

2016-2017

Master 1 Mention Biologie et Technologie du Végétal

INFRASTRUCTURE AGROECOLOGIQUE

**MUSCARI : étude du service écosystémique rendu d'une bande fleurie
sur une culture de vigne**

Crédit photo : imana

Brucelle Anaïs

Sous la direction de M. DUTRUEL Laurent

Membres du jury

Montrichard Françoise | Présidente du jury, Responsable pédagogique M1 BTV et enseignant-chercheur Biochimie-IRHS-Sesan - Université Angers

Dutrue Laurent | Maître de stage et responsable PRI - Montreuil-Bellay

Clotault Jérémie | Tuteur de stage et enseignant-chercheur Génétique-IRHS-GDO - Université Angers

Macherel David |Auditeur et enseignant-chercheur Physio végétal-IRHS-MitoStress - Université Angers



Soutenu publiquement le :
29/06/2017



Brucelle Anaïs AGROECOLOGIE : Service rendu d'une bande fleurie

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) **Brucelle Anaïs**

déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.



signé par l'étudiant(e) le **22/06/2017**

Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint
à tous les rapports, dossiers, mémoires.

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



L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

Consulter la licence creative commons complète en français :
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/>

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements à Laurent Dutruel, mon maître de stage et chargé d'expérimentation sur la plateforme régionale d'innovation viticole de Montreuil-Bellay, pour son partage d'expériences scientifiques et son accompagnement au cours de ce stage.

Olivier Depont et Mme Lepage, pour leur accueil au sein du lycée et de l'exploitation agricole.

A l'ensemble des stagiaires VITINOV de Bordeaux Sciences Agro, en particulier Quentin Delfour, pour son soutien dans l'ensemble des démarches entreprises lors de ce stage.

Je remercie Séverine Mary et Brice Giffard pour leur appui scientifique et technique fort utile pour la collaboration sur le projet MUSCARI.

Merci à mon tuteur de stage Mr Clotault pour ses remarques objectives lors de la relecture du rapport et ses conseils pour sa réalisation.

Un grand merci à Louis et Julie du service commercial, pour leur bonne humeur au quotidien ! Merci à Loïc pour sa disponibilité, surtout le matin lorsque je n'avais pas de clé pour ouvrir le labo !

Je tiens à remercier Mme Montrichard, pour sa gentillesse et son attention en tant que responsable pédagogique.

Enfin, je remercie Fabio Agostini, ami, colocataire, collègue de travail et aide précieuse pour ce stage, ainsi que l'ensemble de la promotion 2016-2017 du M1 BTV grâce à qui j'ai passé une année riche en apprentissages.

Index des abréviations

- AGATH** : Gestion agro-écologique du puceron *Aphis gossypii* en cultures de melon et du thrips *Thrips tabaci* en cultures de poireau.
- AOC** : Appellation d'Origine Contrôlée.
- AuxiMORE** : projet « Optimiser le contrôle biologique des bio-agresseurs en systèmes de grandes cultures ».
- BIO-BIO** : Projet « Indicateurs de biodiversité dans les systèmes d'agriculture biologique et à faible niveau d'intrants ».
- BIODIVEA** : Biodiversité dans les Exploitations Agricoles.
- CASDAR** : Compte d'Affectation Spécial au Développement Agricole et Rural.
- CEPP** : Certificats d'Economie de Produits Phytosanitaires.
- EPLEFPA** : Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricoles.
- GRAB** : Groupe de Recherche en Agriculture Biologique.
- IFV** : Institut Français de la Vigne et du vin.
- MUSCARI** : Mélanges botaniques Utiles aux Systèmes de Culture et Auxiliaires pour une Réduction des Intrants.
- PEERLESS** : Predictive Ecological Engineering for Landscape Ecosystem Services and Sustainability.
- PRE** : Plateforme Régionale d'Expérimentation.
- QUESSA** : Quantification of Ecological Services for Sustainable Agriculture.
- RBA** : Rapid Biodiversity Assessment.
- RMT** : Réseau Mixte Technologique.
- UNESCO** : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

Glossaire

Adventice : Désigne une plante qui pousse dans un endroit (champs, massifs...) sans y avoir été intentionnellement installée¹. Les adventices sont généralement considérées comme nuisibles à la production agricole, bien qu'elles puissent également être bénéfiques.

Agroécosystème : Ecosystème modifié par l'Homme afin d'exploiter une part de la matière organique qu'il produit, généralement à des fins alimentaires. Objet d'étude de l'agroécologie en tant que discipline scientifique. Il est dans ce cas arbitrairement défini comme un ensemble agricole fonctionnellement et spatialement cohérent, incluant ses composantes vivantes et non-vivantes ainsi que leurs interactions.

Auxiliaire : En protection des cultures, les organismes auxiliaires sont des antagonistes aux organismes nuisibles des cultures ou des polliniseurs. Ils contribuent aux services écologiques rendus par la biodiversité (exemple des micro-Hyménoptères parasitoïdes des œufs de Cicadelles vertes).

Bioagresseurs : Appelés aussi « ennemis des cultures », ce sont des organismes vivants qui attaquent les plantes cultivées et sont susceptibles de causer des pertes économiques.

Biocontôle (contrôle biologique) : Ensemble des méthodes de protection des végétaux qui utilisent des mécanismes naturels. Il vise à la protection des plantes en privilégiant l'utilisation de mécanismes et d'interactions qui régissent les relations entre espèces dans le milieu naturel.

Biodiversité : Composé des mots bio (du grec βιος « vie ») et « diversité », est la diversité de la vie sur terre. Elle s'apprécie en considérant la diversité des écosystèmes, des espèces et des gènes dans l'espace et dans le temps, ainsi que les interactions au sein de ces niveaux d'organisation et entre eux.

Carabe (Carabus) : Coléoptère de la famille des Carabidae, de la sous-famille des Carabinae et qui se rencontre dans les régions centrale et occidentale de l'Europe. C'est également un très bon indicateur de la biodiversité.

Cépage : Type de plant de vigne caractérisé par des particularités au point de vue physique dans le cadre de l'ampélographie : la forme des feuilles et des grappes, la couleur des raisins à maturité, la composition des raisins, etc.

Criocère : Nom vernaculaire, désignant des espèces d'insectes coléoptères de la famille des Chrysomelidae, de la sous-famille des Criocerinae.

Entomophage : Organisme qui consomme des insectes.

Hémiptère (Hemiptera) : Ordre d'insectes, sous-classe des Ptérygotes, section des Néoptères, super-ordre des Hémiptéroidés. L'ordre des Hémiptères était anciennement subdivisé en deux sous-ordres : les Homoptères (cigales, cicadelles, pucerons, cochenilles, etc.) et les Hétéroptères (punaises).

IFV : Centre de ressources régionales de matériel végétal. Diverses missions lui sont conférées : la conservation, valorisation et qualification agrologique de clones ; l'étude des céps résistants mildiou-oïdium ; les parcelles de pré - multiplication (parcelle de vigne destinées à fournir des bois sains - traitements chimiques contre la flavescence dorée sont donc obligatoires - pour des parcelles de multiplication dont les bois sont à destination des pépiniéristes pour les greffages.

Lépidoptères : (Lepidoptera) sont un ordre d'insectes dont la forme adulte (ou imago) est communément appelée papillon et dont la larve est une chenille.

Micro-hyménoptère : Sont des insectes de taille inférieure à 5mm appartenant à l'ordre des Hyménoptères (Hymenoptera) , sous-classe des Ptérygotes, section des Néoptères, super-ordre des Mécoptéroïdés. Reconnaissables à : deux paires d'ailes membraneuses reliées l'une à l'autre par un système de couplage, les ailes antérieures sont plus larges que les postérieures, les mandibules bien développées servent à la capture des proies et au façonnage du nid, les maxilles et le labium sont unis par une membrane et forment une sorte de trompe qui permet l'aspiration des liquides.

Parasitoïde : Est un organisme qui se développe sur ou à l'intérieur d'un autre organisme dit « hôte », mais qui tue inévitablement ce dernier au cours de ce développement ou à la fin de ce développement.

Phase pré-imaginale : Phase de développement qui précède la phase finale qui mène à l'imago, c'est-à-dire l'insecte adulte.

Phyllophage (folivore) : Est un cas particulier d'organisme phytophage qui se nourrit aux dépens des feuilles, soit en prélevant une partie, soit en suçant les liquides ou la sève.

Phytophage : Aussi appelé herbivore au sens large, désigne un organisme vivant qui se nourrit de végétaux.

Poliphage : Est un organisme dont le régime alimentaire consiste à se nourrir d'aliments variés.

P-value : Est la probabilité d'obtenir la même valeur (ou une valeur encore plus extrême) du test si l'hypothèse nulle était vraie.

Ravageurs : Un insecte nuisible est un insecte dangereux pour les cultures agricoles, pour les arbres et la végétation en général.

Résilience : Capacité pour un corps, un organisme, une organisation ou un système quelconque à retrouver ses propriétés initiales après une altération.

(Source : Wikipedia.org, Juin 2017)

Table des matières

INDEX DES ABREVIATIONS

GLOSSAIRE

TABLE DES MATIERES

TABLE DES FIGURES

TABLE DES TABLEAUX

1.	Introduction	1
1.1.	Un contexte, une pression sociétale	1
1.2.	Agroécologie et mélanges fleuris	2
1.3.	L'exploitation viticole du lycée professionnel agricole Edgard Pisani de Montreuil-Bellay (49)	3
1.4.	Le projet MUSCARI	4
2.	Matériel et méthodes	6
2.1.	Le site d'étude	6
2.2.	Les insectes d'intérêts MUSCARI	6
2.3.	Ennemis naturels	8
2.4.	Méthodes de capture des insectes	9
2.5.	Relevés botaniques	11
2.6.	Traitement et analyse des données	12
3.	Résultats d'observations visuelles et de captures	13
3.1.	Développement de la bande fleurie de Avril à Juin 2017 et pouvoir attracteur	13
3.2.	Bandes fleuries et régulation naturelle des ravageurs	14
4.	Discussion	15
4.1.	Un environnement influent	15
4.2.	Biocontrôle des ravageurs par les micro-Hyménoptères : Un service rendu encore invisible	17
5.	Conclusions et perspectives : le service rendu des bandes fleuries fortement dépendant de l'environnement	18
6.	Bibliographie	19
6.1.	Les ouvrages	19
6.2.	Les ressources en ligne	20
	ANNEXE I : EXPLOITATION DE MONTREUIL-BELLAY	I
	ANNEXE II : COMPOSITION DES MODALITES DE LA BANDES FLEURIE	II
	ANNEXE III : RAVAGEURS DE VIGNE ET AUXILIAIRES ASSOCIES	III
	ANNEXE IV : ECHELLES PHENOLOGIQUES DE LA FLORE ET DE LA VIGNE	IV
	ANNEXE V : EVOLUTION DE LA FLORE ET DE LA VIGNE (FIN AVRIL-FIN MAI)	V

Table des figures

Figure 1 Facteurs de variation du service de régulation des ravageurs à différentes échelles. (Source : Pollier A, Décembre 2016)	1
Figure 2 Définition en images du principe de l'agroécologie. (Source : Alim'Agri).....	1
Figure 3 Schéma simplifié du fonctionnement d'un phytobac pour le traitement des effluents phytosanitaires. (Source : Hermex.fr).....	1
Figure 4 Bande fleurie semée entre deux parcelles de vigne avec représentation schématique de sa fonction. Les antagonistes des ravageurs des cultures sont attirés par les plantes en fleurs et réduisent le nombre de ravageurs et les dégâts occasionnés dans les cultures adjacentes (Source : AB)	1
Figure 5 Vue aérienne (453 m) de la zone d'expérimentation MUSCARI. La bande fleurie située entre deux parcelles de vigne, est divisée en cinq modalités différentes de A à E.(Google-earth.com).....	1
Figure 6 Synoptique de développement de <i>Empoasca vitis</i> sur vigne. (Source : Ephytia, 2014)	1
Figure 7 Symptôme de « grillure » caractéristique de l'attaque des larves de <i>Empoasca vitis</i> . (Source : Ephytia, 2014)	1
Figure 8 Schéma du cycle de développement des tordeuses de la grappe Eudémis (<i>Lobesia botrana</i>) et Cochyliis (<i>Eupoecilia ambiguella</i>). (Source : ITAB, 2003)	1
Figure 9 Dispositif de piège chromo-attracteur pour le suivi des cicadelles vertes au sein de la parcelle de vigne (Source : AB).....	1
Figure 10 Graphiques représentant le recouvrement moyen (fin Mai 2017) des espèces végétales les plus représentées par modalité de la bande fleurie.	1
Figure 11 Graphique représentant la répartition des insectes selon leur Ordre en fonction des modalités (A, B, C, D et E)significative entre les modalités concernant le nombre de cicadelles vertes observées sur plaques engluées (Test ANOVA : $F\text{-value} = 1.822 > 0.05$).	1
Figure 12 Diagramme des proportions d'auxiliaires (Coccinelles, Syrphes, Chrysopes et Micro-hyménoptères) fauchés au sein de chaque modalité (A, B, C, D et E témoin).	1
Figure 13 Graphique de comparaison multiple (intervalle de confiance 95%) entre les différentes modalités A, B , C , D et E par rapport au nombre de Cicadelle vertes observées sur feuilles (a) et le nombre de glomérules de vers de la grappe (b), (fin Mai 2017).	1
Figure 14 Graphique des moyennes du nombre de Cicadelles vertes observées sur feuilles (fin Mai 2017), dans la parcelle de vigne Grolleau, pour différentes distances à la bande fleurie (1 : 0.5m, 2 : 2.5m, 4 : 6.5m et 6 : 10.5m).	1
Figure 15 Graphique de dispersion des moyennes du nombre de Cicadelles vertes observées sur plaques engluées (fin Mai 2017), dans la parcelle de vigne Grolleau, pour différentes distance à la bande fleurie (1er rang : 0.5m, 2e : 2.5m, 4e : 6.5m et 6e : 10.5m).	1
Figure 16 Graphique des moyennes du nombre de glomérules de vers de la grappe observées sur feuilles (fin Mai 2017), dans la parcelle de vigne Vieux cabernet franc, pour différentes distances à la bande fleurie (1 : 0.5m, 2 : 2.5m, 4 : 6.5m et 6 : 10.5m).	1
Figure 17 Vue aérienne (2,54 km) de l'ensemble des parcelles de vigne de l'exploitation du lycée agricole Edgard Pisani.(Source : earth.google.com)	I

Figure 18 Etats phénologiques de fin-Avril, des différentes modalités de la bande fleurie (A, B, C, D, E) et de la vigne (respectivement stades plantule et G, selon annexe IV). (Source : AB) V
Figure 19 Etats phénologiques de fin-Mai, des différentes modalités de la bande fleurie (A, B, C, D, E) et de la vigne (respectivement stades floraison/pleine fructification et K, cf annexe IV). (Source : AB) V

Table des tableaux

Tableau I: Composition des mélanges de semences destinés aux bandes fleuries pour auxiliaires testés dans la culture de vigne (2017).....	II
Tableau II Principaux ravageurs de vigne et les auxiliaires qui leurs sont associés (Source : Google images.fr).	III
Tableau III : Les différents stades phénologique de la flore (Source : Becond M.).....	IV
Tableau IV : Les différents stade phénologique de la vigne selon l'échelle Baggioolini (Source : Becond M.).	IV

INFRASTRUCTURE AGROECOLOGIQUE PERENNE

MUSCARI : étude du service écosystémique rendu d'une bande fleurie sur une culture de vigne

1. Introduction

1.1. Un contexte, une pression sociétale

1.1.1. Plan ECOPHYTO II et agriculture

La France est au premier rang européen par la surface agricole utile selon le site Agriculture.gouv : elle compte 28,98 millions d'hectares. Sur sa surface, la France développe la production agricole la plus importante au niveau européen (18,3% de la production européenne), s'élevant à 75 milliards d'euros (dont 40,4 milliards d'euros pour le secteur végétal). Dorénavant, les produits phytopharmaceutiques (insecticides, fongicides et herbicides) représentent une charge importante pour les agriculteurs et l'évaluation de ces produits ne cessera de devenir plus exigeante, complexe et coûteuse. La réduction de l'utilisation, des risques et des impacts de ces produits demeure nécessaire, d'un point de vue économique, de santé publique et de l'environnement (Agriculture.gouv, 20 octobre 2015).

Le contexte politique actuel ; notamment la loi d'Avenir 2014 pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt, sur le « défi de la compétitivité pour conserver une place de premier plan au niveau international et contribuer au développement productif de la France » et la loi Labbé 2014, relative à la transition énergétique pour la croissance verte et du développement des initiatives de réduction d'usage des produits phytopharmaceutique, a remis l'agroécologie au centre des dispositifs de production (Alim'agri, 2014). L'agriculture française doit pouvoir assurer une production alimentaire de haut niveau qualitatif et en quantité suffisante face à l'augmentation de la population mondiale, tout en s'inscrivant dans la transition écologique (Gouvernement.fr, 2017). L'objectif du nouveau plan Ecophyto (janvier 2017) est de réduire progressivement l'utilisation de produits phytosanitaires en agriculture (25% en 2020 et 50% en 2025). Le plan s'axe sur la communication, celle du défi positif et moderne que constitue la réduction de l'utilisation, des risques et des impacts des produits phytopharmaceutiques et la diffusion de techniques plus économies en intrants. Ceci s'effectue grâce à la valorisation des résultats autant auprès des acteurs de terrain, des pouvoirs publics et des filières de formation (Gouvernement.fr, 2017).

1.1.2. Viticulture, biodiversité et services écosystémiques

La viticulture en France représente 785 637 ha de production (estimation 2016 selon le site Agreste.agriculture.gouv). Pour faire face à l'augmentation des besoins et à la modernisation, les monocultures augmentent. Les cultures deviennent rapidement sensibles aux maladies, qui ne rencontrent plus aucune barrière physique à leur expansion. Ce pourquoi, d'après les études socio-économiques du Ministère de l'agriculture, la filière viticole est très impliquée dans l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (14.4% de la totalité des pesticides utilisés à l'échelle de l'hexagone en 2006).

La monoculture entraîne également la perte d'habitats et de connectivité écologique mais surtout la réduction de la biodiversité fonctionnelle dans les milieux agricoles. Cette biodiversité concerne le

fonctionnement écologique de l'agroécosystème (Andrade et al., 2010). Or l'agriculture dépend d'une multitude de services écosystémiques pour la production efficiente et durable des denrées alimentaires. La pollinisation des cultures et le contrôle biologique des ravageurs en font partie, au même titre que la formation des sols et la fourniture d'eau potable (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Depuis les années 1990, dans le domaine de l'évaluation environnementale, on considère généralement que les fonctions écologiques sont les processus biologiques de fonctionnement, d'auto-entretien et de résilience* qui maintiennent les écosystèmes en leur permettant d'évoluer (équilibre dynamique). Ces fonctions incluent les **services écosystémiques** en tant que processus biologiques produisant des bénéfices retirés par l'Homme. Il faut distinguer les « services » des « fonctions écologiques » qui les produisent. Les fonctions écologiques sont les processus naturels de fonctionnement et de maintien des écosystèmes (bande fleurie par exemple), alors que les services sont le résultat de ces fonctions (attraction des polliniseurs, auxiliaires* : prédateurs naturels des ravageurs de cultures) (Wikipédia.org, 2017). L'agriculture peut contribuer à la préservation des services écosystémiques (Tscharntke et al., 2005).

1.2. Agroécologie et mélanges fleuris

1.2.1. Définition de l'agroécologie

L'agroécologie vise à promouvoir des systèmes alimentaires viables respectueux des hommes et de leur environnement. L'agroécologie est une alternative à une agriculture intensive basée sur l'artificialisation des cultures par l'usage d'intrants de synthèse (engrais, pesticides) et d'énergies fossiles. Elle promeut des systèmes de production agricole valorisant la diversité biologique et les processus naturels (cycles de l'azote, du carbone, de l'eau, équilibres biologiques entre organismes ravageurs et auxiliaires des cultures) (Dicoagroecologie.fr, Août 2016). Les pratiques culturales, la végétation de bordure de champs et la composition, l'organisation et la gestion du paysage environnant, sont les trois facteurs majeurs jouant un rôle dans la régulation des ravageurs par le biocontrôle* (Pollier A, décembre 2016) (Figure 1).

Outre leurs aspects esthétiques, les habitats semi-naturels (haies, prairies extensives ou jachères florales) permettent de compenser et de promouvoir cette biodiversité. Ces mesures profitent souvent aux prédateurs des principaux ravageurs (criocères des céréales, pucerons, cicadelles) des grandes cultures. Les auxiliaires y trouvent refuge pour l'hiver et nourriture par le pollen et le nectar des fleurs (Tschumi et al., 2016). Comme le montre une précédente étude de Tschumi et al. (2016), l'effet d'une bande fleurie aux abords d'une culture de blé d'automne et de pomme de terre, diminue le nombre de ravageurs (40 à 53% de moins de criocères* et 61% de leurs dommages en moins et 75% de moins de pucerons). Les auxiliaires évoluent en fonction de la distribution et de l'abondance de leurs plantes hôtes (Roitberg and Gillespie, 2014). Afin de répondre aux besoins des différents groupes d'auxiliaires, l'implantation de plantes pérennes et une diversité florale sont nécessaires pour un étalement des floraisons (Tschumi et al., 2016). Par exemple l'implantation d'espèces à floraison précoce, comme le sarrasin, la cameline cultivée et la moutarde des champs, sont utiles à l'attraction d'auxiliaires de culture de pomme de terre (Tschumi et al.,

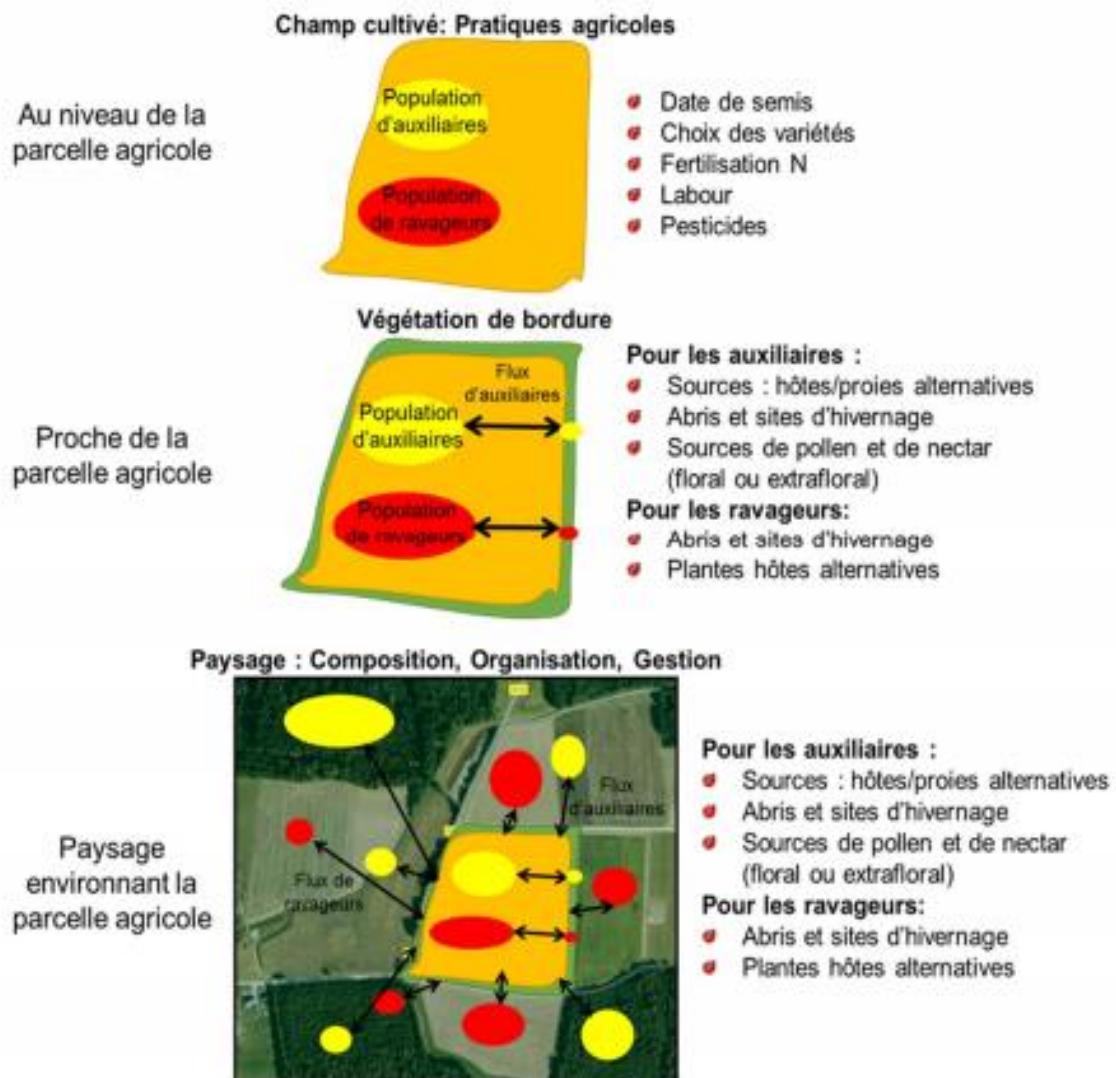


Figure 1 Facteurs de variation du service de régulation des ravageurs à différentes échelles. (Source : Pollier A, Décembre 2016)

2016). D'après le rapport MUSCARI de l'an passé sur le site de Montreuil-Bellay, *Cyanus segetum* est une espèce de plante pérenne efficace, de plus d'un mètre de haut, elle forme une végétation dense et abondante et attire abondamment les insectes. De plus, *Taraxacum sp*, ray grass ou encore *Medicago sativa*, représentent un abris aux auxiliaires pour passer l'hiver.

Le taux d'attraction des insectes zoophages par les fleurs est corrélé avec l'abondance de fleurs dont le nectar est accessible pour les insectes (Van Rijn and Wäckers, 2016). Pollier *et al.* l'ont montré en 2016 par une méthode de suivi des insectes via un marquage au ¹³C. Comme les auxiliaires parasitoïdes peuvent se nourrir de nectar de plantes hôtes installées mais aussi d'autres sources florales dans la culture, le suivi de la dispersion des auxiliaires est particulièrement important pour le développement d'infrastructures agroécologiques (Winkler *et al.*, 2009).

1.2.2. Le projet agroécologique pour la France

Bien que des recommandations soient faites sur l'implantation d'infrastructures agroécologiques, les choix botaniques précis sont encore mal renseignés. Par manque d'information ou de recherches scientifiques non vulgarisées (Rapport de l'appel à projets d'innovation et de partenariat, 2013). C'est pourquoi le nouveau plan, Ecophyto II, est inscrit dans le projet agroécologique pour la France, engagé depuis 2012 pour l'agriculture française (Agriculture.gouv, 20 octobre 2015). L'objectif est de placer la triple performance économique, environnementale et sociale au cœur de pratiques agricoles innovantes comme l'indique de manière simplifiée la figure 2 (Alim'agri, 2014).

Le projet MUSCARI peut être une solution pour l'ancrage de l'agroécologie dans notre société, afin de répondre à une déficience d'informations sur les intérêts de la biodiversité fonctionnelle et des bandes fleuries. L'objectif principal est de réduire l'usage de produits phytosanitaires et de développer l'agroécologie devant les difficultés réglementaires pour faire autoriser de nouveaux produits naturels. MUSCARI s'adresse aux agriculteurs, conseillers et formateurs, demandeurs d'outils et de démarches opérationnelles pour aménager et gérer l'espace de production.

C'est dans ces valeurs pour une agriculture durable, que s'intègre le lycée professionnel agricole Edgard Pisani de Montreuil-Bellay (Pays de la Loire, 49).

1.3. L'exploitation viticole du lycée professionnel agricole Edgard Pisani de Montreuil-Bellay (49)

1.3.1. Caractérisation de la structure

Le lycée Edgard Pisani étendu sur 43 ha, dont 14 ha de vignes, s'intègre dans le cadre d'un établissement public local d'enseignement et de formation professionnelle agricoles (EPLEFPA). Un lycée agricole est une structure d'enseignement rattachée au Ministère de l'Agriculture. Elle comprend des exploitations et/ou ateliers technologiques comme support pédagogique et d'expérimentation, permettant des apprentissages concrets pour les élèves, étudiants, apprentis et stagiaires (Educagri.fr, 2017).

PRODUISONS AUTREMENT LE PROJET AGRO-ÉCOLOGIQUE POUR LA FRANCE

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

AGRICULTURES
PRODUISONS
AUTREMENT

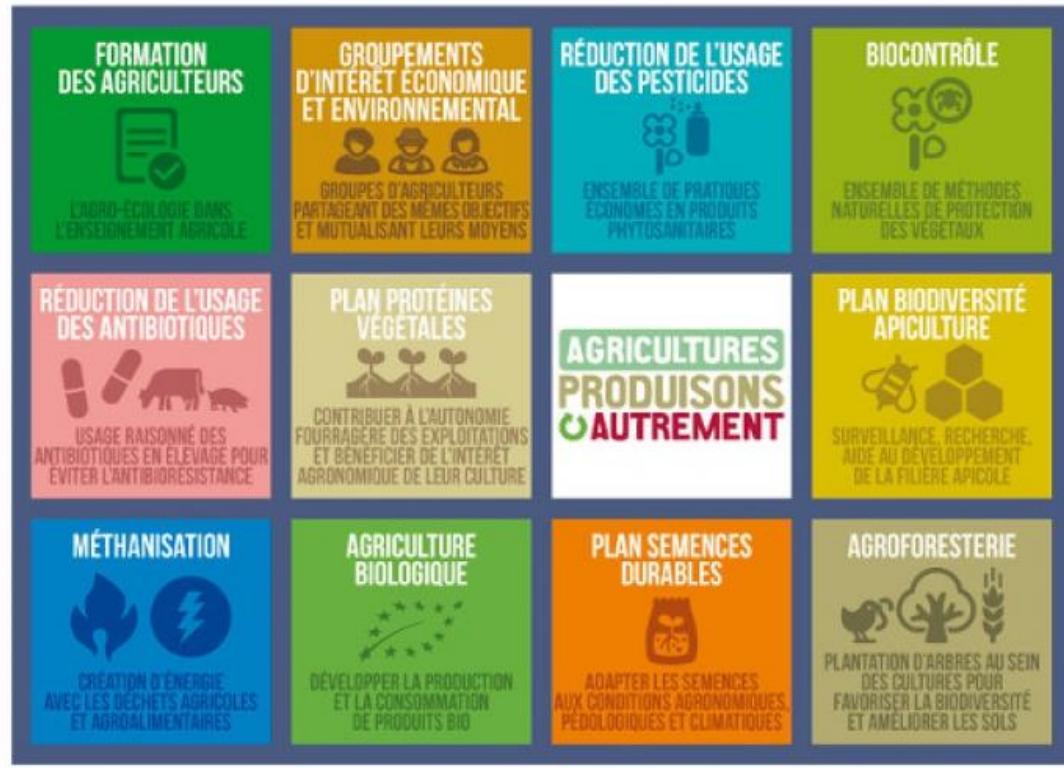


Figure 2 Définition en images du principe de l'agroécologie. (Source : Alim'Agri)

Le Domaine du Haut Bellay (exploitation du lycée) s'inscrit dans le vignoble de Saumur, situé au cœur du Val de Loire, inscrit au Patrimoine Mondial de l'Humanité par l'UNESCO. Le domaine possède un encépagement majoritairement de Cabernet franc (cépage* noir) et Chenin (cépage blanc) ainsi que du Chardonnay (cépage blanc) et du Cabernet Sauvignon (cépage noir) comme le montre l'annexe I. L'exploitation comprend un directeur d'exploitation, une chargée commerciale, une apprentie et un ouvrier viticole. Les travaux de la vigne, du chai de vinification et de commercialisation, sont en partie effectués par les apprenants des filières viticoles de l'établissement.

Le domaine produit environ 700 hl/an pour un chiffre d'affaire de 290 000 euros/an. Selon le référentiel économique du vigneron Vignoble Anjou Saumur (2013). Le coût total pour la production et commercialisation pour 50 hectolitres de vin est de 343 594 euros. D'un point de vue concurrence, d'après le directeur de l'exploitation, ce terme n'est pas approprié pour des vins de même appellation d'origine contrôlée (AOC) au sein du saumurois. En effet, en plus d'une démarche individuelle, une démarche collective est utile pour la communication commerciale autour des vins. En outre, la concurrence extérieure se fait sur les prix, le packaging, le produit en lui-même et le placement produit.

1.3.2. **Une exploitation viticole engagée agroécologie**

Le lycée s'inscrit ainsi dans le projet « Enseigner à produire autrement » dirigé par le Ministère de l'Agriculture. Par exemple, depuis 2011, 5.71 ha de cépages sont certifiés en agriculture biologique. Au chai, cela se traduit par l'interdiction de certaines pratiques de vinification, la limitation des intrants et la réglementation restrictive sur les teneurs en sulfites. Mais aussi, l'utilisation de techniques alternatives de lutte contre les ravageurs de la vigne, de produits d'origine minérale et organique, le travail mécanique du sol, la construction d'un phytobac pour le traitement des effluents phytosanitaires (Figure 3) ; ou encore l'instauration de 2 kilomètres de haies autour du domaine dans le cadre de l'AOC Saumur-Champigny (communication personnelle).

La plateforme régionale d'expérimentation (PRE) est externe à l'exploitation mais travaille en partie pour le lycée agricole, en collaboration avec l'Institut Français de la Vigne et du vin (IFV*), pour l'adaptation et la maîtrise des techniques sur cépages, des profils produits et des process de vinification et notamment pour le développement de techniques alternatives comme la réduction des intrants phytosanitaires. C'est dans cette optique de réduction des intrants que s'engage le projet d'étude MUSCARI.

1.4. **Le projet MUSCARI**

MUSCARI (Mélanges botaniques utiles aux systèmes de culture et auxiliaires pour une réduction des intrants) est un projet financé par CASDAR (Compte d'Affectation Spécial au Développement Agricole et Rural). L'organisme chef de file est le groupe de recherche en agriculture biologique (GRAB) d'Avignon. MUSCARI est référencé dans le réseau mixte technologique (RMT) qui regroupe des unités pour l'échange de données sur la biodiversité et l'agriculture. C'est un projet national inter-filières (maraîchage, grande culture, arboriculture

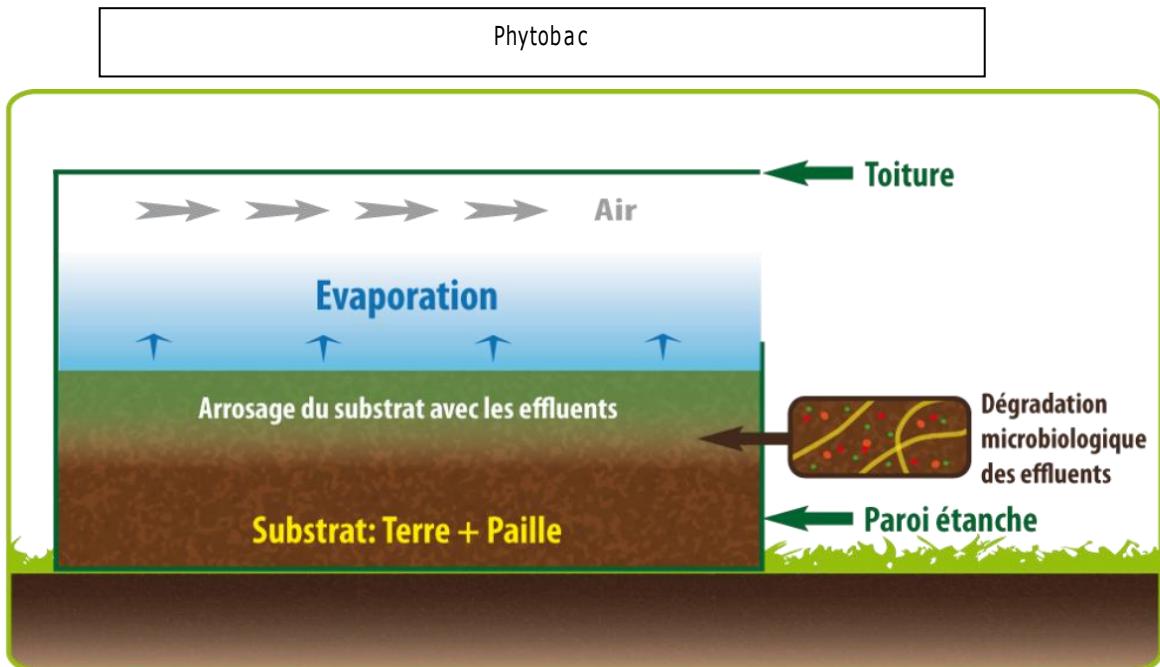


Figure 3 Schéma simplifié du fonctionnement d'un phytobac pour le traitement des effluents phytosanitaires.

(Source : Hermex.fr)

et viticulture). En collaboration avec différents projets (CASDAR Agathe, AuxiMORE, BiodivLeg, Biocontrôle, Messicoles entomophages/projets PEERLESS, QUESSA, BIO-BIO, BIODIVEA). Les données sont capitalisées dans une base de données, rendues publiques via un site internet collaboratif (HERBEA.org, 2014) créé par l'entreprise associative Solagro. C'est un outil d'aide à la décision, pour savoir quel mélange fleuri choisir pour lutter efficacement contre les ravageurs d'une culture, via des auxiliaires dans un contexte spécifié (sol, région climatique, présence de l'espèce, disponibilité des semences). Le but étant d'optimiser les récoltes par l'ajout de bandes fleuries en abord de parcelle pour attirer les auxiliaires, tout en diminuant les intrants, ce qui permettrait alors de favoriser une prise de conscience sur l'importance des équilibres écosystémiques (Rapport de l'appel à projets d'innovation et de partenariat, 2013).

Les étapes clés du projet MUSCARI :

Au préalable, une enquête électronique sur les pratiques des agriculteurs fut menée pour évaluer le niveau de connaissance et d'appropriation de la biodiversité sauvage et cerne les besoins.

2015 : La première année porte sur la recherche des **mélanges floraux** les plus adaptés pour une biodiversité végétale optimale, conciliant richesse en auxiliaires et diversité modérée en phytophages, et, sur l'évaluation de **méthodes simples de suivi des insectes** par piégeage pour garantir une bonne représentativité de la population tout en étant efficient : le filet fauchoir et l'observation visuelle. Pour l'identification, l'application Insect finder fut testée pour un RBA (Rapid Biodiversity Assessment, « évaluation rapide de la biodiversité »), mais cette dernière n'était pas efficace.

2016 : Les mélanges fleuris sont testés dans différents contextes pédoclimatiques. Afin de déterminer quels sont les **mélanges les plus attractifs d'auxiliaires** par rapport aux conditions de culture.

En résumé, le projet MUSCARI permet de tester et de diffuser des solutions agroécologiques pour diminuer les intrants phytosanitaires. L'objectif 2017 est le **service écosystémique rendu** en terme de lutte biologique contre les principaux ravageurs de la vigne (vers de la grappe et cicadelle verte) (Figure 4).

Problématique: Les mélanges fleuris attirent-ils toujours les auxiliaires ?

Les auxiliaires migrent-ils vers la culture de vigne pour une régulation naturelle des ravageurs ?

La **stratégie d'étude 2017** est basée sur un protocole commun avec les collaborateurs mais amélioré pour chaque filière. Il repose sur quatre axes principaux :

- L'évaluation régulière de la phénologie florale
- Des relevés et suivis réguliers de l'entomofaune au filet fauchoir et sur plaques engluées
- L'identification des insectes
- Et des analyses statistiques.



Figure 4 Bande fleurie semée entre deux parcelles de vigne avec représentation schématique de sa fonction. Les antagonistes des ravageurs des cultures sont attirés par les plantes en fleurs et réduisent le nombre de ravageurs et les dégâts occasionnés dans les cultures adjacentes (Source : AB)

2. Matériel et méthodes

2.1. Le site d'étude

2.1.1. La mise en place des essais

Les bandes fleuries devant être pluriannuelles voire pérennes, leur installation à proximité des cultures, a dû être pensée dès juillet 2015 pour pouvoir évaluer le service rendu en 2017. La bande fleurie est située entre une parcelle de Vieux Cabernet Franc et une de Grolleau (Figure 5). Chaque modalité occupe une superficie de près de 200 m² (7-8 m x 24 m). La distance à la culture est de 0.5 m.

Après désherbage chimique de la zone (septembre 2015), un pulvérisateur à disque (cover crop) pour enfouir les résidus de végétaux dans le sol est passé et simultanément un travail très superficiel du sol est mené pour préparer le semis. Un cultivateur (actisol) est utilisé début octobre 2015, il assure le ré-appui du sol. Les différents mélanges de graines florales ont été semés manuellement à la volée, mélangés à un terreau ainsi qu'un anti-limaces.

2.1.2. Mélanges fleuris : composition et caractéristiques

Au total cinq mélanges furent semés avec une composition de plantes pérennes pour une longévité d'action de la bande fleurie. Le détail de la composition des mélanges se situe en annexe (Annexe II). Le mélange A est un mélange commercial « Natura Auxiliaire » obtenu chez Nova-flore de composition variée et inconnue à l'époque. Les mélanges C et D sont des mélanges élaborés par le projet MUSCARI. E sert de témoin où il a été semé du ray-grass et de la fétuque.

Ces modalités-ci sont identiques à l'année précédente et ont juste été fauchées à l'hiver. En revanche, la modalité B a été totalement réensemencée après labourage en profondeur en automne 2016. C'est alors un mélange amélioré de D, efficace en terme d'attraction d'insectes, qui a été ressemé à l'automne 2016.

2.2. Les insectes d'intérêts MUSCARI

Les principaux insectes ravageurs de vigne sont les tordeuses de la grappe, Eudémis (*Lobesia botrana*) et Cochylis (*Eupoecilia ambiguella*), ainsi que les cicadelles vertes (*Empoasca vitis*) (Annexe III). Les tordeuses génèrent, de par leur abondance, des dégâts sur les grappes pouvant conduire, s'ils ne sont pas maîtrisées par les viticulteurs, à la destruction partielle ou totale de la récolte (Delbac et al., 2013) car elles forment une porte d'entrée, de par leur perforation, à *Botrytis cinerea*. La Cicadelle verte, dont les piqûres des larves provoquent une coloration et un dessèchement des feuilles, peut altérer l'activité photosynthétique de la plante et nuire à l'accumulation de sucres dans les baies (Fiche tech' Viti, ATV49, juillet 2015) et donc à la qualité de la récolte.

2.2.1. Biologie simplifiée des principaux ravageurs de la vigne

a) La cicadelle verte (*Empoasca vitis*, Gothe 1875)

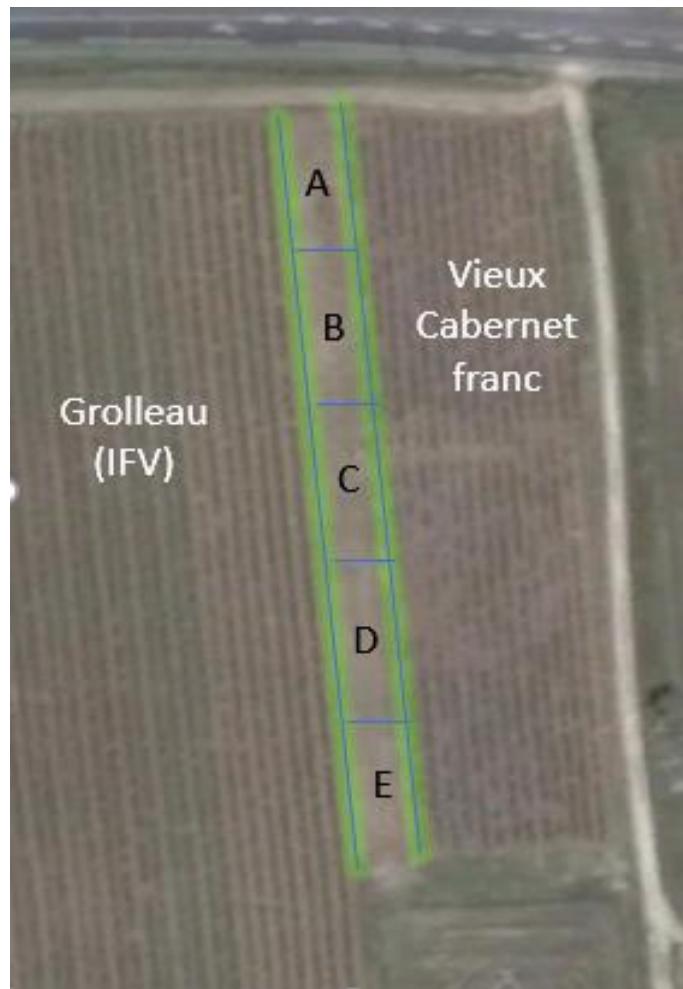


Figure 5 Vue aérienne (453 m) de la zone d'expérimentation MUSCARI. La bande fleurie située entre deux parcelles de vigne, est divisée en cinq modalités différentes de A à E.(Google-earth.com)

La cicadelle verte est un insecte Hémiptère* piqueur-suceur phytopophage* et polyphage*. De forme allongée de 3 à 4 mm de long, il possède des ailes plus longues que le corps, translucides avec des nervures vertes. La cicadelle hiberne à l'état adulte sur diverses plantes-hôtes à feuilles persistantes (lierre, ronces, ifs, troènes) et migre sur la vigne au printemps (Avril-Mai) où les femelles (vert clair ou jaunâtres), après s'être alimentées quelques jours, pondent ; l'éclosion des œufs se produit 5 à 10 jours plus tard selon les régions et les conditions climatiques (des nuits chaudes à 18°C et des journées modérément chaudes à 28° sont des seuils de températures pour un développement optimal (Reineke and Hauck, 2012)). Les larves d'un blanc hyalin au début puis devenant vertes, vont se nourrir en piquant les petites nervures des feuilles et se nourrit de la sève. Après cinq stades larvaires réalisés en 3 à 4 semaines, une nouvelle population adulte s'envole pour coloniser d'autres feuilles. Au cours d'une saison, 3 à 4 générations de cicadelles vertes se succèdent (Figure 6). Les larves comme les adultes se trouvent à la face inférieure des feuilles et s'y nourrissent. Les larves très mobiles se déplacent en crabe, les adultes volent d'une feuille à l'autre (Reynier A., 2007).

Cet insecte pose d'importants problèmes agroéconomique dans le sud de la France (Cerutti et al., 1991). Ravageur de la vigne de par ses larves, il est aussi nommé « cicadelle des grillures », en référence à l'apparence grillée des feuilles après piqûres des larves au niveau des tissus phloémiens pour s'alimenter (Figure 7). En effet, les tubes criblés alors endommagés bloquent le passage de la sève élaborée. Cela peut provoquer des dégâts indirects comme le ralentissement de la maturation des baies, une perte quantitative de récolte, ainsi qu'un mauvais aoutement du bois. Le prédateur naturel majeur de *E. vitis* est la guêpe parasitoïde *Anagus atomus* qui parasite ses œufs (Ephytia, 2014).

b) Les vers ou tordeuses de la grappe : Eudémis (*Lobesia botrana*).

Denis & Schiffermüller, 1775) et **Cochylis (*Eupoecilia ambiguella*. Hübner, 1796)**

Eudémis (*Lobesia botrana*) : La larve d'une couleur jaune à vert sale au dernier stade, est très vive.

Les papillons mesurent de 5 à 8 mm ; ils ont un seuil d'activité à 14°C et sont crépusculaires.

Cochylis (*Eupoecilia ambiguella*) : Les larves à tête noire brillante sont très caractéristiques et permettent aisément de les différencier de celles de l'Eudémis dès le 2e stade larvaire. Les papillons mesurent de 6 à 7 mm et leur activité est nocturne (ITAB, 2003).

Le cycle de développement de ces Lépidoptères est présenté en Figure 8. Les adultes du vol de la première génération apparaissent dès Avril jusqu'à fin-Mai. La première ponte (jusqu'à 80 œufs) se fait au niveau des bractées florales. La durée d'incubation des œufs varie de 7 à 11 jours selon la température. Les larves, après un court stade mobile (au cours duquel les chenilles peuvent être la cible de ses prédateurs naturels tels que les micro-hyménoptères parasitoïdes), s'attaquent aux boutons floraux ; sont observables des "glomérules", agglomérats de résidus de boutons floraux et de fils de soie créés par les chenilles de ces papillons (ITAB, 2003). Après cinq stades larvaires (soit 20 à 28 jours), elles se nymphosent (formation d'une chrysalide brun foncé dans les grappes ou les feuilles). Sept jours (10 à 14 jours pour Cochylis) après, les papillons de deuxième vol apparaissent fin-Juin début-Juillet (IFV, 2017), suivi par la reproduction et la ponte des œufs. La troisième génération (rare dans le vignoble de Montreuil-Bellay) débute donc au mois d'Août, leurs

	Janvier	Février	Mars			Avril	Mai		Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
			B	C	D	E	F - G - H	I	J	K	L	M	N	O	P	A
Stades phénologiques	A		B	C	D	E	F - G - H	I	J	K	L	M	N	O	P	A
Apparition des symptômes																
Feuilles																
étapes du cycle biologique	Femelles fécondées						œufs → larves → adultes									Femelles fécondées



Figure 6 Synoptique de développement de *Emoasca vitis* sur vigne. (Source : Ephytia, 2014)



Figure 7 Symptôme de « grillure » caractéristique de l'attaque des larves de *Emoasca vitis*. (Source : Ephytia, 2014)

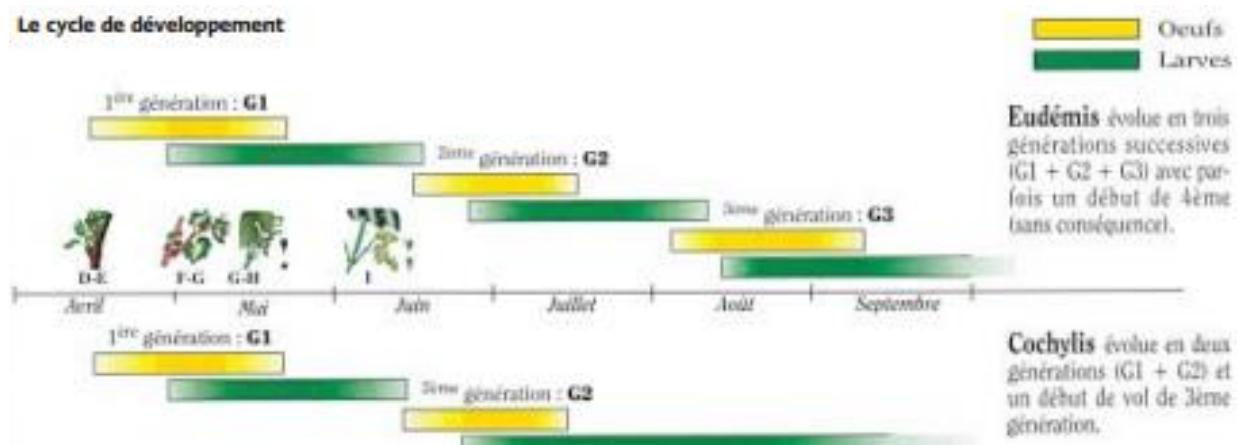


Figure 8 Schéma du cycle de développement des tordeuses de la grappe Eudémis (*Lobesia botrana*) et Cochylis (*Eupoecilia ambiguella*). (Source : ITAB, 2003)

pontes ont lieu sur les jeunes baies. Le développement de la chenille dure plus de 30 jours, au cours desquels elle peut s'attaquer à plusieurs baies. En Octobre, les chenilles se nymphosent sous l'écorce des ceps et dans les anfractuosités des piquets afin de passer l'hiver. Elles donneront des papillons le printemps suivant. Une quatrième génération est possible dans les régions du sud (ITAB, 2003).

2.3. Ennemis naturels

La régulation naturelle de ces ravageurs est prise en charge par plusieurs organismes dont les Hyménoptères, les Syrphes, les Coccinelles ou encore les Chrysopes.

a) Les micro-Hyménoptères : *Anagrus atomus* (L. 1767), un prédateur redoutable et recherché

Les micro-Hyménoptères* mesurent moins de 6 mm (MacGill, 1934) et se nourrissent de nectar des fleurs. Les familles majoritaires de cet ordre sont : Dryinidae, Eulophidae, Ichneumonidae, Bethylidae et Mymaridae. Parmi les Mymaridae, on retrouve l'espèce *Anagrus atomus*, petite guêpe parasitoïde* (2-3 mm selon le site Herbea.org) des œufs de la Cicadelle verte (*E. vitis*).

Le parasitisme par la micro guêpe *A. atomus* s'effectue sur culture de vigne. Quand un œuf de cicadelle est rencontré, le parasite y insère son ovipositeur précisément en angle. Un fois parasités, les œufs de cicadelle prennent une couleur rouge-orangée caractéristique de la fin d'incubation. Les œufs éclosent 2-3 jours après la ponte. Deux stades larvaires vont s'en suivre, puis un stade prépupal (1 jour) et pupal (5 à 6 jours) (HERBEA.org, 2017). Ce parasitoïde se développe de l'œuf à l'insecte en 16 jours environ (Cerutti et al., 1991). Ce prédateur a mis au point un mécanisme par lequel une portion de la population retarde son émergence, par un ralentissement du développement pré-imaginal* (induit par la diminution de la photopériode) lorsque la disponibilité des œufs de *E. vitis* commence à être rare (c'est-à-dire du milieu de l'été). Ceci permet au parasitoïde de synchroniser son cycle biologique avec les cicadelles, espèces qui pondent leurs œufs sur d'autres plantes que les vignes pour hiverner (Zanolli and Pavan, 2011).

Selon le site HERBEA.org, les plantes telles que l'Eglantier, le Rosier des chiens, les haies *Rosa canina*, les Roses cultivées *Rosa spp.* ou encore la Ronce à feuille d'orme *Rubus ulmifolius*, sont des hôtes indispensables. Ils servent d'habitat, pour le développement embryonnaire ou larvaire sous la forme d'œufs de cicadelles parasités, mais aussi de ressource nutritive complémentaire.

b) Les syrphes (*Xanthandrus*)

Malgré des rayures ressemblant souvent à celles de certains Hyménoptères (guêpes, abeilles), les Syrphes constituent une famille de Diptères comprenant plus de 500 espèces en France. Repérables également par leur vol stationnaire caractéristique, ils sont aussi capables de se déplacer latéralement à grande vitesse. Certaines espèces migratrices peuvent parcourir des milliers de kilomètres. Observables de Mai à Septembre

les adultes mesurent entre 4 et 20 mm et sont en très grande majorité floricoles généralistes (ils se nourrissent de nectar et de pollen) participant par la même occasion à la pollinisation. Certains sont plus spécifiques et préfèrent par exemple les Graminées. En outre, la présence d'arbres (écorces) est nécessaire à la bonne réalisation de leur cycle.

La majorité des larves des Syrphes sont entomophages*(prédatrices d'autres Arthropodes). Ces larves consomment en moyenne 400 pucerons au cours de leur vie qui dure de 8 à 15 jours. Même si la larve de syrphe se nourrit quotidiennement de 30 à 40 pucerons, elle peut en tuer jusqu'à 300 par jour ! (Réseau agriculture durable, 2014).

c) Les Coccinelles (*Coccinella sp.*)

L'adulte mesure 5 à 8 mm, son corps est noir avec des élytres rouges et six taches noires plus ou moins larges (HERBEA.org, 2017).

Les larves quant à elles sont grises avec des tâches jaunes et noires. Les adultes comme les larves sont entomophages. Le choix du lieu de ponte des Coccinelles est plus aléatoire que pour les Syrphes (HERBEA.org, 2017).

Au début du printemps, les Coccinelles sont présentes dans les jachères florales et les haies en abondance équivalente. En Juin, la plupart des Coccinelles migrent depuis les jachères vers les cultures environnantes. A l'automne, elles retournent dans les infrastructures agroécologiques pour hiverner, avec une préférence pour la strate herbacée. Quelques plantes ont été recensées comme attractives pour la Coccinelle, par exemple l'ortie *Urtica dioica* ou encore la Moutarde des champs *Sinapsis arvensis* (HERBEA.org, 2017).

d) Les Chrysopes (*Chrysoperlla*)

Selon le site HERBEA, les Chrysopes interviennent plus tard que les Syrphes et Coccinelles, durant le mois de Mai, après l'hivernation des adultes ou larves dans des lieux protégés à l'extérieur de la culture. Le choix d'hivernation des adultes peut se faire en fonction de la présence de pucerons produisant du miellat (Puceron vert du prunier *Brachycaudus helichrys*, qui n'est pas une problématique de la vigne). La ponte des adultes se fait de façon aléatoire ce qui permet d'avoir une présence de larves et donc exercer un contrôle biologique. Les chrysopes sont en capacité de voler et de sortir dès que les températures deviennent supérieures à 10°C, ce qui explique leur présence tardive dans les cultures (fin-Mai, début-Juin cette année). Le Noisetier *Corylus avellana* est une plante hôte très appréciée par les chrysopes.

2.4. Méthodes de capture des insectes

2.4.1. Piégeage des insectes des bandes fleuries

Afin de quantifier l'impact (attractivité) des bandes fleuries vis-à-vis de l'entomofaune impliquée dans la régulation naturelle, toutes les deux semaines sont effectués des relevés entomologiques au filet fauchoir

(trois répétitions par modalités : deux au bords et un en milieu de bande sur 24 m de longueur), en marchant à allure constante sur les lignes, du haut vers le bas de la pente de la bande.

Les insectes collectés sont déposés, filet clos, dans un boite dans laquelle se trouve du coton imbibé d'acétate d'éthyle, qui est une solution dont les vapeurs tuent les insectes en cinq minutes. Puis les insectes sont transférés dans une autre boite afin de les trier des débris végétaux. Ils sont ensuite transférés dans des tubes notés contenant de l'alcool à 70° pour leur conservation. L'identification à l'ordre se fera en laboratoire à l'aide de clés d'identification, d'une loupe binoculaire, de pinces et de boites de pétrie. Les auxiliaires (Coccinelles, Chrysopes, Syrphes, micro-Hyménoptères) sont isolés dans des tubes afin d'être identifiés de façon précise ultérieurement par les partenaires de Bordeaux Science Agro.

2.4.2. Piégeage des insectes de la parcelle de vigne

Des relevés à plusieurs distances d'éloignement (0.5, 2.5, 6.5 et 10.5m) sont effectués pour mesurer l'impact de la bande fleurie sur les ravageurs de la vigne. Un focus est réalisé sur le suivi Cicadelle verte (*E. vitis*) et Tordeuse ou vers de la grappe (Cochylis et Eudémis), principaux ravageurs de la vigne.

La mesure de l'abondance des Cicadelles vertes en fonction de l'éloignement de la vigne est réalisée grâce à la disposition de pièges chromo-attracteurs (Figure 9) de couleur jaune (5 cm x 10cm à 50cm de hauteur au niveau des grappes) aux différentes distances (0.5, 2.5, 6.5 et 10.5m, ce qui correspond aux premiers, deuxièmes, quatrièmes et sixièmes rangs). Ces pièges sont positionnés de façon à collecter de manière optimale les insectes issus de la modalité qui leur est associée. Donc, les pièges sont disposés, pour chacune des distances et au milieu d'une piquetée centrale (intervalle entre deux piquets de vigne) et en face de chaque modalité. Ces pièges sont relevés et changés tous les dix jours pour un comptage des Cicadelles vertes.

Le comptage sur feuilles de Cicadelles vertes s'effectue début juin et mi-Juillet/début-Août, au niveau des faces inférieures de dix feuilles âgées par cep.

Pour évaluer les périodes de vol des Tordeuses de la grappe, un piège triangulé comprenant une plaque collante et des phéromones micro dosées d'Eudémis, est placé au centre de la parcelle de vigne. Ceci sert à positionner le comptage larvaire. En effet, la population d'Eudémis adultes en vol est évaluée par des relevés quotidien du piège. En théorie la population va augmenter puis décroître. Trois semaines après l'identification de cette période de forts effectifs (pic de vol), les comptages larvaires peuvent avoir lieu. Les comptages de larves se font à chaque distances sur neuf ceps pour la parcelle IFV et six ceps pour celle du Vieux Cabernet franc, au niveau des deux piquetées centrales en face de chaque bande (placettes de suivi qui seront utilisées pour tous les relevés).

A la première génération (mi-Mai) de Tordeuses, le nombre de glomérules sur neuf grappes et le nombre de vers est uniquement compté sur la parcelle de Grolleau. En effet, un glomérule peut contenir plusieurs larves donc l'ouverture des glomérules est nécessaire.



Figure 9 Dispositif de piège chromo-attracteur pour le suivi des cicadelles vertes au sein de la parcelle de vigne (Source : AB).

A la mi-Juillet/début-Août (G2), les perforations des baies de raisin pour attester de la présence de larve de Tordeuses seront dénombrées.

L'évaluation de l'impact des bandes sur régulation naturelle du parasitisme des ravageurs sera effectuée grâce à des relevés de larves de Tordeuses de la grappe et de Cicadelles. Au niveau des placettes de suivi, en théorie une fois début Mai (G1) et une fois à la mi-Juillet/début Août, seront prélevés les larves de Tordeuses avec leur glomérule. Elles seront disposées dans une boîte par endroit de capture (une boîte par distance et par mélange). Le nombre de larves total et le nombre de larves parasitées (point noir sur abdomen) seront comptés. Les larves parasitées sont placées dans une boîte à émergence pour voir si un papillon sort ou non. L'incubation dure vingt-huit jours à 24°C et 60% humidité dans l'idéal.

Après incubation, les chrysalides seront isolées dans des tubes pour finir leur développement. Après cela, le nombre de parasitoïdes émergés (signe de l'efficacité de la présence d'auxiliaires contre le vers de la grappe) ou de papillons seront comptés. Un rapport entre le nombre de parasitoïdes et le nombre total de larves permettra de définir un pourcentage de parasitisme sur ces ravageurs.

Concernant les larves de Cicadelle verte, des prélèvements seront effectués en théorie à la Mai/début Juin (G1) et mi-Juin/ début Juillet (G2). Tous les quinze jours sur cinq ceps parmi les placettes de suivi de chaque distance et pour chaque modalité, seront prélevés cinquante feuilles avec leur pétiole. En effet, les Cicadelles pondent souvent à l'intérieur du pétiole des feuilles. Pour voir s'il y a émergence de Cicadelles ou de parasitoïdes, elles seront disposées dans un seau (5.8L) fermé par un couvercle avec ouverture et recouvert de toile bluter. La conservation se fera dans un endroit chaud (24°C, 50% humidité) pendant quinze jours. Les feuilles seront ensuite placées dans une solution (javel + triton) pendant 4H et lavées. Après passage sur un tamis fin, le filtrat est récupéré.

Le taux de parasitisme est le rapport du nombre d'œufs parasités (nombre de parasitoïdes) sur le nombre total d'œufs (parasitoïdes Hyménoptères et Cicadelles vertes). Les parasites seront ensuite identifiés en laboratoire.

2.5. Relevés botaniques

La première étape consiste à recenser les espèces florales présentes sur chacune des modalités (Avril). Leur identification se fait grâce différents sites (evalioportfolio.dupont.com, tela-botanica.org, abiris.snv.jussieu.fr et infloweb.fr). Afin d'estimer où la diversité est maximale sur la bande, en parallèle des relevés entomologiques au filet, sont recensées les espèces en floraison. La couleur de floraison est également relevée pour savoir s'il y a une corrélation entre la couleur et l'attraction des auxiliaires.

Une fois par mois, le recouvrement du sol est analysé. Pour savoir si toutes les espèces semées ont poussé, une estimation du pourcentage de recouvrement des principales espèces florales est effectuée. Le principe repose sur l'utilisation de quatre quadras de 1m² par modalité disposés à 7m et 16m à partir du haut de chaque modalité et sur deux transects parallèles. Afin d'étudier une possible corrélation entre les stades phénologiques de la flore et l'attraction de la faune, une fois par semaine, le stade phénologique de la vigne,

de l'inter-rang ainsi que la hauteur de la végétation (bande et inter-rang) sont évalués selon les échelles phénologiques indiquées en Annexe IV.

2.6. Traitement et analyse des données

2.6.1. L'identification entomologique

Afin d'identifier les insectes, différents moyens ont été employés : le site MICROCOX pour l'identification des larves et la clé d'identification selon Borror et White (1970). Dans un premier temps les insectes sont triés à l'œil nu dans la boîte de Pétrie selon leur morphologie puis observés avec précision à la loupe. Tous les individus sont ensuite dénombrés par ordre.

2.6.2. Analyses statistiques

Dans les conditions de tests paramétriques, **L'influence de la modalité sur le nombre d'auxiliaires attirés :**

est analysée se fait via un test ANOVA d'ordre un (un seul facteur). Pour cela l'hypothèse principale de cette méthode est l'indépendance entre les valeurs mesurées (nombres d'auxiliaires par modalité) ; la normalité des résidus, c'est-à-dire que la variable quantitative doit suivre une loi Normale dans les modalités comparées (vérifiée avec un Test de Shapiro-Wilk) ; les variances dans les différentes modalités sont homogènes (vérifiée par un Test de Bartlett). L'hypothèse H_0 émise est : le nombre d'auxiliaires attirés ne varie pas en fonction du type de modalité (mélange floral semé). Si H_0 est rejeté alors on utilise un test de comparaison multiple (Test post-hoc de Tukey).

Dans les conditions non paramétriques, c'est un test de Kruskall-Wallis qui est utilisé. C'est une alternative non-paramétrique à l'ANOVA d'ordre 1. Il est utilisé pour tester l'hypothèse nulle selon laquelle les différents échantillons à comparer sont issus de la même distribution. Ainsi, l'interprétation du test de Kruskal-Wallis est très similaire à une ANOVA paramétrique d'ordre 1, sauf qu'il est basé sur les rangs au lieu des moyennes. Pour avoir une information sur la position d'une modalité par rapport à une autre, des comparaisons 2 à 2 par des tests de Wilcoxon sont utilisés. Une différence significative entre les modalités est observée si p-value < 0.05%.

L'influence de la distance de la bande fleurie sur les ravageurs de vigne :

Dans les conditions paramétriques citées ci-dessus, l'analyse se fait pour chacune des modalités, avec une ANOVA d'ordre un (un facteur : distance à la bande). L'hypothèse H_0 émise est : qu'il y ait présence ou non (témoin E) de bande fleurie..

Le nombre de Cicadelles vertes ou de glomérules de vers de la grappe, ne varient pas en fonction de la distance de la bande par rapport à la vigne.

Dans le cas où les conditions ne sont pas respectées alors est utilisé un test de Kruskall-Wallis (un facteur : distance) pour chaque type de modalité.

L'influence des modalités sur le taux de parasitisme des ravageurs de vigne par les auxiliaires (non traité dans ce rapport):

L'analyse se fera de la même façon que précédemment, avec un Test ANOVA ou bien un Kruskall-Wallis selon les conditions. L'hypothèse H_0 émise est : qu'il n'y a pas de différence entre les taux de parasitisme quelle que soit la modalité.

Pour ces différentes analyses, les résultats s'appuient sur les p-values issues des tests. Si la valeur de celle-ci est supérieure à 0.05 (risque alpha de 5%), l'hypothèse émise H_0 ne sera pas rejetée, inversement si la valeur de la p-value est inférieure à 0.05, c'est l'hypothèse alternative qui sera acceptée. Toutes les évaluations statistiques ont été effectuées avec R 3.3.2 (2015) et les pourcentages avec le logiciel Microsoft Excel.

3. Résultats d'observations visuelles et de captures

Un grand nombre de ceps manquants sur cette parcelle de Vieux Cabernet Franc est observé, rendant les résultats imprécis, notamment pour les relevés selon l'éloignement de la bande. La parcelle Grolleau de l'autre côté de la bande contient des ceps pour la pré-multiplication, obligeant son traitement contre la Cicadelle de la flavescence dorée. Cependant comme cette dernière n'a pas encore reçu de traitement insecticide et offre une fiabilité d'observation plus grande, elle sera utilisée pour les premiers résultats des comptages visuels de Cicadelles vertes. Les relevés visuels de glomérules de vers de la grappe sont analysés sur la parcelle du Vieux cabernet franc.

3.1. Développement de la bande fleurie d'Avril à Juin 2017 et pouvoir attracteur

3.1.1. Un recouvrement floral « pollué »

Parmi les modalités fleuries, on constate que toutes les plantes semées ne se sont pas forcément développées. En revanche, on compte une forte proportion d'adventices* (supérieure à celle de la modalité témoin E), essentiellement du genre *Picris* (L.) et *Rumex* (L. 1753), (>50% pour les modalités A, C et D ; > 30% pour B et E) (Figure 10).

La modalité B (réensemencée l'an dernier) n'a quasiment pas levé, seuls 3% des plantes semées ont poussé au mois de Juin et on compte un pourcentage de sol nu de 62%.

La bande fleurie a globalement beaucoup de difficultés à s'implanter (Annexe V).

3.1.2. Modalités attractives et influence sur les antagonistes naturels des ravageurs

a) Le large panel d'attraction entomologique des modalités fleuries

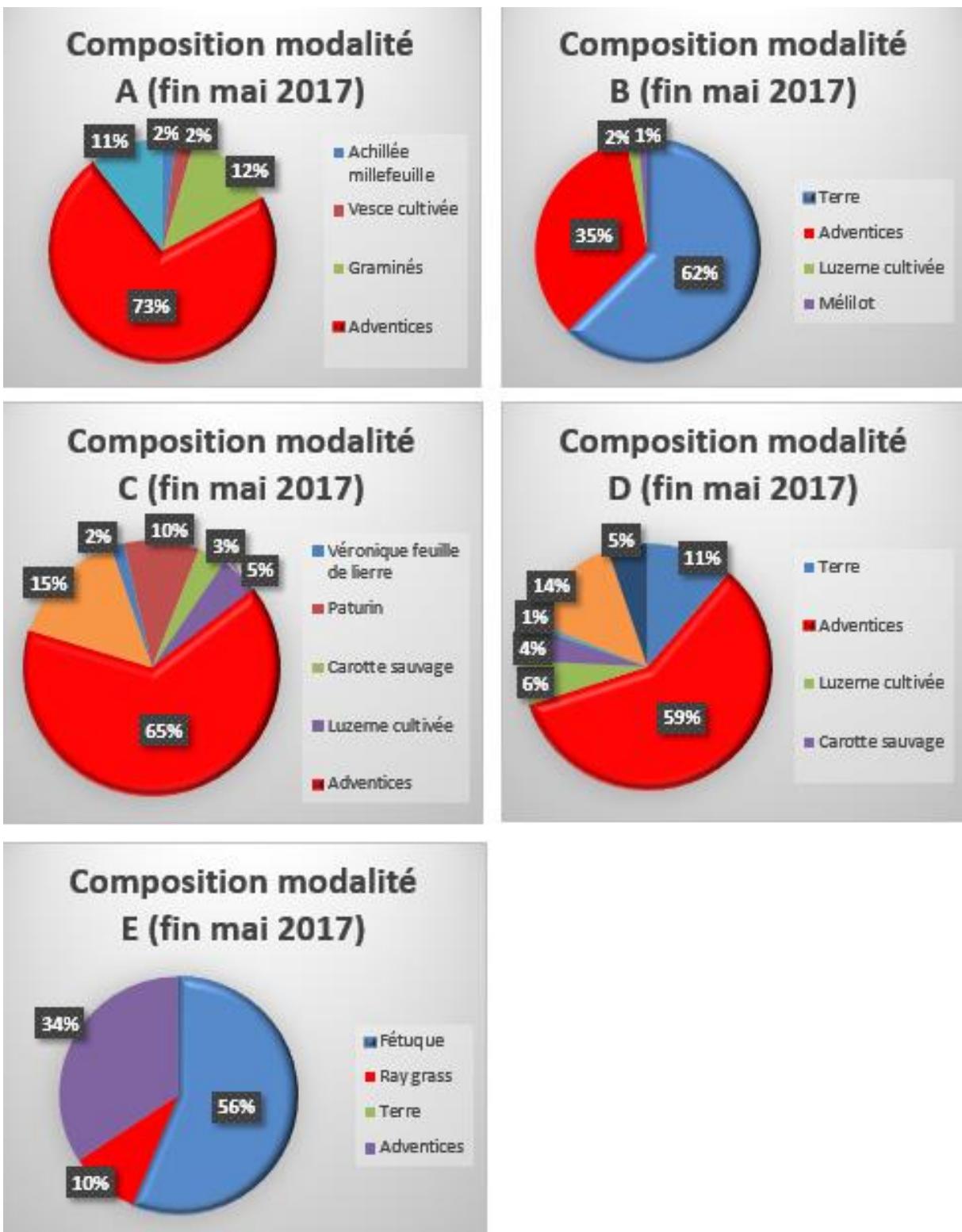


Figure 10 Graphiques représentant le recouvrement moyen (fin Mai 2017) des espèces végétales les plus représentées par modalité de la bande fleurie.

Ce sont des insectes de l'ordre des Diptères qui sont le plus abondamment fauchés à la fin-Mai 2017 (A : 33%, B : 26%, C : 31%, D : 37% et E : 34%). On compte également une quantité importante d'Aranéides, d'Hémiptères, de Coléoptères et d'Hyménoptères. On constate suivant les graphiques de la Figure 11, que les modalités fleuries n'attirent pas plus d'insectes que le témoin E et que la modalité B est celle qui en attire le moins.

b) Attraction des auxiliaires : aucune différence entre les modalités à la fin mai 2017

La modalité A compte la plus grande proportion d'auxiliaires (Coccinelles, Syrphes, Chrysopes et Microhyménoptères) fauchés (33%), de plus, hormis B, les modalités présentent un plus haut pourcentage d'attraction d'auxiliaires que le témoin E à 13% (Figure 12). Mais il n'y a pas de différence d'attraction d'auxiliaires significative entre les modalités d'un point de vu statistique (Test ANOVA : F-value = 2.326 > 0.05).

3.2. Bandes fleuries et régulation naturelle des ravageurs

3.2.1. Vigne : refuge idéal pour les Cicadelles vertes et les Chrysopes

Les échantillons ne sont pas dans des conditions paramétriques (test Shapiro-Wilk, p-value < 2.2.10⁻¹⁶ < 0,05). Avec le peu de données récoltées, le test paramétrique ANOVA ne répond pas aux exigences de normalités et d'homoscédasticité des variances nécessaires, c'est donc le test Kruskall-Wallis qui est choisi, permettant de mettre en évidence l'influence des différentes modalités sur les ordres d'insectes représentés. Selon ce test (p-value* = 0.1958 > 0.05), il n'y a pas de différence significative du nombre de Cicadelles vertes observées sur feuilles entre les cinq modalités (Figure 13a). De plus il n'y a pas de différence

Donc il n'y a pas de différences significative entre les modalités, concernant la présence de ravageurs Cicadelles à la fin-Mai 2017.

3.2.2. Service écosystémique rendu : Cicadelles présentes sur la vigne à différentes distances de la bande fleurie

L'analyse statistique des relevés visuels sur feuilles indique que pour ces observations, les conditions paramétriques ne sont pas respectées (Shapiro, p-value = 3.568.10⁻¹⁴ < 0.05). D'après le test de Kruskall-Wallis (p-value = 0.8324 > 0.05), il n'y a pas de différence significative entre les distances à la bandes fleurie, concernant la quantité de ravageur Cicadelles vertes observée sur feuilles (Figure 14).

L'analyse statistique des relevés visuels des plaques engluées indique par un test Shapiro (p-value = 0.2048 > 0.05) que les valeurs suivent une loi Normale et que l'homogénéité des variances est respectée (p-value = 0.1667 > 0.05). Ainsi d'après le Test ANOVA (F-value = 1.066 > 0.05) il n'y a pas de différences significative entre les distances à la bandes fleurie, concernant la quantité de ravageur Cicadelles vertes observée sur plaques engluées (Figure 15).

Répartition des Ordres entomologiques en fonction des modalités

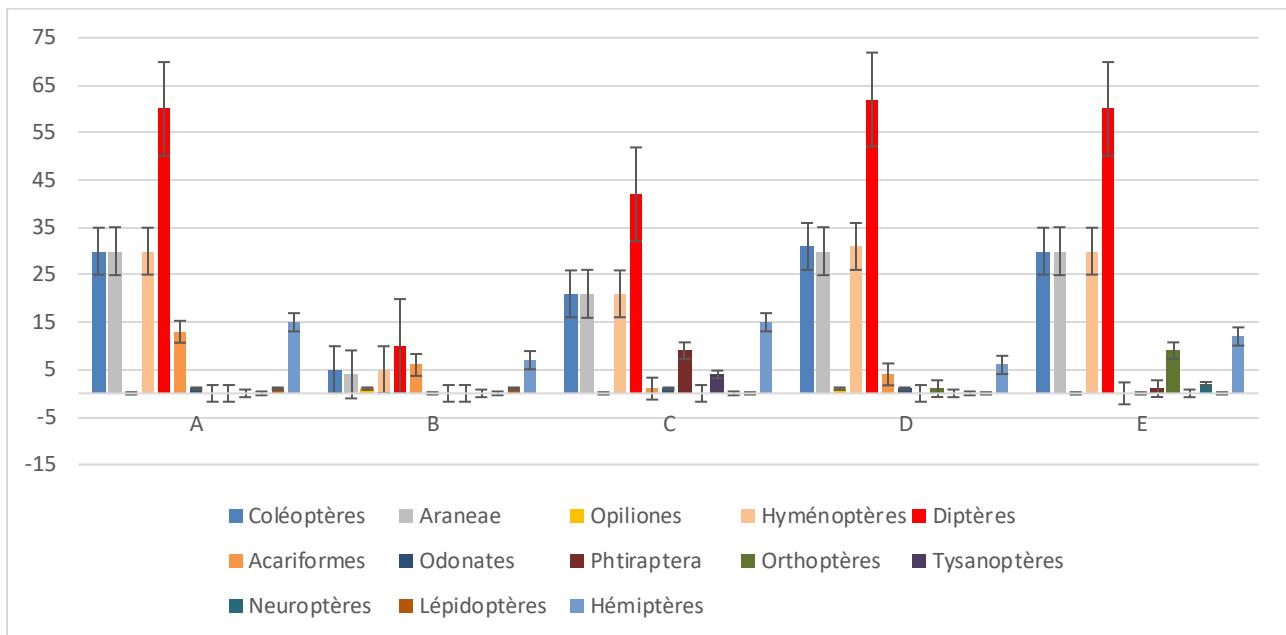


Figure 11 Graphique représentant la répartition des insectes selon leur Ordre en fonction des modalités (A, B, C, D et E) significative entre les modalités concernant le nombre de cicadelles vertes observées sur plaques engluées (Test ANOVA : F-value = 1.822 > 0.05).

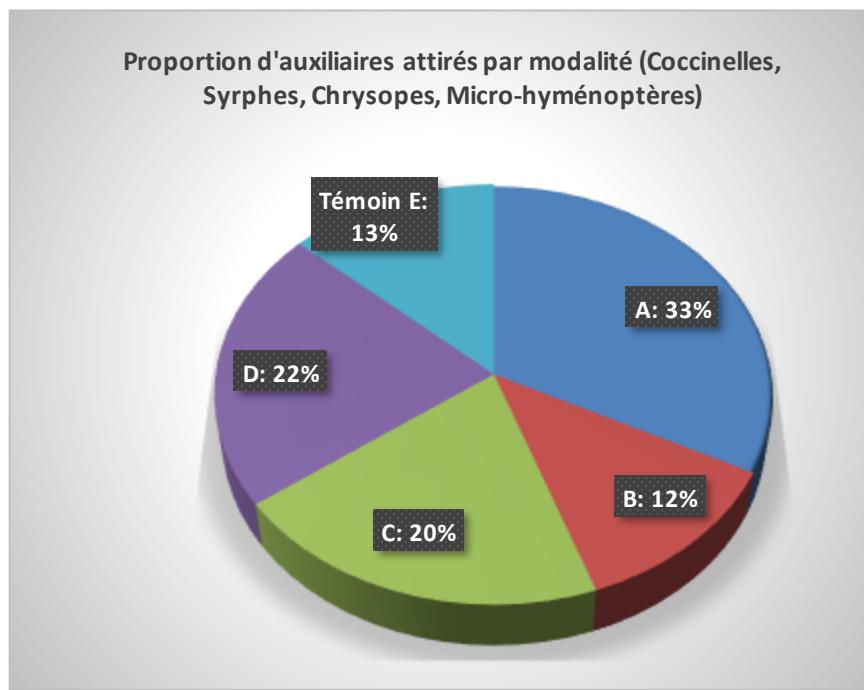


Figure 12 Diagramme des proportions d'auxiliaires (Coccinelles, Syrphes, Chrysopes et Micro-hyménoptères) fauchés au sein de chaque modalité (A, B, C, D et E témoin).

A la fin-Mai 2017, aucune différence significative de quantité de Cicadelles vertes, en fonction de l'éloignement à la bande fleurie, n'est observable, que ce soit pour les modalités fleuries ou le témoin.

Remarque : au cours des observations de Cicadelles vertes, des œufs de Chrysopes ont été reconnus. De par leur suspension à un fil de soie sous les face inférieure des feuilles de vigne qui leur permet d'échapper aux éventuels prédateurs rampants. Modalité A: 4 œufs observés pour 24 ceps ; B: 12 ; C: 2 ; D: 1 et E: 2.

3.2.3. Les modalités fleuries influencent l'abondance des vers de la grappe (Tordeuses)

Les échantillons ne sont pas dans des conditions paramétriques (test Shapiro-Wilk, p-value < 2.2.10⁻¹⁶ < 0,05). Le test de Kruskall-Wallis (p-value* = 0.02452 < 0.05), du nombre de glomérules de vers de la grappe observés, entre les cinq modalités (Figure 13b). Les tests unilatérales de Wilcoxon montrent qu'il existe une différence entre les modalité A et B, B et C et B et D (p-value = 0.04095), et, que dans chacun des cas, c'est la modalité B qui est supérieure significativement (p-value = 0.02047). Ceci n'est pas observé avec le témoin E.

La modalité B compte un nombre significativement plus important de glomérules que les autres modalités fleuries (A, C et D).

Concernant les observations de glomérules en fonction des distances à la bande, les résultats sont très imprécis au vu des faibles effectifs. Cependant, les conditions paramétriques ne sont pas respectées non plus (Shapiro, p-value < 2.2.10⁻¹⁶ < 0.05). Le test de Kruskall-Wallis (p-value = 0.03167 < 0.05) permet de dire qu'il y a des différences entre les quatre distances examinées, cependant les comparaisons deux à deux avec le test de Wilcoxon (dont toutes les p-values sont < 0.05) prouvent le contraire (Figure 16).

Il n'y a donc pas de différence significative de quantité de ravageurs (glomérules) vers de la grappe, en fonction des distances à la bande fleurie, à la date de fin-Mai 2017.

4. Discussion

4.1. Un environnement influent

4.1.1. Environnement : acteur de la mauvaise implantation de la bande fleurie

La **mauvaise implantation** des mélanges fleuris peut être expliquée par divers facteurs externes. Aux alentours immédiats de la parcelle d'exploitation se trouvent des bandes enherbées, deux chemins d'accès aux cultures et une route régulièrement fréquentée (D166). De plus, lors des observations et captures d'insectes, le fait de se déplacer, même sur une plus courte distance sur les quadras d'observation, entraînerait un biais dans les données recueillies. Bien que des précautions ont été prises, le piétinement de la bande

Nombre de Cicadelles et de glomérules en fonction des modalités fleuries

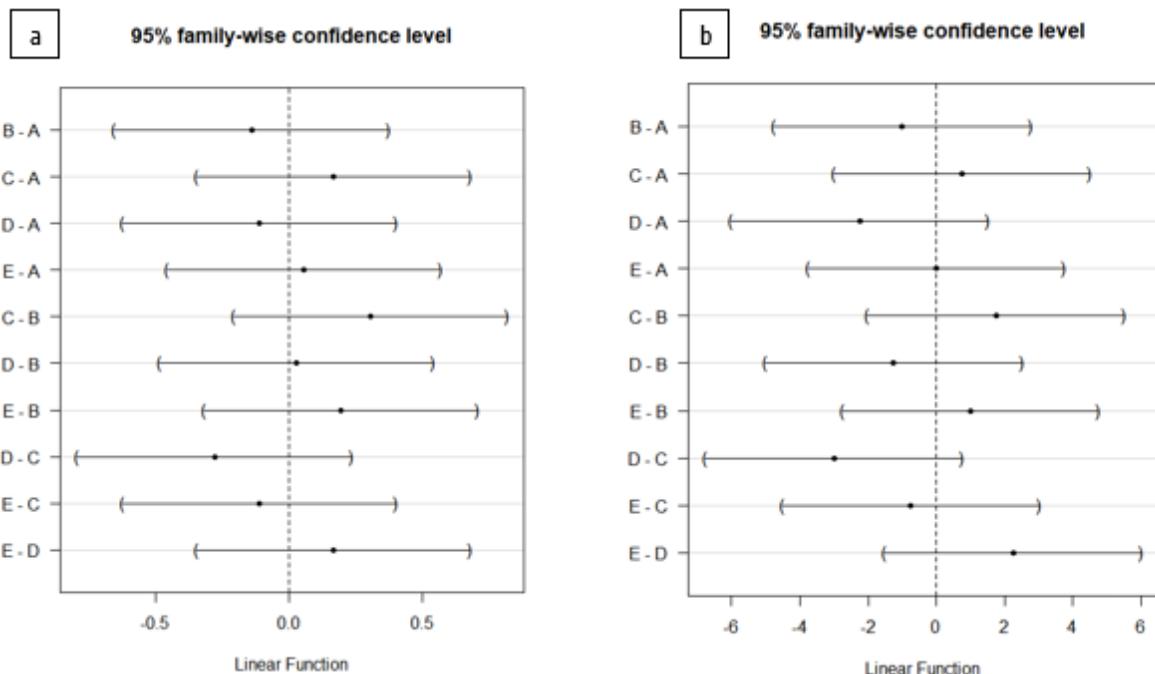


Figure 13 Graphique de comparaison multiple (intervalle de confiance 95%) entre les différentes modalités A, B , C , D et E par rapport au nombre de Cicadelle vertes observées sur feuilles (a) et le nombre de glomérules de vers de la grappe (b), (fin Mai 2017).

Nombre de Cicadelles en fonction de la distance à la bande fleurie

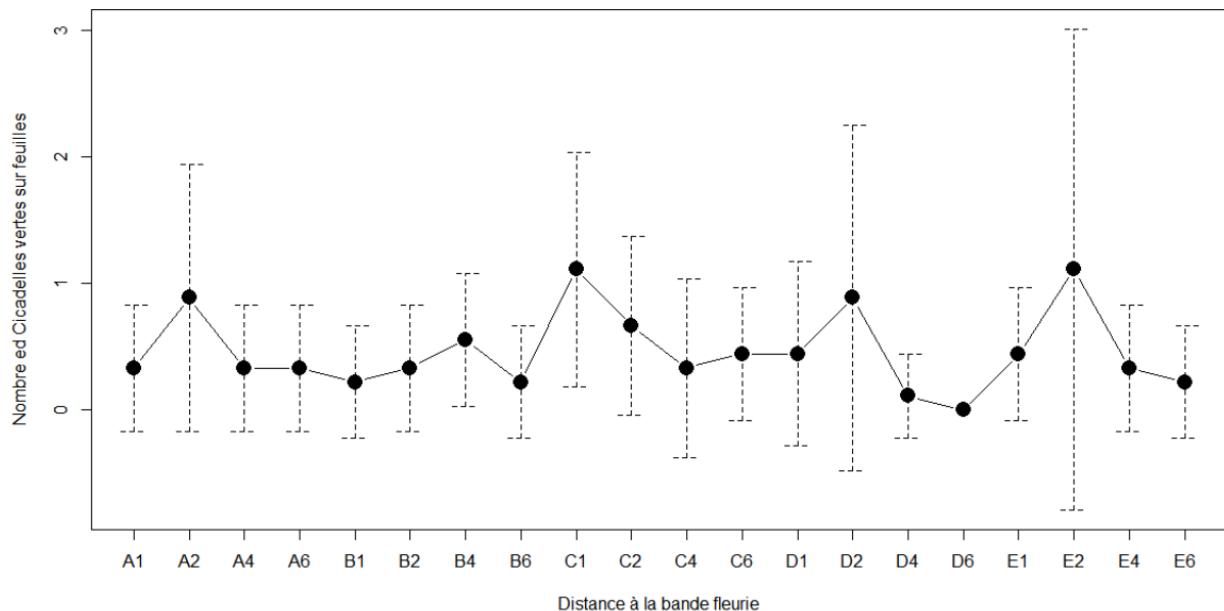


Figure 14 Graphique des moyennes du nombre de Cicadelles vertes observées sur feuilles (fin Mai 2017), dans la parcelle de vigne Grolleau, pour différentes distances à la bande fleurie (1 : 0.5m, 2 : 2.5m, 4 : 6.5m et 6 : 10.5m).

existe, modifiant la flore et la faune présente (Agriculture.gouv.fr, date non communiquée). Ces éléments paysagers et de culture agissent sur la composition de la biodiversité comme l'indique la Figure 1 (Pollier A., décembre 2016).

Le recouvrement des bandes est hétérogène, cela peut être dû à la préparation du lit de semences, au biais de l'ensemencement pour la jetée manuelle des graines, ou encore, à la dissémination de graines par les tracteurs et autres véhicules traversant la bande fleurie. De plus, l'ancienneté de la bande et un fort taux de salissement l'année précédente (près de 50% de salissement, en particulier du genre *Picris*) interviennent en tant que facteurs externes influençant les résultats. En effet, les bandes fleuries mises en place n'ont subi aucun désherbage, ce qui explique les forts taux d'adventices observés.

Comme disait l'étude de Luka et al. 2016, les plantes semées concurrencent les plantes indésirables. En effet, nous l'observons dans la modalité témoin E pour laquelle l'implantation s'est correctement effectuée (66% selon la Figure 10) et pour laquelle le pourcentage d'adventices est le plus faible (sans comparer avec la modalité B qui ne s'est quasiment pas implantée et qui est fortement « polluée »). L'étude de Boursault en 2012 a montré que les adventices pouvaient être régulées par la présence des carabes*. Une meilleure gestion des populations de ces Coléoptères permettrait de diminuer l'usage d'intrants (herbicides) et préserverait ainsi la biodiversité.

4.1.2. Le manque de diversité florale limite l'abondance des insectes, notamment des auxiliaires de culture

Il a été noté une forte présence d'Hyménoptères et Diptères au sein des bandes. Ce sont essentiellement ces insectes qui permettent la pollinisation des cultures. De plus les graminées sont des espèces anémophiles et non pas entomophiles (Plateau F., 1899), donc leur bonne implantation au sein de la modalité témoin ne doit pas impacter l'abondance d'insectes attirés.

Aucune différence d'abondance d'auxiliaires n'est observée entre les différents mélanges. En effet cela peut être explicable par des relevés analysés comme indépendants alors que les modalités sont collées entre elles, et, qu'on ne puisse pas prendre en compte le déplacement des insectes lors du fauchage d'une modalité à une autre. Le manque de diversité florale, qui est essentielle à l'attraction des insectes, peut aussi influencer l'abondance d'auxiliaires. En effet, la fourniture de ressources florales, pour le renforcement des populations d'insectes bénéfiques, est une stratégie pour améliorer le contrôle biologique et la pollinisation dans les agroécosystèmes (Pontin et al., 2006). Or, selon Pollier et al. 2016, la quantité de ressources florales entomophiles est plus importante que la diversité des plantes, car, une trop grande diversité floristique ou un paysage complexe, peuvent perturber les micro-Hyménoptères dans la recherche de leurs proies.

Les insectes sont attirés par les fleurs pour se procurer du nectar ou du pollen, moyens de subsistance alimentaire, car riche en glucides (Wäckers et al., 2006). Remettant en cause les travaux de Darwin sur le lobelia bleu (*Lobelia erinus*), Plateau F. dans ses Mémoires de la Société zoologique de France de 1899, a

Nombre de Cicadelles en fonction de la distance à la bande fleurie

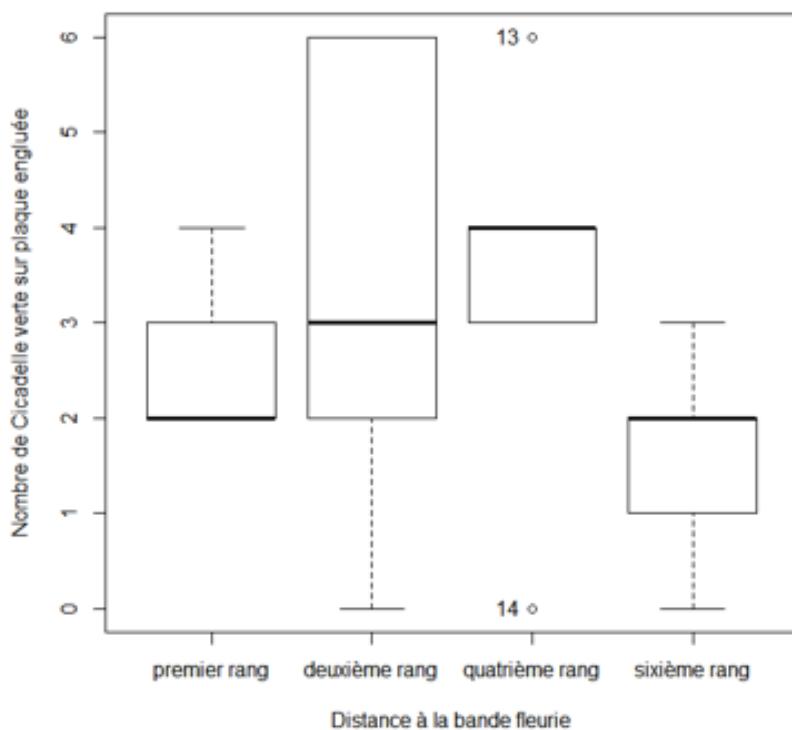


Figure 15 Graphique de dispersion des moyennes du nombre de Cicadelles vertes observées sur plaques engluées (fin Mai 2017), dans la parcelle de vigne Grolleau, pour différentes distance à la bande fleurie (1er rang : 0.5m, 2e : 2.5m, 4e : 6.5m et 6e : 10.5m).

Nombre de glomérules en fonction de la distance à la bande fleurie

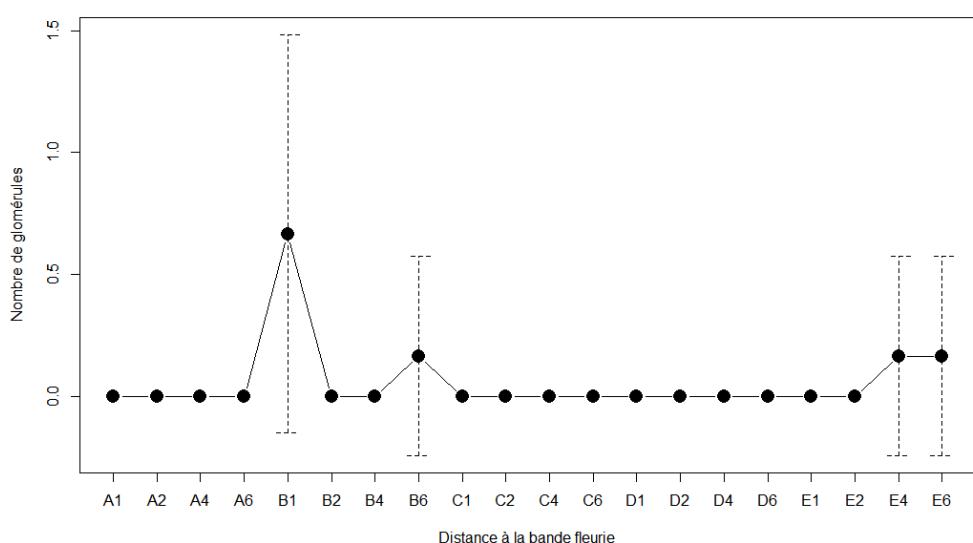


Figure 16 Graphique des moyennes du nombre de glomérules de vers de la grappe observées sur feuilles (fin Mai 2017), dans la parcelle de vigne Vieux cabernet franc, pour différentes distances à la bande fleurie (1 : 0.5m, 2 : 2.5m, 4 : 6.5m et 6 : 10.5m).

prouvé que les insectes ne sont pas attirés par la couleur des fleurs mais bien par les substances volatiles odorantes qu'elles émettent. De plus, l'architecture florale influence la sélection des plantes hôtes ressources par les parasitoïdes dans les systèmes de culture (Patt *et al.*, 1997). Il est donc préférable de favoriser des couverts avec des espèces florales qui présentent un accès facile au pollen et au nectar, comme les Ombellifères ou les Astéracées (pissenlits, matricaires) ou encore les Brassicacées. De plus, il est essentiel que la bande fleurie soit présente toute l'année, puisque celle-ci permet aux auxiliaires de pouvoir trouver un abri pour passer l'hiver (Romet L., 2005).

4.2. Biocontrôle des ravageurs par les micro-Hyménoptères : Un service rendu encore invisible

4.2.1. Biocontrôle en fonction des mélanges fleuris

Le développement de la plupart des ravageurs est associé à l'expansion des monocultures au détriment des mauvaises herbes, les haies et les autres types de végétation naturelle, diminuant ainsi la diversité de l'habitat local. Cette simplification peut sérieusement affecter l'abondance et l'efficacité des ennemis naturels, qui dépendent de la complexité de l'habitat pour les sources d'autres proies/hôtes, de pollen et de nectar, abri, de nidification et d'hivernage des sites (Altieri *et al.*, 1984).

Dans cette étude, davantage de glomérules de vers de la grappe sur la vigne sont observés face à la modalité B. Cependant ces données partielles ne permettent pas de pour pouvoir confirmer l'effet des bandes fleuries sur l'abondance des ravageurs. Des études précédentes montrent que la présence des auxiliaires tels que les parasitoïdes, dépend non seulement des ravageurs mais également des ressources en fleurs, afin d'assurer leur survie et leur reproduction (Tschumi *et al.*, 2016). La lutte biologique par conservation vise à maximiser l'impact de ces ennemis naturels des ravageurs en améliorant la disponibilité de nectar et de pollen dans les agroécosystèmes. Le risque avec cette approche est que ravageurs peuvent également bénéficier de la ressource alimentaire (Baggen *et al.*, 1999). De par leurs différences entre elles, les fleurs agissent sur le biocontrôle. Ces caractères floraux sont susceptibles d'affecter les performances de recherche de nourriture des parasitoïdes dans les paysages agricoles (Bianchi and Wäckers, 2008). L'ajout de plantes spécialement sélectionnées augmente le parasitisme, comme l'ajout de bleuets (*Centaurea cyanus*) dans une culture de chou vert (*Brassica oleracea*) (Balmer *et al.*, 2014).

4.2.2. Biocontrôle en fonction de l'éloignement à la bande fleurie

Aucune différence des abondances de ravageurs n'a été observée selon les modalités fleuries. Ces résultats peuvent être expliqués par des facteurs endogènes et exogènes à la zone d'expérimentation. De fortes migrations de ces insectes (émigrations et immigrations) entre les parcelles viticoles et l'environnement herbacé, sont possibles (Ephytia, 2014). Les auxiliaires, les micro-Hyménoptères parasitoïdes précisément, peuvent se nourrir sur les plantes hôtes des bandes fleuries, mais aussi, sur d'autres types de ressources florales à l'extérieur de la culture (Scarratt *et al.*, 2008). En effet les bordures de la culture et les inter-rangs sont « fleuris », ce qui crée probablement un brassage de la faune au sein même de la parcelle influençant les résultats d'observations et de captures. Ces déplacements des ennemis naturels entre les bordures

herbacées et les parcelles agricoles sont difficiles à appréhender (individus rapides, petits) (Pollier, 2016). Des études récentes ont montré que l'élément radioactif, Rubidium chloride (RbCl), pouvait être utilisé pour marquer les parasitoïdes et en étudier les déplacements. Pour ce faire, les plantes hôtes ont préalablement été aspergés de RbCl (Scarratt *et al.*, 2008).

5. Conclusions et perspectives : le service rendu des bandes fleuries fortement dépendant de l'environnement

Les questions posées dans cette étude étaient, de savoir si l'attraction des auxiliaires de culture variait en fonction des différents mélanges fleuris, et, si ces auxiliaires exerçaient un service écosystémique de biocontrôle des ravageurs de la vigne. Au vu de la mauvaise implantation des mélanges fleuris, nous n'avons pas encore pu conclure quant à l'intérêt des bandes fleuries pour le biocontrôle, car, globalement les abondances de ravageurs ne varient ni entre les modalités, ni entre les distances. Mais des parasitoïdes ont été capturés dans la bande fleurie, ce qui atteste de leur attraction par la structure agroécologique. Plus de précisions seront apportées après les résultats des calculs des taux de parasitisme pour chacun des mélanges fleuris. Le parasitisme dépend de quatre éléments : l'environnement de l'hôte, la localisation de l'hôte, l'acceptation de l'hôte et l'adéquation de l'hôte pour le parasite (Vinson, 1976). Il est important de veiller à ce que les bandes fleuries soient mises en place en association avec des habitats semi-naturels et bien connectés, afin d'assurer aux auxiliaires une protection également en automne et en hiver, ainsi que des possibilités d'hivernage.

Le résultat attendu est, que l'utilisation stratégique des plantes pour améliorer la biodiversité végétale de manière bien ciblée, puisse fournir des sources de nourriture et d'abris pour les ennemis naturels des ravageurs, afin d'améliorer la lutte biologique et réduire la dépendance à l'égard des pesticides chimiques. Dans le contexte actuel, l'utilisation des intrants est de plus en plus stricte, les produits herbicides sont aussi très contrôlés, c'est pourquoi une meilleure compréhension de la biodiversité du milieu rural et notamment de la flore spontanée est essentielle. Ceci passe notamment par le suivi de l'évolution des plantes qui seraient vraiment indésirables et dont l'expansion pourrait devenir un danger pour la culture avoisinante. Une meilleure connaissance des adventices en viticulture permettrait de réaliser un travail du sol plus adéquat, en respectant les plantes qui semblent intéressantes et en préservant ainsi la biodiversité.

La lutte biologique nécessitent une connaissance approfondie de l'écologie de l'herbivore, ses ennemis et leurs déplacements et interactions avec les ressources éventuelles. Une approche de type paysage peut être envisagée pour étudier la régulation naturelle des ravageurs. Des études les plantes hôtes secondaires peuvent permettre de développer un système de piège pour les herbivores.

Ce projet apporte un intérêt socioéconomique (gain financier pour les producteurs) et génération d'emplois (production de graines sauvages) ; un intérêt environnemental grâce à la lutte biologique (réduction de la dépendance aux traitements insecticides). Outre l'aspect esthétique, la bande fleurie s'inscrit dans le

programme Trame verte (engagement du Grenelle de l'environnement) ; un intérêt technique et scientifique (site ressource, de valorisation des travaux et de retours d'observations). Si leurs avantages pour la biodiversité ordinaire et fonctionnelle se confirment, de telles actions encourageront une prise de conscience favorable au renouveau des pratiques agricoles et à l'importance de la conservation de la biodiversité dans une stratégie de production viticole.

6. Bibliographie

6.1. Les ouvrages

Altieri MA, Letourneau DK, Risch SJ. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. Critical Reviews in Plant Sciences **2**, 131-169.

Andrade TO, Butet A, Ernoult A. 2010. Influence de la connectivité du paysage sur la biodiversité. Rapport bibliographique Université de Rennes1.

ATV49. Juillet 2015. **Fiche tech' Viti.** Cicadelles vertes.7p.

Baggen LR, Gurr GM, Meats A. 1999. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **91**, 155-161.

Balmer O, G?neau CE, Belz E, Weishaert B, F?rderer G, Moos S, Ditner N, Juric I, Luka H. 2014. Wildflower companion plants increase pest parasitation and yield in cabbage fields: Experimental demonstration and call for caution. *Biological Control* **76**, 19-27.

Becond M. 2016. Contrôle biologique par conservation des habitats en viticulture : impact de différents mélanges fleuris sur l'évolution des populations d'auxiliaires et des principaux bioagresseurs

Bianchi FJJA, Wäckers FL. 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological Control* **46**, 400-408.

Boursault. A Caractérisation des relations trophiques entre composantes d'un agroécosystème : le cas de la préation des graines d'adventices par les Carabidae. Sciences agricoles. Université de Bourgogne, 2012.

Cerutti F, Baumg?rtner J, Delucchi V. 1991. The dynamics of grape leafhopper *Empoasca vitis* G?the populations in southern Switzerland and the implications for habitat management. *Biocontrol Science and Technology* **1**, 177-194.

CIVAM oasis Champagne-Ardenne. 2014 Les fiches techniques de la biodiversité en zones de grande culture. Les Syrphes... contre pucerons, cochenilles etc. 2p.

Delbac L, Constant N, Laveau E, Thiery D, Smits N, Roudet J, Merot A, Wéry J, Feraud M. 2013. Un nouvel indicateur intégré d'évaluation des dégâts occasionnés aux grappes par des bioagresseurs majeurs au vignoble. *Innovations Agronomiques* **32**, 61-71.

Luka H, Barloggio G et Pfiffner L. 2016. Les bandes fleuries régulent les ravageurs des cultures maraîchères et favorisent la biodiversité. *Recherche Agronomique Suisse* : 268-275

ITAB 2003. Protection contre les vers de la grappe en viticulture biologique. TECHN'ITAB viticulture.4p.

MacGill EI. 1934. On the Biology of Anagrus atomus (L.) Hal.: an Egg Parasite of the Leaf-Hopper Erythroneura Pallidifrons Edwards. *Parasitology* **26**, 57.

Microsoft Excel. Pack Office 265 ProPlus, version 1705.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC

6.2. Les ressources en ligne

Dictionnaire d'agroécologie (Date non communiquée). Agroécologie. [consulté le 10/06/2017] [/http://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agroecologie/](http://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agroecologie/)

DuPont Evalio Portfolio (2014). [consulté le 24/04/2017] / http://www.evalioportfolio.dupont.com/?m=base&f=flore&id_adventice=6

Ephytia (2017). Dégâts et nuisibilités. [consulté le 20/04/2017] / <http://ephytia.inra.fr/fr/C/7047/Vigne-Degats-et-nuisibilite>

Google Earth (Date non communiquée). [consulté le 15/06/2017] / [L](#)

Google images (date non communiquée). [consulté le 24/04/2017] / <https://images.google.fr/>

Gouvernement.fr (Date non renseignée). La loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt. [consulté le 15/06/2017] / <http://www.gouvernement.fr/action/la-loi-d-avenir-pour-l-agriculture-l-alimentation-et-la-foret>

Herbea (2015). [consulté le 14/06/2017] / <http://www.herbea.org/fr/fiches/>

Hermex (2010). Agriculture. [Consulté le 14/06/2017] / <http://hermex.fr/p2-EngraisetCerealesnnnEffluentsphytosanitaires.html>
https://earth.google.com/web/@47.1315141,-0.1393644,62.81625012a,692.45173758d,35y,0h,45t,0r/data=CmUaYxJdCiUweDQ4MDc4ZDMxODAwZjE40DU6MHg2ZW M30WY3ZGJINjgwMjIwGT8703TVkEdAIUYDHVKx1sG_KiJMeWPDqWUgUHJvLiBBZ3JpY29sZSBFZGdhcmQgUGIzYW5pGAIgASgC

IFV (2017). L'Eudémis. [consulté le 14/06/2017] / <http://vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/eudemis.php#ancre2>

Infloweb (2011). Sélectionner une adventice. [consulté le 24/04/2017] / <http://www.infloweb.fr/>

Microcox (2001). Identification express. [consulté le 06/2017] / <http://microcox.pagesperso-orange.fr/icono.htm>

Muséum d'Histoire Naturelles (Date non communiquée). Protocole d'observation de la flore des bords de champs selon la méthode des quadrats botaniques. [consulté le 05/06/2017] / http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/Annexe_7a_Protocole_d_observation_flore_des_bords_de_champ.pdf

Tela Botanica (Date non renseignée). IdentiPlante. [consulté le 20/04/2017] / http://www.tela-botanica.org/appli:identiplante?masque.type=tous&page=1&pas=12&masque.pninscritsseulement=1&tri=d&ate_transmission&ordre=desc

UPMC (Date non communiquée). Identification Assistée par Ordinateur (IAO). [consulté le 15/05/2017] / <http://abiris.snv.jussieu.fr/flore/herbier.php>

Wikipédia (2001) [consulté le 24/04/2017] / <https://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil>

Annexe I : Exploitation de Montreuil-Bellay



Figure 17 Vue aérienne (2,54 km) de l'ensemble des parcelles de vigne de l'exploitation du lycée agricole Edgard Pisani.(Source : earth.google.com)

Annexe II : Composition des modalités de la bandes fleurie

Tableau I Composition des mélanges de semences destinés aux bandes fleuries pour auxiliaires testés dans la culture de vigne (2017).

Taxonomie			Modalités					Cycle de vie		
Famille	Nom courant	Nom latin	A	B	C	D	E témoin	Vivace	Annuelle	Bisannuelle
A	Apiaceae	Carotte sauvage	Daucus carota	Mélange Naturaux auxiliaires	X	X	X			X
	Asteraceae	Achillée millefeuille	Achillea millefolium				X		X	
	Asteraceae	Pâquerette	Bellis perennis		X		X		X	
	Asteraceae	Scabieuse	Centaurea scabiosa			X	X		X	
	Asteraceae	Bleuet	Cyanus segetum		X		X			X
	Asteraceae	Marguerite	Leucanthemum vulgare				X		X	
	Asteraceae	Pissenlit	Taraxacum sp.				X		X	
	Brassicaceae	Alliaire	Alliara petiolata				X		X	
	Brassicaceae	Barbarée	Barbarea sp.			X	X			X
	Brassicaceae	Alysse maritime	Lobularia maritima		X		X			X
	Fabaceae	Lotier	Lotus sp.				X		X	
	Fabaceae	Luzerne cultivée	Medicago sativa		X	X	X		X	
	Fabaceae	Mélilot	Trigonella altissima		X		X		X	
	Fabaceae	Vesce cultvée	Vicia sativa		X					X
F L O R E	Poaceae	Fétuque	Festuca ovina					X	X	
	Poaceae	Ray grass	Lolium perenne					X	X	
	Poaceae	Paturin	Poa annua			X	X		X	
	Scrophulariaceae	Véronique feuille de lierre	Veronica hederifolia			X	X			X

Annexe III : Ravageurs de vigne et Auxiliaires associés

Tableau II Principaux ravageurs de vigne et les auxiliaires qui leurs sont associés (Source : Google images.fr).

RAVAGEURS	AUXILIAIRES
LEPIDOPTERES : TORDEUSES OU VERS DE LA GRAPPE	HYMENOPTERES PARASITOÏDES
Cochylis (<i>Eupoecilia ambiguella</i>)	Icheumonidae (<i>Campoplex</i> sp.)
 	
Eudemis (<i>Lobesia botrana</i>)	Eulophidae
 	
	Pteromalidae
	Bethylidae
	
	PREDATEURS
	HYMENOPTERE Punaise (<i>Orius</i> sp.)
	
	DIPTERE : Syrphe (<i>Xanthandrus</i> sp.)
	
	NEUROPTERE Chrysope (<i>Chrysoperla</i> sp.)
	
	COLEOPTERE Coccinelle (<i>Coccinella</i> sp.)
	
HEMIPTERES	Micro - HYMENOPTERES PARASITOÏDES
Cicadelle verte (<i>Empoasca vitis</i>)	Mymaridae (<i>Anagrus atomus</i>)
 	
Cicadelle de la flavescence doree (<i>Scaphoideus titanus</i>)	Dryinidae (<i>Gonatropus</i> sp.)
 	

Annexe IV : Echelles phénologiques de la flore et de la vigne

Tableau III Les différents stades phénologique de la flore (Source : Becond M.)

1	Cotylédons
2	Plantules
3	Pleins développement végétatif
4	Boutons floraux (dicotylédones)
5	Epiaison
6	Début floraison
7	Pleine floraison
8	Début fructification
9	Pleine fructification
10	Graines formées
11	Graines mûres, dissémination

Tableau IV Les différents stade phénologique de la vigne selon l'échelle Baggioini (Source : Becond M.)

A	Bourgeon d'hiver
B	Bourgeon dans le coton
C	Pointe verte
D	Sortie des Feuilles
E	2-3 feuilles étalées
F	grappes visibles
G	Grappes séparées
H	Boutons floraux séparés
I	Floraison
J	Nouaison
K	Baie taille de petit pois
L	Fermeture de la grappe
M	Véraison
N	Maturité
O	Début de chute des feuilles

Annexe V : Evolution de la flore et de la vigne (fin Avril-fin Mai)

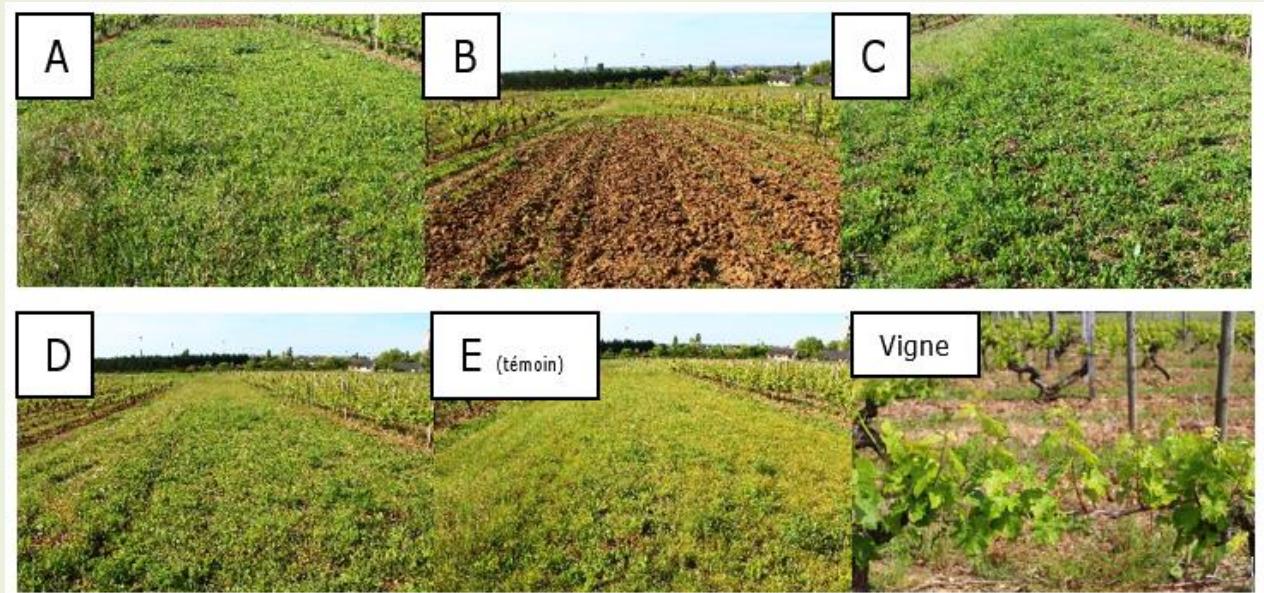


Figure 18 Etats phénologiques de fin-Avril, des différentes modalités de la bande fleurie (A, B, C, D, E) et de la vigne (respectivement stades plantule et G, selon annexe IV). (Source : AB)

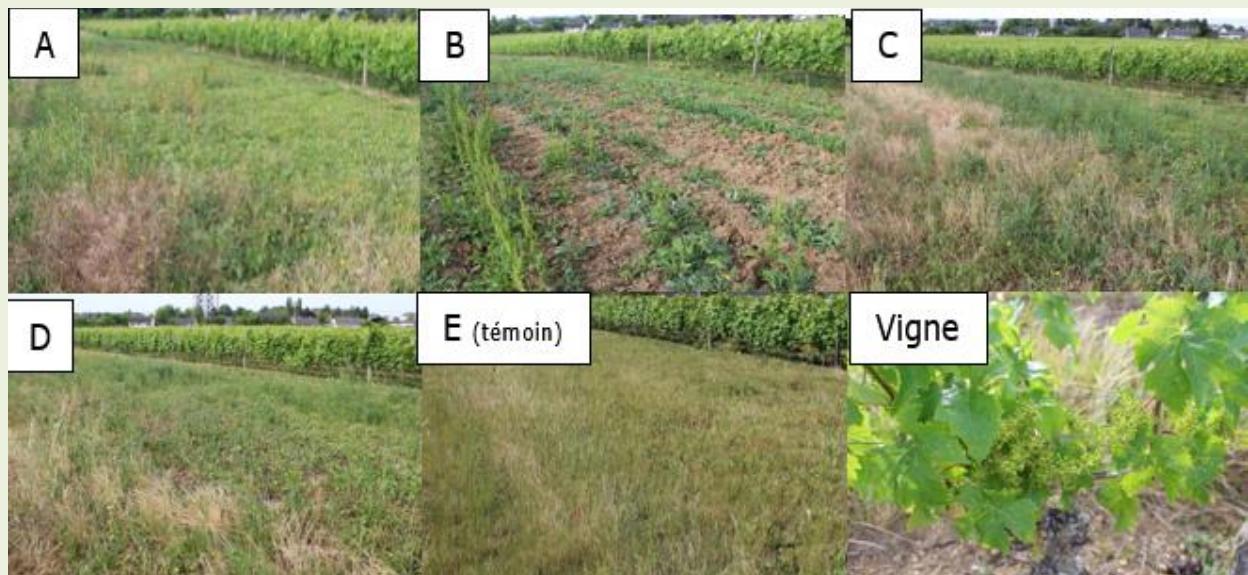


Figure 19 Etats phénologiques de fin-Mai, des différentes modalités de la bande fleurie (A, B, C, D, E) et de la vigne (respectivement stades floraison/pleine fructification et K, cf annexe IV). (Source : AB)

ABSTRACT

The massive use of pesticides in viticulture, reduces biodiversity. Sustainable agriculture relies on ecosystem services as biological pest control offering resources to the natural enemies of the pests. This study shows the ecosystem services depending on the remoteness of a flowery strip, composed of five different floral mixtures, adjacent to vineyards. To find out if beneficial arthropods were attracted by the flower strips and may help to control vine pests, survey of the entomofauna and flora were made. It has been shown that the flower strips present difficulties of implementation. As for auxiliaries (Micro-hymenoptera, ladybugs, Hoverflies, lacewings), no significant difference in the abundance of pests (green leafhoppers or grape berry moths), was shown at the end of June 2017. On the other hand the floral mixture B (sown recently and not very flowery) displays a quantity of caterpillar glomerules higher than other mixtures. This result suggests that flowery strips can help reducing pest abundances, in addition to the benefits for biodiversity that it offers, and so to improve agricultural production. 2017 study is not yet over. The results will be accessible to a general audience via the site Herbea.org.

keywords : flower strips, ecosystem service, pest control, auxiliary, vineyard

RESUME

L'utilisation massive de produits phytosanitaires en viticulture notamment, réduit considérablement la biodiversité. Une agriculture durable s'appuie sur les services écosystémiques comme la lutte biologique contre les ravageurs et nécessite d'offrir des ressources aux ennemis naturels des ravageurs. Cette étude vise à montrer les effets de l'implantation d'une bande fleurie, composée de cinq mélanges floraux différents, sur la biodiversité et sur le biocontrôle des ravageurs dans les parcelles de vigne adjacentes. Pour savoir si les auxiliaires attirés par les bandes fleuries exercent un contrôle biologique sur les ravageurs de la vigne, des suivis de l'entomofaune et de la flore sont réalisés. Il a été montré que la bande présente des difficultés d'implantation. Tout comme pour les auxiliaires (Micro-hyménoptères, Coccinelles, Syrphes, Chrysopes), aucune différence significative concernant l'abondance des ravageurs (Cicadelles vertes ou les Tordeuses de la grappe), n'a pu être démontré à la fin juin 2017. En revanche la modalité B (réensemencée récemment et donc très peu fleurie) affiche une quantité de glomérules de vers de la grappe plus importante que les autres modalités. Ce résultat suggère que des bandes fleuries peuvent aider à réduire les ravageurs, en plus des avantages pour la biodiversité que cela offre, et donc, à améliorer les productions agricoles. L'étude 2017 n'est pas encore fini. Les résultats seront accessibles au grand public via le site Herbea.org.

mots-clés : bande fleurie, service écosystémique, contrôle biologique, auxiliaires, culture de vigne