dans les parcelles témoins et aménagées de bandes florales ($\Delta AIC < 2$) et entre les parcelles ($\Delta AIC < 2$) (Fig. 6). Parallèlement, aucune différence significative n'a été observée en 2022 concernant le nombre de captures réalisées dans les pièges fosses dans les parcelles aménagées ou non ($\Delta AIC < 2$) et entre les différentes parcelles ($\Delta AIC < 2$).

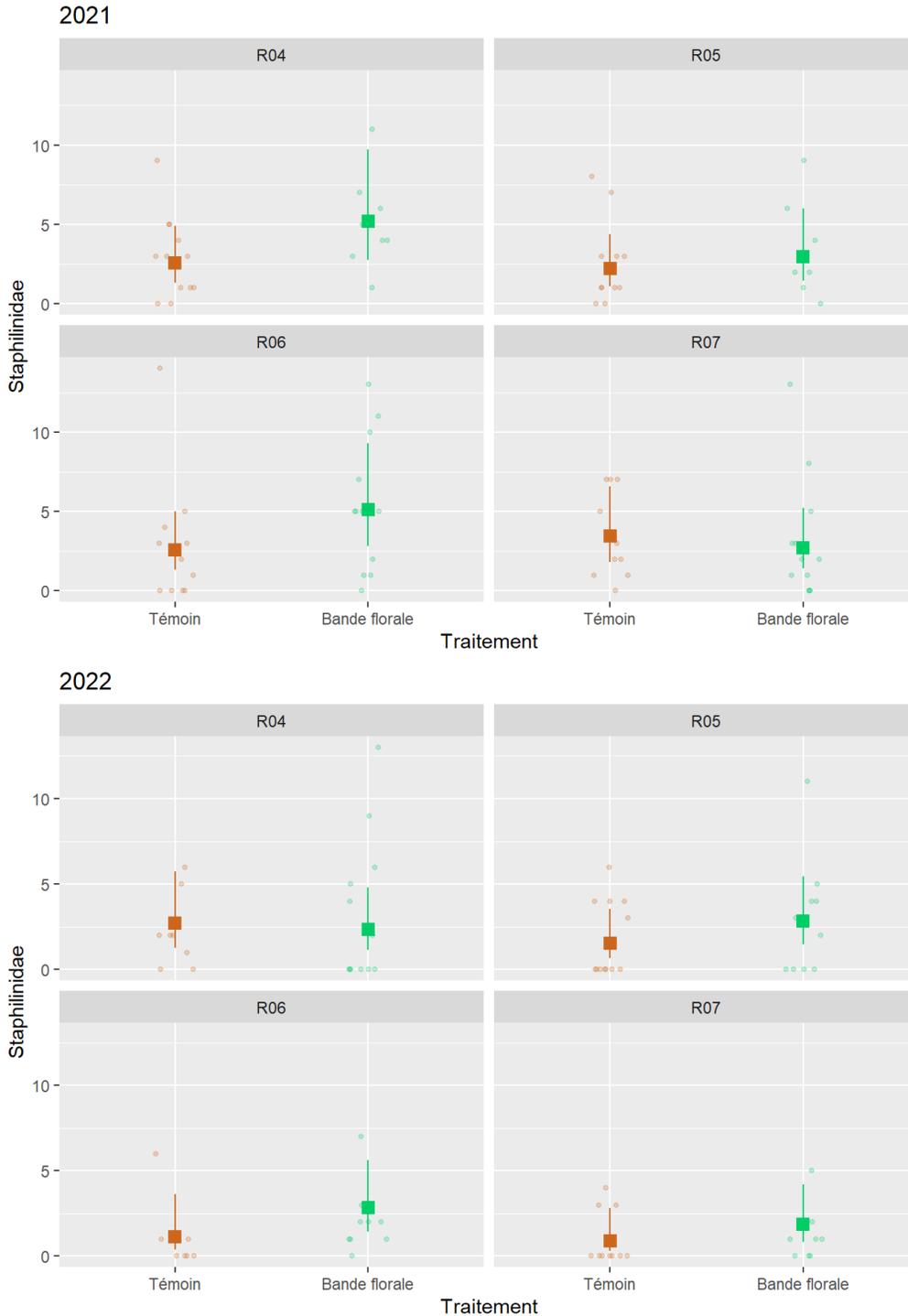


Figure 6. Nombre de Staphylinidae (moyenne \pm erreur type) échantillonné par piège fosse, installés du 4 juin au 30 août 2021 (haut) et du 6 juin au 29 août 2022 (bas) dans les parcelles aménagées de bandes florales et les parcelles témoins.

Forficulidae

Le nombre de Forficulidae récolté dans les pièges fosses en 2021 et 2022 était insuffisant pour pouvoir les analyser statistiquement.

Aranea

Aucun effet important n'a été détecté en 2021 ($AIC_{\text{mod.nul}} = 566.4116$), contrairement à 2022 où un effet traitement a été observé ($\Delta AIC < 2$). Dans les parcelles de bandes florales, le nombre d'araignées a été estimé à $4,63 \pm 0,63$ comparativement à $3,03 \pm 0,52$ dans les parcelles témoins (Fig. 7).

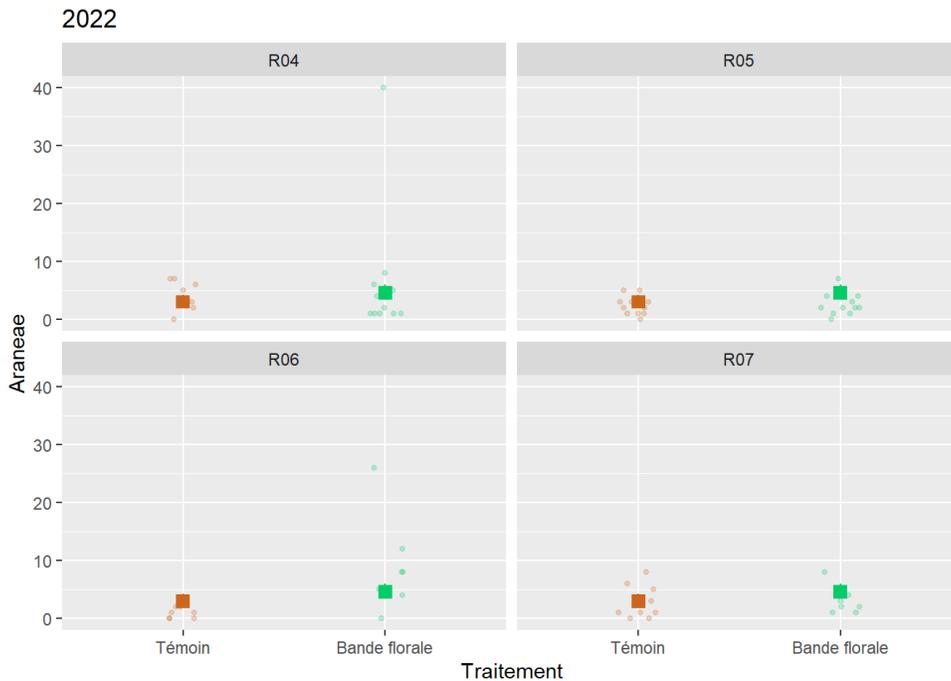


Figure 7. Nombre d'araignées (moyenne \pm erreur type) échantillonné par piège fosse, dans chacune des parcelles, du 6 juin au 29 août 2022 dans celles aménagées de bandes florales et les parcelles témoins.

Chilopoda

Aucune différence significative n'a été détectée en 2021 ($AIC_{\text{mod.nul}} = 308,1120$) et en 2022 ($AIC_{\text{mod.nul}} = 136,4963$) quant au nombre de Chilopoda observé dans les parcelles aménagées de bandes florales comparativement à celui observé dans les parcelles témoins.

2.1.3 Effet attractif de la bande florale sur les insectes pollinisateurs, prédateurs et parasitoïdes

L'échantillonnage par aspiration a été réalisé à l'aide d'un aspirateur motorisé de type D-Vac (Dietrick, 1961) durant une minute par entre-rang, sur trois entre-rangs par parcelle, à chaque semaine de juin à août (McCabe et coll., 2017). Pour chaque entre-rangs en bande florale, une aspiration de 30 secondes a été effectuée à la partie supérieure de la bande florale et une autre aspiration de 30 secondes a été effectuée à la partie inférieure. En 2021, cette aspiration a été faite en continu alors qu'en 2022 elle a été séparée en deux étapes. Les échantillons d'une même bande ont donc été combinés pour 2021 alors qu'ils ont été séparés en 2022 (parties supérieure et inférieure). Pour chaque entre-rangs en parcelles témoins, une aspiration unique d'une minute a été effectuée sur le couvre-sol. L'aspiration s'est faite sur le centre des entre-rangs vis-à-vis des 10 arbres centraux pour les rangs de 30 arbres et 12 arbres centraux pour les rangs de 36 arbres.

2.1.3.1 Variables mesurées

- Nombre de Diptera Nematocera, Brachycera et plus particulièrement la famille des Syrphidae;
- Nombre d'Hyménoptera Apoïdea, Vespoïdea et autres Hyménoptera;
- Nombre d'Homoptera et Heteroptera;
- Nombre de Neuroptera;
- Nombre de Coleoptera et plus particulièrement la famille des Coccinellidae.

2.1.3.2 Analyses statistiques

Les analyses ont été réalisées sur les abondances relatives afin de tenir compte de l'effort d'échantillonnage effectué en 2022 dans les bandes florales où la partie supérieure (30 secondes) a été séparée de la partie inférieure (30 secondes), comparativement aux parcelles témoins (60 secondes) en 2021 et 2022 et aux parcelles aménagées en 2021 (60 secondes). Une approche multivariée (RDA) a été utilisée pour comparer l'abondance relative des groupes taxonomiques en considérant les traitements (témoin vs bandes florales), les parcelles et l'interaction entre les traitements et les parcelles. Les données des deux années ont été analysées séparément pour mieux refléter l'âge différent des bandes florales en cours d'établissement. L'entre-rangs a été considéré comme un effet aléatoire. Les modèles ont été estimés avec la librairie glmm TMB. Pour valider les modèles, les résidus ont été inspectés à l'aide de la librairie DHARMA. Afin de tester si un facteur avait un effet, on a comparé un modèle avec et sans le facteur en question à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduit la valeur d'AIC d'au moins 2. Pour les variables sans variance, une approche bayésienne a été utilisée. Le critère d'information utilisé pour les modèles bayésiens a été le WAIC.

2.1.3.3 Résultats

En 2021, un effet significatif entre les traitements ($F_{1,19} = 9,89$; $p = 0,0006$) et les parcelles ($F_{1,3} = 2,30$; $p = 0,0138$) a été observé. On a dénombré plus d'Heteroptera, de Coccinellidae et autres Coleoptera dans les bandes florales comparativement aux parcelles témoins (Fig 8). Les différences entre les parcelles se situent au niveau des groupes taxonomiques moins abondants pour les Vespoïdea et les Neuroptera. En 2022, on a observé un effet significatif entre les traitements ($F_{1,19} = 19,14$; $p = 0,0006$) et aucun effet significatif entre les parcelles ($F_{1,3} = 1,76$; $p = 0,0839$). Plus d'Heteroptera, d'Apoïdea et d'autres Coleoptera et moins de Nematocera d'Homoptera et de Brachycera ont été dénombrés dans les parcelles aménagées de bandes florales.

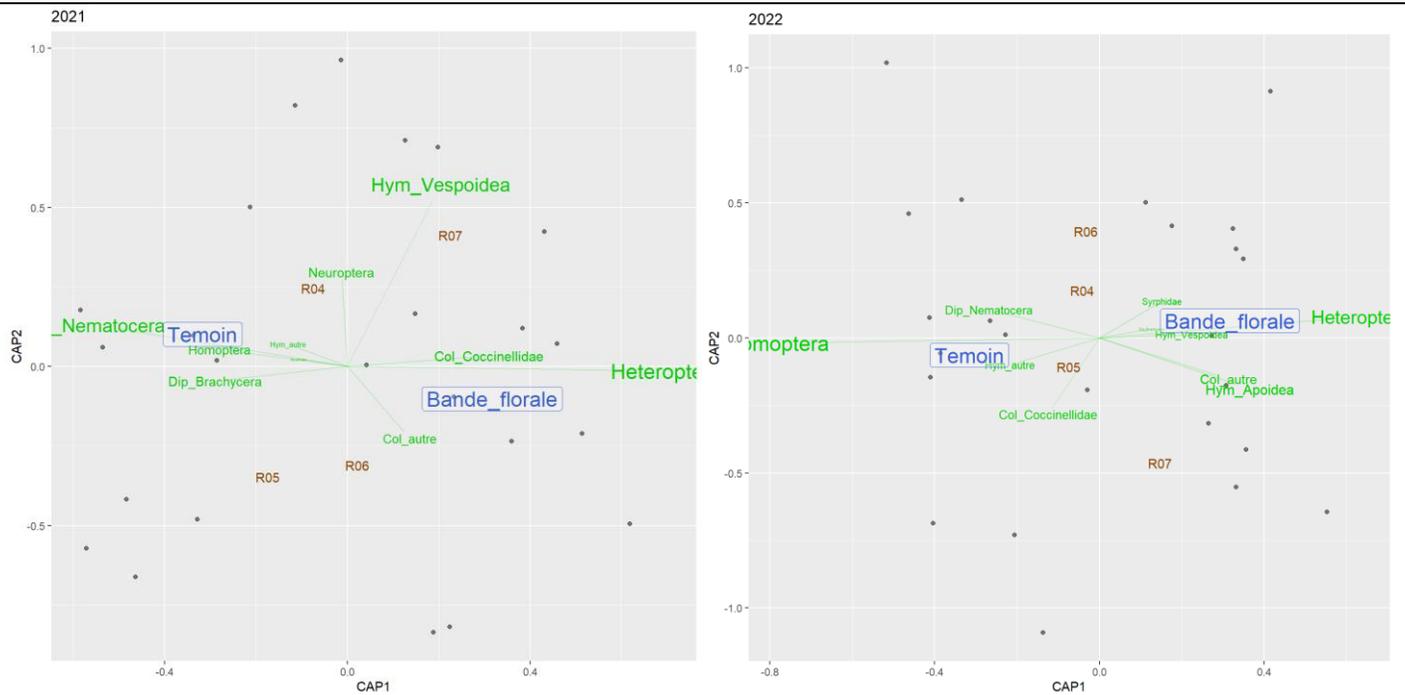


Figure 8. Résultats des analyses de redondance effectuées sur les différents groupes taxonomiques d'insectes récoltés par aspiration dans les bandes florales et les parcelles témoins en 2021 (gauche) et 2022 (droite).

2.1.4 Évaluation de la pollinisation des pommiers

Une observation a été réalisée, chaque année, à la nouaison sur 100 bouquets floraux par parcelle, à raison de 10 bouquets par pommier sur 5 pommiers par rang sur les deux rangs centraux de chacune des parcelles.

2.1.4.1 Variables mesurées

Nombre de fruits total par bouquet et nombre de fruits sur le point d'avorter (pétiole brun-jaune).

2.1.4.2 Analyses statistiques

Le taux de pollinisation a été analysé avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM). La probabilité de pollinisation a été modélisée avec une distribution binomiale *négative*. Le taux de pollinisation a été comparé entre les traitements (témoin et bandes florales), les parcelles et en incluant l'interaction traitement et parcelle. Les données des deux années ont été analysées séparément pour mieux refléter l'âge différent des bandes florales en cours d'établissement. Les modèles ont été estimés avec la bibliothèque glmm TMB. Pour valider les modèles, les résidus ont été inspectés à l'aide de la librairie DHARMA. Afin de tester si un facteur avait un effet, on a comparé un modèle avec et sans le facteur en question à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduit la valeur d'AIC d'au moins 2.

2.1.4.3 Résultats

La probabilité de pollinisation des fleurs de pommier n'a pas été significativement différente, en 2021, entre les traitements ($\Delta AIC = 1,9$), mais significativement différente entre les parcelles ($\Delta AIC = 5,0$) et présence d'une interaction entre les traitements et les parcelles. ($\Delta AIC = 6,9$). La pollinisation a été plus élevée dans la parcelle R5 aménagée de bandes florales que dans la parcelle R5 témoins ($t_{ratio} = -4,01$; $p = 0,0001$) (Fig. 9). Cependant dans les parcelles R6, la

pollinisation a été plus élevée dans les témoins que dans les bandes florales ($t_{\text{ratio}} = 3,79$; $p = 0,0002$). En 2022, la probabilité de pollinisation des fleurs de pommier n'a pas été significativement différente entre les traitements ($\Delta\text{AIC} = 0,1$), mais significativement différente entre les parcelles ($\Delta\text{AIC} = 8,0$) avec présence d'une interaction entre les traitements et les parcelles. ($\Delta\text{AIC} = 17,5$). Dans les parcelles R4, la pollinisation a été plus élevée dans les témoins (81 vs 11 %) alors que dans les parcelles R07, la pollinisation a été plus élevée dans les pommiers près des bandes florales (76 vs 83 %).

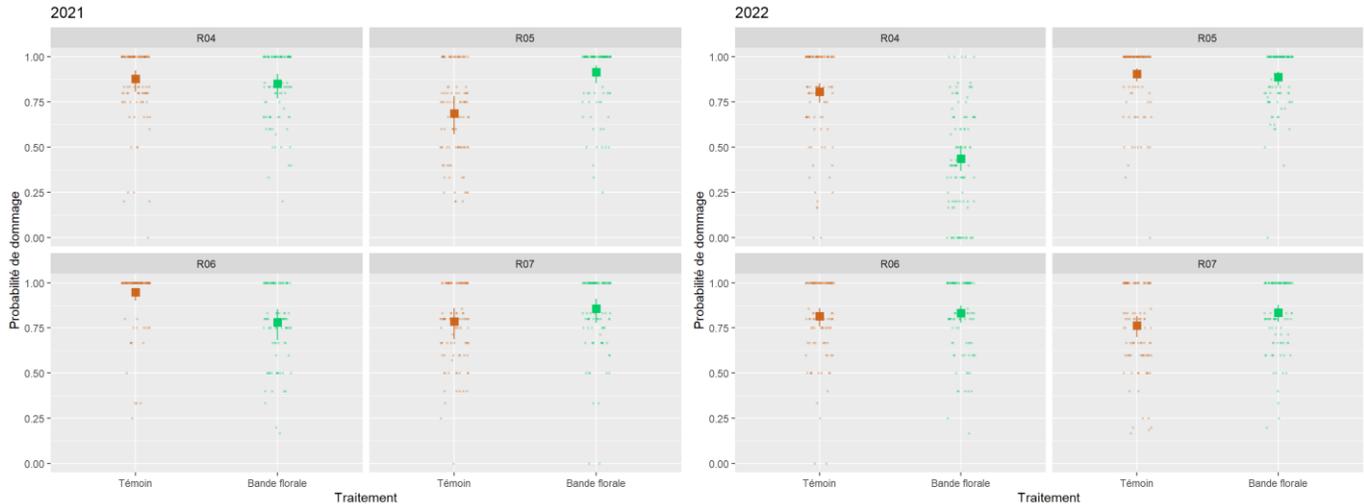


Figure 9. Probabilité de pollinisation dans les parcelles aménagées avec des bandes florales et les parcelles témoins pour chacune des parcelles 2021 (gauche) et 2022 (droite).

Volet 2.2 - Étude des modèles biologiques

2.2.1 Modèle biologique du carpocapse de la pomme

Des bandes de carton ondulé (bandes sentinelles) de 58 cm de longueur et 7,5 cm de largeur, contenant chacune cinq larves de stade 5 de carpocapse ont été installées, à raison de cinq bandes par parcelle en juillet 2021, trois bandes par parcelle en août 2021 et dix bandes par parcelle en juillet et en août 2022. Les larves ont été élevées en contenant sur diète artificielle afin de faciliter la manipulation et le comptage. Les bandes ont été posées deux fois par année (mi-juillet et mi-août) et elles ont été relevées une semaine après leur pose. Les larves ont été observées avant d'être installées en chambre d'élevage et jusqu'à l'émergence des adultes. Pour chaque période d'échantillonnage (juillet et août 2021 et 2022), deux bandes sentinelles témoins ont aussi été placées en chambre d'élevage afin de vérifier la mortalité naturelle.

2.2.1.1 Variables mesurées

- Nombre de larves et de nymphes vivantes une semaine après la pose (taux de prédation);
- Nombre d'adultes émergents issu des bandes sentinelles (taux d'émergence).

2.2.1.2 Analyses statistiques

Chaque variable a été analysée avec un modèle linéaire généralisé (GLM). Les variables dépendantes ont été analysées comme le résultat d'un processus binomial. Dans les cas où il y avait une surdispersion, on a opté pour un processus bêta binomial. Les variables ont été modélisées en fonction du traitement, de la parcelle, de la période et en incluant les interactions. Les années ont été analysées séparément, pour mieux refléter l'âge différent des bandes florales en cours d'établissement. Les modèles ont été estimés avec la librairie R glmmTMB. Pour valider les modèles, les résidus ont été inspectés à l'aide de la librairie DHARMA et les résidus observés ont été comparés à une distribution de résidus simulée par le modèle. Afin de tester si un facteur

avait un effet notable, la vraisemblance des modèles a été comparée avec et sans le facteur en question (Likelihood Ratio test). La variance expliquée a été approximée avec le pseudo R^2 de Nagelkerke.

2.2.1.3 Résultats

Aucune différence significative entre les traitements, les parcelles et les périodes n'a été détectée quant au nombre de larves de carpocapse de la pomme récupéré sur les bandes de carton ondulé ($\chi^2 > 0,05$ pour chacun des modèles) en 2021. En 2022, le modèle le plus représentatif n'expliquait que 6 % de la variance.

Quant à la survie des larves qui ont été récupérées en 2021, aucune différence significative n'a été détectée entre les traitements, les parcelles et les périodes avec aucune interaction ($\chi^2 > 0,05$ pour chacun des modèles). En 2022, le modèle le plus représentatif n'expliquait que 5 % de la variance. Le taux d'émergence des adultes issus des larves installées dans les bandes de carton ondulé a été significativement différent entre les périodes d'échantillonnage en 2021 ($\chi^2_1 = 6,087$; $p = 0,0136$) et 2022 ($\chi^2_1 = 21,744$; $p < 0,0001$), mais pas significativement entre les traitements et les parcelles ($\chi^2 > 0,05$ pour chacun des modèles) (Fig. 10). La probabilité de compléter le cycle vital jusqu'à l'émergence d'un adulte était plus élevée au mois d'août qu'au mois de juillet 2021 et plus élevée au mois de juillet qu'au mois d'août 2022.

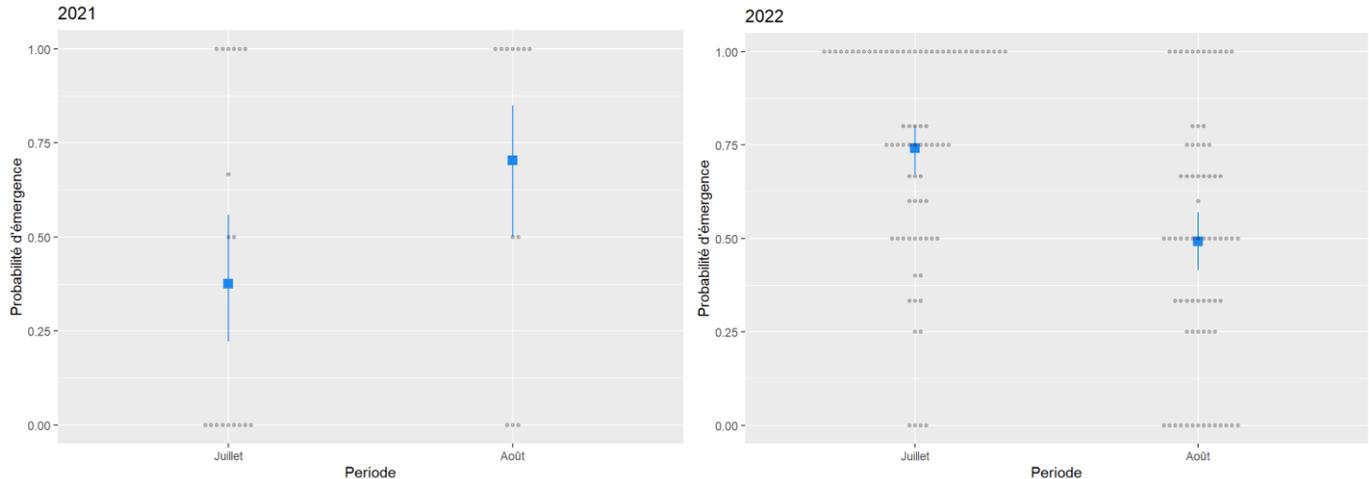


Figure 10. Probabilité pour une larve ayant été déposée dans une bande de carton ondulé tenue verticalement au sol dans une parcelle du verger pendant une semaine, en 2021 (gauche) et 2022 (droite), de compléter son cycle vital jusqu'au stade adulte. Les points indiquent les observations pour chacune des bandes de carton ondulé.

Volet 2.2.2 Modèle biologique de la tordeuse à bandes obliques

2.2.2.1 Effet des prédateurs et parasitoïdes oophages

Six masses d'œufs de TBO (œufs sentinelles) en 2021 et dix en 2022 ont été installées sur les feuilles de pommier dans chacune des parcelles. Elles ont été posées une fois en 2021 (le 5 août, deux fois en 2022 (les 30 juin et 21 juillet) et relevées cinq jours plus tard, avant l'éclosion des larves (Monteiro et coll., 2013). Les masses d'œufs sentinelles ont été incubées en chambre d'élevage jusqu'à l'émergence des parasitoïdes, puis conservées au réfrigérateur pour identification.

2.2.2.1.1 Variables mesurées

- Nombre de masses retrouvées;
- Nombre de masses parasitées;
- Classe de parasitisme : 0) 0%; 1) 1 à 25%; 2) 26 à 50%; 3) 51 à 75%; 4) 76 à 100%.

2.2.2.1.2 Analyses statistiques

Chaque variable a été modélisée avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM). Les variables dépendantes ont été analysées comme le résultat de processus binomial. Les variables ont été modélisées en fonction du traitement et la parcelle a été incluse comme facteur aléatoire. Les années et dates ont été regroupées afin d'obtenir suffisamment de données pour l'analyse. Les modèles ont été estimés avec la librairie R *glmmTMB*. Pour valider les modèles, les résidus ont été inspectés à l'aide de la librairie *DHARMA*. Les résidus observés ont été comparés à une distribution de résidus simulée par le modèle. Afin de tester si un facteur avait un effet notable, un modèle avec le facteur en question est comparé avec un modèle sans le facteur, à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduisait la valeur d'AIC d'au moins 2. La variance expliquée a été approximée avec le pseudo R^2 de Nagelkerke.

2.2.2.1.3 Résultats

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements en ce qui concerne le taux de parasitisme des œufs sentinelles de la tordeuse à bandes obliques ($\Delta AIC = 1,96$).

2.2.2.2 Effet des parasitoïdes larvaires

Des larves de TBO (larves sentinelles) ont été installées dans chacune des parcelles selon le protocole de Tremblay *et coll.* (2018). Les larves sentinelles ont été transférées sur des pousses de pommiers de l'année, à raison de 10 larves sur trois pousses. Un ensemble de trois pousses a été maintenu dans un pot d'eau d'un litre à environ 1,5 m du sol. Le pot a été maintenu au poteau central du rang de pommier, à raison d'un pot sur chacun des trois rangs centraux de chaque parcelle. Trente larves de stades 3 et 4, par parcelle, ont été exposées durant 6 ou 7 jours au parasitisme puis mises individuellement en chambre d'élevage jusqu'à l'émergence des parasitoïdes. Cette exposition au parasitisme a eu lieu en juin 2021 (23 juin) et a été répétée trois fois en 2022 (15 juin, 13 juillet et 17 août).

2.2.2.2.1 Variables mesurées

- Nombre de larves récupérées (taux de récupération);
- Nombre de larves sentinelles parasitées (taux de parasitisme);
- Identification des parasitoïdes;
- Nombre de spécimens de chaque espèce de parasitoïde.

2.2.2.1.2 Analyses statistiques

Chaque variable a été modélisée avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM). La proportion de parasitisme a été analysée comme le résultat de processus binomial. Les variables ont été modélisées en fonction du traitement et de la parcelle en incluant l'interaction entre ces deux facteurs. Une approche bayésienne a été utilisée pour les variables sans variance. Les intervalles de confiance et les valeurs de p approximatives ont été estimés à partir des distributions postérieures. Les bibliothèques *rstanarm* et *brms*, qui font appel à l'algorithme MCMC, ont été utilisées. Pour toutes les analyses, on a vérifié que l'algorithme a convergé à une solution fiable. Afin de tester si un facteur avait un effet notable, un modèle avec le facteur en question est comparé avec un modèle sans le facteur, à l'aide du critère d'information WAIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduisait la valeur du WAIC d'au moins 2. Le manque de données en 2021 n'a pas permis de réaliser les analyses statistiques.

2.2.2.2.3 Résultats

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements (WAIC= 48,82), les parcelles (WAIC = 48,11) avec absence d'interaction (WAIC= 51,21) ($WAIC_{nul} = 45,34$) (Fig. 11). En 2021, 18 larves sur 95 larves récupérées (19 %) ont été parasitées dans les parcelles. Neuf larves étaient parasitées par les diptères *Nilea erecta* et *Actia interrupta* et une larve était parasité par l'Ichneumonidae, *Apophus simplicipes*. Les parasitoïdes des huit autres larves n'ont pas été identifiés, au moment de rédiger ce rapport. Parmi les 165 larves sentinelles récupérées en 2022, deux larves ont été parasitées en juin, une larve a été parasitée en juillet et trois larves ont été parasitées au mois d'août. Cinquante pour cent des larves parasitées ont été récupérées dans chacun des traitements. 83 % des parasitoïdes ont été identifiés comme appartenant à l'ordre des diptères, *Nilea erecta* et *Actia interrupta*. Le Braconidae, *Macrocentrus linearis*, a été identifié comme parasitoïde ayant émergé d'une larve.

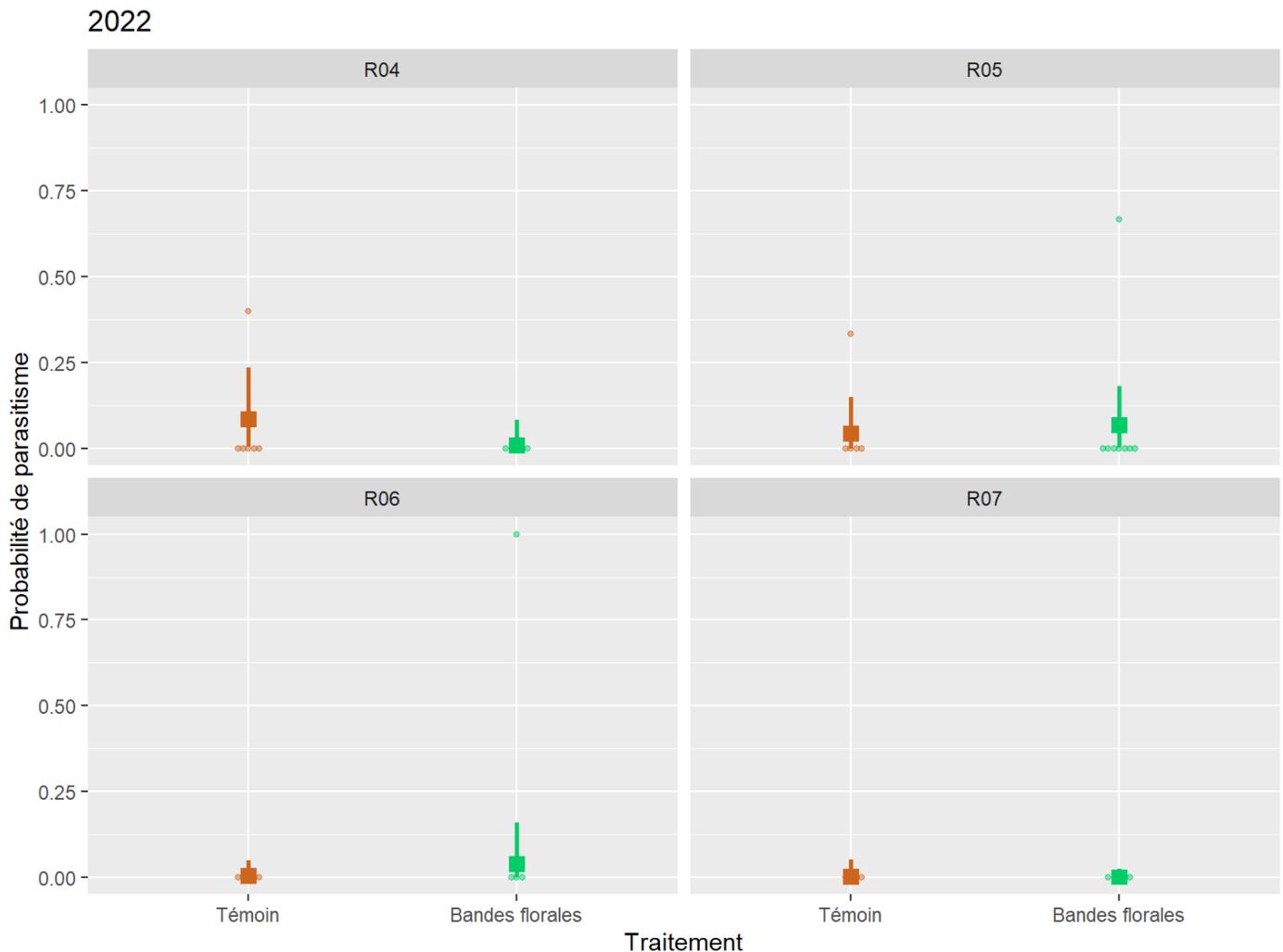


Figure 11. Probabilité de parasitisme des larves sentinelles de tordeuses à bandes obliques exposées pendant 6 ou 7 jours dans les parcelles aménagées de bandes florales et témoins, en 2022.

2.2.3 *Modèle biologique du puceron vert : effet des insectes prédateurs de pucerons*

Le dépistage des colonies de pucerons verts et roses a été réalisé par l'observation de 100 pousses. Le suivi des colonies de pucerons a été fait en observant 10 pousses, par parcelle, contenant une colonie de classe moyenne (classe 2 ou 3). Les colonies ont été inspectées une fois par semaine durant le pic de population du puceron (mi-juin à mi-juillet). Si une colonie venait à disparaître, une nouvelle colonie de classe moyenne (classe 2 ou 3) venait la remplacer.

2.2.3.1 Variables mesurées

- Classe des colonies de pucerons (0 = pas de pucerons; 1 = 1 à 5 pucerons; 2 = 6 à 25 pucerons; 3 = 26 à 50 pucerons; 4 = 51 à 125 pucerons; 5 = plus de 125 pucerons);
- Classe de présence de fourmis (A = 1 à 5 fourmis; B = 6 à 25 fourmis; C = 26 à 50 fourmis; D = Plus de 50 fourmis);
- Nombre de prédateurs par colonie (abondance relative des espèces de prédateurs);
- Nombre de momies de puceron (taux de parasitisme).

2.2.3.2 Analyses statistiques et résultats

Voir dans Annexes, sous Activités de transfert et de diffusion scientifique

2.2.4 *Modèle biologique des tétranyques : effet des acariens prédateurs*

Trente feuilles de pommier par parcelle ont été prélevées, puis brossées afin de dénombrer les acariens. Les prélèvements ont été faits avant un fauchage-tonte de l'entre-rang, puis 5 à 7 jours suivant le fauchage-tonte. Cette activité a été réalisée en juillet et août 2021 et en août 2022 selon le protocole de dépistage recommandé en PFI (Chouinard et coll., 2018).

2.2.4.1 Variables mesurées

- Nombre de formes mobiles et d'œufs de tétranyque rouge et tétranyque à deux points ainsi que d'acariens prédateurs (Phytoseiidae et Stigmaeidae) par feuille (abondance relative des espèces d'acariens).

2.2.4.2 Analyses statistiques

Les abondances de chaque stade-espèce ont été modélisées avec une distribution Poisson ou binomiale négative et analysées avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM). Les variables dépendantes ont été analysées comme le résultat de processus binomial. Les abondances ont été comparées entre les traitements et les dates et l'interaction a été incluse dans le modèle. La parcelle a été incluse comme effet aléatoire. Les années ont été analysées séparément, pour mieux refléter l'âge différent des bandes florales en cours d'établissement. Les modèles ont été estimés avec la bibliothèque R glmmTMB. Pour valider les modèles, les résidus ont été inspectés à l'aide de la bibliothèque DHARMA. Les résidus observés ont été comparés à une distribution de résidus simulée par le modèle. Afin de tester si un facteur avait un effet notable, un modèle avec le facteur en question est comparé avec un modèle sans le facteur, à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduisait la valeur d'AIC d'au moins 2. Un test de comparaisons post-hoc a été utilisé lorsqu'un effet a été noté.

L'approche bayésienne a été utilisée pour les variables avec des conditions sans variance. Les intervalles de confiance et les valeurs de p approximatives ont été estimés à partir des distributions postérieures. Le critère d'information utilisé pour les modèles bayésiens est le WAIC.

2.2.4.3 Résultats

Les résultats de notre première analyse relatent peu d'effet des bandes florales sur les différents groupes d'acariens phytophages et d'acariens prédateurs (Tableau 2). Aucune différence significative n'a été détectée parmi les différents stade et espèce d'acariens phytophages durant

les deux années. Aucun effet des bandes florales n'a été observé pour tous les stades et acariens, phytophages ou prédateurs durant les deux années. Seules les formes mobiles des acariens prédateurs phytoséiides étaient plus nombreuses avant qu'après la fauche-tonte en juillet 2021 (t ratio = 3,485; p = 0,0063) et en août 2022 (t ratio = 3,571; p = 0,0034) (Fig. 12). Une deuxième étape d'analyse est en cours afin de déterminer l'effet d'une fauche des bandes florales faite simultanément avec la tonte du couvre-sol.

Tableau 2. Sommaire des analyses statistiques réalisées pour les différents groupes d'acariens observés sur les feuilles de pommiers avant et après la tonte du couvre-sol

/Années	2021		2022	
	Type d'effet	Valeur du test statistique	Type d'effet	Valeur du test statistique
Acariens phytophages				
Tétranyque à deux points œufs	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$
Tétranyque à deux points mobiles	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$
Tétranyque à deux points total	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$
Tétranyque rouge œufs	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$
Tétranyque rouge mobiles	Date*trt	$\Delta W AIC > 3$	s.o	s.o
Acariens prédateurs				
Phytoséiides œufs	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Effet date	$\Delta AIC > 2$
Phytoséiides mobiles	Effet date	$\Delta AIC \geq 2$	Effet date	$\Delta AIC > 2$
Phytoséiides total	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Effet date	$\Delta AIC > 2$
Stigmaéides œufs	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$
Stigmaéides mobiles	Date*trt	$\Delta AIC > 2$	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$
Stigmaéides total	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$	Pas d'effet	$\Delta AIC < 2$
Acariens rôle inconnu				
Tydeides mobiles	Date et traitement	$\Delta W AIC > 2$	s.o	s.o

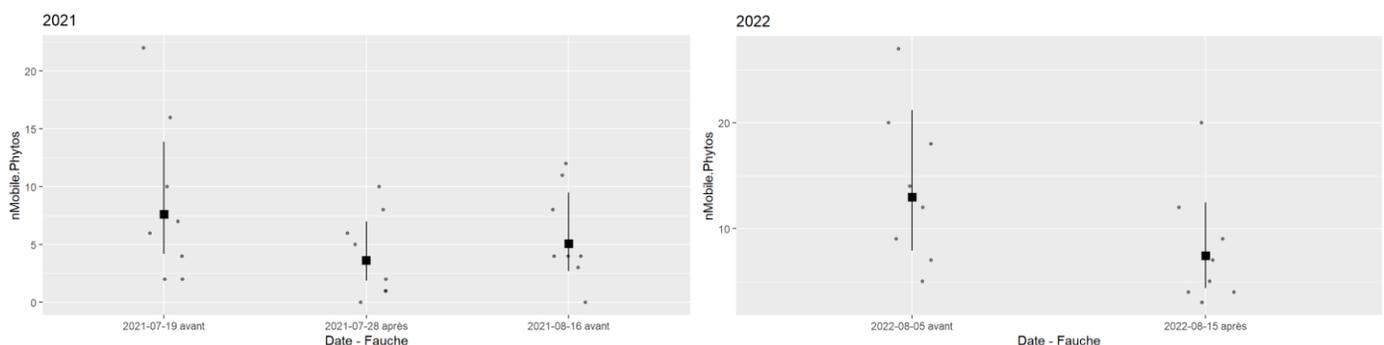


Figure 12. Quantité de formes mobiles de phytoséiides dénombrée sur 30 feuilles de pommier prélevées avant et après la fauche-tonte de l'entre-rang des parcelles aménagées de bandes florales et des témoins (données regroupées) en 2021 (gauche) et 2022 (droite).

Volet 2.3 - Évaluation des populations de ravageurs et de leurs dommages

Nous avons rajouté l'évaluation des dommages causés par les campagnols des champs (volet 2.3.1) sur l'écorce des pommiers afin de vérifier sur les bandes florales favoriseraient le déplacement des campagnols des champs. Cette évaluation a eu lieu le 12 mai 2021 et le 9 mai 2022. À chacune des années, 22 troncs de pommiers par parcelle ont été inspectés pour les dommages occasionnés par les campagnols de champs. Aucun dommage n'a été observé à chacune des années dans toutes les parcelles.

2.3.1 Effet sur les populations de ravageurs durant la saison de production

Dispositif d'évaluation sur feuilles : 100 feuilles par parcelle ont été observées en début juillet pour dépister la cicadelle blanche du pommier, *Typhlocyba pomaria* McAtee et en fin juillet pour dépister la mineuse marbrée, *Phyllonorycter blancardella* (Fabr.).

Dispositif d'évaluation sur pousses : 100 pousses par parcelle ont été observées en début juillet pour dépister le puceron rose du pommier, *Dysaphis plantaginea* (Passerini) à la mi-juillet pour dépister le puceron vert, et en début août pour dépister le puceron lanigère, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann).

Dispositif d'évaluation sur fruits : 100 fruits par parcelle ont été observés fin juin pour dépister les dommages de charançon de la prune (nombre de fruits endommagés) et fin juillet pour dépister les dommages de lépidoptères internes (carpocapse et petit carpocapse de la pomme).

2.3.1.2 Variables mesurées

Évaluation sur feuilles :

- Nombre de feuilles avec présence de larve de cicadelle blanche du pommier et de mine de mineuse marbrée.

Évaluation sur pousses :

- Classe des colonies de pucerons (0 = pas de pucerons; 1 = 1 à 5 pucerons; 2 = 6 à 25 pucerons; 3 = 26 à 50 pucerons; 4 = 51 à 125 pucerons; 5 = plus de 125 pucerons);
- Classe de présence de fourmis (A = 1 à 5 fourmis; B = 6 à 25 fourmis; C = 26 à 50 fourmis; D = Plus de 50 fourmis);
- Présence/ absence de prédateurs et momies de pucerons par colonie. Une attention particulière sera portée sur la présence et le nombre d'œufs et de larves de Diptères (Syrphidae, Chamaemyiidae et Cecidomyiidae) de Névroptères (Chrysopiidae) et de Coléoptères (Coccinellidae).
- Nombre de pousses avec colonie de pucerons roses, pucerons verts et de pucerons lanigères.

Évaluation sur fruits

- Nombre de fruits avec dommage de charançon de la prune et de lépidoptères internes.

2.3.1.2 Analyses statistiques

Les dommages causés par chaque insecte ont été analysés avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM). La probabilité de dommage a été modélisée avec une distribution binomiale ou bêta binomial selon la dispersion des données. Les dommages ont été comparés entre les traitements et la parcelle a été incluse comme effet aléatoire. Les années ont été analysées séparément, pour mieux refléter l'âge différent des bandes florales en cours d'établissement. Les modèles ont été estimés avec la bibliothèque R glmmTMB. Pour valider les modèles, les résidus ont été inspectés à l'aide de la bibliothèque DHARMA. Les résidus observés ont été comparés à une distribution de résidus simulée par le modèle. Afin de tester si un facteur avait un effet notable, un modèle avec le facteur en question est comparé avec un modèle sans le facteur, à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle

réduisait la valeur d'AIC d'au moins 2. Un test de comparaisons post-hoc a été utilisé lorsqu'un effet a été noté.

2.3.1.3 Résultats

L'observation de 100 feuilles par parcelle a été réalisée chaque année, au début juillet et à la fin juillet, respectivement, pour la cicadelle blanche du pommier, *Typhlocyba pomaria*, et la mineuse marbrée, *Phyllonorycter blancardella*. Les populations du puceron rose du pommier, *Dysaphis plantaginea*, et des pucerons verts, ont été échantillonnées simultanément trois fois durant la saison, à chacune des années soient vers la fin mai, à la mi-juillet et à la mi-août. La présence de fourmis dans chacune des colonies a aussi été notée. La densité de pucerons lanigères, *Eriosoma lanigerum* ont été évaluées à la mi-août de chaque année. Les dommages causés par les populations du charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar*, ont été observés au début (2021) et mi-juillet (2022) et ceux causés par les lépidoptères vers la fin juillet de chaque année.

Les dommages causés par les cicadelles de la pomme de terre aux feuilles de pommiers étaient significativement plus élevés dans les parcelles témoins en 2021 ($\Delta AIC = 5,9$) (Tableau 3). En 2022, seuls les dommages aux feuilles causés par la cicadelle blanche du pommier étaient significativement plus élevés dans les parcelles aménagées de bandes florales que dans les parcelles témoins ($\Delta AIC = 3,0$). Sur les pousses, à chacune des années, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour les pucerons roses ($\Delta AIC < 2,0$), les pucerons verts observés au printemps ($\Delta AIC < 2,0$), ainsi que ceux observés durant l'été ($\Delta AIC < 2,0$) (Tableau 3). Sur les fruits, aucune différence significative entre les traitements n'a été observée durant les deux années du projet, en ce qui concerne les dommages causés par les lépidoptères internes de la pomme (2021 : $AIC_{null} = 44,5$; 2022 : $AIC_{null} = 40,6$) (Tableau 3). Les dommages causés par le charançon de la prune étaient plus élevés dans les parcelles témoins en 2022 ($\Delta AIC = 3,4$), mais similaires en 2021 ($AIC_{null} = 36,4$).

Tableau 3. Dommages observés au cours de la saison par les ravageurs sur différentes structures végétales du pommier dans chacun des traitements. * = différence significative

		2021		2022	
Ravageurs		Bandes florales	Témoin	Bandes florales	Témoin
Feuilles	Cicadelle blanche du pommier	0 ± 0	0 ± 0	2,8 ± 2,8	0,8 ± 1,5 *
	Cicadelle de la pomme de terre	2,8 ± 3,6	6,8 ± 10,9 *	21,8 ± 15,4	22,5 ± 13,5
	Mineuse marbrée	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Pousses	Puceron rose (printemps)	10,0 ± 17,4	13,8 ± 15,0	0,5 ± 1,0	1,0 ± 0,8
	Puceron vert (printemps)	38,0 ± 6,2	34,0 ± 8,9	10,0 ± 10,0	17,3 ± 14,4
	Puceron vert (été)	4,0 ± 3,8	5,3 ± 3,8	14,3 ± 5,7	10,5 ± 4,8
	Puceron lanigère	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Fruits	Charançon de la prune	1,8 ± 2,2	2,3 ± 3,3	7,8 ± 5,7	15,3 ± 3,8 *
	Lépidoptères internes	4,0 ± 3,7	4,5 ± 2,4	7,5 ± 1,0	9,0 ± 3,6

2.3.2 Effet sur les dommages à la récolte

Cent pommes par parcelle ont été observées juste avant la récolte pour le dépistage des dommages de la noctuelle du fruit vert, des tordeuses printanières et estivales, du carpocapse de la pomme et autres lépidoptères internes, de la mouche de la pomme, de l'hoplocampe des pommes, de la punaise terne, *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois), des punaises phytophages estivales, du charançon de la prune, du puceron rose, des cochenilles et de divers dommages (maladies et bris mécaniques) en suivant le protocole du réseau-pommier (Chouinard et coll., 2018).

2.3.2.1 Variables mesurées

- Nombre de pommes endommagées pour chaque ravageur (taux de dommage total et par espèce).

2.3.2.2 Analyses statistiques

Les dommages causés par chaque insecte ont été analysés avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM). La probabilité de dommage a été modélisée avec une distribution binomiale ou bêta binomial selon la dispersion des données. Les dommages ont été comparés entre les traitements et la parcelle a été incluse comme effet aléatoire. Les années ont été analysées séparément, pour mieux refléter l'âge différent des bandes florales en cours d'établissement. Les modèles ont été estimés avec la bibliothèque R `glmmTMB`. Pour valider les modèles, les résidus ont été inspectés à l'aide de la bibliothèque `DHARMA`. Les résidus observés ont été comparés à une distribution de résidus simulée par le modèle. Afin de tester si un facteur avait un effet notable, un modèle avec le facteur en question est comparé avec un modèle sans le facteur, à l'aide du critère d'information AIC. Un facteur était considéré significatif si son inclusion dans le modèle réduisait la valeur d'AIC d'au moins 2. Pour les variables sans variance, une approche bayésienne a été utilisée. Le critère d'information utilisé pour les modèles bayésiens a été le WAIC.

2.3.2.3 Résultats

Parmi les ravageurs, aucun ravageur n'a causé des dommages dans un des traitements durant les deux années (Tableau 4). En 2021, les dommages étaient significativement plus élevés dans les parcelles aménagées de bandes florales pour les chenilles d'été ($\Delta AIC = 4,6$), la punaise terne ($\Delta AIC = 3,0$) et le point amer ($\Delta AIC = 32,8$). Cette même année, les dommages étaient significativement plus élevés dans les parcelles témoins que les parcelles aménagées pour le charançon de la prune ($\Delta AIC = 14,3$) et le scarabée japonais ($\Delta AIC = 2,9$). En 2022, les dommages ont été plus élevés dans les parcelles aménagées de bandes florales pour les punaises, autres que la punaise terne ($\Delta WAIC = 17,9$), le scarabée japonais ($\Delta WAIC = 12,3$) et le point amer ($\Delta WAIC = 6,4$). Les pommes mal formées (mauvaise pollinisation) ont été significativement plus élevés ($\Delta AIC = 5,8$) dans les parcelles témoins que les parcelles aménagées.

Tableau 4. Dommages observés à la récolte sur 100 pommes récoltées par parcelle à chacune des années. * = différence significative

	2021		2022	
	Bandes florales	Témoin	Bandes florales	Témoin
Chenilles de printemps	1,5 ± 1,9	2,8 ± 2,5	0,8 ± 1,0	1,3 ± 0,5
Chenilles d'été	10 ± 6,7	5,3 ± 3,9 *	18,5 ± 4,0	22,5 ± 10,8
Carpocapse de la pomme	11 ± 1,8	8 ± 3,3	7 ± 1,4	6,8 ± 8,2
Mouche de la pomme	10,8 ± 14,4	11,3 ± 11,1	4,8 ± 5,9	3,5 ± 3,5
Hoplocampe des pommes	4,3 ± 2,1	3,8 ± 2,6	1,8 ± 1,3	1,3 ± 1,5
Punaise terne	2,8 ± 2,4	0,8 ± 0,5 *	8 ± 2,8	5,3 ± 3,5
Autres punaises	4,3 ± 5,3	4 ± 4,9	2,5 ± 2,4	0 *
Charançon de la prune	2,5 ± 2,4	8,8 ± 13,0 *	8,5 ± 9,3	11,5 ± 13,0
Scarabée japonais	0,5 ± 1,0	2,2 ± 1,5 *	1,75 ± 2,2	0 *
Roussissure	0,5 ± 0,6	0,5 ± 0,6	0,5 ± 0,6	0
Point amer	12,8 ± 12,7	2,5 ± 5,0 *	1 ± 2,0	0 *
Malformation	4,8 ± 1,7	8 ± 6,3	6,8 ± 2,6	12,5 ± 5,7 *
Bris mécanique	15,3 ± 6,6	11,3 ± 4,3	7,8 ± 0,5	7,3 ± 1,7

CONCLUSION

Ce projet a permis de diversifier les verges de pommiers par l'établissement réussi de bandes florales dans les entre rangs des pommiers. Les différentes observations que nous avons réalisées durant les deux années qui ont suivi l'établissement ont mis en évidence que les bandes florales ont eu un effet sur les carabidés, d'importants prédateurs édaphiques. On pourrait anticiper une lutte biologique des carabidés sur les insectes ravageurs qui passent une partie de leur cycle vital au sol, notamment, le charançon de la pomme, le carpocapse de la pomme, la mouche de la pomme et l'hoplocampe des pommes. Les trois premiers ravageurs sont considérés des ravageurs majeurs en pomiculture. D'autres effets des bandes florales pourraient éventuellement être observés puisque deux années suivant l'établissement de bandes florales sont insuffisantes pour établir et équilibrer les communautés d'arthropodes et végétales.

BIBLIOGRAPHIE

- Chouinard et coll. 2018. Guide de référence en production fruitière intégrée à l'intention des producteurs de pommes du Québec. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec, Qc.
- Dietrick, E.J., 1961. An improved backpack motor fan for suction sampling of insect populations. J. Econ. Entomol. 54: 394 -395. <https://doi.org/10.1093/jee/54.2.394>
- Labrie, G., C. Prince et J.-M. Bergeron. 2003. Abundance and developmental stability of *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) in organic and integrated pest management orchards of Québec, Canada. Environ. Entomol. 32: 123 -132. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.1.123>
- McCabe E., G. Loeb et H. Grab. 2017. Response of crop pests and natural enemies to wildflower borders depends on functional group. Insects. 8, 73. 8pp. <https://doi.org/10.3390/insects8030073>
- Monteiro, L.B., C. Lavigne, B. Ricci, P. Franck, J.-F. Toubon et B. Sauphanor. 2013. Predation of codling moth eggs is affected by pest management practices at orchard and landscape levels. Agric. Ecosyst. Environ. 166: 86 -93. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.012>
- Pfiffner L., F. Cahenzli, B. Steinemann, L. Jamar, M. Chor Bjorn, M. Porcel, M. Tasin, J. Telfser, M. Kelderer, J. Lisek et L. Sigsgaard. 2019. Design, implementation and management of perennial flower strips to promote functional agrobiodiversity in organic apple orchards : A pan-European study Agric. Ecosyst. Environ. 278 : 61-71.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- Tremblay, J., P. Cabrera, D. Cormier, J. Brodeur et É. Lucas. 2018. Parasitoid guild and parasitism rate of the obliquebanded leafroller in IPM orchards and adjacent woodlands. Phytprotection 98, 36. <https://doi.org/10.7202/1055354ar>

ANNEXES

Activités de transfert et de diffusion scientifique

Rampoux, E., F. Vanoosthuyse, É. Lucas et D. Cormier. 2022. Implementation of inner-rows flower strips in apple orchards to promote the biodiversity of beneficial arthropods and enhance aphid's biological control. Affiche présentée au International Symposium Ecology of Aphidophaga 15, Lleida, Espagne, 19-23 sept.

IMPLEMENTATION OF INNER-ROWS FLOWER STRIPS IN APPLE OCHARDS TO PROMOTE THE BIODIVERSITY OF BENEFICIAL ARTHROPODS AND ENHENCE APHID'S BIOLOGICAL CONTROL



Elliott Rampoux^{1,2}, Franz Vanoosthuyse¹, Éric Lucas³ and Daniel Cormier¹

¹Research and Development Institute for the Agri-Environment (IRDA), 335 rang des Vingt-Cinq Est, Saint-Bruno-de-Montarville, (Québec) Canada;

²Faculty of Biology and Psychology, University of Göttingen, Göttingen 37073, Germany; ³Laboratoire de lutte

biologique, Département de sciences biologiques. Université du Québec à Montréal. 141 Avenue du Président-Kennedy, Montréal, (Québec) Canada.

INTRODUCTION

The change in the agricultural policy over the last decades is a major factor in the biodiversity loss globally observed. Orchards are perennial and monospecific agroecosystem, resulting in a low diversity with few interactions. This creates favorable conditions for different pests, such as the green apple aphids (*Aphis pomi* De Geer and *A. spiraecola* Patch). In Québec, aphids are considered a secondary pest but due to the rapid increase of populations, a colony can cause important damage. As an alternative to chemical insecticides, and to increase biodiversity, inner-rows flower strips were implemented in 2020 in an experimental apple orchard. Our objective was to investigate the impact of these flower strips on aphid colony dynamics and their predators.

MATERIALS AND METHOD

The size of 10 colonies and the number of predators in each of the four experimental units were weekly observed throughout the apple growing season. Observations were done from the end of May to the end of August 2021, and from the beginning of June to the middle of August 2022. The size of the colonies was scored into 6 classes (0: 0, 1: 1 to 5, 2: 6 to 25, 3: 26 to 50, 4: 51 to 125, 5: more than 125 aphids) (Dib et al., 2010). The first colonies observed, as were the replacement of collapsed colonies, were middle-sized class 1 or 2. The colonies were compared between the two treatments, flower strips and control, using a generalized additive model (GAM). A Generalized mixed model (GLMM) was used to compare each predator's abundance between treatments.

RESULTS

1.1 Colony Dynamics

2021 The mean of the colony class was slightly higher in the flower strip treatment than in the control one ($p < 0.01$). Colonies of both treatments had similar dynamics.

2022 Different dynamics were observed in each treatment ($p < 0.01$). The growing phase of aphid colonies in the flower strip treatment was faster than in the control ones, reaching an earlier pick and an earlier and slow decreasing phase. The difference between the two treatments reversed in the middle and at the end of the season.

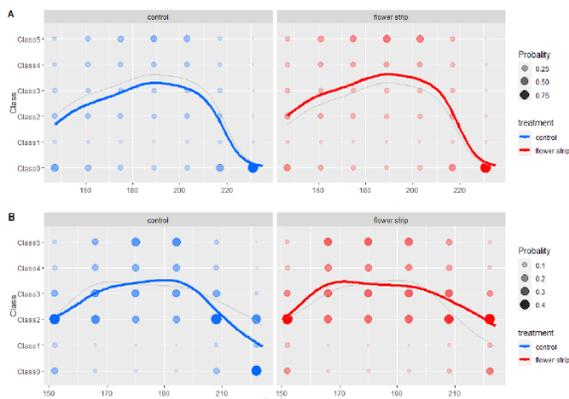


Figure 1: Class of aphids' colony through time in 2021 (A) and 2022 (B). Blue line represents the control treatment and red line represents the flower strips treatment. The circle represents the probability and size of each class colony. The dash line represents the compared treatment during the same year.

1.2 Predator

No significant difference in the number of predators was observed in 2021 (Figure 2).

In 2022 (Figure 3), the number of predators in the flower strips was higher than in the control treatment ($p < 0.05$). Moreover, a higher abundance of Cecidomyiidae was observed in the flower strip treatment ($p < 0.05$). In 2021, the community of predators was mainly composed of Coccinellidae and Cecidomyiidae, but Coccinellidae was rarely observed in 2022.

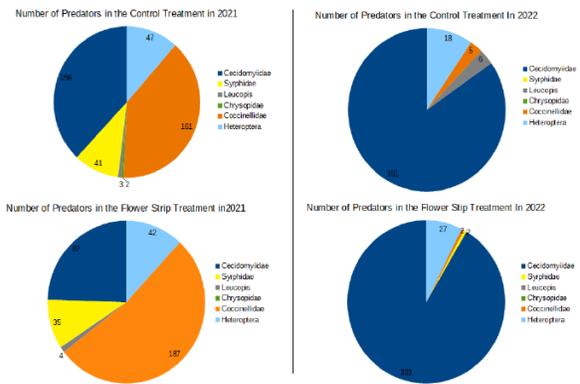


Figure 2: Representation of the number of predators in each treatment in 2021.

Figure 3: Representation of the number of predators in each treatment in 2022.

DISCUSSION

- The community of predators in our orchard was mainly composed of Cecidomyiidae and Coccinellidae, but in 2022 the Coccinellidae presence was rare. Fréchette et al. (2008) observed in the same orchard a similar predatory arthropods community. Coccinellidae doesn't seem to be influenced by flowering ground and their mobility allows them to attack colonies without being detected (Fréchette et al., 2008).
- In the flower strip treatment, the earlier decrease observed in aphid colonies could be related to the abundance of Cecidomyiidae, known to colonize well-established colonies (Boulanger et al., 2018).
- Most of the predators observed have a great flight capacity and may have moved between our treatments, which could explain the absence of difference between the treatments.
- Furthermore, it takes several years to have an effective biocontrol community (Bostanian et al., 2004; Cahenzli et al., 2019). However, the difference observed between colonies dynamics and in the predatory community, especially with the Cecidomyiidae, after only two years is promising for a long-term implementation.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank A. De Donder, A. Mailloux, G. McHugh, B. Talbourdet, and B. Herrault for their technical assistance and M. Wu for helping with the statistical analysis of data.

This project was funded through the "Innov'Action Agroalimentaire" program, under the Canadian Agricultural Partnership, an agreement between the governments of Canada and Québec.

REFERENCES

- Bostanian, N.J., Goulet, H., O'Hara, J., Masner, L., Racette, G., 2004. Towards insecticide free apple orchards: flowering plants to attract beneficial arthropods. *BioControl Sci. Technol.* 14, 25–37.
- Boulanger, F.-X., Jandrić, S., Bolckmans, K., Wäckers, F.L., Pekas, A., 2019. Optimizing aphid biocontrol with the predator *Aphidolestes aphidimyza*, based on biology and ecology. *Pest Mgt Sci.* 75, 1479–1493.
- Cahenzli, F., Sigsgaard, L., Daniel, C., Herz, A., Jamar, L., Keldner, M., Jacobsen, S.K., Kruczyńska, D., Matray, S., Porcel, M., Sekrecka, M., Swiergiel, W., Tassin, M., Teller, J., Pfiffner, L., 2019. Perennial flower strips for pest control in organic apple orchards - A pan-European study. *Agric. Ecosys. Environ.* 278, 43–53.
- Dib, H., 2010. Effect of coding moth exclusion nets on the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, and its control by natural enemies. *Crop Protection* 12.
- Fréchette, B., Cormier, D., Chouinard, G., Vanoosthuyse, F., Lucas, E., 2008. Apple aphid, *Aphis* spp. (Hemiptera: Aphididae), and predator populations in an apple orchard at the non-bearing stage: The impact of ground cover and cultivar. *Eur. J. Entomol.* 105, 521–529.

Vanoosthuyse, F., E. Rampoux, E. Lucas et D. Cormier. 2022. Implantation de bandes florales en entre-rangs de pommiers : Impact sur les populations de pucerons verts et leurs prédateurs. Affiche présentée à la 149^{ième} réunion annuelle de la Société d'entomologie du Québec, Granby, QC, 27 et 28 oct.

IMPLANTATION DE BANDES FLORALES EN ENTRE-RANGS DE POMMIERS : IMPACT SUR LES POPULATIONS DE PUCERONS VERTS ET LEURS PRÉDATEURS



Franz Vanoosthuyse¹, Eliott Rampoux^{1,2}, Eric Lucas³ et Daniel Cormier¹

¹ Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA); ² Faculté de biologie et de psychologie, Université de Göttingen

³ Laboratoire de Lutte Biologique, Département des Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal.

INTRODUCTION

Les vergers sont des agroécosystèmes pérennes :

- Diversité et interactions entre organismes limitées ;
- Propice à l'augmentation de ravageurs tels les pucerons verts du pommier (PV) : *Aphis pomi* De Geer et *A. spiraeicola* Patch.

Implantation de bandes florales (BF) en entre-rangs :

- Augmentation de la biodiversité ;
- Augmentation des interactions entre les organismes.

Ce type d'aménagement a été réalisé dans le verger expérimental de l'IRDA. Afin d'évaluer les BF comme alternatives aux insecticides, la dynamique des colonies de PV et leurs prédateurs ont été comparés entre des parcelles BF et des parcelles avec couvre sol conventionnel (témoin).



MATÉRIEL ET MÉTHODES

Traitements :

Témoin



4 parcelles de 0,1 ha/ traitement
8 rangs, 7 entre-rangs/ parcelle

Bande florale



Variables mesurées :

- Tailles de 10 colonies de PV/ parcelle
- Classement des tailles (Dib et al., 2010):

Classes	0	1	2	3	4	5
Nombre de PV	0	1-5	6-25	26-50	51-125	+ de 125

- Nombre de prédateurs/ colonie
- Périodicité : Hebdomadaire
- Fin-mai à fin août 2021; Début-juin à mi-août 2022.

Statistiques :

- Tailles des colonies/ traitement :
- Modèle additif généralisé (GAM)
- Abondance des prédateurs/ traitement :
- Modèle linéaire mixte généralisé (GLMM).

RÉSULTATS

Dynamique et taille des colonies de PV

2021 La dynamique des populations de PV a été similaire dans les 2 traitements. La taille moyenne des colonies de PV dans les BF a été significativement supérieure à celle des témoins ($p < 0,01$) (Figure 1).

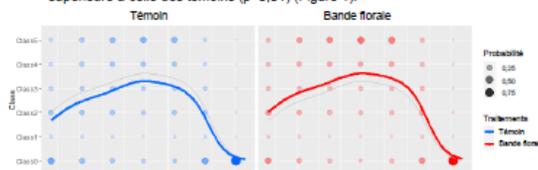


Figure 1. Dynamique des classes de pucerons en 2021. Les courbes grises représentent les traitements comparés.

2022 L'accroissement de la population de PV a été plus rapide dans les BF que dans les témoins ($p < 0,01$). Le pic de population de PV dans les BF a été atteint plus rapidement et a décliné plus lentement que dans les témoins. La différence des tailles moyennes des colonies de PV entre les traitements s'est inversée en milieu et en fin de saison (Figure 2).

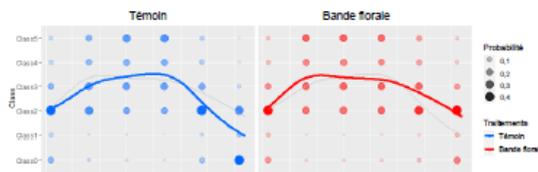


Figure 2. Dynamique des classes de pucerons en 2022. Les courbes grises représentent les traitements comparés.

Prédateurs

2021 Aucune différence significative n'a été relevée dans le nombre de prédateurs observés entre les traitements (Figure 3).

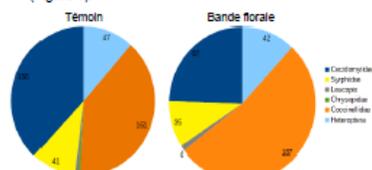


Figure 3. Nombre de prédateurs de chaque traitement en 2021.

2022 Le nombre de prédateurs a été significativement plus élevé dans les BF que dans les témoins ($p < 0,05$). De plus, les Cecidomyiidae ont été significativement plus abondantes en BF que dans les témoins ($p < 0,05$) (Figure 4).

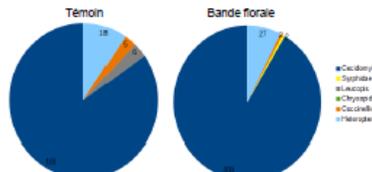


Figure 4. Nombre de prédateurs de chaque traitement en 2022.

DISCUSSION

- La guildes de prédateurs de pucerons du verger était composée principalement de Cecidomyiidae et de Coccinellidae, surtout en 2021.
- Cette composition était similaire à celle observée par Fréchette et al. (2008) qui mentionnent que la mobilité des Coccinellidae leur permet d'attaquer les colonies de PV sans être détectées en plus de ne pas être influencées par un couvre-sol de plantes à fleurs.
- En 2022, la décroissance hâtive des colonies de PV en BF pourrait être reliée à l'abondance relative des Cecidomyiidae, connues pour s'attaquer aux colonies de pucerons bien établies (Boulanger et al., 2018).
- Cela peut prendre plusieurs années avant d'avoir une communauté d'arthropodes auxiliaires efficace suite à une implantation de BF (Bostanian et al., 2004, Cahenzli et al., 2019).
- Cependant la différence observée dans la dynamique des colonies de PV entre les traitements, après seulement deux années, suggère un effet rapide de l'implantation de BF en entre-rang sur les arthropodes auxiliaires.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier A. De Donder, A. Mallou, G. McHugh, B. Talbourdet, and B. Herrault pour leur aide technique ainsi que M. Wu pour le support aux analyses statistiques des données.

Ce projet est financé par l'entente du programme InnoVAction Agroalimentaire, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.

REFFÉRENCES

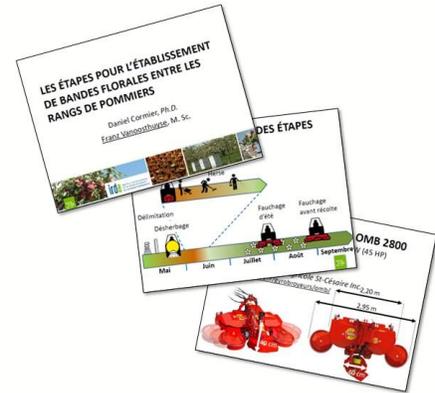
- Bostanian, N.J., Goulet, H., O'Hara, J., Masner, L., Racette, G., 2004. Towards insecticide free apple orchards: flowering plants to attract beneficial arthropods. *Biocontrol Sci. Technol.* 14, 25-27.
- Boulanger, F.-X., Jandric, B., Boldmans, K., Wäckers, F.L., Pekas, A., 2019. Optimizing aphid biocontrol with the predator *Aphidoletes aphidimyza*, based on biology and ecology. *Pest Mgt Sci.* 75, 1479-1493.
- Cahenzli, F., Sigsgaard, L., Daniel, C., Herz, A., Jamar, L., Keiderer, M., Jacobsen, S.K., Kruczynska, D., Matray, S., Porcel, M., Selveck, M., Świergielel, W., Tassin, M., Tefser, J., Pfiffner, L., 2019. Perennial flower strips for pest control in organic apple orchards - A pan-European study. *Agric., Ecosyst. Environ.* 278, 43-53.
- Dib, H., 2010. Effect of cooling moth exclusion nets on the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, and its control by natural enemies. *Crop Protection* 12.
- Fréchette, B., Cormier, D., Chouinard, G., Vanoosthuyse, F., Lucas, E., 2008. Apple aphid, *Aphis spp.* (Homoptera: Aphididae), and predator populations in an apple orchard at the non-bearing stage: The impact of ground cover and cultivar. *Eur. J. Entomol.* 105, 521-529.

Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs

Vanoosthuyse, F. et D. Cormier. 2022. Critères de sélection des plantes composant les bandes florales établies dans le verger de l'IRDA. Conférence donnée aux Journées annuelles sur la recherche et l'innovation technologique du groupe d'experts en protection du pommier, mode virtuel, 10-11 févr.

CRITÈRES DE SÉLECTION DES PLANTES COMPOSANT LES BANDES FLORALES ÉTABLIES DANS LE VERGER DE L'IRDA

Franz Vanoosthuyse, M. Sc.
Daniel Cormier, Ph.D.



https://www.agropomme.ca/Documentation_publicue/JOURNEE_TECHNIQUE_2021/05%20Etablissement%20de%20bandes%20fleuries%20en%20verger%20de%20pommiers_D.Cormier%20F.Vanoosthuyse.pdf

POURQUOI UN COUVRE-SOL?

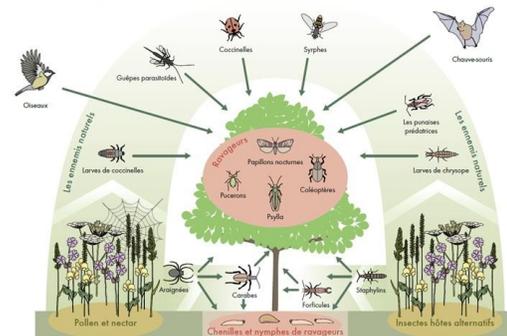
- Prévention de la compaction
- Réduction de l'érosion
- Recommandations
 - 50% Ray-grass vivace;
 - 30% Fétuque dressée; 20% Fétuque rouge
 - Éviter trèfle et luzerne

Chouinard et coll. 2018



POURQUOI DES BANDES FLORALES?

Interactions entre les ennemis naturels promus par les bandes fleuries et les ravageurs phytophages



Projet EcoOrchard, Piffner et al. 2018

Coderre et Vincent, 1992; Thomas et Marshall, 1999; Cahenzil et al. 2019



BANDES FLORALES EN VERGERS

Craintes

- ↗ des ravageurs arthropodes et mammifères
- ↘ effet avec la distance
- Compétition avec pommiers (eau et nutriments)
- ↗ charge de travail (entretien)
- des ennemies naturelles
 - ↳ larves hibernantes de carpo
- Effet répulsif (Achillée millefeuilles) Fauchage à l'automne
- Plantation en entre-rang
- Implantation au centre
- Choix des plantes et équipement

Chouinard et coll. 2018; De Almeida et al. 2017; Debras et al. 2007; Herz et al. 2019; Piffner et al., 2019; Ricci et al. 2011; Villeneuve-Desjardins et Gagnon-Lupien, 2018



CRITÈRES DE SÉLECTION DES PLANTES (RÉSUMÉ)

1. Attractives et utiles pour les ennemis naturels
2. Peu ou pas attractives pour les insectes nuisibles des pommiers et les campagnols
3. Floraison tout au long de la saison
4. Basses et tolérantes au fauchage répété
5. Tolérantes aux passages de la machinerie
6. Tolérantes aux sols riches et compactés
7. Compétitives envers les mauvaises herbes
8. Tolérantes à une faible luminosité.

Piffner et al. 2018



<i>Carum carvi</i>	Apiaceae
<i>Achillea millefolium</i>	
<i>Bellis perennis</i>	
<i>Centaurea jacea</i>	
<i>Cichorium intybus</i>	
<i>Eupatorium perfoliatum</i>	Asteraceae
<i>Euthamia graminifolia</i>	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	
<i>Rudbeckia hirta</i>	
<i>Solidago nemoralis</i>	
<i>Symphoricarpon novi-belgii</i>	
<i>Cardamine pratensis</i>	Brassicaceae
<i>Campanula rotundifolia</i>	Campanulaceae
<i>Lotus corniculatus</i>	
<i>Medicago lupulina</i>	
<i>Trifolium arvense</i>	Fabaceae
<i>Trifolium pratense</i>	
<i>Vicia sepium</i>	
<i>Geranium robertianum</i>	Geraniaceae
<i>Prunella vulgaris</i>	
<i>Agastache foeniculum</i>	
<i>Glechoma hederacea</i>	Lamiaceae
<i>Mentha canadensis</i>	
<i>Monarda fistulosa</i>	
<i>Anemonastrum canadense</i>	Ranunculaceae
<i>Allium schoenoprasum</i>	Liliaceae
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	
<i>Festuca rubra</i>	
<i>Festuca trachyphylla</i>	Poaceae
<i>Poa glauca</i>	
<i>Poa pratensis</i>	

CHOIX DES ESPÈCES

Listes

Piffner et al. 2018

Isabelle Dupras

Espèces indigènes

Espèces non indigènes mais présentes



<i>Carum carvi</i>	Apiaceae
<i>Daucus carota</i>	
<i>Achillea millefolium</i>	
<i>Bellis perennis</i>	
<i>Centaurea jacea</i>	
<i>Cichorium intybus</i>	
<i>Eupatorium perfoliatum</i>	Asteraceae
<i>Euthamia graminifolia</i>	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	
<i>Rudbeckia hirta</i>	
<i>Solidago nemoralis</i>	
<i>Symphoricarpon novi-belgii</i>	
<i>Cardamine pratensis</i>	Brassicaceae
<i>Campanula rotundifolia</i>	Campanulaceae
<i>Lotus corniculatus</i>	
<i>Medicago lupulina</i>	
<i>Trifolium arvense</i>	Fabaceae
<i>Trifolium pratense</i>	
<i>Vicia sepium</i>	
<i>Geranium robertianum</i>	Geraniaceae
<i>Prunella vulgaris</i>	
<i>Agastache foeniculum</i>	
<i>Glechoma hederacea</i>	Lamiaceae
<i>Mentha canadensis</i>	
<i>Monarda fistulosa</i>	
<i>Anemonastrum canadense</i>	Ranunculaceae
<i>Allium schoenoprasum</i>	Liliaceae
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	
<i>Festuca rubra</i>	
<i>Festuca trachyphylla</i>	Poaceae
<i>Poa glauca</i>	
<i>Poa pratensis</i>	

CHOIX DES ESPÈCES

Listes

Piffner et al. 2018

Isabelle Dupras

Espèces indigènes

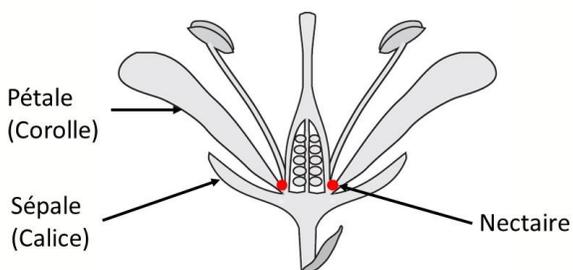
Espèces non indigènes mais présentes

Espèces acceptées par la SEPAQ



CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE LA FLEUR ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR



CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE LA FLEUR ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR

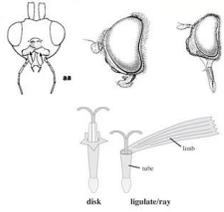
Noms des espèces	Accessibilité Nectar
Carotte sauvage	Nectaire découvert
Achillée millefeuille	Corolle courte 1-2 mm
Chicorée sauvage	
Verger d'or à feuille étroites	Corolle longue > 2 mm
Marguerite blanche	
Lotier corniculé	Corolle longue
Luzerne lupuline	
Trèfle rouge	Corolle longue
Géranium de Robert	
Brunelle commune	Corolle longue
Lierre terrestre	
Menthe du Canada	NA
Fétuque rouge	
Pâturin des prés	NA



CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE L'INSECTE ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR

Noms des espèces	Accessibilité Nectar
Carotte sauvage	Nectaire découvert
Achillée millefeuille	Corolle courte 1-2 mm
Chicorée sauvage	
Verger d'or à feuille étroites	
Marguerite blanche	Corolle longue > 2 mm
Lotier corniculé	
Luzerne lupuline	
Trèfle rouge	Corolle longue
Géranium de Robert	
Brunelle commune	
Lierre terrestre	Corolle longue
Menthe du Canada	
Fétuque rouge	
Pâturin des prés	NA

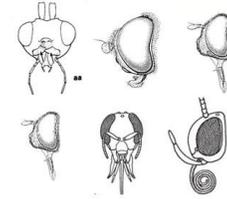


Guêpes
parasitoïdes
Syrphes

CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE LA FLEUR ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR

Noms des espèces	Accessibilité Nectar
Carotte sauvage	Nectaire découvert
Achillée millefeuille	Corolle courte 1-2 mm
Chicorée sauvage	
Verger d'or à feuille étroites	
Marguerite blanche	Corolle longue > 2 mm
Lotier corniculé	
Luzerne lupuline	
Trèfle rouge	Corolle longue
Géranium de Robert	
Brunelle commune	
Lierre terrestre	Corolle longue
Menthe du Canada	
Fétuque rouge	
Pâturin des prés	NA

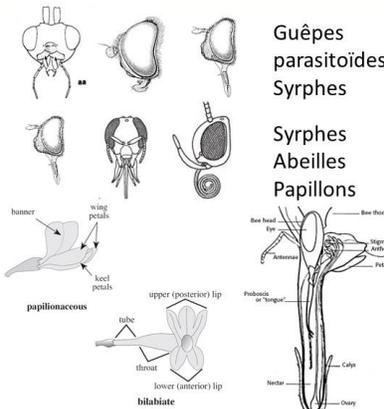


Guêpes
parasitoïdes
Syrphes
Abeilles
Papillons

CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE LA FLEUR ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR

Noms des espèces	Accessibilité Nectar
Carotte sauvage	Nectaire découvert
Achillée millefeuille	Corolle courte 1-2 mm
Chicorée sauvage	
Verger d'or à feuille étroites	
Marguerite blanche	Corolle longue > 2 mm
Lotier corniculé	
Luzerne lupuline	
Trèfle rouge	Corolle longue
Géranium de Robert	
Brunelle commune	
Lierre terrestre	Corolle longue
Menthe du Canada	
Fétuque rouge	
Pâturin des prés	NA

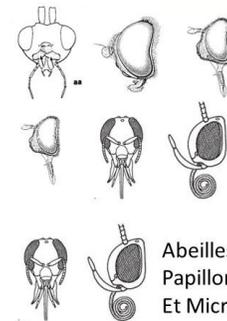


Guêpes
parasitoïdes
Syrphes
Abeilles
Papillons

CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE LA FLEUR ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR

Noms des espèces	Accessibilité Nectar
Carotte sauvage	Nectaire découvert
Achillée millefeuille	Corolle courte 1-2 mm
Chicorée sauvage	
Verger d'or à feuille étroites	
Marguerite blanche	Corolle longue > 2 mm
Lotier corniculé	
Luzerne lupuline	
Trèfle rouge	Corolle longue
Géranium de Robert	
Brunelle commune	
Lierre terrestre	Corolle longue
Menthe du Canada	
Fétuque rouge	
Pâturin des prés	NA

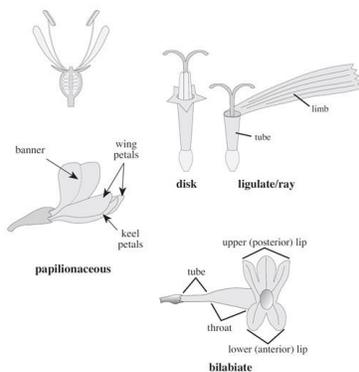


Guêpes
parasitoïdes
Syrphes
Abeilles
Papillons
Et Micro Guêpes

CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE LA FLEUR ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR

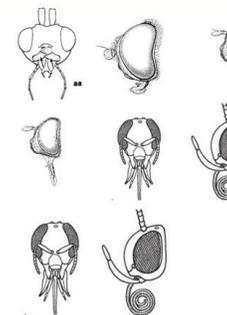
Noms des espèces	Accessibilité Nectar
Carotte sauvage	Nectaire découvert
Achillée millefeuille	Corolle courte 1-2 mm
Chicorée sauvage	
Verger d'or à feuille étroites	
Marguerite blanche	Corolle longue > 2 mm
Lotier corniculé	
Luzerne lupuline	
Trèfle rouge	Corolle longue
Géranium de Robert	
Brunelle commune	
Lierre terrestre	Corolle longue
Menthe du Canada	
Fétuque rouge	
Pâturin des prés	NA



CHOIX DES ESPÈCES

ANATOMIE DE L'INSECTE ET ACCESSIBILITÉ DU NECTAR

Noms des espèces	Accessibilité Nectar
Carotte sauvage	Nectaire découvert
Achillée millefeuille	Corolle courte 1-2 mm
Chicorée sauvage	
Verger d'or à feuille étroites	
Marguerite blanche	Corolle longue > 2 mm
Lotier corniculé	
Luzerne lupuline	
Trèfle rouge	Corolle longue
Géranium de Robert	
Brunelle commune	
Lierre terrestre	Corolle longue
Menthe du Canada	
Fétuque rouge	
Pâturin des prés	NA



CHOIX DES ESPÈCES PROIES ALTERNATIVES

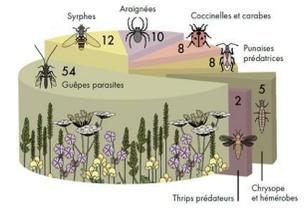
Noms des espèces	Accessibilité Nectar	Pucerons	
Carotte sauvage	Nectaire découvert		<i>Macrosiphoniella millefolii</i>
Achillée millefeuille		Oui	
Chicorée sauvage	Corolle courte	Oui	<i>Cichorium intybus</i>
Verger d'or à feuille étroites	1-2 mm		
Marguerite blanche			
Lotier corniculé	Corolle longue	Oui	
Luzerne lupuline	> 2 mm	Oui	<i>Aphis loti</i>
Trèfle rouge	+ NEF	Oui	<i>Aphis coronillae</i>
Géranium de Robert	Corolle longue		
Brunelle commune			
Lierre terrestre	Corolle longue		
Menthe du Canada			
Fétuque rouge	NA	Oui	<i>Aspidaphis porosiphon</i>
Pâturin des prés	NA	Oui	<i>Rhopalosiphum padi</i>

Photos: <https://influentialpoints.com/Gallery/> et <https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/>

CHOIX DES ESPÈCES ABRI POUR ENNEMIS NATURELS

Noms des espèces	Accessibilité Nectar	Hauteur
Carotte sauvage	Nectaire découvert	50-150 cm
Achillée millefeuille		10-60 cm
Chicorée sauvage	Corolle courte	50-150 cm
Verger d'or à feuille étroites	1-2 mm	60-120 cm
Marguerite blanche		30-90 cm
Lotier corniculé	Corolle longue	10-40 cm
Luzerne lupuline	> 2 mm	10-30 cm
Trèfle rouge	+ NEF	40-75 cm
Géranium de Robert	Corolle longue	10-60 cm
Brunelle commune		10-40 cm
Lierre terrestre	Corolle longue	~ 15 cm
Menthe du Canada		15-60 cm
Fétuque rouge	NA	30-50 cm
Pâturin des prés	NA	5-70 cm

Bande fleurie



Au sol

Staphilinidae et Carabidae



Illustration: Pfliffner et al., 2019; Photo: J. Brodeur

CHOIX DES ESPÈCES ABRI POUR ENNEMIS NATURELS

Noms des espèces	Accessibilité Nectar	Hauteur	% graines	Période de floraison				
				mai	juin	juillet	août	sept
Carotte sauvage	Nectaire découvert	50-150 cm	9,8					
Achillée millefeuille		10-60 cm	9,8					
Chicorée sauvage	Corolle courte	50-150 cm	11,5					
Verger d'or à feuille étroites	1-2 mm	60-120 cm	10,2					
Marguerite blanche		30-90 cm	5,7					
Lotier corniculé	Corolle longue	10-40 cm	2,0					
Luzerne lupuline	> 2 mm	10-30 cm	2,4					
Trèfle rouge	+ NEF	40-75 cm	2,0					
Géranium de Robert	Corolle longue	10-60 cm						
Brunelle commune		10-40 cm	0,8					
Lierre terrestre	Corolle longue	~ 15 cm						
Menthe du Canada		15-60 cm	2,4					
Fétuque rouge	NA	30-50 cm	12,2					
Pâturin des prés	NA	5-70 cm	31,2					



Mai-sept

Prunella vulgaris
Brunelle commune



Juin-sept

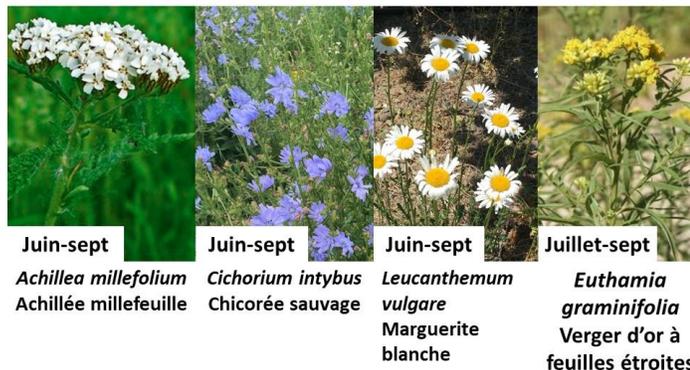
Glecoma hederacea
Lierre terrestre



Juin-Août

Mentha canadensis
Menthe du Canada

ASTERACEAE



Juin-sept

Achillea millefolium
Achillée millefeuille

Juin-sept

Cichorium intybus
Chicorée sauvage

Juin-sept

Leucanthemum vulgare
Marguerite blanche

Juillet-sept

Euthamia graminifolia
Verger d'or à feuilles étroites

Juin-sept

Lotus corniculatus
Lotier corniculé

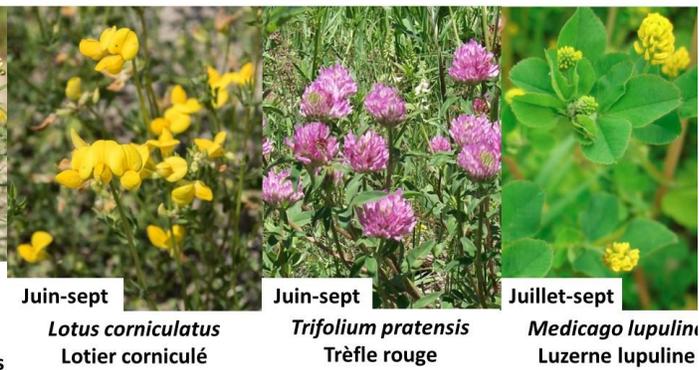
Juin-sept

Trifolium pratensis
Trèfle rouge

Juillet-sept

Medicago lupulina
Luzerne lupuline

FABACEAE



APIACEAE



Juillet-sept

Daucus carota
Carotte sauvage

POACEAE



Festuca rubra
Fétuque rouge

Poa pratensis
Pâturin des prés

CONCLUSION

- Établissement de 10 espèces de plantes à fleurs
- Floraison de mai à septembre
- Diversité en terme d'abri, source de nectar de pollen et proies alternatives



CONCLUSION

- Gestion non contraignante
Espèces indigènes ou naturalisées
Machinerie spécialisée
- Suivi des populations ... à suivre



REMERCIEMENTS

- Collaboration: Isabelle Dupras, Aiglon Indigo
- Appui au projet : PPQ
- Chercheurs collaborateurs; Gérald Chouinard, IRDA et Éric Lucas, UQÀM
- Aide professionnelle: Audrey Charbonneau
- Aide technique: Mariloup Duchesne, Benoit Gadbois et Ignazio Mascia
- \$\$: Programme Innov'Action Agroalimentaire



Végétaux et
semences indigènes



Canada Québec



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

QUESTIONS ?



Cormier, D. et F. Vanoosthuysse. 2021. Les étapes pour l'établissement de bandes florales entre les rangs de pommiers. Conférence donnée à la Journée technique Agropomme, St-Joseph-du-Lac, Qc, 16 déc.

LES ÉTAPES POUR L'ÉTABLISSEMENT DE BANDES FLORALES ENTRE LES RANGS DE POMMIERS

Daniel Cormier, *Ph.D.*

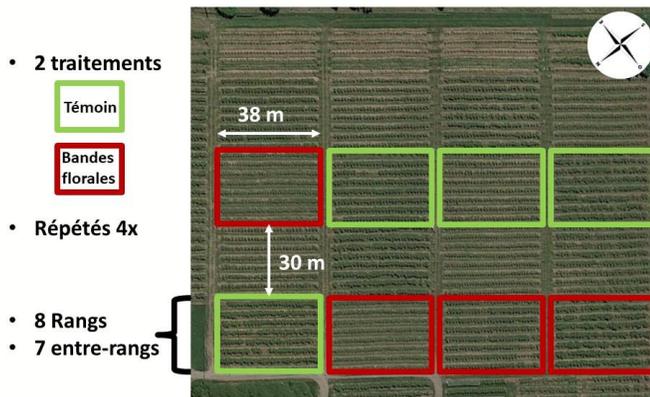
Franz Vanoosthuysse, *M. Sc.*



INTRODUCTION

- Augmentation de la biodiversité dans le verger
- Valorisation des entre-rangs
- Plusieurs plantes pour une floraison durant toute la saison
- Le semis vers la fin mai
- Ne doit pas nécessiter de fertilisation
- Peu exigeant en terme d'entretien
- Pas d'utilisation d'insecticides et d'acaricides

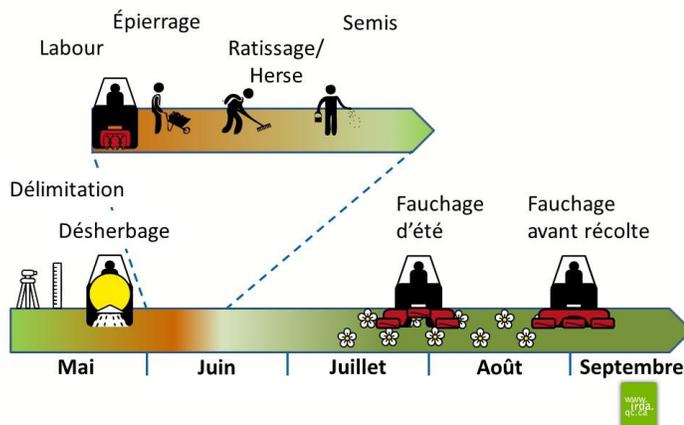
NOS PARCELLES EXPÉRIMENTALES



DESCRIPTION DES ÉTAPES

1. Délimitation de la largeur de la bande florale
2. Désherbage
3. Labour
4. Épierrage
5. Ratissage et herse étrille
6. Le semis
7. Fauchage d'été
8. Fauchage avant la récolte

CALENDRIER PRÉVU DES ÉTAPES



DÉLIMITATION DE LA LARGEUR DE LA BF



DÉSHERBAGE



- Printemps
Préparation du lit de semence
Application en bande
Glyphos 360 g/L (Glyphosate)
Dose: 5 L/ha



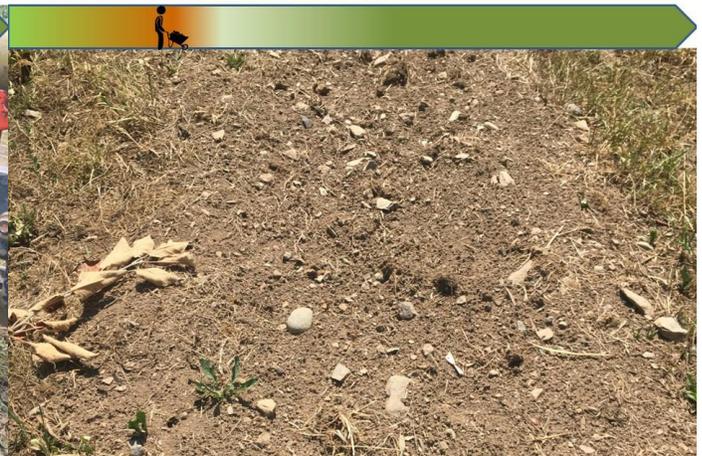
LABOUR



LABOUR



ÉPIERRAGE



RATISSAGE



HERSE ÉTRILLE



- Été
Repousse des herbes récalcitrantes
Application localisée (cerises de terre)

2,4,D Amine 600EC
(Sel de diméthylamine)
Dose: 1,67 L/ha

RATISSAGE + HERSE ÉTRILLE

Après labour

Après râtelier + herse étrille



SEMIS LE 28 AOÛT 2020



LE SEMIS

- Mélange de semences :
Mélange avec vermiculite
1580 ml de semences divisés en 28 sacs
(4 parcelles x 7 rangs), soit 56 ml/ sac.
- Sur le terrain:
Chacun des sacs de papier divisé en 2
(semis en 1 aller et 1 retour)
Chaque 23 ml de semence a été mélangé dans 125 ml
de vermiculite dans un grand pot de plastique.



ÉVOLUTION APRÈS SEMIS (2020)

1 semaine

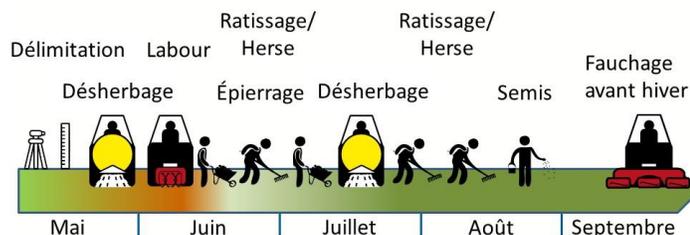
2 semaines

3 semaines

4 semaines



CALENDRIER RÉALISÉ DES ÉTAPES 2020 SÉCHERESSE + COVID



SOMMAIRE DES HEURES PAR TÂCHE

Étapes	Temps personne pour 1 058 m linéaire	
	Préparation et semis au printemps	Prép. au printemps et semis fin août
Délimitation	23h45	23h45
Désherbage	7h15	13h
Labour	26h	26h
Épierrage	26h	28h
Ratissage et herse	14h	61h
Semis	15h30	15h30
Fauçage/ Tonte	7h	7h
TOTAL	119h30	174h15



ÉVOLUTION 2021

28 mai 2021

16 juin 2021

2 juillet 2021

ÉVOLUTION 2021

7 juillet 2021

15 juillet 2021

21 juillet 2021

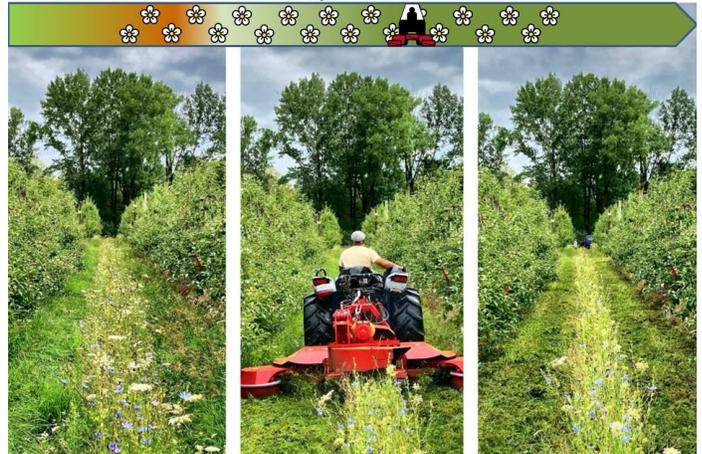


DISPARITÉ SELON LES GRADIENTS



FAUCHAGE D'ÉTÉ 2021

21 juillet 2021



FAUCHAGE



FAUCHAGE AVANT RÉCOLTE

23 septembre 2021



BANDES FLORALES AVANT L'HIVER

10 novembre 2021



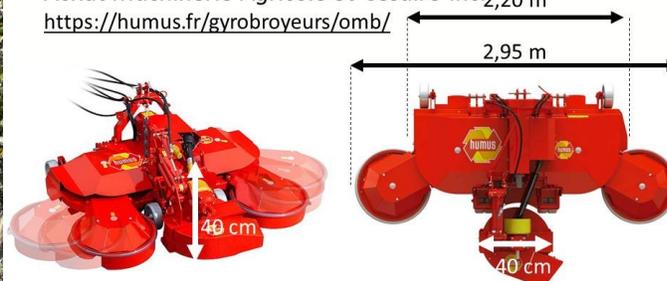
CONCLUSION

- Établissement des bandes florales réussi
 - Retard de 3 mois du semis a alourdi les tâches
 - Passage fréquent du râteau et de la herse étrille
 - Application localisée d'un herbicide durant l'été
 - Abondance des plantules observées en 2020 était similaire à l'abondance attendue pour la majorité des espèces. Menthe et géranium plantés en 2021.
- Mécanisation possible en vergers commerciaux
 - Semis mécanisé (Brillion) ou hydraulique; Ø rouleau
- Études sur les effets des bandes florales en cours



GYROBROYEUR HUMUS OMB 2800

- Puissance nécessaire à partir de 37kW (45 HP)
- 540 t/min
- Poids: environ 718 kg
- Achat *Machinerie Agricole St-Césaire Inc*, 2,20 m
<https://humus.fr/gyrobroyeurs/omb/>



REMERCIEMENTS

- Collaboration: Isabelle Dupras, Aiglon Indigo
- Appui au projet : PPQ
- Chercheurs collaborateurs; Gérald Chouinard, IRDA et Éric Lucas, UQÀM
- Aide professionnelle: Audrey Charbonneau
- Aide technique: Mariloup Duchesne, Benoit Gadbois et Ignazio Mascia
- \$\$\$: Programme Innov'Action Agroalimentaire



Canada Québec

