

Table des matières

GESTION AGROECOLOGIQUE DES RAVAGEURS EN MARAICHAGE.....	1
1. Introduction.....	1
1.1. Présentation de la structure d'accueil.....	1
1.2. Etude de l'impact de bandes fleuries aux abords d'une culture de potimarron sur les populations de ravageurs et d'auxiliaires.....	2
1.2.1. Contexte général.....	2
1.2.2. L'agriculture, dépendante des produits phytosanitaires.....	2
1.2.3. Alternative aux pesticides pour la régulation des ravageurs en maraichage.....	3
1.2.4. Le potimarron, ses ravageurs et leurs prédateurs.....	4
a) <i>Aphis gossypii</i> , un ravageur des Cucurbitacées.....	4
b) La régulation d' <i>Aphis gossypii</i>	4
1.2.5. Le potentiel de régulation biologique des auxiliaires.....	4
1.2.6. Les bandes fleuries et leur attractivité pour les auxiliaires.....	5
1.2.7. Contexte du stage.....	6
a) Problématique et objectif.....	6
b) Contexte et réalisation de l'objectif.....	6
2. Matériel et Méthode.....	7
2.1. Effets des bandes fleuries sur la régulation des pucerons du potimarron par leurs prédateurs.....	7
2.1.1. Dispositif expérimental.....	7
2.1.2. La bande fleurie.....	7
a) Itinéraires techniques (ITK).....	7
b) Description botanique de la bande fleurie.....	8
c) Détermination de l'entomofaune volante de la bande fleurie.....	8
2.1.3. Les planches de potimarron.....	8
a) Itinéraires techniques (ITK).....	8
b) Comptage des pucerons sur les potimarrons.....	9
c) Détermination de l'entomofaune sur les potimarrons.....	9
2.1.4. Analyse facultative de l'entomofaune du sol.....	9
2.2. Analyses statistiques.....	10
3. Résultats.....	10
3.1. Données météorologiques.....	10
3.2. Effets des bandes fleuries sur la régulation des pucerons du potimarron par leurs prédateurs.....	10
3.2.1. Description botanique de la bande fleurie.....	10
3.2.2. Analyse de l'homogénéité dans la bande fleurie.....	11
3.2.3. Potentiel attractif de la bande fleurie.....	12
a) La diversité entomologique.....	12
b) Comportement phénologique et attractivité du mélange.....	12
3.2.4. Description des populations de pucerons et régulateurs dans la culture.....	13
3.2.5. L'influence de la distance sur la régulation des auxiliaires et des pucerons du potimarron.....	14
4. Discussion.....	15
5. Conclusion et perspectives.....	17
5.1. Effets des bandes fleuries sur la régulation des pucerons du potimarron par leurs prédateurs.....	17
5.2. Pistes d'amélioration.....	18
5.3. Bilan et perspectives personnelles.....	18
6. Bibliographie.....	19

Table des figures

Figure 1 : Plan de l'essai MUSCARI

Figure 2 : Photo du pot barber situé dans la planche de potimarron

Figure 3 : Données météorologiques d'Avril à Juillet

Figure 4 : Pourcentage de recouvrement des espèces végétales présentes dans la bande fleurie en fonction du temps

Figure 5 : Répartition des espèces végétales dans la bande fleurie

Figure 6 : Pourcentage de recouvrement de chaque espèce en fonction de la placette

Figure 7 : Diagramme représentatif de la somme des ordres observés au filet fauchoir durant toute la période d'essai

Figure 8 : Répartition des auxiliaires dans la bande fleurie

Figure 9 : Evolution des effectifs des pucerons, des régulateurs et des stades phénologiques des espèces de la bande fleurie au cours du temps

Figure 10 : Quantité de puceron et d'auxiliaire en fonction de la date

Figure 11 : Effectif des pucerons et des auxiliaires, par rapport à la distance de la planche de culture à celle de la bande fleurie et en fonction du temps

Table des tableaux

Tableau I : Echelle des stades phénologiques

Tableau II : Classes représentatives de la quantité de pucerons

Gestion agroécologique des ravageurs en maraichage

1. Introduction

1.1. Présentation de la structure d'accueil

J'effectue mon stage de master 1 à l'EPLEFPA du Lycée Nature, établissement public rattaché au ministère de l'agriculture. Implanté dans l'un des territoires les plus ruraux de France et dans un bocage dense en situation périurbaine, en Vendée, l'EPLEFPA du Lycée NATURE de La Roche-sur-Yon a pour projet de mettre en place les outils et les réflexions utiles à la formation des actuels et futurs acteurs du monde agricole et rural. Récemment, le Lycée Nature s'est engagé sur des programmes d'expérimentation mis en place sur son exploitation labellisée Plateforme Régionale d'Innovation en « Agriculture biologique et périurbaine durable », sur les grandes problématiques suivantes : Aider à construire et définir les conditions d'une agriculture périurbaine durable, intégrée sur son territoire, contribuer à la production de connaissances scientifiques et techniques accrues sur la thématique « Agriculture et Biodiversité » pour aider à l'émergence de modèles agricoles innovants en la matière. Afin d'atteindre ses objectifs, le Lycée NATURE s'implique dans de nombreux programmes, en lien avec le RMT Biodiversité et Agriculture et le Casdar BiodivEA. Le lycée s'engage également pour le développement de l'agro-écologie afin de favoriser entre autres, le maintien des services écosystémiques et plus spécifiquement ceux en lien avec les pollinisateurs sauvages (programme POLLIAGRO) et les auxiliaires des cultures (CASDAR-MUSCARI). Enfin, à travers de nombreuses collaborations (Chambre Agriculture 85 et Pays de la Loire), l'établissement développe ses actions de communication et de transfert vers les établissements de formation et vers les différents acteurs du territoire.

Deux personnes sont concernées par le projet CASDAR-MUSCARI : Rémy Chifflet, chef de projet partenariats Agriculture et Biodiversité et Animateur régional « agroécologie » et Cyrielle Varenne chargée de mission expérimentation.



1.2. Etude de l'impact de bandes fleuries aux abords d'une culture de potimarron sur les populations de ravageurs et d'auxiliaires

1.2.1. Contexte général

A la suite de la seconde guerre mondiale, la révolution verte et ses innovations agricoles ont su répondre aux besoins d'amélioration des rendements. L'apparition du machinisme et des intrants ont permis d'augmenter efficacement les surfaces arables et leur productivité. Aujourd'hui, la balance bénéfiques-pertes semble s'être inversée. Une évaluation du coût total de l'utilisation de pesticides aux USA rapporte que le ratio bénéfice-coût des années 1990s était de 0,7 alors que dans les années 1960s, celui-ci était nettement supérieur à 1 (Bourguet & Guillemaud, 2016). L'agriculture intensive et ses pratiques associées (i.e. : élimination des habitats semi-naturels, simplification des rotations de cultures, apport élevé d'engrais et de pesticides) sont considérées comme responsable du déclin sévère de la diversité biologique (W.O.C Symondson *et al.*, 2002).

L'utilisation massive de pesticides, par exemple, a des effets directs et indirects sur la santé humaine, animale, végétale (Bourguet & Guillemaud, 2016) et l'utilisation excessive des produits phytosanitaires ont entraîné un appauvrissement de la faune dans les paysages agricoles, notamment dans les paysages cultivables, mais aussi dans les cultures pérennes. De plus, l'utilisation de pesticides à large spectre est susceptible d'entraîner directement la prolifération de ravageurs après la disparition de leurs prédateurs (W.O.C Symondson *et al.*, 2002). Une autre conséquence de l'utilisation des insecticides est la résistance des organismes exposés. Plus de 10 000 cas de résistances à 300 composants d'insecticides ont été reportés pour environ 600 espèces d'arthropodes (Bourguet & Guillemaud, 2016). Le coût d'application de multiples pesticides sur une culture peut être plus important que le coût associé aux pertes causées par les ravageurs sur des cultures non traitées (W.O.C Symondson *et al.*, 2002). De ce fait, il est nécessaire de trouver des alternatives viables à leur utilisation afin de promouvoir la durabilité et la résilience des agroécosystèmes tout en maintenant la productivité des grandes cultures car la protection de ces dernières constitue un enjeu pour les prochaines décennies aux vues de la croissance démographique et de l'importance économique associée.

1.2.2. L'agriculture, dépendante des produits phytosanitaires

L'utilisation des produits phytosanitaires en agriculture est devenue systématique pour optimiser les rendements des cultures de rente. En 2011, l'usage des produits phytosanitaires en France concerne 96 % des surfaces cultivables pour les herbicides, 64 % pour les fongicides et 34 % pour les insecticides (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/2439/0/pratiques-culturelles-utilisation-pesticides-france.html>).



La famille des Cucurbitacées regroupe de nombreuses espèces cultivées et représente 30 % de la part du marché maraîcher (<http://agreste.agriculture.gouv.fr>). Celles-ci sont aussi confrontées aux fortes utilisations en produits phytosanitaires, dont les insecticides. Entre autre, le potimarron (*Cucurbita maxima*) est une espèce soumise aux pressions des insectes ravageurs, notamment par les pucerons. Cette sensibilité est susceptible de favoriser des variations de rendements et de qualité de production contraignant les maraîchers à utiliser des insecticides (Le Scoul & Coulombel, 2011).

1.2.3. Alternative aux pesticides pour la régulation des ravageurs en maraîchage

Il existe et se développent des solutions pour palier l'utilisation d'insecticides en agriculture. La protection intégrée des cultures favorise leur réduction par des combinaisons de méthodes de lutte dans l'espace et le temps, privilégiant entre-autre la régulation naturelle (Valantin-Morison, 2012).

En effet, des programmes agro-environnementaux ont été mis en places dans plusieurs pays européens (par exemple, programme de développement rural et de mise en jachère). Depuis 1993, le gouvernement suisse a subventionné les méthodes d'intrants faibles et d'agriculture durable et l'établissement d'habitats non cultivés. Par conséquent, les agriculteurs sont encouragés à augmenter la quantité de ces habitats non cultivés, y compris les habitats à faible apport, afin d'inverser le déclin observé de la faune des terres agricoles et de conserver ou d'améliorer les fonctions et les services des agroécosystèmes.

Il a été démontré que la manipulation de l'environnement par création d'habitats peut améliorer la survie des ennemis naturels et ainsi améliorer leur efficacité en tant qu'agents de lutte antiparasitaire (Gurr *et al.*, 1998). Cette lutte dite par conservation peut être réalisée de l'échelle de la parcelle à celle du paysage. Par exemple, les bords de parcelle sont un habitat important qui fournit refuge et ressources pour de nombreux auxiliaires. Ainsi, les bords de parcelle jouent un rôle clé dans le maintien de la diversité biologique sur les terres agricoles (Fry, 1994). En outre, il peut être utile de combiner ces habitats semi-naturels avec une agriculture à faible intrants pour améliorer les effets sur la diversité de la faune et le contrôle naturel des nuisibles (Pfiffner 2000, Pfiffner et Luka, 2003).

Hormis la diversification des espèces végétales, l'augmentation de la biodiversité des prédateurs renforce significativement la suppression des herbivores et généralement améliore la survie et la reproduction des prédateurs dans des systèmes multi-proies (Snyder *et al.*, 2006). Par conséquent, un agroécosystème avec une forte biodiversité est susceptible de fournir des services de protection des cultures. Ainsi, favoriser la biodiversité aux abords des cultures permettrait d'augmenter la régulation des populations de ravageurs des champs (Haaland *et al.*, 2011; Tschumi *et al.*, 2015).

Dans les agroécosystèmes, au minimum 10 % des surfaces devraient être dédiées à de tels aménagements écologiques afin de stopper les pertes de biodiversité de ces systèmes et des fonctions de contrôle biologique associées (Pfiffner & Wyss, 2004). Depuis 2016, dans les paysages soumis à une agriculture intensive, la PAC oblige à consacrer 5% de la SAU pour de tels aménagements écologiques et souhaite avoisiner les 10% en 2020 (www.gard.gouv.fr/Politiques-publiques/Agriculture/Aides-agricoles/Aides-PAC/PAC-2017). Le développement d'habitats non cultivés est donc nécessaire afin de favoriser la lutte biologique par conservation (Pfiffner & Wyss, 2004).

1.2.4. Le potimarron, ses ravageurs et leurs prédateurs

Dans ce contexte, le projet CASDAR-MUSCARI (Mélanges Utiles aux Systèmes de Culture et Auxiliaires pour favoriser une Réduction des Intrants, 2015-2018) vise à proposer des outils d'évaluation des services rendus aux cultures par l'implantation de mélanges fleuris aux abords des champs et à améliorer ces derniers. L'étude menée au sein de l'Établissement Public Local d'Enseignement et de Formation Techniques et Professionnels Agricole du Lycée Nature (Vendée, 85) se concentre sur le potimarron et ses ravageurs, essentiellement le puceron *Aphis gossypii*.

a) *Aphis gossypii*, un ravageur des Cucurbitacées

Les Cucurbitacées sont sensibles aux Aphidoidea, les pucerons, des hémiptères herbivores, piqueurs suceurs, responsables de dommages importants en cas d'effectifs importants. Plus de 4000 espèces sont connues dont 250 sont des ravageurs de cultures (Chaillet *et al.*, 2014). *Aphis gossypii* est une espèce très polyphage entraînant l'avortement des feuilles et des jeunes pousses. Egalement, il est vecteur de plus de cinquante virus, dont celui de la mosaïque du concombre (CVM), le virus de la mosaïque de la pastèque (WMV) et le virus de la mosaïque jaune de la courgette (ZYMV) (<http://ephytia.inra.fr/fr/C/19719/Biocontrol-Degats>).

b) La régulation d'*Aphis gossypii*

De nombreuses familles d'insectes permettent de réguler, soit par prédation soit par parasitisme, la présence de cet hémiptère ravageur.

Les adultes et les larves de chrysopes (neuroptères) et de coccinélidés sont des prédateurs reconnus du puceron ainsi que certaines punaises (hémiptères). Un tiers des espèces de syrphes (diptères) sont au stade larvaire et se nourrissent de puceron tandis que les deux autres tiers sont phytophages ou saprophages (ASTERS, 2007). Les adultes d'Aphidoletes sont des Aphidiphages voraces (Fraval, 2006).

Les parasitoïdes, comme les genres Praon, Ephedrus et Aphidius, pondent à l'intérieur des pucerons, générant en moyenne 300 momies par adultes (<https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Pucerons-et-milieu/Antagonistes/Parasitoïdes>).

1.2.5. Le potentiel de régulation biologique des auxiliaires

L'ensemble de ces auxiliaires peut constituer un potentiel de régulation biologique efficace. Une étude de 2008 sur l'impact des ennemis naturels sur le contrôle des pucerons *Sitobion avenae*, a montré que les prédateurs volants seuls réduisaient jusqu'à 93% la population de pucerons (Holland *et al.*, 2008). Néanmoins, ce potentiel dépend de nombreux facteurs, dont la diversité des espèces prédatrices.

Certaines publications indiquent que cette diversité entrave le contrôle des ravageurs tandis que d'autres études annoncent le contraire (Snyder *et al.*, 2006). Des événements de compétition intra-population, d'interférence comportementale, peuvent affecter négativement ce bio contrôle. Cependant, des mécanismes synergiques rendent complémentaires le rôle d'ennemis naturels lorsque ceux-ci occupent différentes strates de la végétation et que leurs périodes d'activité se succèdent (Reboulet, 1999). Finalement, les effets de la diversité des espèces prédatrices est contexte dépendant (Wilby *et al.*).

1.2.6. Les bandes fleuries et leur attractivité pour les auxiliaires

La présence et la diversité d'auxiliaires dépendent de la qualité des habitats et des ressources disponibles à proximité de la parcelle et dans l'ensemble du paysage agricole. Les bandes fleuries sont un outils qui s'intègre dans la lutte biologique par conservation. Les bandes fleuries peuvent remplir les fonctions nécessaires à l'hébergement et au maintien de populations d'ennemis naturels aux abords des cultures. Des plantes cespiteuses jouent le rôle de refuges pour les arthropodes marcheurs et des plantes productrices de nectar et de pollen assurent la survie et la reproduction des syrphes (ASTERS, 2007) et des parasitoïdes (Haaland *et al.*, 2011). La composition de bandes fleuries influence immédiatement la population d'auxiliaires attirés et la période d'attractivité. Une étude a montré que le critère de ressource nutritive d'une fleur pour un syrphe dépend de l'accessibilité du nectar. Lorsque ce dernier n'est pas extra floral, c'est la profondeur de la corolle qui est déterminante. Ainsi, le nombre de syrphes dans un mélange fleuri s'explique par l'abondance de fleurs à nectar accessible (van Rijn & Wackers, 2016). Egalement, pour les parasitoïde, la présence de nectar augmente fortement leur espérance de vie et leur fécondité et par conséquent le taux de parasitisme sur les ravageurs (Heimpel, George & Jervis, Mark, 2005). Ces données appuient l'importance des espèces choisies pour la conception de bandes fleuries. Afin de favoriser la présence de prédateurs et parasitoïdes naturels des ravageurs ciblés, le mélange fleuri doit aussi favoriser la coïncidence spatiale et temporelle entre prédateurs et proies. Il est également primordial que les bandes fournissent les ressources alimentaires nécessaires au maintien de la population hors période de pullulation du ravageur (Reboulet, 1999).

Des études ont montré que l'implantation de bandes fleuries aux abords des cultures de céréales pouvait réduire les dégâts des ravageurs en dessous du seuil économique de nuisibilité (Holland *et al.*, 2008 ; Tschumi *et al.*, 2015). De rares études comparent plusieurs mélanges floraux pour leur efficacité à réduire les dégâts et les populations de ravageurs. Des mélanges fleuris sont actuellement commercialisés, cependant, rien ne garantit leur efficacité. Finalement, les connaissances actuelles ne permettent pas encore de concevoir des mélanges optimaux pour la mise en place de ces outils de lutte biologique par conservation.

1.2.7. Contexte du stage

Mon stage s'inscrit dans le contexte d'une étude menée au lycée Nature (Vendée, 85) dans le cadre du projet CASDAR-MUSCARI. Elle se concentre sur le thème de la lutte biologique par conservation et il convient que cette lutte biologique soit fonctionnelle, avec des répercussions positives sur les productions agricoles. Elle doit donc être abordée au cas par cas, par un choix d'espèces végétales adaptées, d'origine locale, et pour lesquelles, le cortège entomofaunistique est au moins partiellement reconnu pour un rôle de régulation sur les ravageurs des cultures, ici, le potimarron.

a) Problématique et objectif

Durant mon stage, j'ai cherché à répondre à la question suivante : les bandes fleuries améliorent-elles la régulation naturelle des pucerons en culture biologique de potimarron ?

Afin de répondre à cette problématique, il s'est agi de (1), mesurer l'attractivité des bandes fleuries et de (2), évaluer le service de régulation.

b) Contexte et réalisation de l'objectif

Cet objectif à atteindre repose principalement par la composition botanique des bandes fleuries, par la localisation et la disposition des expérimentations ainsi que les ravageurs considérés.

L'objectif est réalisé par dénombrement des colonies de pucerons sur le potimarron, en face de la bande fleurie, selon deux distances. De plus, il y a un suivi par observation directe et par des opérations de capture, au filet fauchoir, de l'entomofaune à la surface de la végétation de la bande fleurie. Sur ce même mélange MUSCARI, au sol, des barbes sont positionnés afin de dénombrer la faune rampante.

Les populations auxiliaires seront ensuite identifiées et corrélées à des relevés botaniques effectués parallèlement. Ceci afin de corréler l'entomofaune présente dans le mélange fleurie et l'infestation de la culture de potimarron, en tenant compte de la distance.

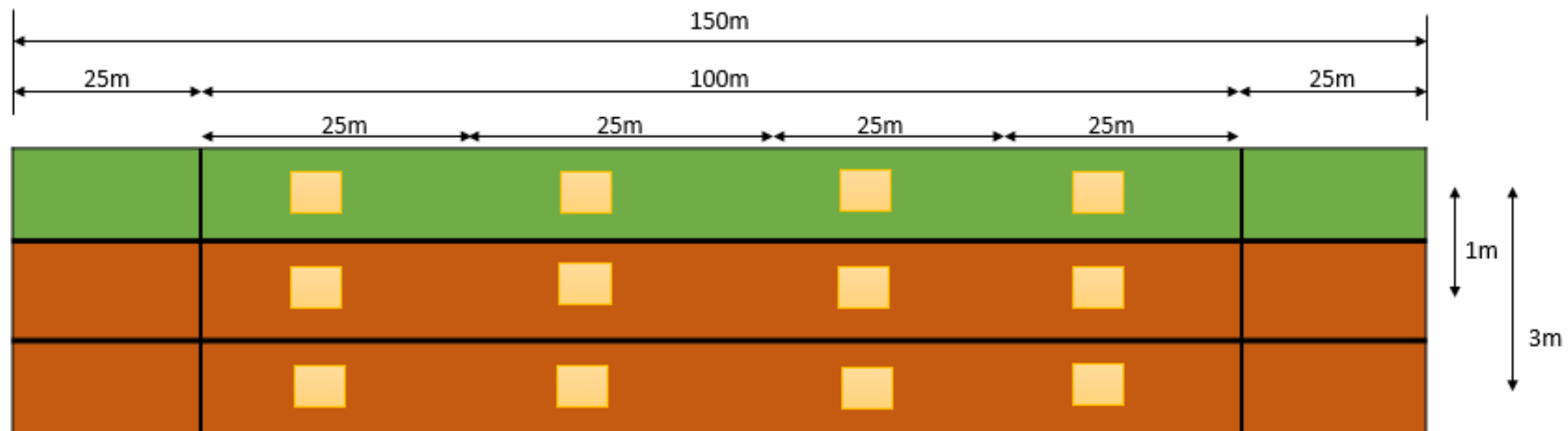


Figure 1 : Plan de l'essai MUSCARI. Source : Données personnelles

2. Matériel et Méthode

Le projet CASDAR-MUSCARI (2015-2018), animé par le Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, s'intéresse aux mélanges fleuris comme outils de contrôle des ravageurs de culture par l'attraction de prédateurs et de parasitoïdes. Il a pour but d'améliorer la composition des mélanges fleuris pour les rendre adaptés aux régions et cultures concernées. De plus, ce projet est destiné au développement d'outils simples d'évaluation des services écosystémiques rendus aux cultures par les bandes fleuries et pour les agriculteurs (Herb@). Onze sites en France travaillent sur différentes cultures et ravageurs pour répondre à cette problématique.

Au Lycée Nature (85), l'étude se concentre principalement sur les courges et ses ravageurs ; ainsi, ce stage se concentre sur les pucerons du potimarron.

L'étude de l'impact de bandes fleuries sur la dynamique pucerons-auxiliaires est réalisée à partir du mélange fleurie le plus attractif et le plus approprié à la région. Ce mélange, sélectionné en 2016, répond à plusieurs critères, dont la pérennité des bandes, une composition en espèces indigènes, la diversité des familles et espèces botaniques ainsi que les périodes de floraison vis-à-vis de la disponibilité des ressources et des fonctions refuges de ces plantes.

2.1. Effets des bandes fleuries sur la régulation des pucerons du potimarron par leurs prédateurs

2.1.1. Dispositif expérimental

L'étude de l'impact des bandes fleuries sur la dynamique auxiliaires-ravageurs a été réalisée en 2016 en bord de culture de pomme de terre.

L'essai MUSCARI est constitué d'une bande fleurie de 1,50 mètre de largeur sur 100 mètres de longueur avec 4 quadrats d'observation de 1 mètre carré espacés de 25 mètres. Juxtaposés, sont les planches de potimarron à 1 mètre et 3 mètres de la bande fleurie, avec la même largeur et longueur de planche que la bande fleurie. De même, 4 quadrats d'observation par planche de potimarron sont présents au même niveau que ceux de la bande fleurie (Figure 1).

2.1.2. La bande fleurie

a) Itinéraires techniques (ITK)

Dans le cadre du projet MUSCARI, 4 mélanges simples ou complexes (en fonction du nombre d'espèces implantées) fournis par la société semencière XY ont été implantés en 2016 afin de déterminer le plus attractif.

Tableau I : Echelle des stades phénologiques. Source : Protocole MUSCARI

Echelle	Stade phénologique
1	Cotylédons
2	Plantule
3	Plein développement végétatif
4	Bouton floraux (Dicotylédones)
5	Epiaison (Poacées)
6	Début floraison
7	Pleine floraison
8	Début fructification
9	Pleine fructification
10	Graine formées
11	Graines mûres, dissémination

Parmi les 4 mélanges, censé être attractifs pour les auxiliaires, trois sont actuellement commercialisés par cette même société semencière, et un mélange a été conçu sur les expertises des partenaires du projet MUSCARI. L'expérience a permis de sélectionner le mélange « D » composé de 14 espèces différentes, issu des travaux des partenaires de MUSCARI.

Avant d'implanter ce dernier, la planche l'accueillant a subi :

- Un labour profond enfouissant les adventices
- Une reprise de labour affinant le lit de semence
- Deux faux-semis limitant la pression des adventices

L'automne 2016 arrivé, dans le cadre d'une activité pédagogique, des élèves de BAC STAV ont réalisé le semis à la volée de ce mélange afin d'approfondir leurs compétences.

Enfin, pour optimiser le contact sol-graine et donc favoriser la levée, un roulage a été effectué.

b) Description botanique de la bande fleurie

Afin de suivre l'évolution du mélange fleuri, un relevé botanique est effectué, dans les 4 quadrats, chaque semaine, par estimation des surfaces de recouvrement des espèces répertoriées adventices et semées. A chaque espèce est attribué un stade phénologique de 1 à 11 (Tableau I), la hauteur de floraison et la présence ou non de puceron et de momie.

c) Détermination de l'entomofaune volante de la bande fleurie

Afin d'évaluer l'impact des bandes fleuries sur potentiel attractif des auxiliaires, les observations s'effectuent en deux temps.

Dans un premier temps, une observation directe est réalisée. Celle-ci consiste à quantifier tous les arthropodes en contact d'un végétal, durant 5 minutes, sur les 4 quadrats de la bande fleurie.

Ensuite, l'utilisation du filet fauchoir est nécessaire afin d'identifier les arthropodes auxiliaires présents. La fauche se réalise en faisant des allers-retours sur 10 mètres au niveau des quatre quadrats. Par la suite, les individus capturés sont congelés puis conservés dans de l'alcool à 70° afin de réaliser une détermination précise. Pour ce faire, l'utilisation d'une clé de détermination a été inévitablement nécessaire (Identification des principaux ordres d'insectes, Gilles Bourbonnais, Cégep de Sainte-Foy).

Ces opérations sont répétées toutes les semaines selon les conditions météorologiques.

2.1.3. Les planches de potimarron

a) Itinéraires techniques (ITK)

En 2016, les 2 planches occupées aujourd'hui par les potimarrons (var. « doux vert d'Hokkaido ») étaient munis de pommes de terre. Après leurs récoltes, un labour d'automne a été effectué, suivi par deux faux semis 1 à 2 mois avant l'implantation afin de limiter la pression adventive.

Tableau II : Classes représentatives de la quantité de pucerons

Classe	Quantité de puceron
0	Aucun puceron
1	1 à 10 pucerons
2	Petite colonies ou nombreux pucerons isolés
3	Plusieurs colonies et présence de miellat
4	Grosses colonies et feuilles déformées



Figure 2 : Photo du pot barber situé dans la planche de potimarron. Source : Données personnelles.

Ensuite, le 15 mai, les potimarrons (var. « doux vert d'Hokkaido ») ont été implantées avec un espacement de 50 cm sur les deux planches de culture préalablement bâchées suite aux faux-semis, donc sur un sol relativement propre avec peu d'adventice. Suite aux conditions météorologiques annonçant de fortes chaleurs, les potimarrons ont été couverts de paille d'orge leur permettant d'acquérir une atmosphère fraîche au sol et limiter l'évapotranspiration.

b) Comptage des pucerons sur les potimarrons

Afin d'évaluer l'impact des bandes fleuries sur la dynamique ravageur auxiliaire en culture de potimarron, des comptages de pucerons sont effectués sur 5 feuilles de 2 plants de potimarron sélectionnés dans chaque quadrat situé sur les planches de potimarron. Cette opération est répétée toutes les semaines si les conditions météorologiques le permettent.

Pour simplifier les comptages, des classes de 0 à 4 (Tableau II) ont été réalisées.

c) Détermination de l'entomofaune sur les potimarrons

Afin de déterminer l'entomofaune présente sur les planches de culture, des observations directes ont été réalisées. Celles-ci avaient pour objectif d'identifier et de quantifier toutes les espèces présentes sur les deux plants de potimarrons dans chaque quadrat, sans durée imposée. Cette opération a été réalisée parallèlement aux comptages des pucerons.

2.1.4. Analyse facultative de l'entomofaune du sol

Afin de pousser l'étude un plus loin, l'analyse de l'entomofaune du sol est réalisée à partir de pots barber (figure 2). Ceux-là sont des pots de type crème fraîche et sont placés sur chaque quadrat de chaque planche, bande fleurie et culture de potimarrons. Au total, 12 pots barber sont présents sur le dispositif expérimental. Ces réceptacles sont enterrés jusqu'à ce que le haut du pot soit au niveau du sol de sorte à ce qu'il soit disposé dans la continuité du sol.

Ce dispositif est inactif lorsque le couvercle est fermé, mais pour l'expérience, il est activé durant 24h, une fois toutes les deux semaines. Le principe de cette expérience est de récupérer les arthropodes qui se déplacent au sol et qui tombent dans les pots barber. Chaque pot barber contient du liquide de conservation contenant de l'eau, du sel et du liquide vaisselle afin de conserver au mieux les insectes pendant les 24h. Ensuite, les insectes sont conservés dans de l'alcool à 90° puis la détermination se fait par la même clé de détermination que les insectes volants.

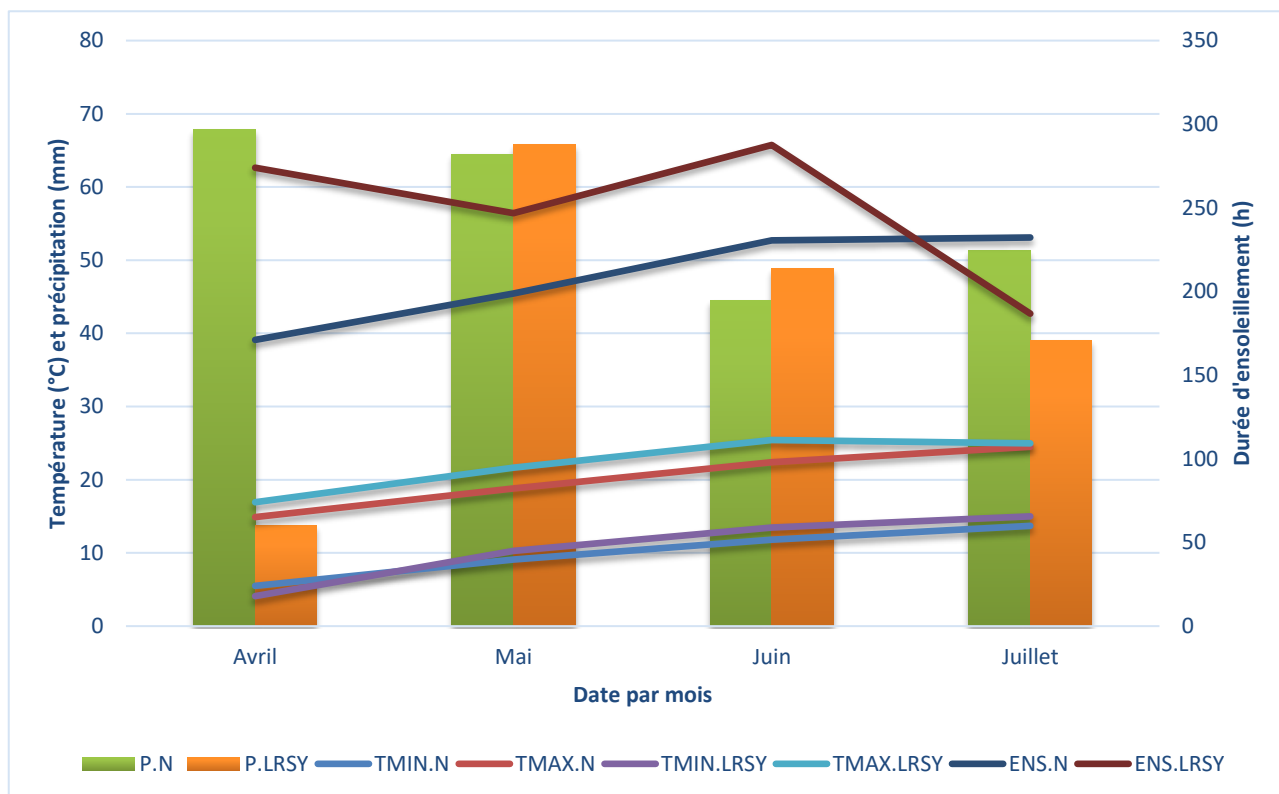


Figure 3 : Données météorologiques d'Avril à Juillet selon les conditions normales de températures de 1968 à 2010 (.N) et les données météorologiques obtenues en 2017 sur le site de la Roche Sur Yon (LRSY). Les températures minimales sont notées « T.MIN » et les maximales « T.MAX ». Les précipitations sont notées « P » et les durées d'ensoleillement « ENS »

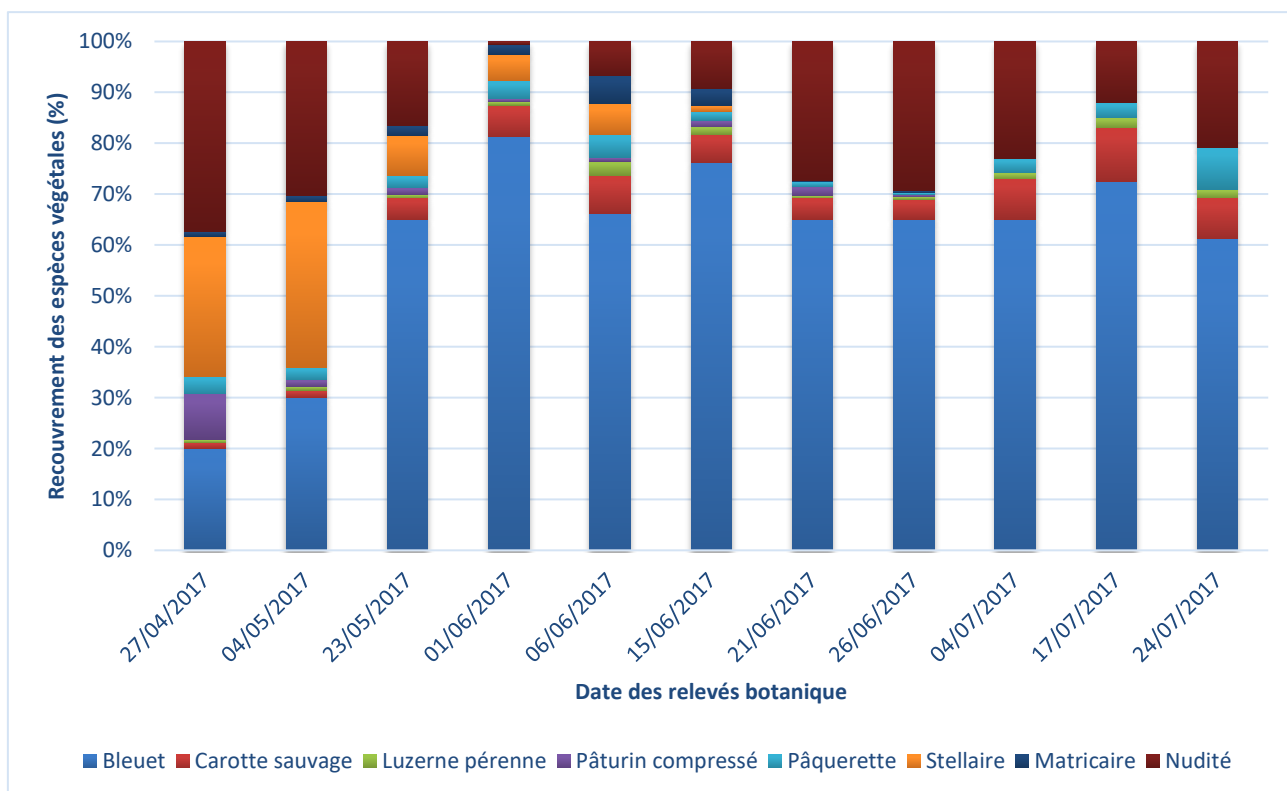


Figure 4 : Pourcentage de recouvrement des espèces végétales présentes dans la bande fleurie en fonction du temps.

2.2. Analyses statistiques

Les analyses statistiques sont réalisées sous XLStat 2017. Les modèles testés comprennent toutes les valeurs explicatives recueillies.

Des tests ANOVA (comparaison de moyennes à 2 facteurs) sont réalisés sur des modèles comparant le pourcentage de recouvrement aux modalités « date », « espèce ».

De plus, des tests de Kruskal-Wallis sont effectués afin de (1) observer si le pourcentage de recouvrement végétale est similaire dans les quadrats et de (2) voir si il existe une variation de chacune des espèces au sein de chaque quadrat.

Egalement, l'indice de Shannon sera calculé pour observer la diversité entomologique spécifique de la bande fleurie.

Enfin, un test de Mann-Whitney sera réalisé sur les données des pucerons et auxiliaires afin d'observer s'il y a une différence d'effectif entre ces deux, selon la distance.

3. Résultats

3.1. Données météorologiques

Les données météorologiques ont été récoltées sur <http://www.meteofrance.com>.

Ces données (Figure 3) montrent que la température augmente progressivement en fonction du temps jusqu'à la mi-juin, puis stagne et baisse légèrement jusqu'à la fin juillet. Les températures sont principalement au-dessus que les normales de températures.

Les précipitations sont relativement bien étalées dans le temps, sauf durant le mois d'avril et de mi-juin à début juillet où la pluie n'a pas été présente, très en dessous des conditions normales.

L'ensoleillement est extrêmement plus important que les conditions normales.

3.2. Effets des bandes fleuries sur la régulation des pucerons du potimarron par leurs prédateurs

3.2.1. Description botanique de la bande fleurie

Les 11 relevés botaniques permettent de comparer les surfaces de recouvrement des différentes espèces végétales dominantes (> 1 %) avec les proportions théoriques de chaque espèce présentes dans le mélange initial (Figure 4). Dans un premier temps, l'espèce la plus présente est la stellaire (adventice) jusqu'au 04/05/2017 avec 32,5 %. Ensuite, son pourcentage de recouvrement diminue fortement jusqu'à sa disparition le 21/06/2017. L'espèce végétale qui prend le dessus est le bleuet, espèce du mélange, dès le 23/06/2017 avec 65 % de recouvrement et atteignant un pic de recouvrement à 81,25 % le 01/06/2017 ; celle-ci restera l'espèce majoritaire jusqu'à la fin des relevés botaniques le 24/07/2017. La carotte sauvage a suivi son cours suivant la saison, c'est-à-dire que son recouvrement a évolué au cours du temps allant jusqu'à 10,5 % à l'inverse du pâturin compressé qui a vu son pourcentage de recouvrement élevé dès le

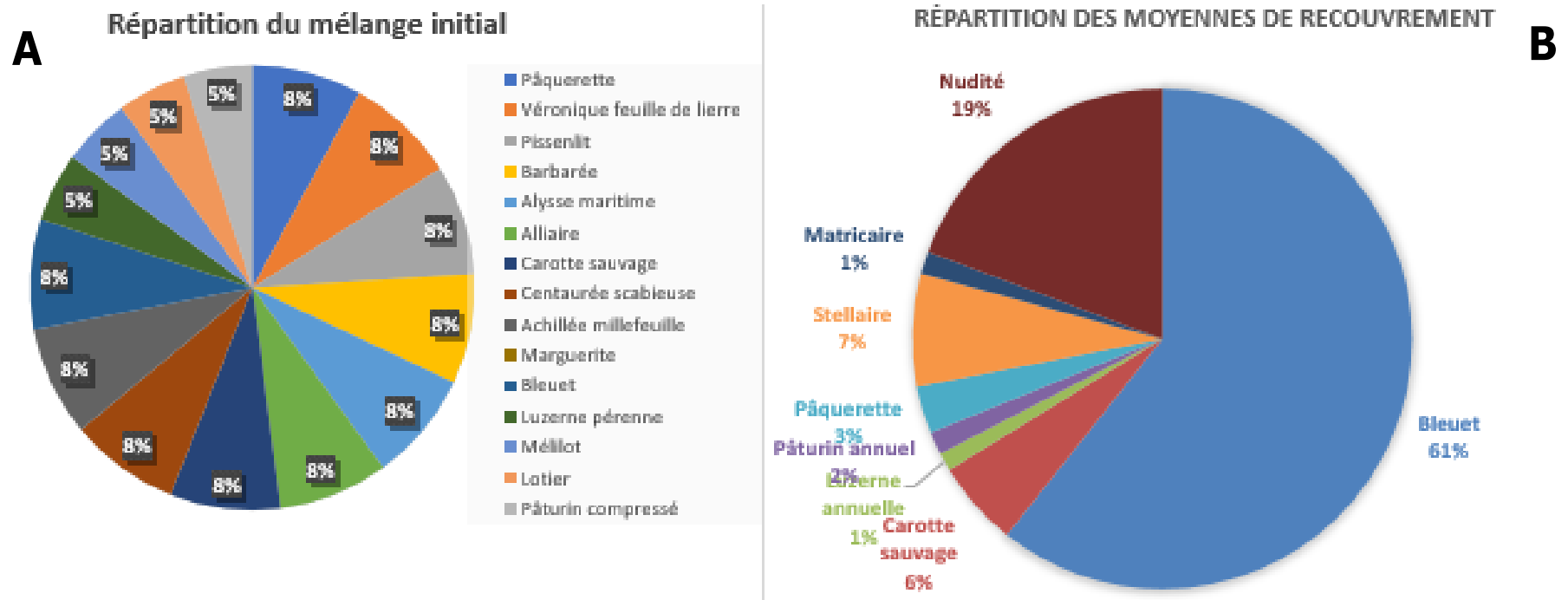


Figure 5 : Répartition des espèces végétales dans la bande fleurie

A- Proportion des espèces dans le mélange initial élaborée par les partenaires du projet MUSCARI.

B- Proportion des espèces observée dans la bande fleurie implantée au Lycée Nature dans le cadre du projet MUSCARI.

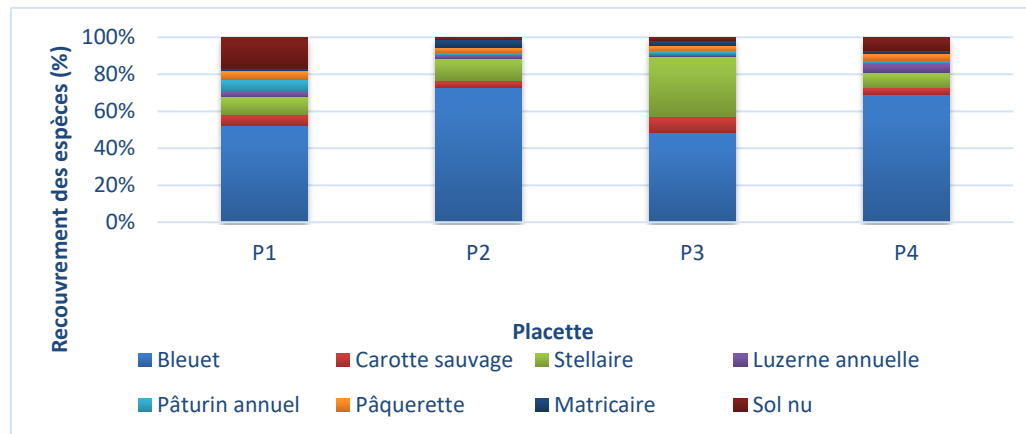


Figure 6 : Pourcentage de recouvrement de chaque espèce en fonction de la placette

premier relevé mais qui a fortement diminué les dates suivantes jusqu'à ne plus s'exprimer à partir du 26/06/2017. Quant à elles, la pâquerette, la luzerne pérenne et la matricaire ont été présentes du début à la fin en quantité moindre avec des valeurs comprises entre 1 % et 8,25 % pour la pâquerette lors du dernier relevé le 24/07/2017. Parallèlement, le pourcentage de sol nu est la résultante de l'expression des espèces végétales du mélange fleurie. Par conséquent, lors du premier relevé, la nudité est maximale avec 37,5 % et est au plus bas le 01/06/2017 avec 0,5%, puis celle-ci augmente et stagne dans les environs des 20 % jusqu'au dernier relevé. Les histogrammes qui représentent le sol nu ont l'allure inverse de ceux du bleuet. En effet, l'espèce est le facteur majeur de variation du pourcentage de recouvrement ($F = 21,98$; $p\text{-value} < 0,0001$), contrairement à la date qui n'a aucune influence ($F = 64,45$; $p\text{-value} = 0,170$).

Le mélange D, déterminé par les partenaires du projet MUSCARI, est représenté sur la Figure 5-A. Celui-ci est composé de 14 espèces différentes et attractives en proportion plus ou moins importante. Ce diagramme révèle que le pâturin compressé, le lotier, le mélilot et la luzerne pérenne sont en quantité moindre et représentent chacune 5 % du mélange alors que toutes les autres espèces représentent chacune 8 % du mélange. Les 14 espèces semées ne sont pas toutes retrouvées lors de des 11 relevés botaniques réalisés durant la période de cette expérience. En effet, il n'y a que 5 espèces du mélange initial sur 14 qui sont présentes dans la bande fleurie avec un taux de recouvrement de plus de 1 % : la luzerne pérenne, la carotte sauvage, le bleuet, la pâquerette et le pâturin compressé. Les deux autres espèces majoritaires, la stellaire et la matricaire, sont des adventices non semées. Ainsi, les proportions des espèces retrouvées dans la bande fleurie, illustré Figure 5-B, ne correspondent pas avec celles du mélange initiale. Seulement la carotte sauvage voit son taux de recouvrement (6 %) relativement similaire à la proportion d'elle-même dans le mélange initial (8 %). Le fort taux de recouvrement du bleuet (61 %) induit un faible taux de recouvrement de toutes les autres espèces.

3.2.2. Analyse de l'homogénéité dans la bande fleurie

Au sein de la bande fleurie, selon la localisation des différents quadrats, le pourcentage de recouvrement des espèces peut différer. En effet, sur la Figure 6, le pourcentage de recouvrement total semble supérieur dans les placettes 2 et 3 qui se situent au milieu de la bande fleurie (< 2 % de sol nu) que celles de la placette 1 et 4 qui sont sur les extrémités de celle-ci (7 % et 15 % de sol nu). Malgré ces observations, le test de Kruskal-Wallis montre qu'il n'y a pas de différence significative ($KW = 0,314$; $ddl = 3$; $p\text{-value} = 0,957$) du recouvrement végétale entre les différents quadrats.

Néanmoins, l'allure du diagramme annonce une différence des pourcentages de recouvrement des espèces, avec notamment les proportions visuellement inégales du bleuet, de la carotte sauvage et de la stellaire. A contrario, la proportion des autres espèces végétales sont sensiblement similaires. Effectivement, il existe une variation significative ($KW = 149,233$; $ddl = 27$; $p\text{-value} < 0,0001$) de chacune des espèces au sein de chaque quadrat, cependant, le test statistique utilisé ne permet pas de préciser dans quel quadrat les différences se situent mais la figure 6 semble montrer que la proportion de stellaire est supérieure dans le quadrat trois par rapport aux trois autres quadrats.

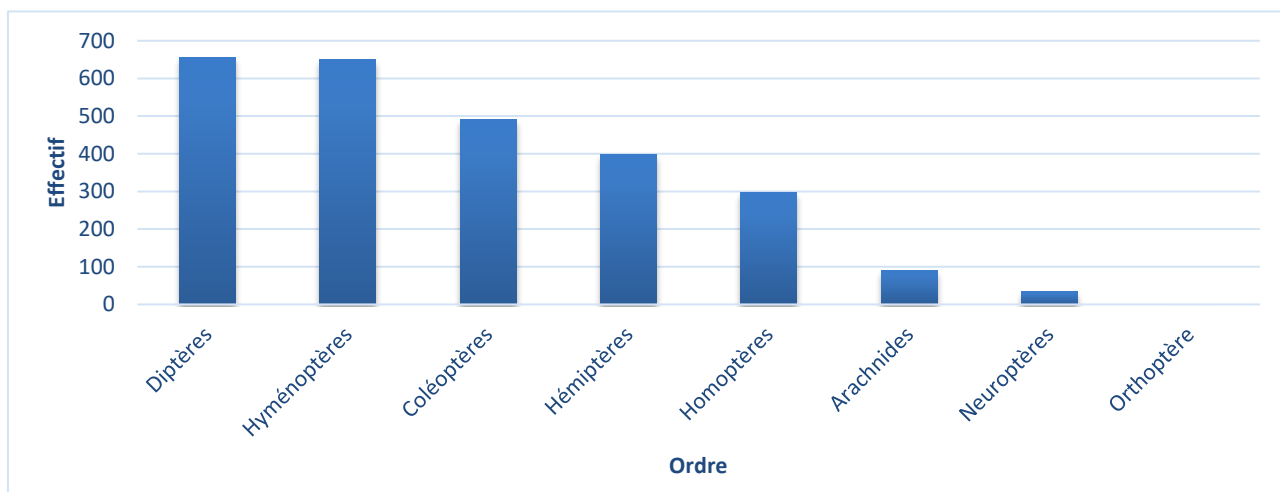


Figure 7 : Diagramme représentatif de la somme des ordres observés au filet fauchoir durant toute la période d'essai.

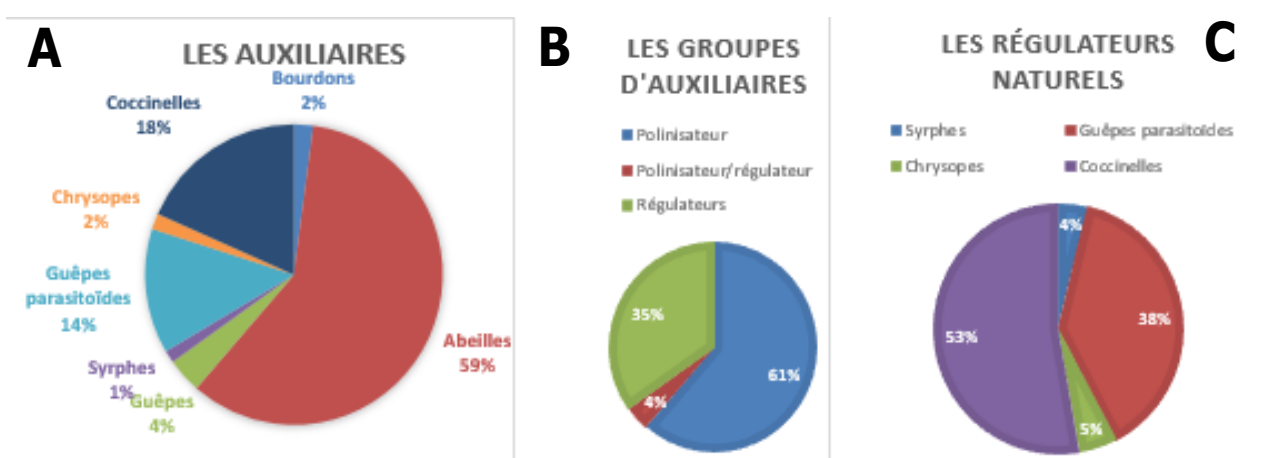


Figure 8 : Répartition des auxiliaires dans la bande fleurie - Les auxiliaires présents dans la bande fleurie sont répertoriés proportionnellement (diagramme A) puis sont séparés en groupe d'auxiliaire (diagramme B), et au sein de l'un de ces groupes (régulateur naturel), quatre familles sont dénombrées et répertoriées proportionnellement (diagramme C).

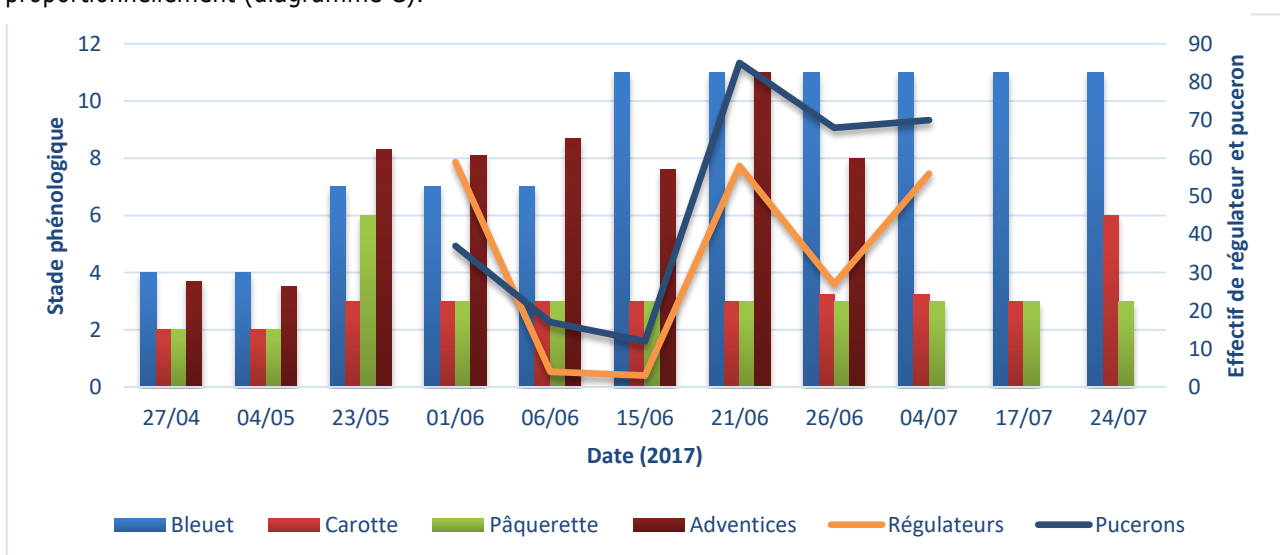


Figure 9 : Evolution des effectifs des pucerons, des régulateurs et des stades phénologiques des espèces de la bande fleurie au cours du temps

3.2.3. Potentiel attractif de la bande fleurie

a) La diversité entomologique

La totalité des individus recensés avec la technique du filet fauchoir ont été classés par ordre, afin d'établir un diagramme représentatif de la diversité entomologique au sein de la bande fleurie (Figure 7). Durant la période du 15/05 au 04/07, intervalles des dates de relevés entomologique, 2619 insectes ont été identifiés jusqu'à l'ordre, avec un très faible indice de diversité de l'habitat (Shannon) de $2,52 \cdot 10^{-7}$. Cet indice de diversité n'est pas pris en compte car les identifications n'ont pas été faites jusqu'à l'espèce et donc celui-ci n'est pas représentatif de la réelle diversité présente.

L'ensemble des individus sont répertoriés à travers 8 ordres, dont deux ordres majoritaires : les diptères et les hyménoptères avec près de 700 individus chacun. Les coléoptères, les hémiptères et les homoptères sont aussi en quantité importante (300 à 500 individus), tandis que les arachnides, les neuroptères et les orthoptères ne dépassent pas la centaine d'individus.

Premièrement, au sein des individus comptabilisés, les auxiliaires identifiés jusqu'au genre sont répertoriés proportionnellement (Figure 8-A). Sept familles ont été retrouvées dont trois majoritaires qui sont : l'abeille avec 59 %, suivi de la coccinelle avec 18 % et de la guêpe parasitoïde à 14 %. Les autres insectes (guêpe, chrysope, bourdon, syrphé) sont proportionnellement moins présents.

Ensuite, il est possible de distinguer trois groupes d'auxiliaires (Figure 8-B). Le groupe des pollinisateurs est celui majoritaire car il représente 61 % des auxiliaires tandis que le groupe des régulateurs représente 35 %. Certaines espèces ont le potentiel d'être régulateur et pollinisateur, mais ceux-là représentent seulement 4 %.

Enfin, le groupe des régulateurs naturels est divisés par 4 genres d'insectes (Figure 8-C). Les coccinelles (53 %) et les guêpes parasitoïdes (38 %) représentent 91 % de la proportion des régulateurs naturels. Ainsi, les chrysopes et les syrphes ne représentent que 9 % de la population des régulateurs.

b) Comportement phénologique et attractivité du mélange

Afin de déterminer si la bande fleurie est attractive, la quantité d'auxiliaire est exprimée en fonction du temps et donc des stades de développement des espèces végétales dominantes, y compris les adventices non semées, la stellaire et la matricaire (Figure 9).

Lors du premier relevé le 27 avril, le bleuet et les adventices sont au stade boutons floraux, alors que la pâquerette et la carotte sont au encore au stade plantule. A partir du 23 mai, le bleuet est en pleine floraison et les adventices en début de fructification, et ce jusqu'au 6 juin. La dissémination du bleuet débute dès le 15 juin et continue jusqu'au 24 juillet. Parallèlement, les adventices atteignent le stade de dissémination le 21 juin et reviennent en floraison le 26 juin, date qui sera la fin d'apparition des adventices. La pâquerette est en floraison le 23 mai, mais elle deviendra majoritaire au stade de plein développement végétatif dès la semaine d'après (01 juin) jusqu'à la fin des relevés (24 juillet) tandis que la carotte est en plein développement végétatif du 23 mai au 17 juillet et en floraison lors du dernier relevé le 24 juillet.

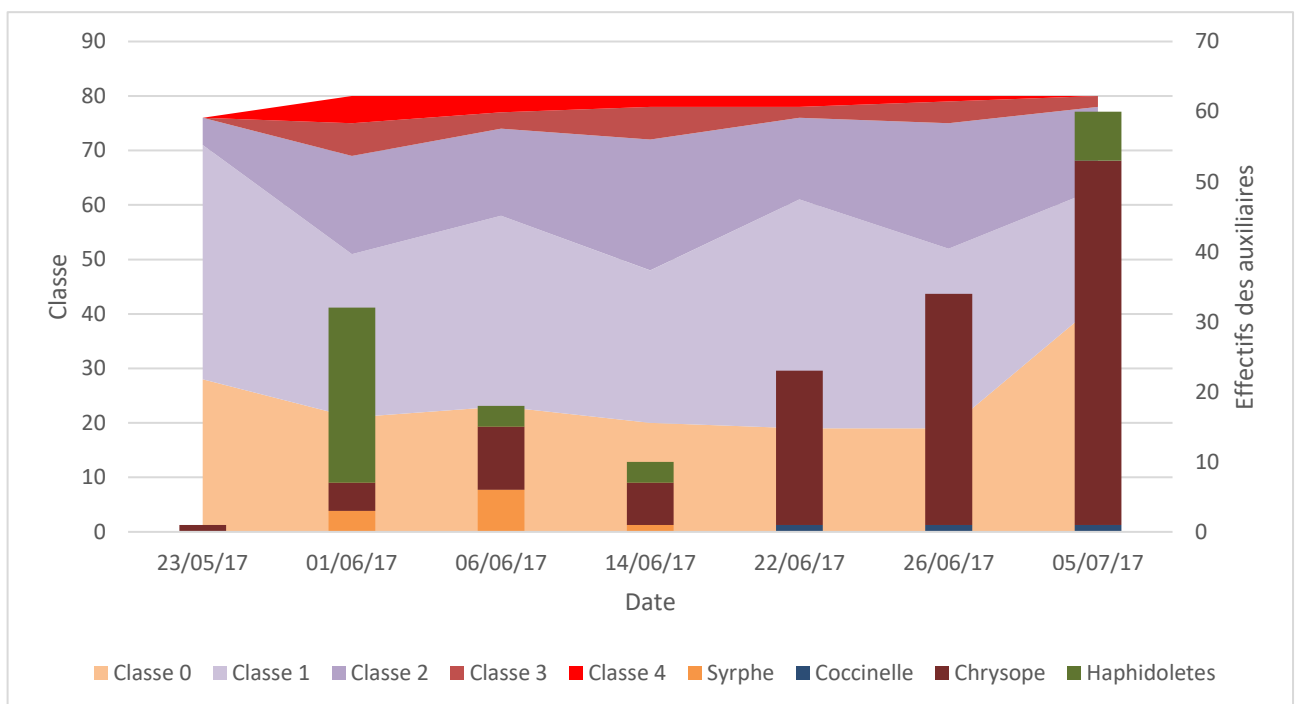


Figure 10 : Quantité de pucerons et d'auxiliaires en fonction de la date – Le nombre de fois que la classe de puceron a été choisie est répertorié sous forme d'aires empilées.

La quantité de pucerons et d'auxiliaires régulateurs a été calculée du 1^{er} juin jusqu'au 4 juillet, et mis sous forme de courbes (Figure 9). La courbe des régulateurs et celle des pucerons ont un profil similaire. Lors du premier relevé le 1^{er} juin, la quantité de régulateurs est supérieure à celle des pucerons avec 59 régulateurs contre 37 pucerons. Cette tendance s'inverse dès la semaine suivante ou la quantité de régulateurs devient inférieure à celle des pucerons. De plus, le nombre de régulateurs a fortement diminué jusqu'au 15 juin avec seulement 3 régulateurs contre 12 pucerons puis augmente considérablement le 21 juin avec des valeurs de 85 individus pour les pucerons et 58 pour les régulateurs. Ensuite, la quantité des régulateurs et pucerons diminue la semaine suivante pour ré-augmenter la semaine d'après avec 70 pucerons pour 56 régulateurs.

Lorsque le bleuet et les adventices sont au stade de dissémination, la quantité de pucerons est maximale et celle des régulateurs est quasiment maximale.

3.2.4. Description des populations de pucerons et régulateurs dans la culture

Le nombre de puceron a été établi sous forme de classe, de ce fait, le nombre de fois que la classe a été comptée pour chaque date, est répertorié sous forme d'aires sur la Figure 10. Ajouté à cela, les sommes des mêmes espèces régulatrices retrouvées aux mêmes dates sont ajoutées.

Avant même la plantation de la culture de potimarron, le taux d'infestation par les pucerons est 19 %. Le premier relevé, le 23 mai, montre que l'infestation par les pucerons est relativement faible, avec principalement une présence de puceron au stade 1, quelques un au stade 2 et aucun au stade 3 et 4. A contrario, le 1^{er} juin, l'infestation par les pucerons s'avère importante car c'est la proportion maximale de pucerons au stade 3 et 4 observée durant toute la période, ainsi, à cette même date, la quantité de pucerons au stade 1 et 2 à fortement diminuée.

A partir du 1^{er} juin la quantité de pucerons au stade 4 va diminuer progressivement jusqu'à atteindre la valeur zéro au dernier relevé (5 juillet). La quantité de pucerons aux stades 2 et 3 augmente puis diminue (phénomène d'alternance) au cours des semaines mais finit lui aussi par fortement diminuer lors du dernier relevé. Par conséquent, la quantité de pucerons aux stades 0 et 1 subit le même phénomène d'alternance mais dans le sens en proportion inverse.

A la date du premier relevé (23 mai), seul un chrysope est présent, mais rapidement, la quantité de régulateurs augmente car dès le 1^{er} juin, il y a 25 aphidoletes, 4 chrysopes et trois syrphes. Ensuite, jusqu'au 14 juin, la quantité de régulateurs diminue fortement car seulement 10 individus ont été dénombrés ; la forte diminution d'aphidoletes (25 à 3 individus) est fortement responsable de ce déclin. Cependant, dès le 22 juin, la population de régulateurs augmente nettement jusqu'au dernier relevé le 5 juillet, principalement par une augmentation forte et progressive des chrysopes (22 à 52 individus) dans le temps.

D'un point de vue général, la pression d'infestation par les pucerons semble être la plus importante lors des premiers relevés et à tendance à diminuer dans le temps, en même temps que la quantité d'auxiliaires régulateurs augmente.

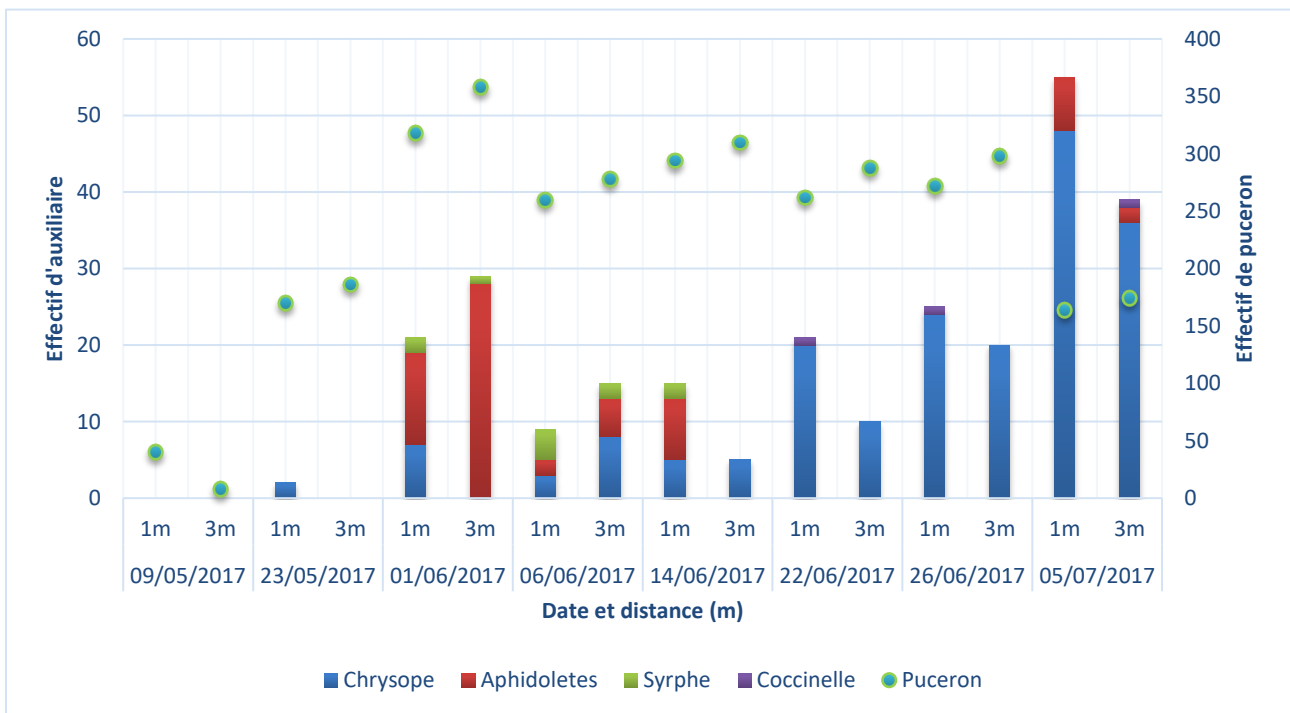


Figure 11 : Effectif des pucerons et des auxiliaires, par rapport à la distance de la planche de culture à celle de la bande fleurie et en fonction du temps.

3.2.5. L'influence de la distance sur la régulation des auxiliaires et des pucerons du potimarron

La figure 11 fait apparaître des effectifs de pucerons qui ont été calculés par rapport à l'équivalent des classes observées visuellement et des effectifs d'auxiliaires régulateurs suivant la date et la distance de la culture par rapport à la bande fleurie.

En excluant le premier relevé, quel que soit la date du relevé entomologique, la quantité de pucerons est plus élevée dans la planche de culture à trois mètres que dans celle à un mètre. La quantité de pucerons augmente progressivement du 23 mai au 1^{er} juin où elle atteint sa quantité maximale avec 318 puceron pour la planche à un mètre et 358 pour celle à trois mètres. Puis elle stagne jusqu'au 26 juin et baisse considérablement lors du dernier relevé (5 juillet) avec 164 (un mètre) et 174 pucerons (trois mètres).

Concernant les populations auxiliaires, hormis le 1^{er} juin et le 6 juin, sont toujours en quantité supérieure dans la planche de culture à un mètre que celle de trois mètres, cependant, la différence n'est pas significative ($MW = 10$; $p\text{-value} = 0,686$). Les aphidoletes sont majoritaires en début juin puis minoritaires au dernier relevé (5 juillet) tandis que les chrysopes sont toujours présents mais en très grande quantité à partir du 22 juin. Quant aux coccinelles et aux syrphes, ils sont présents qu'un laps de temps. En effet, les syrphes sont retrouvés uniquement entre le 1^{er} et le 14 juin et les coccinelles uniquement du 22 juin au 5 juillet.

Lorsque l'effectif des régulateurs est faible le 23 mai, alors la quantité de pucerons augmente considérablement jusqu'au prochain relevé. Cependant, l'importante quantité de régulateurs à ce même relevé (1^{er} juin) a provoqué une chute de la quantité de pucerons qui va stagner proportionnellement à la population auxiliaire. Finalement, lorsque la quantité d'auxiliaires est maximale le 5 juillet, alors la quantité de pucerons est minimale.



4. Discussion

La comparaison entre les populations de pucerons et auxiliaires au sein de la bande fleurie et dans la culture de potimarron avait également pour but d'observer l'attractivité du mélange fleurie afin de déterminer si ce type de mélange favorise la régulation naturelle des ravageurs en culture de Cucurbitacées, potimarron dans ce cas.

La description du mélange floral a permis de mettre en avant les qualités et ressources nutritives de la bande fleurie. Le comportement de ce mélange est inévitablement lié aux conditions météorologiques. Les conditions très sèches fin printemps jusqu'au début d'été ont largement atténué la diversité et la quantité d'espèces végétales au sein de la bande. De ce fait, ce dernier comporte une diversité et un équilibre des surfaces de recouvrement des plantes semées très faible. En effet, seul le bleuet s'est exprimé pleinement en recouvrant quasiment la totalité de la surface. Ces feuilles inférieures sont grandes et recouvrent une part importante du sol donnant un aspect « buissonnant » à la bande fleurie, limitant ainsi la propagation des adventices par occupation d'espace. Cependant, le bleuet peut aussi puiser les ressources nutritives et limiter le développement des autres espèces semées et donc réduire la diversité de la bande. Néanmoins, cette espèce met sa fleur riche en pollen et nectar à disposition des auxiliaires, donc pourrait agir directement sur l'attractivité de ceux-là. Une diminution de la densité de graines de bleuet dans le mélange fleurie initialement semé serait éventuellement une solution pour remédier à ce manque de diversité. Au sein de la bande fleurie, l'observation en 4 quadrats disposées tous les 25 mètres a permis de montrer une certaine variation intra-bande. En effet, même si chaque quadrat est recouvert de la même manière, les espèces ne sont pas réparties équitablement dans tous les quadrats. Le semis a été réalisé par des élèves de STAV qui étaient en apprentissage et qui ne semaient que sur 25 mètres, ainsi, la précision du semis à la volée n'est pas homogène car chaque élève a sa propre technique, ce qui induit que la répartition des espèces dans les quatre quadrats n'est pas similaire. De plus, le mélange pré-semis des graines dans le terreau a peut-être été plus ou moins bien réalisé concluant le manque de diversité au sein de la bande fleurie.

L'attractivité de ce mélange est fortement influencée par la grande présence du bleuet, source majeur de pollen et de nectar pour les auxiliaires. Les observations directes se sont essentiellement basées sur le bleuet du fait que ce soit la seule espèce en fleur. De plus, les captures au filet fauchoir montrent que les familles d'insectes dénombrés sont des espèces typiques de cette plante à fleur. Les bleuets ont aussi permis d'attirer des ravageurs tels que le puceron spécifique du bleuet : *Ericaphis fimbriata*. Ceux-là ont profité du moment de faiblesse des bleuets lors des grandes chaleurs (mi-juin) pour pouvoir infester la plante. Cependant, ces pucerons ont permis d'attirer des auxiliaires et ainsi créer un réservoir d'auxiliaires dans la bande fleurie car les pucerons sont leur source de nourriture. Parmi ces auxiliaires, les larves de coccinelles peuvent consommer 60 pucerons par jour et ainsi limiter la croissance exponentielle des colonies de pucerons. De plus, les syrphes peuvent se nourrir de 400 à 700 pucerons au cours de leur développement (10 jours) tandis que les punaises en consommeraient 100 à 200 (Reboulet, 1999). C'est sans doute pour



cette raison que la courbe d'effectif de pucerons et celle d'effectif d'auxiliaires dans la bande fleurie ont relativement la même allure (Figure 9). Lorsque les pucerons y sont nombreux, alors les auxiliaires vont y venir s'alimenter et ainsi limiter la croissance des colonies de pucerons. Parmi ces régulateurs, certains ont un effectif constant dans la bande fleurie (*i.e.* guêpe parasitoïde), alors que d'autres sont opportunistes et profitent des ressources nutritives disponibles à l'instant « t » dans la bande fleurie mais ne sont pas continuellement présents (*i.e.* chrysope, coccinelle).

Dans ce cas, les stades phénologiques n'ont pas réellement de lien avec l'attraction des auxiliaires car ce n'est pas lorsque le bleuet est en pleine floraison que la quantité de pucerons fut maximale. Il est possible qu'au stade de dissémination, le bleuet possède toujours une réserve de nectar disponible, d'où la forte attraction des insectes à cette période.

Dans les planches de potimarron, le comptage des pucerons et les observations d'auxiliaires n'étaient pas réalisés de la même manière que dans la bande fleurie, ainsi, une comparaison directe entre les auxiliaires présents dans la bande fleurie et dans la culture n'est pas réalisable. Il est seulement possible d'observer si les auxiliaires présents dans les planches de culture peuvent induire une diminution de l'infestation par les pucerons. Cependant, la bibliographie démontre que la quantité d'espèces florales et donc la disponibilité en ressources s'accompagne souvent d'une augmentation du taux de parasitisme à proximité des cultures (Wratten, S *et al.*, 2002). En outre, les plantes au nectar accessible pour les syrphes ne le sont pas nécessairement pour les micro hyménoptères parasitoïdes, plus petits que les diptères. Ces micro hyménoptères, ne peuvent pas s'alimenter sur tous types de fleurs nectarifères du fait de leurs petites pièces buccales (Geneau *et al.*, 2012). Il est donc difficile de savoir si les ressources fournies par les bandes étaient satisfaisantes et donc de corrélérer le taux de parasitisme avec les données disponibles pour les bandes, même si la bibliographie indique que l'implantation de mélanges fleuris favorise la présence d'aphidiphages en culture (Haaland *et al.*, 2011).

Dans les planches de potimarron l'infestation est la plus haute lorsque la quantité d'auxiliaires est relativement élevée, ce qui ne correspond pas avec les résultats attendus, cependant, lorsque l'effectif d'auxiliaire augmente jusqu'à son maximum, alors l'infestation devient minimale, ce qui paraît plus juste. Toutefois, à son maximum, la guildes d'auxiliaires est composée que de deux familles : aphidoletes et chrysopes ; ce qui voudrait dire que la diversité n'est pas réellement plus importante que la quantité. Il existe peut-être une éventuelle compétition envers les ressources nutritives, en l'occurrence *Aphis gossypii*, entre les auxiliaires. En effet, lorsque les syrphes sont présents avec les aphidoletes et les chrysopes, en quantité assez importante, alors la régulation par ces trois insectes est quasiment nulle puisque le taux d'infestation est maximal.

L'hypothèse de départ était que la distance de la culture par rapport à la bande fleurie peut faire varier la guildes d'auxiliaires et donc l'infestation par les pucerons. Cependant, l'hypothèse est rejetée par les statistiques, bien que nos résultats montrent que l'effectif de puceron est relativement moins important sur



la planche à un mètre que sur celle à trois mètres. Les données n'ayant été relevées que sur un an, la question de leur robustesse se pose. De plus, la population d'auxiliaire régulateur est, d'un point de vue général, plus importante dans la planche à un mètre que dans celle de trois mètres. Ces deux résultats concordent et semblent annoncer que la bande fleurie jouerait un rôle dans la régulation des pucerons par les auxiliaires. Toutefois, il faut prendre en compte que les différences ne sont pas vérifiées statistiquement et que l'écart entre les deux planches est très faible. Cependant, Pfiffner & Wyss, 2004, ont observé que, plus la culture est éloignée de la bande fleurie, plus la régulation est faible et donc plus la culture sera touchée par l'insecte ravageur.

Même s'il n'a pas été possible de conclure que la bande fleurie augmente le contrôle naturel des pucerons par leurs prédateurs naturels, les résultats semblent affirmer que les auxiliaires et les pucerons ont un lien étroit en commun avec l'attractivité de la bande fleurie.

5. Conclusion et perspectives

5.1. Effets des bandes fleuries sur la régulation des pucerons du potimarron par leurs prédateurs

L'implantation d'une bande fleurie à proximité d'une culture de potimarron est susceptible d'avoir favorisée la régulation des pucerons par les auxiliaires.

Les espèces végétales recensées au sein de la bande fleurie ne sont pas réparties de manière homogène et ne permettent pas d'offrir une quantité et une diversité botanique réellement adéquate puisque seulement une espèce s'est développée pleinement. Cependant, les différents relevés ont permis de prouver que le mélange fleurie attire les prédateurs, que ce soit directement en lien avec les ressources nutritives que fournit les espèces végétales, ou que ce soit par l'intermédiaire des pucerons du bleuet présents au sein de la bande. A contrario, la relation entre les guildes d'auxiliaire et la quantité de puceron n'a pas été vérifiée mais amène à penser que l'infestation des pucerons diminue lorsque la quantité d'auxiliaires augmente. Cependant, la distance de la bande fleurie par rapport à la culture est à prendre en compte puisque le taux d'infestation et la présence d'auxiliaires pourrait dépendre de ce facteur.

D'un point de vue général, la bande fleurie semble avoir un gros potentiel de régulation des ravageurs par les auxiliaires, seulement, des améliorations de réalisation de projet sont nécessaires pour obtenir des données et des résultats plus interprétables pour ainsi conclure précisément sur le rôle des mélanges fleuries dans ces interactions. De plus, l'expérimentation est répétée dans 11 sites en France, et l'analyse commune des données permettra de considérer chaque site comme une répétition et permettra aussi d'avoir du recul vis-à-vis des résultats obtenus.



5.2. Pistes d'amélioration

La première étape à refaire est le semis. Un semis précis par une main experte aurait été nécessaire, cependant, le lycée est une structure pédagogique où la participation des élèves en apprentissage à un projet de recherche est inévitable. De plus, la bande fleurie nécessiterait un dispositif d'irrigation, et dans l'expérience réalisée au Lycée Nature, un dispositif de ce genre est possible à mettre en place. Ainsi, la bande fleurie aurait un meilleur taux de germination des graines du mélange donc une meilleure diversité, et elle serait aussi moins touchée par la sécheresse, une des causes du déclin de la diversité de la bande fleurie cette année.

Ensuite, les méthodes de capture des insectes au sein de la bande fleurie et au sein de la culture de potimarron sont différentes et ne permettent pas de conclure sur le lien, ou non, entre leurs populations d'auxiliaires respectives. Une uniformisation des méthodes de capture les années suivantes permettrait de résoudre ce manque de données. Ces données permettront d'analyser les flux d'auxiliaires entre la bande fleurie et la culture, en fonction de la distance, et ainsi conclure sur le rôle précis de la bande fleurie dans la régulation des prédateurs. D'ailleurs, la distance est un facteur qu'il faudrait analyser plus finement. En effet, les distances de un mètre et trois mètres cette année ne sont pas optimales pour ce type d'expérience. Il faudrait soit un espacement de la deuxième planche de culture plus important pour vraiment observer si la distance joue un rôle ou non dans la régulation des pucerons, soit augmenter le nombre de planches suivies dans l'éloignement à la bande fleurie. Dans des conditions optimales, il faudrait plusieurs planches de culture (nombre dépendant de la surface agricole disponible) espacées d'une même distance d'intervalle. De plus, si possible, la mise en place de la même culture analysée à un endroit éloigné de la bande fleurie servirait de témoin.

Cette année, la bande fleurie va être retournée et donc les insectes prédateurs n'auront plus de repère dans cette zone de l'exploitation alors qu'il aurait été intéressant d'observer le comportement de la bande fleurie à toutes les saisons et sur plusieurs années.

Une fois que ces améliorations seront prises en compte, les résultats seront, nous l'espérons, plus concluants et ainsi la communication des résultats aux agriculteurs pourra être effectuée. Cependant, le ratio bénéfique/coût sera très regardé par les agriculteurs.

5.3. Bilan et perspectives personnelles

Ce stage a été très enrichissant pour plusieurs raisons. J'ai d'abord eu la chance d'être entouré d'un maître de stage et d'un collègue stagiaire compréhensifs des absences que j'ai pu avoir malgré-moi. Ils ont su mener à bien le projet qui, à la base m'était dédié.

Ensuite, d'un point de vue connaissances, j'ai, dans un premier temps, appris à mettre en place un protocole expérimental, tout en prenant en compte les contraintes espace/temps au sein d'une exploitation agricole. Puis, j'ai pu découvrir pleinement la botanique et l'entomologie, et ainsi m'ouvrir à un monde complexe et passionnant. Le thème de ce stage, qui me séduisait dès mon arrivée, m'a conforté dans l'idée de poursuivre à enrichir mes connaissances et mes compétences en agro-écologie.



6. Bibliographie

ASTERS conservatoire des espaces naturels de H-S. 2007. *Le syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité des insectes comme outils d'analyse et de gestion des réserves naturelles de Haute -Savoie.* Pringy](Haute-Savoie): Asters conservatoire des espaces naturels de Haute-Savoie.

Bourguet D, Guillemaud T. 2016. The Hidden and External Costs of Pesticide Use. In: Lichtfouse E, ed. *Sustainable Agriculture Reviews*. Cham: Springer International Publishing, 35–120.

Geneau CE, Wackers FL, Luka H, Daniel C, Balmer O. 2012. Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. *Basic and Applied Ecology* **13**: 85–93.

G.M. Gurr, H.F. van Emden, S.D. Wratten. 1998. Habitat manipulation and natural enemy efficiency : implications for the control of pests. *Conservation Biological Control* : 155-160.

Haaland C, Naisbit RE, Bersier L-F. 2011. Sown wildflower strips for insect conservation: a review: Wildflower strips for insect conservation. *Insect Conservation and Diversity* **4**: 60–80.

Heimpel, George, Jervis, Mark. 2005. Does floral nectar improve biological control by parasitoids? In: *Plantprovided food for carnivorous insects*. Cambridge University Press, 268–304.

Holland JM, Oaten H, Southway S, Moreby S. 2008. The effectiveness of field margin enhancement for cereal aphid control by different natural enemy guilds. *Biological Control* **47**: 71–76.

Le Scoul Y & Coulombel A. 2011. *Cultiver le potimarron de plein champ en agriculture biologique.* CASDAR n°9016.

Pfiffner L, Luka H. 2003. Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders – a paired farm approach. *Basic and Applied Ecology* **4** : 117-127.

Pfiffner L, Luka H. 2000. Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **78** : 215-222.

Pfiffner L, Wiss E. 2004. Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests. *Ecological engineering for pest management* **11** : 167-189

Reboulet J-N. 1999. *Les auxiliaires entomophages: reconnaissance, méthodes d'observation, intérêt agronomique.* Paris: Association de Coordination Technique Agricole.

van Rijn PCJ, Wackers FL. 2016. Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control (M Cadotte, Ed.). *Journal of Applied Ecology* **53**: 925–933.

Snyder WE, Snyder GB, Finke DL, Straub CS. 2006. Predator biodiversity strengthens herbivore suppression. *Ecology Letters* **9**: 789–796.

Tschumi M, Albrecht M, Entling MH, Jacot K. 2015. High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **282**: 20151369.



Valantin-Morison M. 2012. How to enhance biocontrol of insects from the field scale up to agricultural landscape in order to propose integrated management strategies on winter oilseed rape? *Oléagineux corps gras lipides*: 169–183.

Wilby A, Villareal S., Lan L., Heong K., Thomas M. Functional benefits of predator species diversity depend on prey identity. *The Royal Entomological Society* **30**

W.O.C Symondson, K.D. Sunderland, M.H. Greenstone. 2002. Can Generalist Predators Be Effective Biocontrol Agents ? *Annu. Rev. Entomol* **47**: 561–94

Wratten, S, Berndt, L, Gurr, G, Tylianakis, J, Fernando, P, Diham, R. 2002. Adding floral diversity to enhance parasitoid fitness and efficacy.

Sources internet

AGRESTE. Cultures maraichère. <http://agreste.agriculture.gouv.fr>

Consulté le 08/08/2017

Ephytia. Gérer des maladies et des ravageurs. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/20038/Biocontrol-Biologie>

Consulté le 02/08/2017.

Identification des principaux ordres d'insectes. http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/entomo/Ordres_insectes.pdf

Consulté le 01/06/2017 à 25/08/2017

INRA. Parasitoïdes primaires et secondaires. <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Pucerons-et-milieu/Antagonistes/Parasitoides>

Consulté le 11/08/2017

Météo et Climat. <http://www.meteofrance.com>

Consulté le 14/08/2017

Ministère de la transition écologique et solidaire. Pratique culturales et utilisation des pesticides en France.

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/2439/0/pratiques-culturales-utilisationpesticides-france.html>

Consulté le 07/08/2017

Politique Agricole Commune. www.gard.gouv.fr/Politiques-publiques/Agriculture/Aides-agricoles/Aides-PAC/PAC-2017

Consulté le 10/08/2017



RÉSUMÉ

La recherche d'alternatives durables aux insecticides est un enjeu majeur des prochaines décennies. Durant ce stage, nous avons étudié l'impact d'un mélange fleuri adjacent à une culture de potimarron (*Cucurbita maxima*) vis-à-vis de la régulation de ses ravageurs, le puceron *Aphis gossypii*.

Des relevés botaniques et entomologiques ont été réalisés afin d'évaluer l'attractivité de la bande fleurie. De par sa composition, entre autre grâce au bleuet, le mélange fleurie a permis d'attirer de nombreux prédateurs et est donc attractif. Egalement, les populations de pucerons et de prédateurs ont été suivies au sein de la culture de potimarron, à plusieurs distances de la bande fleurie. Au sein de la culture, la population de puceron a tendance à s'atténuer lorsque les prédateurs y sont très présents. De surcroît, la régulation des pucerons par les prédateurs semble moins efficace lorsque la culture s'éloigne de la bande fleurie. Cependant, l'ensemble des observations ne permettent pas de conclure sur le rôle précis des bandes fleuries dans le service de régulation des pucerons puisque les effets sont moindres. Néanmoins, l'étude de l'impact des infrastructures agro écologiques, comme les bandes fleuries, sur la régulation des ravageurs, reste tout de même prometteur pour la protection des cultures.

mots-clés : Biocontrôle, bande fleurie, *Cucurbita maxima*, *Aphis gossypii*, prédateurs.

ABSTRACT

The search for sustainable alternatives to insecticides is a major challenge in the coming decades. During this internship, we studied the impact of a flower blend adjacent to a potimarron (*Cucurbita maxima*) cultivation with regard to the regulation of its pests : the *Aphis gossypii* aphid. Botanical and entomological surveys were carried out to assess the attractiveness of the flowering strip. Because of its composition, among other things thanks to the blueberry, the flowering mixture has attracted many predators and is therefore attractive. Aphid and predator populations were also monitored in the potimarron culture at several distances from the flowering strip. Within the crop, the aphid population tends to subside when predators are very present. In addition, the regulation of aphids by predators seems less effective when the crop moves away from the flowering band. However, all the observations do not make it possible to conclude on the precise role of the flowering bands in the aphid control department since the effects are less. Nevertheless, the study of the impact of agro-ecological infrastructures, such as flowering bands, on the regulation of pests, remains nevertheless promising for the protection of crops.

keywords : Biocontrol, flower bend, *Cucurbita maxima*, *Aphis gossypii*, predator

Présidence de l'université
40 rue de rennes – BP 73532
49035 Angers cedex
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00

