



HAL
open science

Évaluation des méthodes de lutte alternative contre *Drosophila suzukii* en fraiseiculture

Loïc Larroche

► **To cite this version:**

Loïc Larroche. Évaluation des méthodes de lutte alternative contre *Drosophila suzukii* en fraiseiculture. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02335730

HAL Id: dumas-02335730

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02335730>

Submitted on 28 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers
2, rue André Le Nôtre
49045 ANGERS Cedex 01
Tel : 02 41 22 54 54



Groupement de Développement
des Maraîchers



Chambre d'Agriculture des
Pays de la Loire

<p>Année universitaire : 2018 - 2019</p> <p>Spécialité : Master 2 Horticulture</p> <p>Spécialisation : Protection des Plantes et de l'Environnement en Horticulture (PPEH)</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage<input type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage<input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
--	--

Evaluation des méthodes de lutte alternative contre *Drosophila suzukii* en fraisculture.

Par : Loïc LARROCHE



Drosophila suzukii (Loïc Larroche, 2019)

Soutenu à ANGERS le 05 Septembre 2019

Devant le jury composé de :

Président : LECLERC Valérie
Maître de stage : CHABALIER Maxime
Enseignant référent : JALOUX Bruno

Autres membre du jury : GARD Benjamin

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



REMERCIEMENTS

Ce travail de dernière année de Master est le fruit d'un travail de recherche de plusieurs mois. En préambule, je souhaite adresser tous mes remerciements aux personnes qui m'ont apportés leur soutien et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire de stage de fin d'étude.

Tout d'abord, de grands remerciements à mon maître de stage, **Maxime Chabaliér**, pour m'avoir accueilli au sein de la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire (CAPDL) et du Groupement de Développement des Maraîchers (GDM) et ainsi m'avoir permis d'effectuer mon stage de Master 2. Je le remercie pour son aide et tous les précieux conseils qu'il a pu me donner. Mais également pour tout ce qu'il m'a appris tant au niveau du conseil, de l'expérimentation ou encore de toutes les connaissances qu'il m'a apportées dans le domaine de l'agriculture. Je le remercie aussi pour l'accueil chaleureux dont il a fait preuve ainsi que de sa confiance à mon égard tout au long du stage. Je suis finalement très reconnaissant pour sa disponibilité et pour le fait qu'il m'ait convié et fait participer à tous les projets, événements et rencontres dans lesquels il était investi.

Enfin, je le remercie pour tous les agréables moments que nous avons passés ensemble. Chaque visite d'exploitation, événement professionnel ou repas était source d'éclats de rire et d'enseignement.

Je souhaite ensuite à témoigner ma reconnaissance envers les producteurs qui ont accepté la mise en place des expérimentations au sein de leur exploitation : **Olivier Rousseau, Jacques et Patricia Chatelier, Jean-Christophe Belot et Noé Gilbert**. Je tiens aussi à les remercier pour leur aide ainsi que pour leurs conseils et leur gentillesse à mon égard.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à tous les agriculteurs chez qui j'ai eu la chance d'aller afin de suivre d'autres expérimentations lors de mon stage : **Louis-Marie Guilbaud, Marco Altamirano, Christophe Voisin** ou encore **Jean-François Marot**. Je remercie également les nombreux autres agriculteurs dont la rencontre a toujours été enrichissante.

Toutes ces rencontres ont rendu mon stage très instructif, j'ai appris de nombreuses choses qui seront un atout dans ma vie professionnelle future.

Je remercie également **Laurent Giardino**, le second conseiller du Groupement de Développement des Maraîchers qui m'a très bien accueilli. Je tiens aussi à remercier sa stagiaire, **Mathilde Soulé**, qui m'a beaucoup aidé lors de la fin de mon stage et grâce à qui j'ai eu l'opportunité de suivre de nouvelles expérimentations.

Enfin je remercie, toutes les personnes de l'entreprise pour l'accueil et les moments agréables passés à la pause-café, avec une mention particulière aux 4 assistantes ainsi qu'à **Ludmilla Deshayes**, chargée de mission en irrigation.

Pour finir, je remercie grandement ma famille ainsi que mes camarades de promotion et mes colocataires pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté tout au long de ce stage.

TABLE DES MATIERES

Table des Illustrations

Table des Tableaux

Table des Annexes

I. Introduction.....	1
A. Contexte.....	1
B. Synthèse bibliographique.....	2
1. Répartition géographique.....	2
2. Biologie, reconnaissance et cycle de vie.....	2
3. Influence des conditions climatiques.....	4
4. Suivi de la population et méthodes de lutte.....	4
C. Mes missions.....	8
II. Matériel et méthodes.....	9
A. Matériel.....	9
1. Matériel végétal.....	9
2. Matériel d'expérimentation.....	9
3. Sites d'expérimentations.....	9
B. Méthodes.....	10
1. Dynamique des populations de <i>Drosophila suzukii</i>	10
2. Méthodes de lutte alternative.....	10
III. Résultats.....	13
A. Conditions climatiques.....	13
B. Dynamique de population de <i>Drosophila suzukii</i>	14
C. Lutte physique : filet anti-insecte.....	15
D. Levier variétal.....	18
E. Combinaison de technique.....	20
1. Combinaison du filet anti-insecte avec des plantes de services..	20
2. Combinaison du filet anti-insecte avec des lâchers d'auxiliaires .	21
IV. Discussion.....	22
A. Dynamique de population de <i>Drosophila suzukii</i>	22
B. Lutte physique : filet anti-insecte.....	24
C. Levier variétal.....	25
D. Combinaison de techniques.....	26
1. Combinaison du filet anti-insecte avec des plantes de services..	26
2. Combinaison du filet anti-insecte avec des lâchers d'auxiliaires .	26
V. Conclusion.....	28

Bibliographie et Sitographie

Missions secondaires

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : PAYS AYANT RECENSES OFFICIELLEMENT LA PRESENCE DE *DROSOPHILA SUZUKII* EN 2019 ([1] : EPPO GLOBAL DATABASE).

FIGURE 2 : EVOLUTION DE L'APPARITION DE *D. SUZUKII* EN EUROPE (CINI ET AL., 2012).

FIGURE 3 : PHOTOS DE *D. SUZUKII* ADULTES. A GAUCHE : FEMELLE, A DROITE : MALE (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 4 : CYCLE DE *D. SUZUKII* SUR FRAISE EN CONDITION OPTIMALE DE TEMPERATURE (WEYDERT ET AL., 2015).

FIGURE 5 : ROLES DU CO₂ ET DES SUBSTANCES VOLATILES EMISES PAR LES FRUITS CONTRIBUANT AU COMPORTEMENT D'ATTRACTION DE *DROSOPHILA SUZUKII* (PHAM, RAY, 2015).

FIGURE 6 : DEGATS DE *DROSOPHILA SUZUKII* SUR FRAISE (PHOTO LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 7 : *DROSOPHILA SUZUKII* FEMELLE TRAIN DE PONDRE SUR UNE FRAISE (GAUCHE) ET *DROSOPHILA SUZUKII* MALES (DROITE) (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 8 : POURCENTAGE DE CAPTURES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE ET DE L'HYGROMETRIE MOYENNE (SUR TROIS ANS DANS ONZE SITES EXPERIMENTAUX) (WEYDERT ET AL., 2016).

FIGURE 9 : *TRICHOPRIA DROSOPHILAE*

FIGURE 10 : *TRICHOPRIA DROSOPHILAE* PARASITANT UNE PUPE DE *DROSOPHILA SUZUKII* (CREDIT PHOTOS : BIOPLANET).

FIGURE 11 : SACS DE DECHETS RECOLTES SUR L'EXPLOITATION N°1 (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 12 : EFFICACITE MOYENNE DES HUILES ESSENTIELLES MESUREE PAR RAPPORT AU TEMOIN (ONDET, GORSKI, 2015).

FIGURE 13 : CULTURE DE FRAISIER HORS-SOL SOUS SERRE, EXPLOITATION N°1, (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 14 : PIEGES DROSOSAN AU SEIN DES CULTURES DE FRAISIERS (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 15 : FLACON DE 500 *TRICHOPRIA DROSOPHILAE* (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 16 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES EXPLOITATIONS DANS LESQUELLES LE GDM A REALISE LES ESSAIS 2019.

FIGURE 17 : PIEGES DISPOSES DANS LA CULTURE DE FRAMBOISIERS (A GAUCHE) AINSI QUE DANS LA HAIE (A DROITE) (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 18 : SONDE KIMO DANS LA CULTURE DE FRAISIER SUR L'EXPLOITATION N°1 (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 19 : MISE EN PLACE DU FILET DES 2 COTES DE LA SERRE SUR L'EXPLOITATION N°1 (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 20 : PLANTES DE SERVICES (CORIANDRE {A}, MENTHE POIVREE {B} ET AIL {C}) AU SEIN DES FRAISIERS DE L'EXPLOITATION N°3 (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 21 : COMPARAISON DES TEMPERATURES (A GAUCHE) ET DE L'ENSOLEILLEMENT (A DROITE) A LA ROCHE-SUR-YON (GRAPHIQUE PERSONNEL, DONNEES : [2] INFOCLIMAT.FR).

FIGURE 22 : COMPARAISON DE LA PLUVIOMETRIE A LA ROCHE-SUR-YON (GRAPHIQUE PERSONNEL, DONNEES : [2] INFOCLIMAT.FR).

FIGURE 23 : NOMBRE MOYEN DE *DROSOPHILA SUZUKII* FEMELLES (A GAUCHE) ET MALES (A DROITE) PIEGEES AU COURS DU TEMPS PAR LE GDM SUR L'EXPLOITATION N°1.

FIGURE 24 : NOMBRE MOYEN DE *DROSOPHILA SUZUKII* PIEGEES PAR LE GDM AU COURS DU TEMPS SUR L'EXPLOITATION N°1.

FIGURE 25 : ENSEMBLE DES PIEGEAGES DE *DROSOPHILA SUZUKII* REALISEES PAR LE GDM ET LE CDDL POUR L'ESSAI CARTOGRAPHIE.

FIGURE 26 : AERATIONS LATERALES AU SEIN DE TOUTES LES SERRES SUR L'EXPLOITATION N°1.

FIGURE 27 : ENSEMBLE DES PIEGEAGES DE *DROSOPHILA SUZUKII* REALISEES PAR LE GDM (EXPLOITATION N°1) (A GAUCHE) AINSI QUE PAR LE GDM ET LE CDDL (A DROITE) POUR L'ESSAI FILET ANTI-INSECTE.

FIGURE 28 : ESTIMATION DE LA PRESSION EN AGENTS PATHOGENES : OÏDIUM EN HAUT, *BOTRYTIS CINEREA* EN BAS, LORS DE L'ESSAI LUTTE PHYSIQUE SUR L'EXPLOITATION N°1 DU GDM.

FIGURE 29 : ESTIMATION DE LA PRESSION EN RAVAGEURS : PUCERONS A GAUCHE, THRIPS A DROITE, LORS DE L'ESSAI LUTTE PHYSIQUE SUR L'EXPLOITATION N°1.

FIGURE 30 : NOMBRE MOYEN DE *DROSOPHILA SUZUKII* CAPTUREES PAR LE GDM DANS LES FRAMBOISIERS AU COURS DU TEMPS.

FIGURE 31 : LARVE DE *DROSOPHILA SUZUKII* DANS UNE FRAMBOISE DE L'EXPLOITATION N°2 (LOÏC LARROCHE, 2019)

FIGURE 32 : EVOLUTION DES PIEGEAGES DE *DROSOPHILA SUZUKII* REALISEES DANS L'ESSAI VARIETAL DU GDM SUR L'EXPLOITATION N°2.

FIGURE 33 : NOMBRE MOYEN DE *DROSOPHILA SUZUKII* PIEGEES AU COURS DU TEMPS POUR LA COMBINAISON DE TECHNIQUES AVEC LES PLANTES DE SERVICE (GAUCHE), ET DANS LES HAIES DES 2 SITES (A DROITE), SUR L'EXPLOITATION N°3.

FIGURE 34 : NOMBRE MOYEN DE *DROSOPHILA SUZUKII* PIEGEES PAR LE GDM DANS LES HAIES AU COURS DU TEMPS.

FIGURE 35 : *DROSOPHILA SUZUKII* SUR UNE FEUILLE (A GAUCHE) ET SUR UNE TIGE (A DROITE) DE MENTHE POIVREE (LOÏC LARROCHE, 2019).

FIGURE 36 : NOMBRE MOYEN DE *DROSOPHILA SUZUKII* PIEGEES PAR LE GDM (EXPLOITATION N°3, SITE 2) (A GAUCHE) ET PAR LE CDDL (A DROITE) POUR LA COMBINAISON DE TECHNIQUES AVEC LES LACHERS D'AUXILIAIRES.

FIGURE 37 : SURDEVELOPPEMENT DE LA MENTHE POIVREE A L'INTERIEUR DE L'ABRI OU L'ESSAI COMBINAISON DE TECHNIQUES AVEC LES PLANTES DE SERVICE EST REALISE, SITE 1 DE L'EXPLOITATION N°3 (LOÏC LARROCHE, 2019).

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : PRINCIPALES ESPECES CULTIVEES INFESTEES PAR *D. SUZUKII* (POYET, 2014).

TABLEAU 2 : PIEGES ET COMPOSITIONS DES SOLUTIONS ATTRACTIVES TESTEES (CDDL, GDM, 2018).

TABLEAU 3 : BILAN DES ESSAIS REProLEG MIS EN PLACE EN PLACE EN 2019.

TABLEAU 4 : TABLEAU BILAN DES RELEVES CLIMATIQUES DE LA SONDE KIMO DU 07/05 AU 14/07 (TABLEAU PERSONNEL, DONNEES SONDE KIMO 2019).

TABLEAU 5 : DONNEES DE PRODUCTION ET DE DEGATS EN FONCTION DE LA MODALITE LORS DE L'ESSAI LUTTE PHYSIQUE SUR L'EXPLOITATION N°1.

TABLEAU 6 : MOYENNES DES PIEGEAGES DE *DROSOPHILA SUZUKII* PAR VARIETE, PAR SEMAINE, REALISES PAR LE GDM (EXPLOITATION N°2) ET LE CDDL.

TABLEAU 7 : MOYENNE DU NOMBRE DE DROSOPHILES ATTIREES PAR LES DIFFERENTES VARIETES ETUDIEES PAR LE GDM A PARTIR DU MODELE LINEAIRE REALISE LORS DE L'ANALYSE STATISTIQUE.

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE I : EXPLOITATION N°1 : OLIVIER ROUSSEAU : SAINT-JEAN-DE-MONTS

ANNEXE II : EXPLOITATION N°2 : JACQUES CHATELIER : ZONE DE CHALLANS

ANNEXE III : EXPLOITATION N°3 : JEAN CHRISTOPHE BELOT : CHAILLE-LES-MARAIS

ANNEXE IV : RESULTATS 2019 DU CDDL

ANNEXE V : AUTRES RESULTATS 2019 DU GDM

ANNEXE VI : RESULTATS 2017-2018 DU GDM

ANNEXE VII : SCRIPTS UTILISES LORS DE L'ANALYSE STATISTIQUE REALISEE SUR LE LOGICIEL R

I. Introduction

A. Contexte

Mon stage s'est déroulé au sein de la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire (CAPDL) au niveau du département de la Vendée (85), mais il s'est inscrit plus particulièrement dans les missions du Groupement de Développement des Maraichers (GDM). Le réseau des chambres d'agriculture est investi de trois missions principales. Dans un premier temps, il contribue à l'amélioration de la performance économique, sociale et environnementale des exploitations agricoles et de leurs filières. Ensuite les chambres d'agriculture ont pour rôle d'accompagner la démarche entrepreneuriale des agriculteurs ainsi que la création d'entreprise et le développement de l'emploi. Enfin ce réseau de chambres assure une fonction de représentation auprès des pouvoirs publics et des collectivités territoriales.

Le GDM est un regroupement de maraichers Vendéens et de deux conseillers en maraichage mis à disposition par la chambre d'agriculture. Deux principales missions sont allouées à ces deux ingénieurs. Dans un premier temps, ils garantissent aux adhérents un conseil indépendant et leur apportent une aide au niveau de la conduite culturale et de la gestion des bioagresseurs ainsi qu'un suivi régulier pour toutes les productions maraîchères. Ils mettent ensuite en place des expérimentations dans le cadre de l'Association Régionale d'Expérimentation Légumière des Pays de la Loire (ARELPAL). La seconde mission des ingénieurs du GDM est le développement des méthodes de lutte alternative à travers des expérimentations mises en place chez les maraîchers. Dans le cadre du plan Ecophyto, un réseau de « fermes de référence », DEPHY FERME, a été mis en place et 10 maraîchers Vendéens ont ainsi intégré ce réseau qui a pour objectif la réduction de l'usage des produits phytosanitaires.

Mon stage s'est intégré dans la première mission des ingénieurs du GDM. Le projet REProLeg (Ravageurs Emergents Protection des Légumes) déposé en 2017 par le Comité Départemental de Développement Légumier, situé à Angers (CDDL) ainsi que le GDM, a pour objectif la recherche et l'évaluation de méthodes de lutte efficaces contre *Drosophila suzukii*. Pour cette dernière année de projet, il m'a été demandé de mettre en place différentes expérimentations déterminées d'après les résultats des travaux réalisés les années précédentes.

L'objectif de ces actions est de diminuer les dégâts imputables à *Drosophila suzukii* et d'éviter les pertes de rendement afin de pérenniser les exploitations. En effet, depuis une dizaine d'année, ce nouveau ravageur originaire d'Asie orientale et qualifié de ravageur « émergent » est arrivé en France. Cette mouche est à l'origine de pertes économiques importantes pour les producteurs fraisiers, et notamment en Pays de la Loire.

La fraise tient une place importante parmi l'ensemble des productions fruitières françaises et notamment dans le Val de Loire, c'est un fruit très météo-sensible et à la qualité fragile. En France, la consommation moyenne par habitant est de plus de 3 kg, ce qui en fait le neuvième fruit le plus consommé en volume (Vaccari, 2016). La production nationale 2018 est stable par rapport à la moyenne 2013-2017, mais la demande est plus faible en raison des conditions météorologiques maussades (Agreste, 2018). On observe donc une diminution des importations et des exportations en 2018 (FranceAgriMer, 2018).

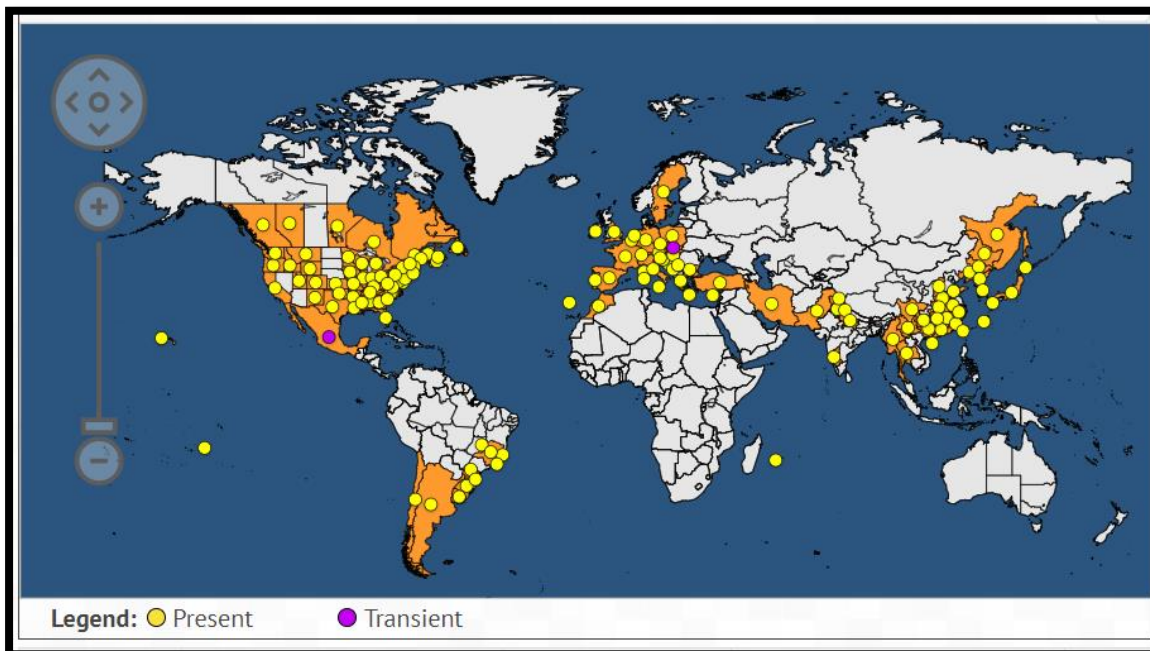


Figure 1 : Pays ayant recensés officiellement la présence de *Drosophila sukuzii* en 2019 ([1] : EPPO Global Database).

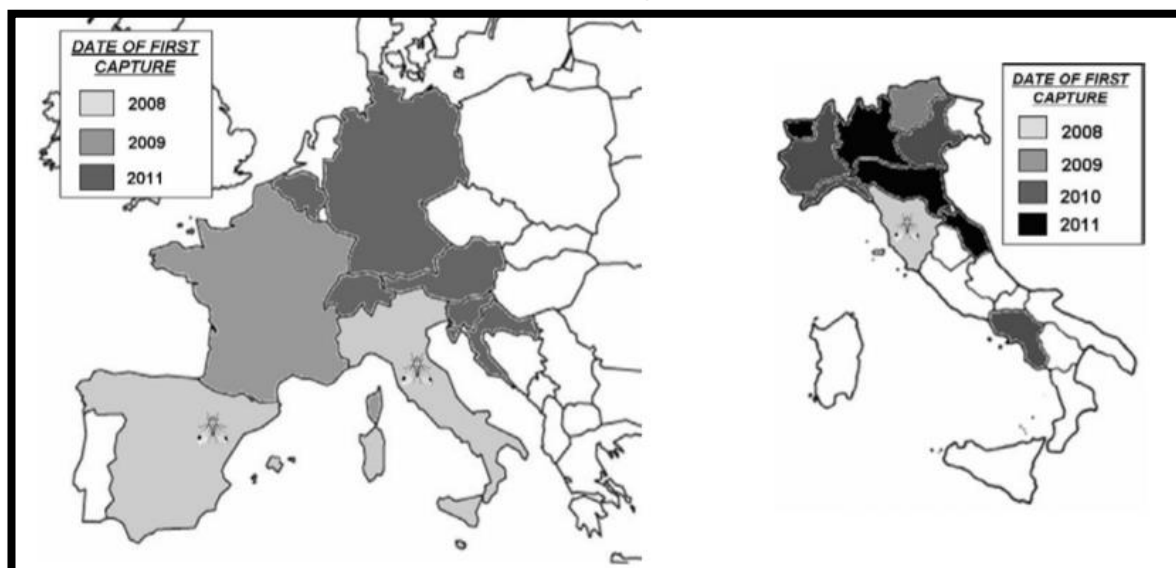


Figure 2 : Evolution de l'apparition de *D. sukuzii* en Europe (Cini et al., 2012).

Les pays européens sont représentés par différentes couleurs selon l'année de la première découverte. Les dessins de la mouche sont placés dans les zones de premier enregistrement.



Figure 3 : Photos de *D. sukuzii* adultes. A gauche : femelle, à droite : mâle (Loïc Larroche, 2019).

Drosophila suzukii a été identifiée pour la première fois en France en Corse, en 2010. Depuis, elle continue son expansion et menace actuellement la majeure partie des régions françaises. Les dégâts provoqués par cette mouche peuvent entraîner jusqu'à 80 % de pertes chez certains producteurs et en cas de forte pression, ce ravageur peut engendrer un arrêt prématuré des récoltes dès début du mois d'août (Lee et al., 2011). Ces arrêts de production touchent aussi bien des producteurs spécialisés dans ce produit que des producteurs de vente directe multi-produits. Tous les types de productions sont touchés : culture plein sol, hors sol, agriculture conventionnelle et biologique. Aujourd'hui, les fraisiers remontants sont les plus touchés : une variété dite remontante va permettre une production plus étalée sur toute la saison (de juin jusqu'au premières gelées), à la différence des non-remontantes qui n'ont qu'une seule forte production entre mai et juin. La récolte à partir du milieu de l'été est donc à risque pour les fraiculteurs depuis que cet insecte est présent dans l'environnement.

L'augmentation du nombre de parcelles touchées et l'accroissement des populations de *D. suzukii* dans les Pays-de-Loire représentent un risque majeur pour la pérennisation de la production régionale. En l'absence de moyens de lutte efficaces, de nombreux maraîchers envisagent un arrêt de la production de fraises en été pour se recentrer sur d'autres cultures où la récolte estivale n'est pas aussi aléatoire. C'est donc dans l'optique d'éviter une diminution significative de la production de fraises que le projet REProLeg est mis en place. Lors de l'année dernière, il a été montré que les insecticides utilisés contre ce ravageur en culture de fraises ne sont efficaces que 5 à 7 jours (Naulet, 2018). Pour cette dernière année du projet, l'objectif est donc d'évaluer les méthodes de lutte alternative contre ce ravageur *Drosophila suzukii*, en culture de fraise.

B. Synthèse bibliographique

Drosophila suzukii est un ravageur économique sérieux à la culture des petits fruits car la femelle pond ses œufs dans les fruits. En plus de la fraise, elle peut par exemple attaquer les mûres, les bleuets, les cerises, les raisins et les framboises (Lee et al., 2011). Cette grande diversité d'hôtes assure ainsi à ce ravageur une disponibilité de ressources tout au long de l'année, ce qui renforce sa capacité de dispersion et de résistance aux changements de saisons (Poyet et al., 2014). Outre sa polyphagie, elle se distingue des autres espèces de drosophiles par sa capacité à pondre dans les fruits en cours de maturation grâce à son ovipositeur sclérifié. La ponte des œufs sous la peau du fruit et le développement des larves favorisent les contaminations secondaires, qui peuvent entraîner la pourriture rapide des fruits (Polturat et al., 2018).

1. Répartition géographique

La drosophile à ailes tachetées, *Drosophila suzukii* (*Matsumara*) est une espèce de diptère invasive de la famille des Drosophilidae en provenance d'Asie. Originaire du Japon (Walsh et al. 2011), elle a ensuite été décrite dans de nombreux pays d'Asie. Puis elle a été retrouvée dans de nombreux pays sur différents continents (Figure 1), notamment en Amérique aux Etats-Unis (Klick et al., 2015) et en Europe, où elle a dans un premier temps été retrouvé majoritairement dans les pays bordant la mer Méditerranée (Figure 2, Cini et al., 2012). Elle a été placée en 2010 sur la liste d'alerte de l'Organisation Européenne pour la Protection des Plantes (Mandrin et al., 2010).

2. Biologie, reconnaissance et cycle de vie

La mouche adulte n'est pas très grande, elle ne mesure que 2,6 à 3,4 mm. Un fort dimorphisme sexuel permet de faire la différenciation rapidement entre les mâles et les femelles. Le mâle, lui, dispose sur l'extrémité des ailes d'une tache noire distinctive, que ne possède pas la femelle. De plus la femelle est pourvue d'un ovipositeur de grande taille, bien visible et fortement dentelé (Figure 3).

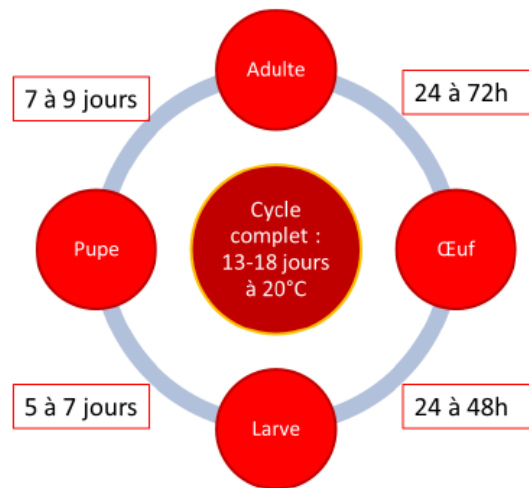


Figure 4 : Cycle de *D. suzukii* sur fraise en condition optimale de température (Weydert et al., 2015).

Tableau 1 : Principales espèces cultivées infestées par *D. suzukii* (Poyet, 2014).

Famille	Espèce	Nom commun	Pays(s) touchée(s) et Référence(s)
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus avium</i>	Cerise	Etats-Unis, Japon, France (Kanzawa 1939; Dreves et al. 2009; Hauser et al. 2009)
<i>Rosaceae</i>	<i>Fragaria ananassa</i>	Fraise	Etats-Unis, France, Italie (Dreves et al. 2009; Hauser et al. 2009)
<i>Ericaceae</i>	<i>Vaccinium spp</i>	Myrtille	Etats-Unis, Japon, Italie (Dreves et al. 2009; Hauser et al. 2009)
<i>Rosaceae</i>	<i>Rubus idaeus</i>	Framboise	Etats-Unis, Italie (Dreves et al. 2009; Hauser et al. 2009)
<i>Rosaceae</i>	<i>Rubus spp</i>	Mûre	Etats-Unis, Japon, Italie (Hauser et al. 2009; Walsh 2009; Mitsui et al. 2010)
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus domestica</i>	Prune	Etats-Unis, Japon (Dreves et al. 2009; Hauser et al. 2009; Kanzawa 1939)
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus persica</i>	Pêche	Etats-Unis, Japon (Kanzawa 1939, Dreves et al. 2009; Hauser et al. 2009)

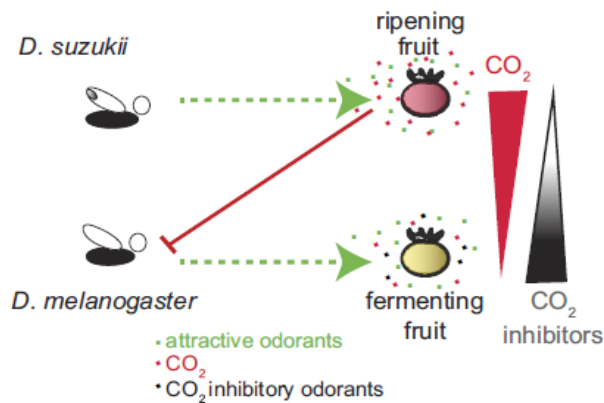


Figure 5 : Rôles du CO₂ et des substances volatiles émises par les fruits contribuant au comportement d'attraction de *Drosophila suzukii* (Pham, Ray, 2015).

Ces caractéristiques permettent également une identification rapide et la plupart du temps à l'œil nu de *D. suzukii* au milieu d'autres espèces de drosophiles (Weydert et al., 2015). Cependant, celle-ci doit être faite avec des individus adultes car les stades précédents présentent trop peu de différences avec les stades équivalents des autres espèces de drosophiles. Le cycle de vie de *D. suzukii* est un cycle rapide, car il peut être complètement réalisé entre 13 et 18 jours, ce qui permet en conditions optimales (20°C) d'effectuer jusqu'à 13 générations en une année (Figure 4). Une fois fécondée, la femelle va utiliser son ovipositeur pour déposer ses œufs directement à l'intérieur du fruit et il leur suffit de 24h à 72h pour éclore. Les larves ainsi formées se nourrissent à l'intérieur du fruit et ont trois stades de développement successif, de 3 à 7 jours. Vient ensuite le stade pupaison qui dure de 7 à 9 jours et qui est le premier stade s'effectuant en dehors du fruit. A la fin de ce stade, l'adulte sort de la pupa et émerge. Les femelles sorties peuvent presque immédiatement s'accoupler et pondre leurs premiers œufs. Avec une durée de vie de 3 à 9 semaines et à raison de 7 à 16 œufs pondus par jour, en moyenne 400 œufs peuvent ainsi être pondus au total durant la vie d'une femelle (Firlej, Vanoosthuyse, 2017). La femelle peut d'ailleurs pondre plusieurs larves à l'intérieur du fruit : jusqu'à plus d'une quarantaine dans les fraises (Weydert et al., 2015).

Sa capacité à infester de nombreux hôtes se développant à des périodes différentes fait de ce pathogène émergent un ravageur extrêmement dangereux. Elle est particulièrement attirée par les petites baies rouges. La couleur de ces baies semble jouer un rôle dans l'attraction à *D. suzukii* (Iglesias et al., 2014). Cependant, d'autres fruits de couleur différente, tels que les abricots, les pêches ou encore le sureau sont également touchés dans une moindre mesure (Tableau 1). La présence de *D. suzukii* a également été observée sur des cultures inattendues, telles que les olives dans le sud de la France (données non publiées), (Lacovone et al., 2015). Une caractéristique commune des hôtes de cette mouche est la chair tendre des fruits, permettant ainsi à la femelle de percer l'épiderme grâce à son ovipositeur sclérifié pour y déposer ses œufs (Poyet et al., 2014). Cependant, la nature a équipé l'organe ovipositeur des femelles *D. suzukii* de deux vigoureuses scies qui viennent à bout des épidermes les plus solides : c'est pourquoi elle est capable de pondre à l'intérieur des fruits tels que le raisin ou la goyave (Pham, Ray, 2015).

Cette grande diversité d'hôtes assure ainsi à ce ravageur une disponibilité de ressource tout au long de l'année ce qui renforce sa capacité de dispersion (Poyet et al., 2014). Une étude sur la goyave et *D. suzukii* a démontré que dans les conditions naturelles, les drosophiles attaquent préférentiellement le fruit encore attaché à la plante plutôt que ceux tombés au sol (Rossi-Stacconi et al., 2016). Enfin, l'émission de CO₂ lors de la maturation des fruits joue également un rôle dans l'attraction de ces fruits pour cette mouche, puisqu'au contraire de *D. melanogaster* celui-ci n'est pas répulsif pour *D. suzukii*, qui est attirée par les fruits en maturation (Figure 5), (Pham, Ray, 2015).

Les fruits infestés par cette mouche présentent des dégâts visibles à l'œil nu : en effet une fois la larve sortie de son œuf, elle commence à se nourrir depuis l'intérieur de la baie, ce qui induit un affaissement visible au niveau de l'épiderme. Plus les dégâts sont avancés, plus la couleur du fruit (interne et externe) va virer au marron à cause de l'oxydation (Firlej, Vanoosthuyse, 2017). Une fraise attaquée par *D. suzukii* est plus fragile et plus molle (Figure 6,7). Le sex-ratio des captures de *D. suzukii* varie selon un motif clair : en hiver, le ratio de mâles diminue fortement, pour atteindre environ 20 % des individus capturés au printemps, ce qui s'explique par la moindre résistance des mâles aux températures froides. Au contraire, à l'automne, le ratio de femelles diminue pour atteindre environ 20 % des individus capturés, avant un retour à l'équilibre début janvier (Polturat et al., 2018 ; Rossi-Stacconi et al., 2016).



Figure 6 : Dégâts de *Drosophila suzukii* sur fraise (Photo Loïc Larroche, 2019).



Figure 7 : *Drosophila suzukii* femelle train de pondre sur une fraise (gauche) et *Drosophila suzukii* mâles (droite) (Loïc Larroche, 2019).

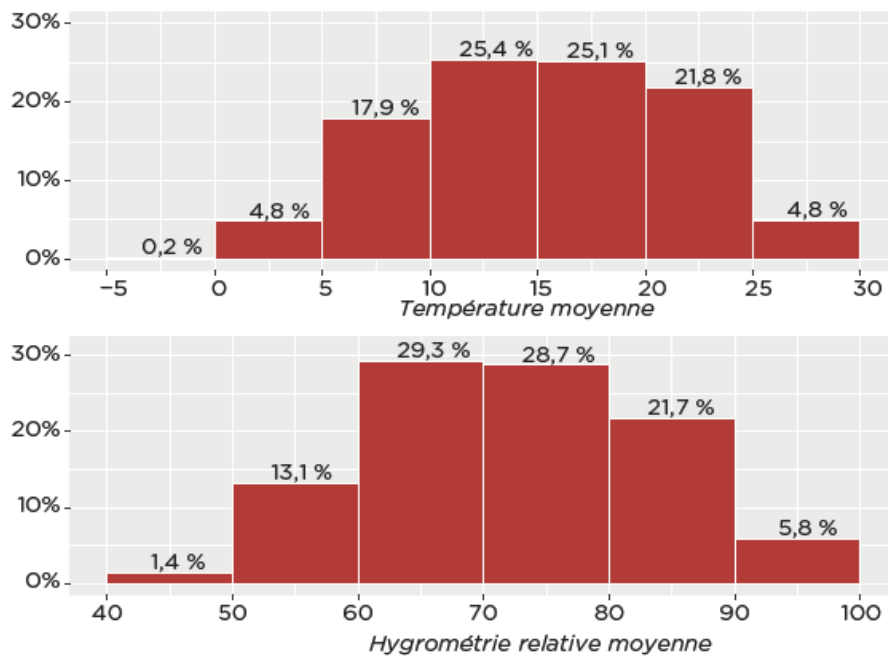


Figure 8 : Pourcentage de captures en fonction de la température et de l'hygrométrie moyenne (sur trois ans dans onze sites expérimentaux) (Weydert et al., 2016).

3. Influence des conditions climatiques

Dans le cadre du projet : « *Drosophila suzukii* : connaissance du ravageur, caractérisation du risque et évaluation de méthodes pour sa maîtrise rapide et durable (2013-2016) », financé par le CASDAR, l'influence des conditions climatiques sur le comportement de cette mouche a été observée. Dans un premier temps il a été observé que les piégeages sont bien moins nombreux en hiver et en début de printemps (Weydert et al., 2016).

Néanmoins, les captures sont continues durant toute l'année, même si le nombre de capture est en lien avec les températures (Figure 8). Les motifs de capture sont également contrastés entre les sexes : alors que les femelles sont plus abondamment capturées pendant l'hiver et l'été, les mâles sont plus abondants au printemps et à l'automne. *D. suzukii* est effectivement capable de survivre dans des conditions hivernales relativement rudes en formant par exemple des agrégats protecteurs entre adultes. Les mâles sont considérés moins résistants que les femelles, qui réussissent la diapause et survivent plus facilement aux conditions hivernales. En effet elles peuvent entrer dans un état de quiescence partielle pour éviter de geler pendant les mois les plus froids, mais restent aptes à voler lorsque les températures augmentent à nouveau. La fécondité des femelles n'est par ailleurs pas altérée par les faibles températures (Plantamp et al., 2016).

Cependant, les hivers rigoureux peuvent réduire efficacement le nombre d'individus en hivernage. En particulier, certains résultats indiquent la présence d'un seuil de température, aux alentours de $-0,5^{\circ}\text{C}$, en dessous duquel les captures sont extrêmement rares, voire nulles (Rossi-Stacconi et al., 2016). A l'inverse, des températures trop fortes sont également néfastes au développement de la mouche. Notamment des températures supérieures à 25°C réduisent considérablement le nombre de drosophiles piégées (Weydert et al., 2016). Des résultats récents ont montré que les vols de *D. suzukii* auraient plutôt lieu au crépuscule et montrent que ce ravageur préfère des températures douces et des taux d'humidité relative importants (Evans et al., 2017).

4. Suivi de la population et méthodes de lutte

a) Suivi de la population

Afin de lutter efficacement contre ce ravageur il a été nécessaire dans un premier temps de réaliser des observations régulièrement afin de repérer les premiers vols. Différents types de pièges ont ainsi été testés lors du projet CASDAR (2013-2016) pour réaliser le suivi de la population. Après différents tests, les pièges Drososan de chez Koppert ont été retenus pour les expérimentations de l'année dernière. Ces mêmes pièges seront utilisés pour les suivis de cette année.

Différentes études ont été réalisées pour déterminer une composition de solution attractive efficace contre *D. suzukii*. Plusieurs mélanges ont été testés : un mélange de vinaigre de cidre seul, un mélange de levure avec du sucre et de l'eau, un mélange de levure avec du sucre, de la farine et de l'eau, un mélange de vinaigre de riz avec du vin rouge, et un mélange de vinaigre de cidre, de vin rouge et de sucre. Des tests sur la capacité de chacun de ces mélanges ont ainsi été réalisés. Celui permettant une attraction efficace est celui composé de vinaigre de cidre, d'eau, de sucre et vin rouge (Iglesias et al., 2014). Lors de la première année du projet REProLeg, différents mélanges ont également été testés (Tableau 2). Les essais du CDDL montrent que les solutions à base de levure sont plus attractantes, tandis que les essais du GDM ne montrent pas de différence significative.

Cependant, un problème a été constaté sur les solutions à base de levures : elles se gélifient sous la chaleur, rendant plus difficile le piégeage et le comptage. Les résultats obtenus ne permettent pas d'envisager la levure comme faisant partie du mélange. Le vinaigre de cidre apparaît plus attractif que le vin rouge et permet de garder les individus en meilleur état (Iglesias et al., 2014).

Tableau 2 : Pièges et compositions des solutions attractives testées (CDDL, GDM, 2018).

Mélanges testés
Pièges Koppert avec 1/3 vinaigre de cidre + 1/3 grenadine + 1/3 eau + quelques gouttes de liquide vaisselle (référence SBT)
Pièges Koppert avec levure de boulanger dans eau + sucre
Pièges Koppert avec attractant Koppert (levure) dans eau + sucre

A la suite de ces résultats, le mélange composé d'un tiers d'eau, d'un tiers de grenadine et d'un tiers de vinaigre de cidre a été choisi pour suivre les essais du projet REProLeg (CDDL, GDM, 2018). Sur fraises, il existe un risque de confusion avec les dégâts de *Rhizopus*. Pour confirmer la présence de *D. suzukii* dans les fraises et les framboises, il faut prélever les premiers fruits suspects et les placer dans un flacon avec de l'eau salée (environ 30 g/l). Cette opération permet de faire sortir les larves du fruit après 20 minutes d'attente (Weydert et al., 2016).

b) Piégeage massif

La première année du projet a permis de tester l'efficacité de l'attractant dans le cadre d'un piégeage massif. Un piège Koppert a été placé tous les 2 mètres dans un abri de fraisier remontant. Les résultats montrent un taux de piégeage et de dégâts très similaire entre les deux parcelles, signe que le piégeage massif a été peu efficace ou insuffisant (CDDL, GDM, 2018).

Divers projets ont mis en place différents dispositifs de piégeage : des pièges en périphérie des cultures, des pièges formant une ligne permettant l'interception des mouches entre une zone refuge et la culture ou encore une forte densité de pièges disposés au sein de la culture. Cependant, malgré des différences au niveau des piégeages, l'impact de ce ravageur sur les cultures n'était pas significativement différent pour parler de succès de la méthode (Weydert et al., 2016). Cette méthode ne présente pas encore des résultats suffisamment intéressants pour être une solution viable, d'autres méthodes sont donc en cours d'étude.

c) Lutte physique

L'utilisation d'un filet insect-proof peut être une bonne solution pour empêcher cette mouche de rentrer dans les tunnels de culture. C'est dans l'optique de vérifier cette hypothèse que différents types de filets avec des maillages variables ont été testés. Un essai a été réalisé au Québec par l'Institut de Recherche et de Développement en Agronomie (IRDA) sur les tailles de maillage. Dans cet essai, les mailles allaient de 7*3 mm à 0,27*0,77 mm. Ils ont pu observer en laboratoire que la taille de maillage optimal faisait moins d'1 mm² (soit de 0,27*0,77 mm à 0,84*1,17 mm) tandis que sur le terrain une maille de 1,37*1,71 mm, à savoir 2,34 mm², était encore efficace contre *D. suzukii* (Firlej, Vanoosthuysse, 2017). Ces résultats ne sont cependant pas corroborés par les essais réalisés au cours du projet CASDAR (2013-2016) en France. En effet, ces derniers ont testé trois filets différents avec des maillages supérieurs à 1 mm² et d'autres inférieurs. Les résultats ont ici montré que pour une efficacité optimale, le maillage ne devait pas dépasser cette barre des 1 mm² (Weydert et al., 2016). L'utilisation du filet semble présenter une efficacité en protection des cultures contre *D. suzukii*, cependant un certain nombre d'inconvénients peuvent jouer sur la volonté des producteurs à acheter et à positionner ces filets anti-insecte. Des effets sur le climat sous le tunnel ont notamment été relevés. Ces modifications peuvent avoir un impact sur l'arrivée et l'incidence d'autres ravageurs tels que les thrips. Un filet présente également un inconvénient sur la capacité des auxiliaires et des pollinisateurs à pénétrer dans la culture (Firlej, Vanoosthuysse, 2017 ; Weydert et al., 2016). L'utilisation de ruches de pollinisation et des lâchers d'auxiliaires est alors inéluctable en culture sous filet. La méthode dite d'exclusion grâce au filet est une des alternatives les plus efficaces aux produits chimiques, mais elle présente de nombreuses lacunes qui doivent être abordées avant de devenir une option viable pour les producteurs (Rossi-Stacconi et al., 2016 ; Polturat et al., 2018).

d) Lutte biologique

En ce qui concerne les auxiliaires disponibles en lutte contre *D. suzukii*, peu de parasitoïdes sont disponibles pour lutter efficacement. En effet, grâce à une charge hémocytaire particulièrement importante, *D. suzukii* résiste aux infestations des 2 espèces de parasitoïdes larvaires Européens *Leptopilina boulardi* et *Leptopilina heterotoma*.



Figure 9 : *Trichopria drosophilae* (Crédit Photo : CTIFL)



Figure 10 : *Trichopria drosophilae* parasitant une puppe de *Drosophila suzukii* (Crédit Photo : Bioplanet).

Le niveau plus élevé d'hémocytes constitutifs impliqués dans l'encapsulation des œufs de parasitoïdes permettent aux larves de *D. suzukii* de produire une réponse immunitaire et une résistance plus vigoureuses que *D. melanogaster* à leur parasite généraliste (Kacsoh, Schlenke, 2012). Cependant cette charge immunitaire ne lui permet pas de résister aux parasitoïdes des pupes puisque les drosophiles ne sont capables d'aucune réaction immunitaire à ce stade de développement (Poyet, 2014). Certains parasitoïdes nymphals, *Pachycrepoideus vindemmia* et *Trichopria drosophilae* (Figure 9), considérés comme des généralistes, parasitent avec succès *D. suzukii* en laboratoire (Lacovone et al., 2015), (Figure 10). Des projets ont étudié l'efficacité du parasitoïde indigène de pupes *Trichopria drosophilae*. Ce parasitoïde est efficace contre de nombreuses espèces de mouches des fruits, et notamment contre *Drosophila melanogaster* (Chen et al., 2018).

Deux années d'essais sur fraise ont permis de montrer, en conditions expérimentales favorables à l'installation du ravageur et du parasitoïde, que *T. drosophilae* est capable de trouver les pupes de *D. suzukii* dans la culture et de les parasiter (Trottin et al., 2014).

T. drosophilae commence le parasitisme quelques heures après son éclosion. Ce parasitisme rapide est contrebalancé par la durée limitée de l'action. Sa température optimale de parasitisme se situe entre 20°C et 30°C, ce qui correspond aux températures favorables au développement de *D. suzukii*. Selon (Driessen, Hemerik, 1992), la limitation des œufs devrait amener le parasitoïde à être plus sélectif dans le choix de l'hôte.

Des lâchers de ce parasitoïde ont été réalisés sous serres, fermées par un filet insect-proof et préalablement artificiellement infestée par *D. suzukii*. Malgré un taux de parasitisme qui s'est révélé extrêmement prometteur avec un résultat de 0,6, les constats de cette étude ont montré une efficacité à réduire l'émergence de *D. suzukii* sur une trop courte période. Ce taux de parasitisme s'est donc révélé insuffisant pour contrôler *D. suzukii* en conditions expérimentales de forte pression du ravageur (Polturat et al., 2018).

De plus, l'intérêt de l'utilisation de ce parasitoïde est d'éviter la seconde génération, ce qui n'est pas utile si les fruits infestés sont déjà retirés de la culture par le producteur (Trottin et al., 2014). D'autres études similaires ont observé que la femelle *T. drosophilae* est capable d'émerger de *D. suzukii* avec un nombre relativement élevé d'œufs matures, et que ce nombre d'œufs augmente lors des 4 premiers jours après l'éclosion. Cela indique que *T. drosophilae* pourrait maximiser la reproduction au cours du début de la vie adulte. De plus, son taux de parasitisme est supérieur à celui d'un autre parasitoïde généraliste : le parasitoïde nymphal cosmopolite, *Pachycrepoideus vindemmia* (Chen et al., 2018). D'autres parasitoïdes de *D. suzukii* existent (*Leptopilina heterotoma*, *Asorbana japonica* ou encore *Asobara tabida*), mais la plupart n'ont pas encore donné de résultats satisfaisants en protection des cultures (Firlej, Vanoosthuyse, 2017).

Une réduction de 34% de l'infestation des fruits a été observée dans les zones de végétation entourant les vergers après des lâchers du parasitoïde sur l'exploitation. L'éclosion de *D. suzukii* était significativement plus faible dans la zone traitée par rapport à celle non traitée. Les résultats suggèrent que la libération répétée de *T. drosophilae* en amont de la période de fort développement du ravageur, c'est-à-dire au printemps, peut réduire la sévérité des épidémies de ravageurs dans les vergers (Rossi Stacconi et al., 2018).

Il existe également des prédateurs de *D. suzukii* : *L. riparia* et *O. laevigatus*. Le premier se nourrit de larves et de pupes, alors que le second se nourrit des œufs. Cependant, leur impact est de nos jours trop faible pour envisager un moyen de lutte efficace en plein champ, mais des études sont en cours (Poyet, 2014).

Une méthode de lâcher de mâles stériles est également à l'étude. Cette technique consiste à lâcher un grand nombre de mâles stériles dans la nature qui vont entrer en compétition avec les mâles sauvages pour s'accoupler avec les femelles, empêchant la reproduction et permettant une diminution des niveaux de population.



Figure 11 : Sacs de déchets récoltés sur l'exploitation N°1 (Loïc Larroche, 2019).

Cette technique de lutte a présenté de nombreux succès jusqu'ici, et c'est pour cette raison que son développement dans le cadre de la lutte contre *D. suzukii* peut être intéressant et fait l'objet de plusieurs travaux de recherches (Firlej, Vanoosthuysse, 2017 ; Poyet, 2014).

e) Mesures prophylactiques

Les mesures consistant à retirer les fruits infestés et tout élément pouvant favoriser l'impact de *D. suzukii* dans la culture sont appelées mesures prophylactiques. Ces dernières peuvent s'avérer extrêmement importantes en lutte contre cette mouche car elles permettent de limiter une trop forte pullulation dans la culture. S'ils sont correctement appliqués, les contrôles culturels tels que l'assainissement du sol, l'élimination des fruits trop mûrs, la présence d'un couvert végétal, l'utilisation de cultivars à maturation précoce, une taille correcte et un intervalle de récolte réduit ont le potentiel de réduire l'impact des ravageurs sur les cultures (Polturat et al., 2018 ; Rossi Stacconi et al., 2017 ; Trottin et al., 2014).

Un entretien régulier et maîtrisé de la culture créera un milieu moins favorable à *D. suzukii*. La préférence de cette dernière pour les températures douces et une hygrométrie forte diminuera son impact si l'irrigation est parfaitement maîtrisée et si aucun point d'eau n'est présent à proximité des cultures. La bonne aération des tunnels permettra là aussi d'éviter l'augmentation du taux d'humidité à des niveaux trop élevés favorable au développement de cet insecte (Weydert et al., 2016). La fréquence de récolte joue aussi un rôle dans la lutte contre *D. suzukii*. En effet, une fréquence élevée va permettre de sortir de la culture tout fruit infesté et ainsi éviter un développement rapide de la mouche. La gestion des déchets devient alors un point important dans la conduite de la culture. Afin de ne pas devenir des réservoirs à drosophile une fois les larves émergées, ces déchets doivent être placés dans des contenants hermétiques tels que des bidons ou des sacs fermés. Cette mesure va ainsi permettre d'asphyxier les drosophiles et de tuer les œufs, les larves ainsi que les adultes. Placer ce contenant au soleil (solarisation) ou dans un endroit chaud va induire une rapide élévation de la température à l'intérieur, ce qui sera d'autant plus néfaste pour les mouches (Figure 11). Après une semaine, les déchets pourront être vidés dans des poubelles ou déposés dans la culture sans risque (Weydert et al., 2016 ; Firlej, Vanoosthuysse, 2017 ; Polturat et al., 2018). La gestion des déchets peut également être couplée avec le principe de l'augmentorium, qui consiste à déposer les déchets au sein d'un récipient recouvert par un filet anti-insecte. Ce filet dispose d'une maille permettant uniquement aux parasitoïdes de passer et ainsi d'avoir accès aux larves émergentes pour y pondre leurs œufs (Trottin et al., 2014 ; Weydert et al., 2016). Cette solution consiste donc en une association des méthodes prophylactiques et de lâchers de parasitoïdes.

f) Autres moyens de lutte : huiles essentielles et plantes de services

Les plantes répulsives sont des plantes perturbant l'installation des ravageurs dans les cultures à travers la production et l'émission de composés organiques volatils (COV). De nombreux ravageurs réagissent en effet aux odeurs émises par certaines plantes et utilisent cette information chimique pour localiser et sélectionner leurs plantes-hôtes. L'utilisation de différentes huiles essentielles présente un certain intérêt en répulsion de *D. suzukii*.

Des études ont déjà montré l'inefficacité de la citronnelle en tant que répulsif contre *D. suzukii* (Pham, Ray, 2015). A travers certains travaux de recherches, l'huile de menthe poivrée semble avoir un potentiel intérêt pour la lutte contre cette mouche. Des résultats ont montré qu'elle était particulièrement efficace : en laboratoire, elle empêche presque toutes les mouches d'entrer en contact avec les mèches traitées et reste répulsive pendant 6 jours après l'application. L'huile de menthe poivrée semble être la meilleure candidate à des essais sur le terrain pour déterminer l'efficacité et la faisabilité de l'utilisation des huiles essentielles dans des stratégies de gestion push-pull contre *D. suzukii* (Renkema et al., 2016).

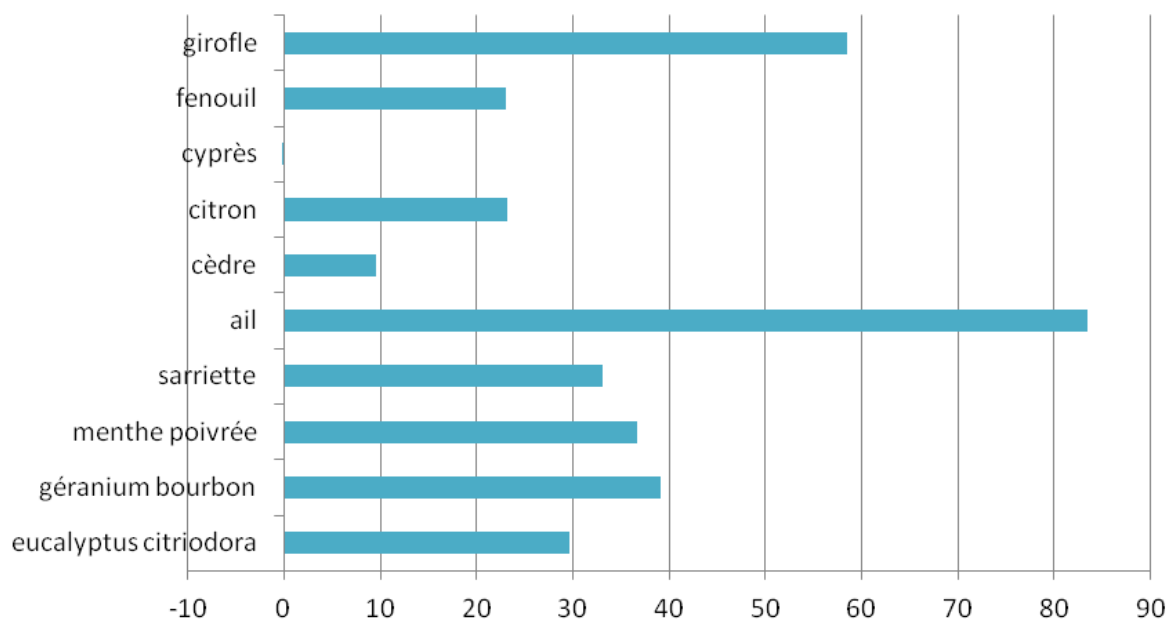


Figure 12 : Efficacité moyenne des huiles essentielles mesurée par rapport au témoin (Ondet, Gorski, 2015).

Après ces études, la menthe poivrée est la première plante choisie en tant que plante de service pour la mise en place de la lutte alternative contre *D. suzukii* dans le cadre de la dernière année du projet REProLeg.

Il semble que l'huile essentielle d'ail (*Allium sativum*) et celle de girofle (*Eugenia caryophyllus*), permettent une répulsion efficace de cette mouche (Figure 12, Ondet, Gorski, 2015). C'est d'après ces observations que l'ail a été utilisé en tant que plante répulsive pour les expérimentations 2019, afin d'évaluer le potentiel impact de cette plante de service sur la population de *Drosophila suzukii*.

Dans le projet REGULEG, soutenu par l'AFB, le CTIFL conçoit et évalue par ailleurs des systèmes de culture sous abri froid (aubergine) résilients face aux attaques de pucerons.

Dans ces systèmes, la protection des cultures contre ce ravageur repose sur des lâchers précoces d'arthropodes prédateurs et/ou parasitoïdes ainsi que sur l'action de la faune auxiliaire attirée dans les tunnels à l'aide de plantes-ressources et de plantes-banques. Parmi les différentes plantes ressources étudiées, la coriandre ; *Coriandrum sativum* ; semble, après les 2 premières années de projet être une plante attirant un très large panel d'auxiliaires, prédateurs comme parasitoïdes (Picault et al., 2019). Les résultats encourageants des effets de cette plante dans le cadre de l'étude des populations de pucerons ainsi que de thrips, apparaît comme intéressant dans le cadre de cultures de fraisiers, très sensibles à ces deux ravageurs. C'est dans cette optique que pour cette dernière année du projet REProLeg, la coriandre a été sélectionnée comme plante de service.

Il existe également des essais en cours sur des stratégies push-pull avec l'émission de composés volatils repoussant la drosophile. Il s'agit du 1-octen-3-ol qui est un potentiel moyen de dissuasion de pontes des femelles (Wallingford et al., 2015 ; 2017). Cependant, la mise en application de ces observations réalisées en laboratoire reste difficile au champ.

C. Mes missions

Mes missions principales au cours du stage s'inscrivent dans le cadre de ce projet REProLeg avec pour objectif de répondre aux problématiques liées à la gestion *D. suzukii* en culture de fraises. Après avoir assisté au comité de pilotage (CoPil) avec les différents acteurs du projet, j'ai élaboré les protocoles d'essais. L'objectif pour cette année est de coordonner les expérimentations entre le CDDL et le GDM afin d'obtenir le plus de répétition possible et de pouvoir comparer et analyser les résultats de façon commune.

A la suite des résultats obtenus les années précédentes, l'objectif principal pour cette dernière année de projet est l'étude des méthodes de lutte alternative contre *Drosophila suzukii*.

La première mission s'insère dans la continuité des essais de l'année précédente. Dans l'optique de mieux comprendre ce ravageur émergent et donc de trouver la méthode de lutte la plus efficace, j'ai mis en place une caractérisation parcellaire. Il s'agit ici de suivre la dynamique des populations des mouches au sein des exploitations. Les autres essais correspondent à l'évaluation des méthodes de lutte alternative. La première méthode alternative étudiée est la lutte physique, à travers le filet anti-insecte (ou filet insect-proof) et correspond à ma seconde tâche. Ensuite, le levier variétal sera la seconde méthode alternative étudiée. Enfin, le dernier essai correspond à l'étude de la combinaison de plusieurs techniques afin de lutter contre ce ravageur. Deux combinaisons ont été mises en place. D'une part, il s'agit de l'association de l'utilisation du filet anti-insecte avec celle des plantes de services sélectionnées. D'autre part, des lâchers de l'auxiliaire *Trichopria drosophilae* dans une serre également équipée de filet insect proof constituera la dernière modalité étudiée. Toutes ces méthodes seront mises en place de manière bien distincte les unes des autres pour éviter toute interaction.



Figure 13 : Culture de fraisier hors-sol sous serre, exploitation N°1, (Loïc Larroche, 2019).



Figure 14 : Pièges Drososan au sein des cultures de fraisiers (Loïc Larroche, 2019).



Figure 15 : Flacon de 500 *Trichopria drosophila* (Loïc Larroche, 2019).

De plus, les conditions climatiques (température et pluviométrie) seront analysées sur la période de janvier à juillet afin de mettre en relation la pression de *Drosophila suzukii* avec d'éventuelles fluctuations du climat.

II. Matériel et méthodes

Les différents essais communs entre le CDDL et le GDM (l'essai lutte physique avec le filet anti-insecte, l'essai cartographie, l'essai variétal ainsi que l'essai combinaison de techniques avec les lâchers d'auxiliaires) ont été mis en place de la même façon : les pièges sont disposés identiquement et contiennent le même mélange. Les protocoles des essais ont été réalisés en coordination entre le GDM et le CDDL afin de pouvoir analyser et comparer les données de la même manière.

A. Matériel

1. Matériel végétal

Au cours des essais, un certain nombre de matériel végétal sera utilisé, et notamment de nombreuses variétés de fraisiers (*Rosaceae fragaria*). Pour le projet il est demandé d'étudier des fraisiers dits remontants. Les variétés étudiées cette année sont la Mara des Bois, l'Amandine, la Charlotte, la Ciraphine, la Marigquette, la Favori et la Cléry. La conduite de ces fraisiers se fait en hors-sol sous serre (Figure 13). Lors de la mise en place de l'essai combinaison de techniques, les plantes de services sélectionnées sont la menthe poivrée, l'ail et la coriandre.

2. Matériel d'expérimentation

Dans un premier temps, pour réaliser les piégeages de *D. suzukii*, une quarantaine de pièges Drososan® de chez Koppert® ont été utilisés : il s'agit des pièges utilisés l'année précédente. En ce qui concerne la solution attractante, un essai réalisé par le GDM lors de la première année du projet consistait à comparer trois solutions similaires à celles testées dans le cadre du projet «*Drosophila suzukii* 2013-2016 » du CASDAR. C'est ainsi qu'une solution composée de grenadine, de vinaigre de cidre et d'eau à proportion égale a été retenue. Les pièges sont placés dans les rangs de fraisiers ou juste en dessous de ces derniers lorsque les contraintes techniques l'exigeaient (Figure 14).

Pour l'essai du filet anti-insecte, des filets de chez Diatex® permettant de fermer l'intégralité de la serre ont été commandés, ils sont identiques pour le GSM ainsi que pour le CDDL.

En ce qui concerne le lâcher d'auxiliaires, 3 flacons de 500 individus du parasitoïde des pupes de *Drosophila suzukii*, *Trichopria drosophilae* ont été commandés chez Bioplanet (Figure 15).

Enfin pour le traitement statistique des données, un ordinateur avec le logiciel « R » a été mis à disposition.

3. Sites d'expérimentations

Trois sites d'expérimentations ont été retenus : un premier site à Saint-Jean-de-Monts, où les deux premières tâches ont été mises en place : la cartographie, ainsi que l'essai filet (Annexe I). Un second site sur la zone de Challans, avec l'essai variétal (Annexe II).

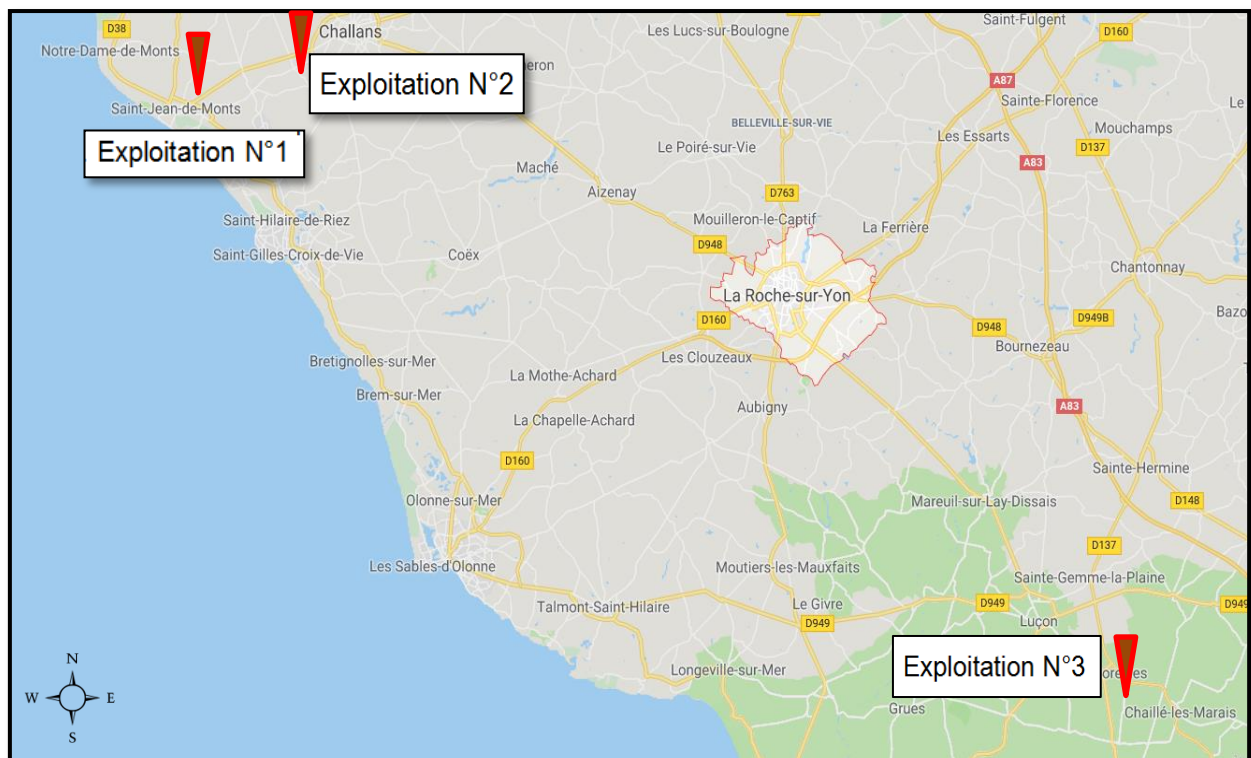


Figure 16 : Répartition géographique des exploitations dans lesquelles le GDM a réalisé les essais 2019.

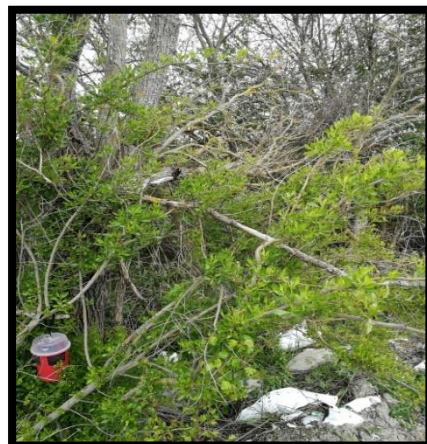


Figure 17 : Pièges disposés dans la culture de framboisiers (à gauche) ainsi que dans la haie (à droite) (Loïc Larroche, 2019).



Figure 18 : Sonde KIMO dans la culture de fraisier sur l'exploitation N°1 (Loïc Larroche, 2019).

Enfin, un site à Chaillé-les-Marais où les deux combinaisons des deux techniques ont été mise en place (Annexe III). Seul ce dernier agriculteur conduit son exploitation en agriculture biologique. La Figure 16 montre la répartition géographique des trois exploitations.

Tous les agriculteurs prenant part aux essais mis en place par le CDDL conduisent leur exploitation en agriculture conventionnelle.

B. Méthodes

1. Dynamique des populations de *Drosophila suzukii*

Cette tâche a pour objectif d'étudier les mouvements de population de cette mouche ravageuse entre les parcelles de production de fraise et l'environnement alentour (autres cultures, haies, points d'eau). En effet, les périodes et les facteurs influençant le développement des populations et leur migration vers la culture restent méconnus.

Ces observations permettront de confirmer les zones où *D. suzukii* se réfugie avant d'attaquer les cultures de fraise, ce qui permettra de repérer de façon précoce l'arrivée de cette mouche afin de mettre en place, à temps, les méthodes de lutte préventives adaptées.

a) Méthode

L'essai sera mis en place sur le site N°1 appartenant à un producteur de Vendée situé à Saint-Jean-de-Monts, et dont la principale culture est la fraise. Un suivi du vol de la mouche sera effectué, dès le début et ce jusqu'à la fin de l'étude, en différents points de la parcelle. Les différents emplacements ont été décidés en concertation avec les différents acteurs du projet et suite à des recherches concernant les différents hôtes et habitats de cette mouche. Un piège a donc été placé au sein des cultures de fraises (variété Favori) et de framboises (Figure 17) car ce sont des fruits susceptibles d'être utilisés comme hôtes. Plusieurs pièges ont ensuite été positionnés dans les haies présentes dans la parcelle (Figure 17) : une haie composée de grands arbres et une autre, composée d'arbustes produisant de petites baies. Un piège a également été positionné près du point d'eau de l'exploitation (Annexe I).

En ce qui concerne le porteur du projet, le CDDL, l'essai cartographie a été mis en place sur deux exploitations, avec des pièges positionnés dans le même type de haie que sur l'exploitation N° 1, ainsi que près d'un plan d'eau similaire à celui du GDM. D'autres pièges ont été rajoutés : dans des mûriers ainsi que dans des groseilliers.

b) Facteurs étudiés

Le relevé des pièges à drosophiles s'effectue une fois tous les quinze jours. L'identification, le comptage et le sexage des drosophiles adultes présentes dans chaque piège est réalisé à chaque relevé.

Quant au CDDL, les relevés sont effectués toutes les semaines pour cet essai.

2. Méthodes de lutte alternative

a) Lutte physique : filet anti-insecte

L'objectif de l'essai est d'évaluer l'efficacité d'un filet insect-proof pour lutter contre *Drosophila suzukii* en culture de fraise remontante sous abri ainsi que la faisabilité de cette méthode sur le plan technique et économique. Sur cet essai, le GDM réalise un suivi de la température ainsi que de l'humidité à l'intérieur de l'abri. Les données de la serre avec le filet anti-insecte seront comparées à la modalité témoin, grâce à une sonde Kimo (Figure 18).

i. Méthode

L'essai sera également mis en place sur le site N°1 à Saint-Jean-de-Monts, au sein de tunnels plastiques sous lesquels une culture de fraisiers remontants est réalisée.



Figure 19 : Mise en place du filet des 2 côtés de la serre sur l'exploitation N°1 (Loïc Larroche, 2019).

Un filet insect-proof a été ainsi mis en place aux ouvertures d'un tunnel de variété Favori début Mai (Figure 19). A l'intérieur du tunnel, sont installés 3 pièges à drosophile (piège Drososan® de Koppert®, contenant le mélange eau + vinaigre de cidre + grenadine) afin de suivre l'évolution de la population de *Drosophila suzukii*. Les pièges seront également positionnés dans un tunnel témoin sur lequel aucun filet n'a été positionné.

A cause de contraintes techniques, le témoin sera réalisé au sein d'une culture de fraisier remontant de variété Mara des Bois.

En ce qui concerne le CDDL, l'essai filet a été positionné dans une serre de variété Mara des Bois, avec un témoin réalisé dans une serre de cette même variété.

Une sonde Kimo est mise en place au début du mois de mai par le GDM, dans chacune des modalités afin de caractériser les conditions climatiques des deux tunnels. Cette sonde est placée au milieu du tunnel et va relever la température et l'humidité relative au sein de celui-ci ainsi que la température au sein du support de culture du fraisier grâce à une sonde insérée dans le support de culture.

ii. Facteurs étudiés

- Relevés des pièges à drosophiles : une fois tous les 15 jours pour le GDM et une fois par semaine pour le CDDL, avec identification, comptage et sexage des drosophiles adultes présentes dans chaque piège.
- Suivi des conditions climatiques à l'intérieur du tunnel = relevé des données de température et d'hygrométrie à la fin de l'essai.
- Suivi des dégâts sera réalisé deux fois au cours de l'essai :
 - Calcul du ratio rendement : quantité de fruits récoltés sur quantité de fruits jetés, pour l'estimation du pourcentage de dégâts et le rendement de la culture.
 - Calcul du ratio dégâts: quantité de fruits jetés sur quantité de fruits jetés infestés par *D. suzukii*, pour l'estimation du pourcentage de dégâts imputable à *D. suzukii*. Présence/absence de larves de *D. suzukii* sur 20 fruits.
- Suivi des populations de pucerons, de thrips, et de la pourriture grise causée par *Botrytis cinerea* et oïdium lors de chaque relevés. Présence/ absence sur 20 plantes, selon le protocole de Surveillance Biologique du Territoire, pour évaluer l'effet de ces mesures sur les autres bioagresseurs importants des fraiseraies.

iii. Tests statistiques

Une moyenne de la pression, sous filet et en tunnel non protégé est réalisée ainsi qu'une comparaison (seuil : 5%), un modèle linéaire sera recherché afin de comparer les deux modalités. L'hypothèse nulle (H0), est qu'il n'y a pas de différence entre les deux modalités, l'hypothèse alternative (H1), est qu'il y a une différence de pression entre le témoin et le tunnel protégé par le filet.

b) Levier variétal

Le but de l'essai est de comparer la sensibilité de plusieurs variétés aux attaques de *D. suzukii* et par conséquent de déterminer si le choix variétal peut être un levier pour éviter les dégâts de ce ravageur.

i. Méthode

L'essai sera mis en place sur le site N°2, dans des tunnels plastiques sous lesquels une culture de fraisiers remontants est réalisée (Annexe II). Suite à des discussions avec les producteurs sur les variétés les plus impactées et sur celles qu'ils comptaient produire, quatre variétés ont été choisies, Mara des bois, Marigquette, Amandine et Charlotte. Les pièges ont été positionnés dans ces quatre variétés début avril. En plus de ces pièges, un piège sera disposé dans une haie présente sur l'exploitation, afin d'obtenir un indice sur la pression potentielle sur l'exploitation dans le but de pouvoir faire un parallèle avec les autres exploitations.



{a}



{b}



{c}

Figure 20 : Plantes de services (coriandre {a}, menthe poivrée {b} et ail {c}) au sein des fraisiers de l'exploitation N°3 (Loïc Larroche, 2019).

Enfin, suite à des discussions avec le producteur concernant la pression de *Drosophila suzukii* l'année précédente, un piège sera placé au sein d'une culture de framboisiers.

A l'intérieur des tunnels, sont installés 3 pièges à drosophile (piège Drososan® de Koppert®, contenant le mélange eau + vinaigre de cidre + grenadine) afin de suivre l'évolution de la population de *Drosophila suzukii*.

L'essai variétal du CDDL a été mis en place de la même manière, cependant les variétés étudiées sont la Mara des Bois, l'Anaïs et la Favori.

ii. Facteurs étudiés

- Relevés des pièges à drosophiles : 1 fois toutes les deux semaines pour le GDM et une fois par semaine pour le CDDL, avec identification, comptage et sexage des drosophiles adultes présentes dans chaque piège.
- Suivi des populations de pucerons, de thrips, et des maladies pourriture grise et oïdium lors de chaque relevés. Présence/ absence sur 20 plantes, selon le protocole de Surveillance Biologique du Territoire, pour évaluer l'effet de ces mesures sur les autres ravageurs importants des fraiseraies.

iii. Tests statistiques

Une moyenne de la pression, pour chaque variété est réalisée puis une comparaison de moyenne (seuil : 5%) étudie l'impact variétal sur la pression. L'hypothèse nulle (H0), est qu'il n'y a pas de différence entre les différentes variétés, l'hypothèse alternative (H1), est qu'il y a une différence d'attractivité pour *Drosophila suzukii* entre les variétés.

c) Combinaison de techniques

L'objectif de l'essai est d'associer plusieurs méthodes de lutte alternative afin d'augmenter l'efficacité de la lutte contre *Drosophila suzukii*. L'exploitation est divisée en 2 sites, distants d'un kilomètre l'un de l'autre. Un piège à drosophile a été placé au sein d'une haie sur chaque site. Ces pièges permettront de comparer la pression *Drosophila suzukii* sur les deux sites afin d'évaluer la pression potentielle lors de la mise en place des essais.

i. Lutte physique et plantes de services

Le but de l'essai est d'associer la plantation de plantes de services avec la mise en place d'un filet anti-insecte. L'objectif est d'évaluer l'efficacité de cette combinaison de méthodes ainsi que les conditions de mises en place et la faisabilité de celle-ci chez les agriculteurs.

(a) Méthode

L'essai sera mis en place sur le site N°3, à Chaillé-les-Marais, au sein de tunnels plastiques sous lesquels une culture de fraisiers remontants est réalisée. Un filet insect-proof était déjà en place aux ouvertures de deux tunnels de cultures de fraises remontantes de variété Cléry. A l'intérieur du premier tunnel de Cléry sur le site 1, sont installés 3 pièges à drosophile (piège Drososan® de Koppert®, contenant le mélange eau + vinaigre de cidre + grenadine) afin de suivre l'évolution de la population de *Drosophila suzukii*. Dans ce tunnel, les plantes de services : ail, menthe poivrée et coriandre sont mises en place au sein même de la culture de fraisier. Les bulbes d'ail ont été mis en terre par l'agriculteur lors de la mise en place de sa culture de fraisier, le 15 janvier, à raison d'une trentaine de bulbes par rang. Quelques jeunes plants de menthe poivrée et de coriandre ont été plantés alternativement tous les mètres, respectivement le 10 mai et le 17 mai (Figure 20). Les pièges seront également positionnés dans le second tunnel de Cléry. Ce tunnel constitue le témoin, qui lui aussi est protégé par un filet anti-insecte. Cependant, il est sur le 2^{ème} site de l'exploitation (voir en Annexe III).

Tableau 3 : Bilan des essais REProLeg mis en place en place en 2019.

Essai	Organisme et Variété de fraisier
Cartographie	GDM : Favori et Mara des bois CDDL : Mara des bois
Levier variétal	GDM : Mara des Bois, Mariguette, Amandine et Charlotte CDDL : Mara des bois, Favori et Anaïs
Lutte physique	GDM : Favori, Témoin : Mara des bois CDDL : Mara des bois
Combinaison de techniques : filet anti-insecte et lâchers d'auxiliaires	GDM : Ciraphine, Témoin : Cléry CDDL : Mara des bois
Combinaison de techniques : filet anti-insecte et plantes de service	GDM : Cléry

(b) Facteurs étudiés

- Relevés des pièges à drosophiles : 1 fois toutes les deux semaines, avec identification, comptage et sexage des drosophiles adultes présentes dans chaque piège.
- Suivi des populations de pucerons, de thrips, et des maladies pourriture grise et oïdium lors de chaque relevés. Présence/ absence sur 20 plantes, selon le protocole de Surveillance Biologique du Territoire, pour évaluer l'effet de ces mesures sur les autres ravageurs importants des fraiseraies.

(c) Tests statistiques

Une moyenne de la pression est réalisée pour chaque date puis une comparaison de moyenne (seuil : 5%) sera ensuite faite pour évaluer l'impact de cette combinaison de techniques sur la pression. L'hypothèse nulle (H0), est qu'il n'y a pas de différence entre les deux modalités, l'hypothèse alternative (H1), est qu'il y a une différence de pression entre le témoin et le tunnel protégé par la combinaison filet anti-insecte et plantes de services.

ii. Lutte physique et lutte biologique

(a) Méthode

Tout comme la tâche précédente, l'essai sera mis en place sur le deuxième site de l'exploitation N°3, à Chaillé-les-Marais. Cet essai est mis en place au sein de tunnels plastiques sous lesquels une culture de fraisiers remontants est réalisée et dans lesquels un filet insect-proof était en place. A l'intérieur de ce tunnel de fraises de variété Ciraphine, sont installés 3 pièges à drosophile, toujours de même composition que les précédents. Le témoin utilisé pour cet essai sera le même que pour l'essai avec les plantes de services, il s'agit de la serre de Cléry fermée par un filet anti-insecte.

Pour le CDDL cet essai a été réalisé au sein des variétés Mara des Bois.

(b) Facteurs étudiés

- Relevés des pièges à drosophiles : 1 fois toutes les deux semaines, avec identification, comptage et sexage des drosophiles adultes présentes dans chaque piège.
- Suivi des populations des bioagresseurs lors de chaque relevé. Présence/ absence sur 20 plantes, selon le protocole de Surveillance Biologique du Territoire, pour évaluer l'effet de ces mesures sur les autres ravageurs importants des fraiseraies.

(c) Tests statistiques

Une moyenne de la pression est réalisée pour chaque date puis une comparaison de moyenne (seuil : 5%) sera ensuite faite pour évaluer l'impact de cette combinaison de techniques sur la pression. L'hypothèse nulle (H0), est qu'il n'y a pas de différence entre les deux modalités, l'hypothèse alternative (H1), est qu'il y a une différence de pression entre le témoin et le tunnel protégé par la combinaison filet anti-insecte et lâchers d'auxiliaires.

Un bilan des différents essais mis en place est résumé dans le Tableau 3.

III. Résultats

A. Conditions climatiques

Le rayonnement solaire, la température et principalement la disponibilité de l'eau sont les facteurs qui influencent fortement l'efficacité de la fructification de la fraise. Le rendement en fraises est négativement corrélé avec le rayonnement solaire, ce qui suggère qu'un rayonnement solaire et une température élevée associée à la perte d'eau exercent une influence négative sur les réponses des plants de fraises et par conséquent réduisent la formation de fruits (Li et al., 2010).

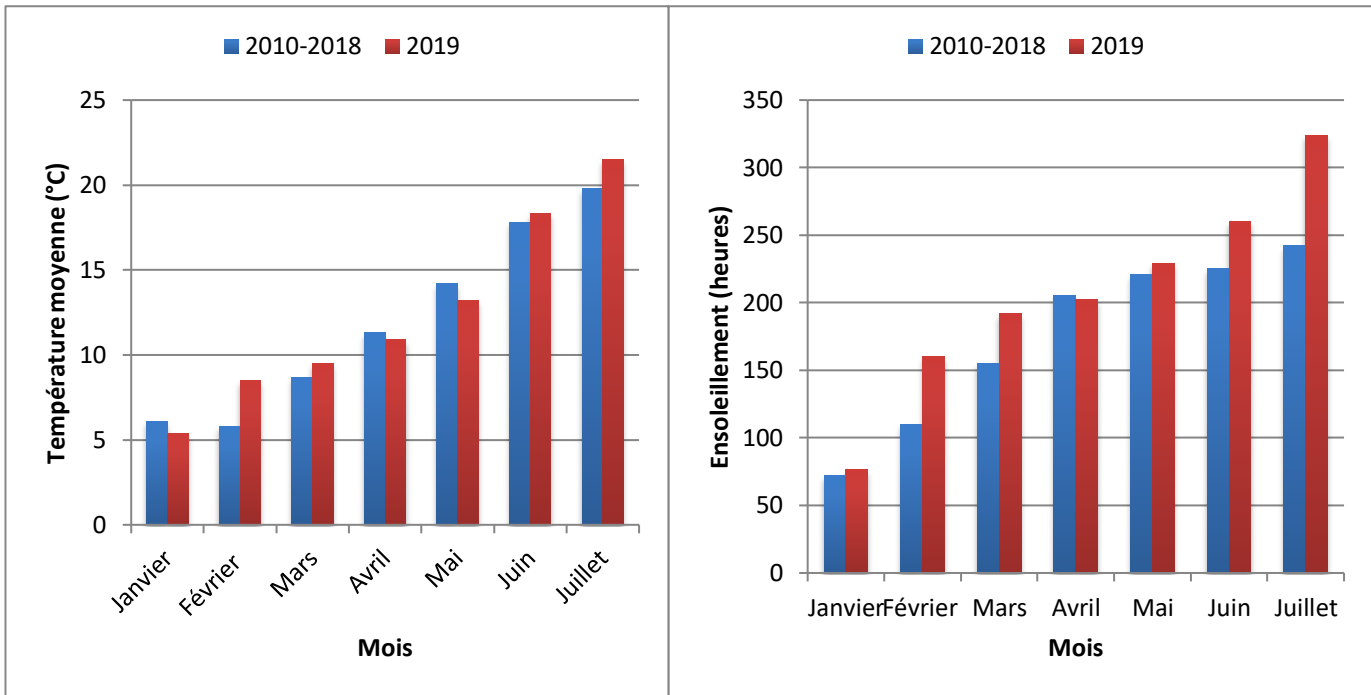


Figure 21 : Comparaison des températures (à gauche) et de l'ensoleillement (à droite) à La Roche-Sur-Yon (graphique personnel, données : [2] infoclimat.fr).

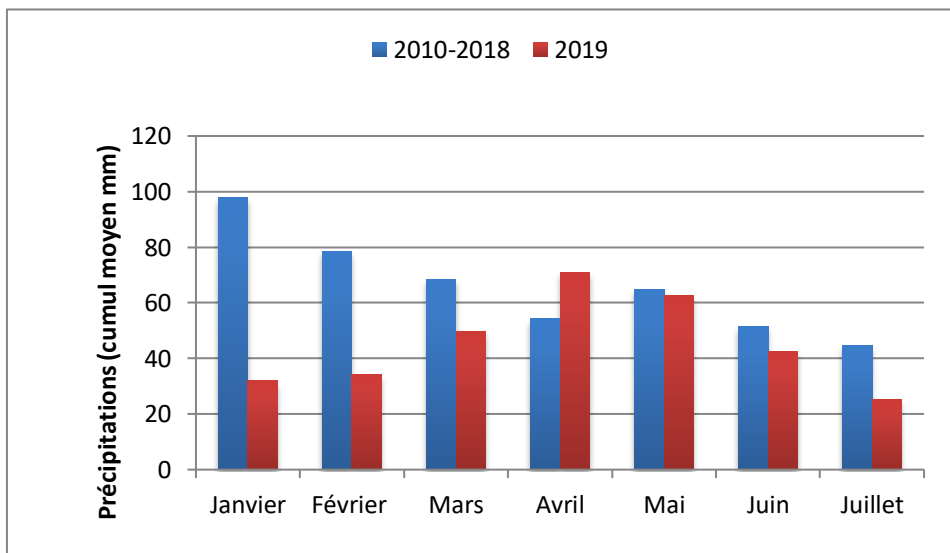


Figure 22 : Comparaison de la pluviométrie à La Roche-Sur-Yon (graphique personnel, données : [2] infoclimat.fr).

De plus, la température joue également un rôle sur l'activité et donc le développement de *Drosophila suzukii*.

Les conditions climatiques (température, ensoleillement et pluviométrie) ont donc été analysées sur la période de janvier à juillet. Les données pour le mois août n'ont été mises à jour que trop tardivement pour pouvoir être utilisées lors de mon stage. Ces données ont été comparées aux moyennes historiques 2010-2018 pour repérer si des différences importantes sont à noter pour cette année 2019 (figure 21 et 22). Ces données ont été relevées à La Roche-Sur-Yon, à 40 km au sud-est de l'exploitation N°1, 60 km au sud-est de l'exploitation N°2 et à 40 km au nord-ouest de l'exploitation N°3 (Figure 16). Ces valeurs sont donc présentées à titre indicatif.

Les données de température sont similaires entre la moyenne historique 2010-2018 et l'année 2019. Excepté une différence de plus de 3°C en faveur de l'année 2019 pour le mois de février, l'écart de température moyenne ne dépasse jamais 1°C. La température moyenne sur l'année 2019 n'est donc pas significativement différente des années précédentes et ne peut pas expliquer un potentiel comportement différentiel de *Drosophila suzukii* dans la région.

En ce qui concerne l'ensoleillement moyen, une différence est visible. Excepté pour le mois d'avril, il y a eu de 5 heures à 50 heures de soleil par mois en plus pour l'année 2019, pour un total sur cette période de plus de 200 heures de soleil en plus en 2019 qu'en moyenne sur 2010-2018. Cette différence impacte la culture des fraisiers, dont la fructification est diminuée lors d'un ensoleillement trop élevé (Li et al., 2010). Cela n'a pas d'effet direct connu sur *Drosophila suzukii*, cependant une diminution du nombre de fraises par pied peut entraîner la concentration de ce dernier, qui aura potentiellement moins de fraises à attaquer. Cela peut donc avoir un impact sur le choix de l'hôte pour la mouche : en effet, un nombre plus faible de fraise peut modifier le comportement du ravageur, qui attaquera de manière plus importante des hôtes autres que la fraise, si présents sur la même exploitation.

Enfin, la pluviométrie est quant à elle significativement différente en cette année 2019 en comparaison des moyennes sur la période 2010-2018. La moyenne mensuelle en 2019 est deux à trois fois plus faible lors des 3 premiers mois de l'année. Au contraire, on ne constate pas de différence significative pour les mois suivant, malgré un mois d'avril 2019 plus pluvieux que les années précédentes. Cette baisse de pluviométrie peut jouer sur les stocks d'eau disponibles pour les agriculteurs, qui peuvent être amenés à subir des restrictions pour l'irrigation de leurs cultures. Néanmoins, cette diminution n'a pas réellement impacté la culture de fraisiers, et de la même façon ne semble pas affecter le comportement ou la dynamique de population de *Drosophila suzukii*.

B. Dynamique de population de *Drosophila suzukii*

Pour le suivi de cette tâche, des relevés ont été effectués tous les 15 jours sur l'exploitation N°1, et 6 pièges ont servi à réaliser ce suivi (Annexe I). On note que les premiers piégeages au sein des cultures de fraisiers n'ont eu lieu qu'en semaine 23, soit la première semaine de juin. Cependant, les mouches sont capturées dans les haies à arbuste ainsi que près du point d'eau, et ce dès le début des relevés le 26 mars. Le nombre de mâles est beaucoup plus faible que le nombre de femelles piégées. Cette observation est présentée en Annexe V, tableau A. On observe qu'environ 70% de toutes les mouches capturées lors de l'essai cartographie correspondent à des femelles.

On observe deux dynamiques différentes en ce qui concerne les mâles et les femelles.

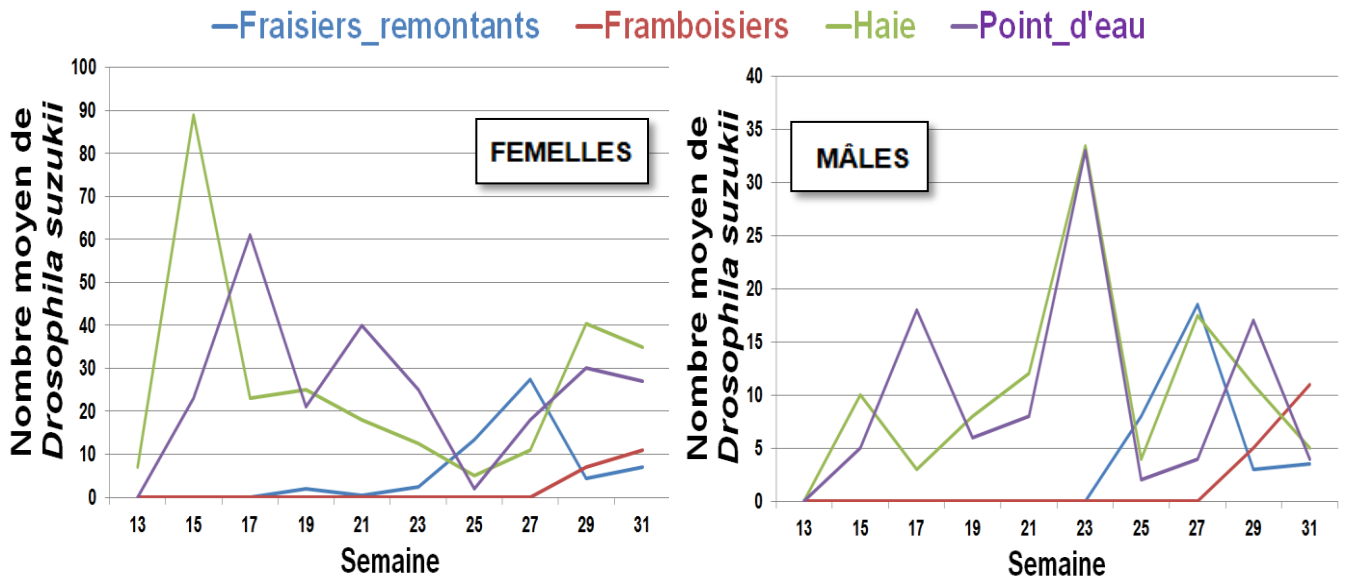


Figure 23 : Nombre moyen de *Drosophila suzukii* femelles (à gauche) et mâles (à droite) piégés au cours du temps par le GDM sur l'exploitation N°1.

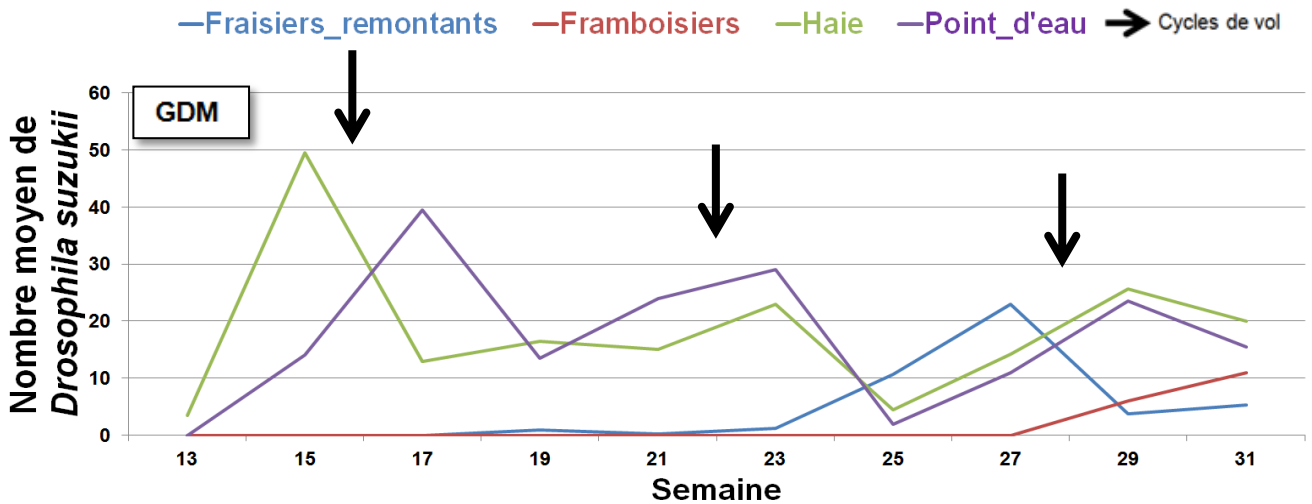


Figure 24 : Nombre moyen de *Drosophila suzukii* piégées par le GDM au cours du temps sur l'exploitation N°1.

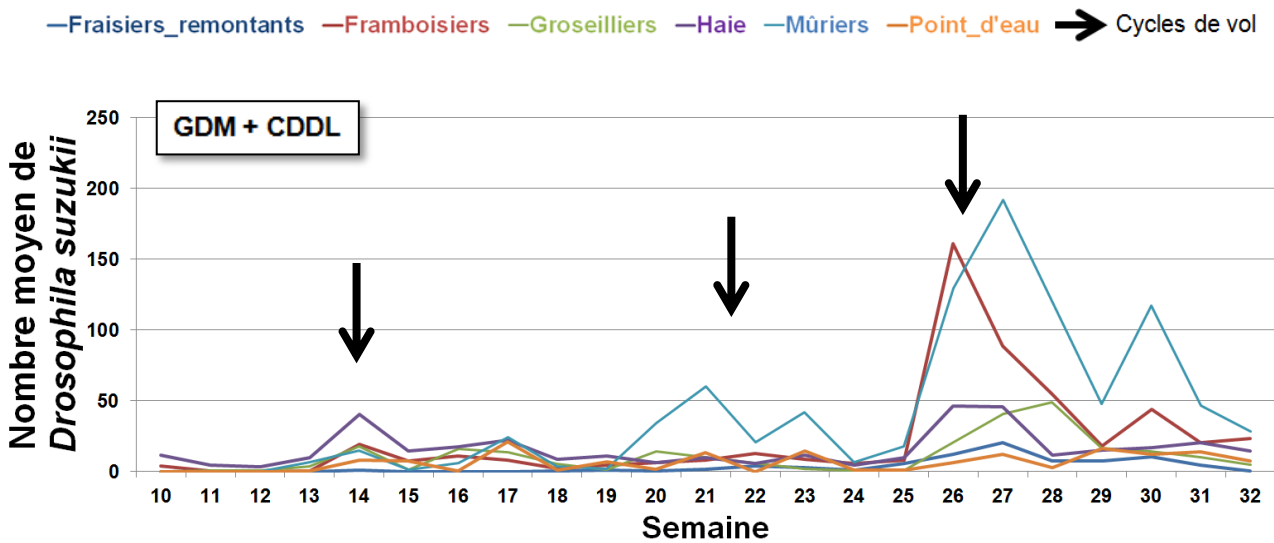


Figure 25 : Ensemble des piégeages de *Drosophila suzukii* réalisées par le GDM et le CDDL pour l'essai cartographique.

Il y a peu de différence entre les vols de mâles et de femelles. Hormis pour les femelles où le second pic (semaine 21) est visible au point d'eau mais peu au niveau de la haie (Figure 23).

Un vol de mouche étant défini par la présence d'au moins 20 mouches, il semble se dégager 3 vols successifs : le premier entre les semaines 15 et 17, où un transfert des haies vers le point d'eau a lieu, puis le second en semaine 23, juste avant l'augmentation des captures de mouches au sein des fraisiers (Figure 24). Enfin, le dernier cycle de vol semble avoir lieu aux alentours de la semaine 28, soit début juillet. Lors du premier vol, trois fois plus de femelles ont été capturées, alors que lors du second vol le ratio s'équilibre.

L'essai cartographie mis en place par le CCDL permet d'observer des résultats similaires (Annexe IV, Figure A). Un premier pic de piégeage est observé semaine 14, où le nombre de mouches augmente dans tous les pièges. Le premier cycle de vol est donc similaire à celui observé par le GDM. Une dynamique de déplacement des drosophiles entre les différentes cultures hôtes se dégage : il y a deux pics dans la culture de mûrier en semaine 21 et 23, puis un pic dans les framboisiers en semaine 26 avant d'observer un nombre très important de mouche dans les mûriers en semaine 27. Enfin, les drosophiles semblent migrer vers les groseilliers en semaine 28. Les drosophiles peuvent donc se déplacer sur l'exploitation et pondre leurs œufs dans les cultures dont les fruits sont murs : d'abord les muriers, puis les framboisiers et enfin les groseilliers. Lors de cet essai mis en place par le CDDL, il apparaît que la culture des fraisiers n'est pas la culture préférentiellement attaquée par *Drosophila suzukii*, on remarque que les mûriers et les groseilliers sont les cultures préférentiellement attaquées par *Drosophila suzukii*. Néanmoins, on peut noter la différence d'attaque sur les framboisiers : le nombre de piégeage des mouches est très important dans la culture de framboisier sur les sites du CDDL, alors qu'ils sont très faibles sur l'exploitation N°1 des essais du GDM.

De l'ensemble de ces résultats on observe l'apparition de trois pics de vols : semaine 14, semaine 21 à 23 et semaine 26 et 27 (Figure 25). Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus l'année précédente, où la cartographie mise en place par les 2 organismes révélait également 3 cycles de vols, à savoir en semaine 15, 24 et 27 (Annexe VI).

C. Lutte physique : filet anti-insecte

Suite à des contraintes techniques, le filet anti-insecte a été mis en place pour l'essai du GDM en deux fois : un premier côté de la serre a été protégée par le filet le 9 avril, en semaine 15, et enfin la serre a été fermée deux semaines après, alors qu'il a été installé en semaine 18 pour le CDDL.

Il est important de noter que la serre n'était pas protégée à 100% par le filet : en effet, l'aération de la serre est indispensable à la bonne conduite de la culture, que cela soit pour limiter les maladies et les attaques d'agents pathogènes (*Botrytis cinerea* et *Podosphaera macularis* responsable de l'oïdium principalement) ou pour laisser les fraises accessibles par les pollinisateurs. De plus, cette aération est indispensable pour avoir des conditions de travail pas trop difficiles pour les ouvriers qui peuvent rester plusieurs heures dans ces serres. C'est pourquoi, des aérations sur les côtés de la serre étaient en place (Figure 26). De ce fait, la serre était protégée à hauteur de 96% par le filet anti-insecte, ce qui explique la présence de *Drosophila suzukii* à l'intérieur de cette serre.

L'analyse des résultats du GDM n'est pas statistiquement significative. En effet, les comptages s'arrêtent en semaine 25 puisque le filet a été retiré par l'agriculteur. Peu importe le modèle linéaire simple et généralisé utilisé, aucun ne peut analyser de manière adaptée les résultats. Le CDDL relevait ses pièges une fois par semaine, alors que le GDM tous les 15 jours. Afin d'analyser les comptages du GDM et du CDDL, les données du GDM ont été adaptées : autrement dit, les données de comptages pour une date ont été divisés par 2, afin que la pression observée soit celle par semaine.



Figure 26 : Aérations latérales au sein de toutes les serres sur l'exploitation N°1.

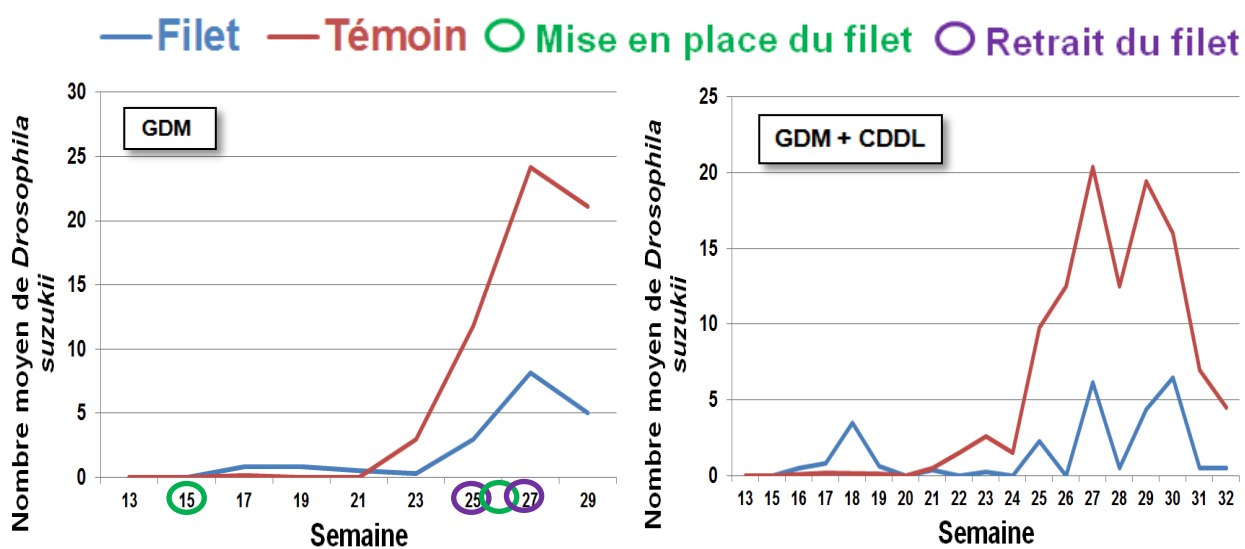


Figure 27 : Ensemble des piégeages de *Drosophila suzukii* réalisées par le GDM (exploitation N°1) (à gauche) ainsi que par le GDM et le CDDL (à droite) pour l'essai filet anti-insecte.

Tableau 4 : Tableau bilan des relevés climatiques de la sonde KIMO du 07/05 au 14/07 (Tableau personnel, données sonde KIMO 2019).

Modalité	Température tunnel (°C)		Température sonde (substrat fraisier) (°C)		Humidité relative (%)	
	Témoin	Filet	Témoin	Filet	Témoin	Filet
Minimum	4,7	5,1	6,0	9,1	35,5	37,5
Maximum	34,1	35,6	34,2	35,8	100	96,5
Moyenne	19,1	19,5	21,0	20,9	77,1	76,9

Lors de l'analyse uniquement des résultats du CDDL, le modèle linéaire généralisé de loi binomiale négative n'est plus adapté. Une transformation mathématique est nécessaire afin de normaliser la variable à expliquer. La transformation logarithmique est la plus satisfaisante. Nous analysons donc les données sur la transformée de « Nombre de drosophiles », appelée « LogNombre » (Annexe VII). Dans ce modèle, la modalité témoin est significativement différente de la serre protégée par le filet. Le modèle s'écrit : Nombre de drosophiles = 1,28 mouches pour la serre protégée par le filet, et 4.7 s'il s'agit du témoin, avec une p-value de $7,1 \times 10^{-8}$.

Néanmoins, le R^2 associé à ce modèle est de 0.36, ce qui signifie que ce modèle explique seulement 36% de la variance de la variable LogNombre, il est donc assez peu explicatif. Nonobstant, après l'examen des résidus, cette approche valide la méthode d'analyse de la variable à expliquer. De plus, après plusieurs essais, aucun modèle linéaire généralisé n'est adapté pour analyser ces données. La prédictivité du modèle n'est cependant pas satisfaisante : cela signifie qu'il existe une différence significative entre le témoin et la serre protégée, mais que le modèle décrit plus haut n'est pas généralisable.

Lors de l'analyse de l'ensemble des résultats (GDM et CDDL, 2019), une modélisation à travers une loi quasi poisson semble adaptée, seulement après vérification on observe une surdispersion des résultats. C'est avec un modèle linéaire généralisé suivant une loi binomiale négative que l'on obtient un modèle acceptable (Annexe VII). La modalité témoin est significativement différente de la modalité avec le filet. Les moyennes ajustées avec un intervalle de confiance à 95% sont d'un peu moins d'une mouche pour la serre avec le filet et d'environ le double pour la modalité témoin (0,61 et 1,24). Cette différence est visible sur la Figure 27, graphique de droite, où à partir de la semaine 21, il y a toujours plus de drosophiles piégées dans le témoin que dans la partie aménagée avec le filet.

Lors de la mise en commun des résultats du CDDL et du GDM, l'analyse des résultats donne le graphique de droite de la Figure 27.

Les essais mis en place par le CDDL présentent les mêmes contraintes que ceux mis en place dans l'exploitation N°1 : le tunnel n'est pas fermé à 100% par le filet anti-insecte. La mise en place de ce filet a été réalisée lors de la semaine 18 à la fin du mois d'avril. Les résultats des piégeages pour cet essai donne en moyenne 11 pour le CDDL à 14 mouches piégées dans la modalité aménagée avec le filet anti-insecte, et 47 à 49 mouches piégées dans la serre témoin (Annexe V, Tableau B). On remarque que le pourcentage de femelles est toujours d'environ 70%, proche de celui observé pour l'essai cartographie. Cependant, on note une différence de 5% de femelles piégées en moins dans la modalité témoin.

Les relevés de température et d'humidité relative réalisés par la sonde KIMO à l'intérieur des deux modalités sont synthétisés dans le Tableau 4. On observe que les minimums et maximums de température observés sont plus élevés dans les serres protégées par le filet anti-insecte. Cependant, ces écarts sont seulement de quelques degrés. On remarque que la différence des moyennes de température entre le témoin et le filet est très faible : moins d'un demi-degré Celsius pour la température sous le tunnel ainsi que dans le substrat du fraisier entre les deux. Le même constat est dressé concernant l'humidité relative au sein des tunnels : malgré un minimum de température plus élevé et un maximum plus faible dans la serre aménagée, l'humidité relative moyenne peut être considérée comme identique.

Il est important de préciser que les données retranscrites dans le tableau 4 ne correspondent pas à l'ensemble des données relevées par la sonde sur l'ensemble de la campagne : l'analyse a été restreinte à la période pour laquelle le filet était parfaitement disposé : du 07 mai au 14 juillet.

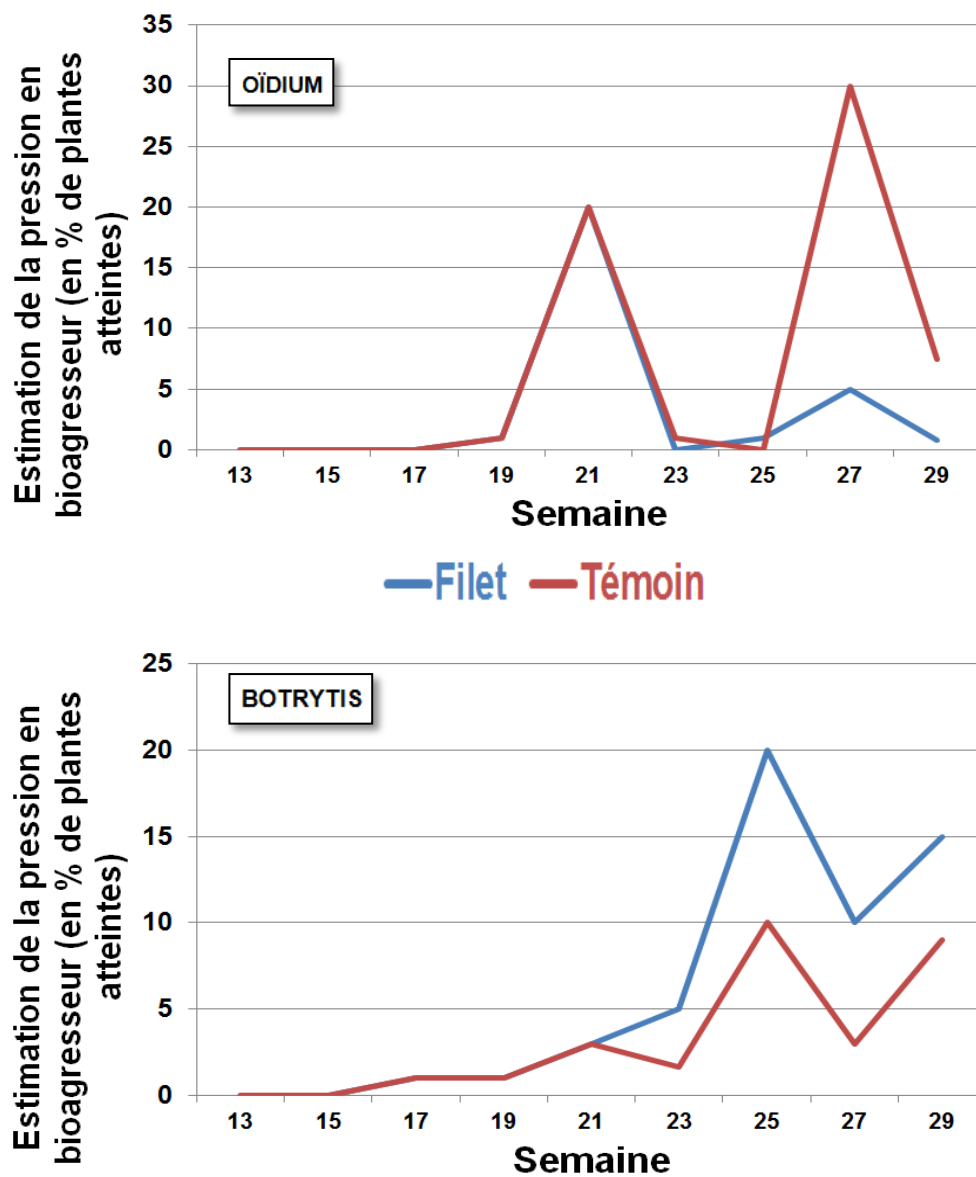


Figure 28 : Estimation de la pression en agents pathogènes : oïdium en haut, *Botrytis cinerea* en bas, lors de l'essai lutte physique sur l'exploitation N°1 du GDM.

En effet, il est important de noter que l'agriculteur de l'exploitation N°1, suite à une forte attaque du champignon *Botrytis cinerea* sur les fraises, a été contraint d'ouvrir la serre et de relever le filet anti-insecte afin de réaliser une aération suffisante au sein du tunnel. En semaine 25, soit du 17 jusqu'au 21 juin, la serre n'était plus protégée par le filet. Après l'avoir remis pour la semaine 27, il l'a finalement totalement retiré jusqu'à la fin de la culture.

Il apparaît intéressant de caractériser l'impact du filet lors de conditions climatiques spécifiques. Notamment à travers de l'étude de l'évolution de la température et de l'humidité relative lors d'un jour particulièrement chaud et lors d'un jour très pluvieux. Lors d'un jour chaud, la température du témoin va augmenter de plus de 5°C de plus que la serre protégée par le filet. A l'inverse, l'humidité relative au sein de la serre avec le filet va nettement plus augmenter que celle dans la modalité témoin : on observe une différence de plus de 10%.

Une analyse identique a été réalisée l'année précédente. Si on regarde au niveau d'un jour très chaud de l'essai, Annexe VI Figure B, on remarque que les températures maximales diffèrent réellement entre les deux modalités : 46°C pour la modalité témoin et 39°C pour le filet. Dans le même temps le taux d'humidité diminue fortement, avec un taux qui est plus élevé sous filet que sans filet. Un jour de pluie (Annexe VI, Figure C), présente des températures sensiblement égales avec et sans filet anti-insecte. Néanmoins, le taux d'humidité du témoin va plus augmenter que sous le filet (8 points de plus). Pendant la nuit, ce taux va s'homogénéiser entre les deux modalités pour finalement n'observer sur l'ensemble de la campagne peu de différences.

Lors des relevés des pièges, un suivi de la pression en bioagresseurs, hebdomadaire au CDDL et tous les 15 jours au GDM, était réalisé.

On observe sur le graphique du dessus de la Figure 28 que l'attaque de l'oïdium dans la modalité témoin et aménagée ont lieu au même moment : semaine 21 et 27.

C'est lors de ces deux semaines que l'attaque a été la plus importante cette saison, c'est également à ce moment-là que l'agriculteur a dû traiter avec Thiovit Jet Microbille [3] car plus de 25% des fruits étaient touchés. On remarque cependant que la seconde infestation est deux fois moins forte dans la modalité sous filet.

Il est important de noter que c'est en semaine 25, au début du second pic, que l'agriculteur a retiré le filet pour une semaine, puis de la semaine 28 jusqu'à la fin de la production l'essai filet n'était plus en place pour le GDM sur l'exploitation N°1. Ces observations sont différentes de celles obtenues par l'essai du CDDL : en effet, les pics d'attaque d'oïdium sont en semaine 23, 26 puis 32. On remarque d'ailleurs que l'intensité des attaques est légèrement plus forte dans la partie protégée par le filet (Annexe IV, Figure B). On note que la pression oïdium a été beaucoup plus importante sur les exploitations du CDDL que sur l'exploitation N°1 du GDM. D'après ces observations, il est difficile de tirer une observation générale de la pression en oïdium liée à l'utilisation du filet anti-insecte.

Les attaques de l'agent pathogène *Botrytis cinerea* sont deux fois plus fortes dans la modalité avec le filet anti-insecte, en semaine 23 puis 25 (Figure 28, graphique du dessous). Le traitement effectué, à savoir Rhapsody [3], a été réalisé juste avant le retrait du filet en semaine 25 semble plus efficace dans la modalité témoin.

—Filet —Témoin

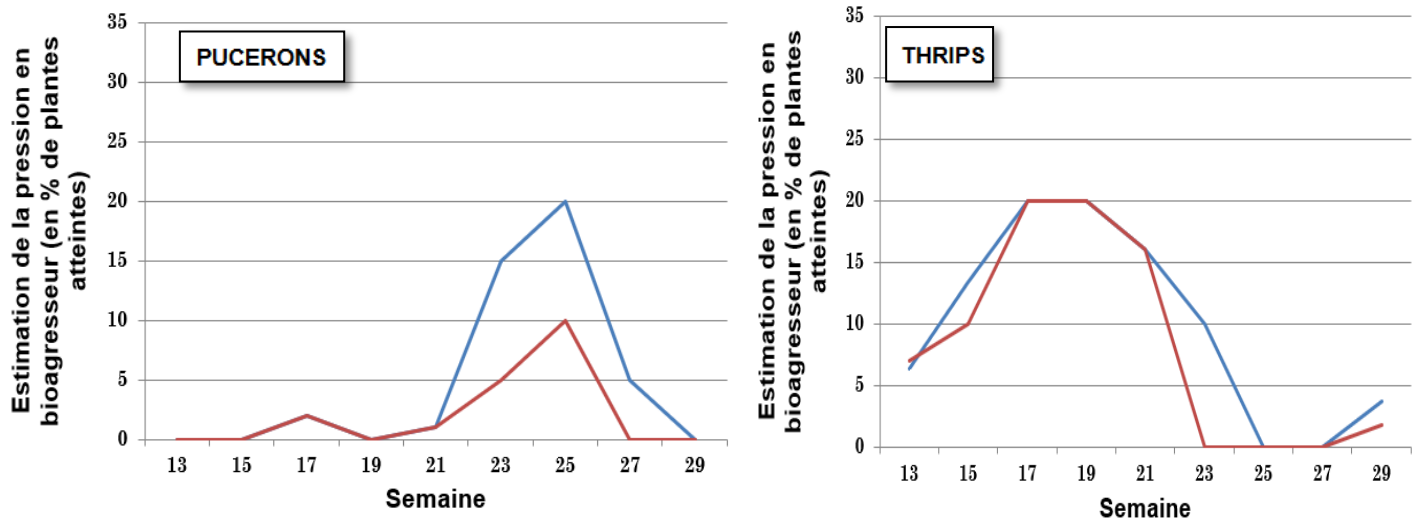


Figure 29 : Estimation de la pression en ravageurs : pucerons à gauche, thrips à droite, lors de l'essai lutte physique sur l'exploitation N°1.

Tableau 5 : Données de production et de dégâts en fonction de la modalité lors de l'essai lutte physique sur l'exploitation N°1.

Date - Semaine	Modalité	Variété	Récolte (kg)	Perte (kg)	Pertes dues à <i>D. suzukii</i> (%/perte)	Nombre de larves de <i>D. suzukii</i> dans 20 fruits	Autres dégâts importants
27/05 - 22	Filet	Favori	25	0.68	4	1	Forte pression en pucerons
27/05 - 22	Témoin	Mara de Bois	24	0.81	17	3	
14/06 - 24	Filet	Favori	23	0.92	9	1	Forte pression Botrytis et pucerons
14/06 - 24	Témoin	Mara des Bois	20	0.99	39	5	

Sur le graphe du CDDL (Annexe IV, Figure B), on observe une forte augmentation de la pression en semaine 22 sous filet, qui n'est pas observée dans la modalité témoin. Au contraire de l'oïdium, la pression en *Botrytis cinerea* semble avoir été plus importante dans la modalité sous filet durant la campagne.

En ce qui concerne les ravageurs, on remarque que la pression en pucerons est plus importante de la semaine 21 à la semaine 29 dans la serre avec le filet (Figure 29, graphique de gauche). Le même constat est dressé par le CDDL : à partir de la semaine 21 jusqu'à la fin de l'essai, la pression en pucerons est nettement plus importante sous la serre avec le filet anti-insecte (Annexe IV, Figure C). On note qu'un traitement a été effectué en semaine 25 sur l'exploitation N°1 de l'essai mené par le GDM : il s'agit du Flipper [3]. On peut donc distinguer une différence entre la modalité témoin et l'essai lutte physique : la pression en pucerons est plus importante et plus étalée dans le temps dans la serre où le filet anti-insecte a été installé. A propos de la pression en thrips, la différence entre le témoin et la serre aménagée, la différence de pression n'est pas significative lors des essais du GDM (Figure 29, graphique de droite). Pour le suivi réalisé par le CDDL, il est difficile d'analyser les résultats obtenus et de dégager une observation générale sur la campagne (Annexe IV, Figure C). En effet, les pics d'attaque par le ravageur ne sont pas en même temps au sein des deux modalités. On ne peut donc pas tirer d'observation générale concernant la pression thrips lors de cet essai.

Un suivi des Tarsonèmes du fraisier, *Phytonemus pallidus*, a été effectué par le CDDL. La pression en cet acarien sur l'exploitation N°1 du GDM a été quasi-nulle durant toute la campagne, ce qui a induit la non réalisation de ce suivi. Concernant le CDDL, on remarque sur la Figure D de l'Annexe IV que la pression de ce ravageur a été très forte durant tout l'essai, et que celle-ci apparaît plus importante dans la serre fermée par le filet anti-insecte. Cependant, l'évolution de la pression est identique et la différence entre les deux modalités n'est pas très importante.

Une mesure de la production et des dégâts a été réalisée en semaine 22 et en semaine 24 pour cet essai. Les résultats sont résumés dans le Tableau 5. On observe que malgré la différence de variété entre les deux modalités, les récoltes sont d'environ une vingtaine de kilos par semaine, avec un léger avantage pour la Favori. Cette légère différence semble plus liée aux caractéristiques agronomiques propres des variétés et non pas à la conduite culturale. Il y a eu plus de pertes (en kilogramme de fruits perdus) dans le témoin que dans la serre protégée par le filet.

Cette observation n'est pas uniquement liée à la conduite expérimentale. Cependant, le facteur filet anti-insecte vient s'ajouter à d'autres facteurs (résistances différentielle des variétés aux maladies notamment) et influence ces pertes de fruits. On observe cependant une nette différence concernant les dégâts liés à *Drosophila suzukii*. En effet, en semaine 22, les dégâts imputables à ce ravageur sont seulement de 4% des pertes pour l'essai filet alors qu'ils sont de 17% pour le témoin, et ceux-ci ont plus que doublés en semaine 24. Cette forte augmentation en semaine 24 est directement liée à l'augmentation du nombre de piégeage et donc à l'augmentation de la population en *Drosophila suzukii* sur l'exploitation à cette période. Ces résultats montrent l'efficacité du filet anti-insecte. Ces derniers sont confirmés par la présence d'une seule larve de mouche au sein de 20 fruits dans la modalité avec le filet, alors que respectivement 3 et 5 larves ont été retrouvées en semaine 22 et 24 dans le témoin.

D. Levier variétal

Pour l'essai mené par le GDM, les pièges à *D. suzukii* ont été positionnés dans des tunnels de quatre variétés de fraisiers remontants sur l'exploitation N°2 : Amandine, Charlotte, Maras des Bois, et Mariguette. Le CDDL quant à lui mis en place l'essai dans les variétés Favori, Anaïs et Maras des Bois.

Tableau 6 : Moyennes des piégeages de *Drosophila suzukii* par variété, par semaine, réalisés par le GDM (exploitation N°2) et le CDDL.

Variété des fraisières	Moyenne/semaine (arrondie au nombre entier)	Organisme
AMANDINE	17	GDM
CHARLOTTE	12	GDM
MARA DES BOIS	55	GDM
MARAIGUETTE	41	GDM
ANAÏS	16	CDDL
FAVORI	2	CDDL
MARA DES BOIS	9	CDDL

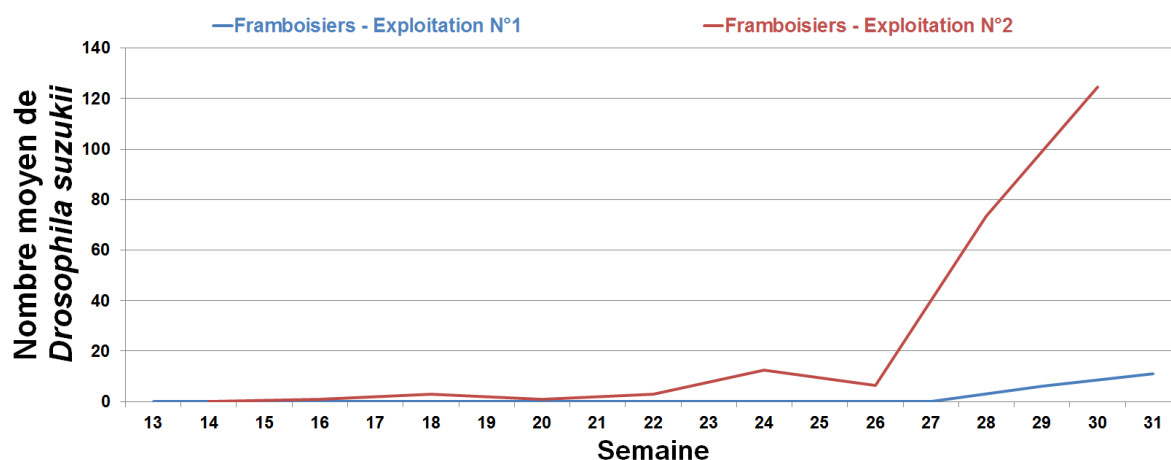


Figure 30 : Nombre moyen de *Drosophila suzukii* capturées par le GDM dans les framboisiers au cours du temps.



Figure 31 : Larve de *Drosophila suzukii* dans une framboise de l'exploitation N°2 (Loïc Larroche, 2019)

Tableau 7 : Moyenne du nombre de drosophiles attirées par les différentes variétés étudiées par le GDM à partir du modèle linéaire réalisé lors de l'analyse statistique.

Variété	Moyenne ajustée avec intervalle de confiance à 95%	P-value et significativité (**) obtenue avec le modèle statistique
Charlotte	1,7	0,3671
Amandine	2	0,3104
Mariguette	2,5	0,2609
Mara des Bois	3,3	0,0103 **

On peut observer sur l'ensemble de la période d'essai, que les moyennes de mouches piégées sont assez hétérogènes. La moyenne la plus basse est celle de la variété Charlotte, avec un nombre de mouche capturées 4 fois moins important que le plus grand nombre de piégeage, à savoir la variété Mara des Bois. On constate que ce n'est pas le cas pour le CDDL : le nombre moyen de *Drosophila suzukii* piégées dans les Maras des Bois n'est pas la plus important. En effet, il s'agit de la variété Anaïs qui a été le plus attaquée par la drosophile, mais il est important de signaler que ce nombre moyen est similaire au nombre moyen de drosophile qui ont été piégées dans les variétés les moins attaquées par le GDM (Tableau 6). La pression sur le site de l'essai variétal du CDDL a été très faible cette année.

L'analyse statistique des résultats du CDDL est non concluante, de plus le nombre de relevés n'est pas identique entre les trois variétés. En ce qui concerne les résultats du GDM, après une approche descriptive, on déduit un éloignement à la distribution normale de la variable à expliquer (Annexe VII). Une transformation mathématique est donc nécessaire afin de la normaliser. La transformation logarithmique est la plus satisfaisante. De la même façon que pour l'analyse de l'essai filet du CDDL, nous analysons les données avec la transformée de « Nombre de drosophile », appelée « LogNombre ». Les résultats obtenus grâce à l'utilisation de ce modèle sont synthétisés dans le Tableau 7. Cependant selon le modèle, une seule variété est significativement différente des autres : la variété Mara des Bois, avec une p-value de 0.01. La variété Mara des Bois est donc plus attractive pour les drosophiles que les autres variétés selon ce modèle.

Le R^2 associé à ce modèle n'est que de 0.04, ce qui signifie que ce modèle explique seulement 4% de la variance de la variable LogNombre, il est donc très peu explicatif. Néanmoins, après analyse des résidus, cette approche valide la méthode d'analyse de la variable à expliquer. De plus après examen, aucun modèle linéaire généralisé n'est adapté à l'analyse de ces données. La prédictivité du modèle n'est quant à elle pas satisfaisante, il est donc difficile de déduire une réelle différence entre les variétés de manière plus générale.

Il est intéressant de noter qu'un relevé de piège a été effectué en semaine 30 par le GDM sur l'exploitation N°1, alors que les fraisiers Mara des Bois et Mariguette étaient en fin de production. L'agriculteur avait en effet laissé les fraisiers mourir : il n'y avait plus de fraises dans le tunnel à ce moment-là : un grand nombre de mouches ont néanmoins été retrouvées dans les pièges. Cette observation montre l'efficacité du mélange attractif utilisé lors des différents essais.

Sur cette exploitation un suivi dans les cultures de framboisiers a été mis en place (Figure 30). En effet, lors des essais mis en place sur cette même exploitation l'année précédente les framboisiers avaient été plus attaqués que les fraisiers remontants. On relève que le nombre de captures dans les framboisiers est plus élevé à seulement deux reprises, tout le reste de la campagne un plus grand nombre de *Drosophila suzukii* a été piégé dans les fraisiers. On note un piégeage de 25 mouches en semaine 24 dans les framboisiers, soit un piégeage plus important que la moyenne des trois pièges relevés effectués dans chaque variété. A partir de la semaine 26, le nombre de drosophiles piégées augmente très fortement dans les framboisiers, jusqu'à atteindre plus de 120 individus en semaine 32. Des larves ont d'ailleurs été observées au sein des framboises de cette serre (Figure 31). Ces deux pics correspondent aux cycles de vols identifiés lors de l'essai cartographie sur l'exploitation N°1. Cependant, le premier cycle de vol n'est pas visible sur le piégeage des mouches au sein des framboisiers de l'exploitation N°1. Cette différence peut être expliquée par la différence de pression en mouches sur les deux exploitations.

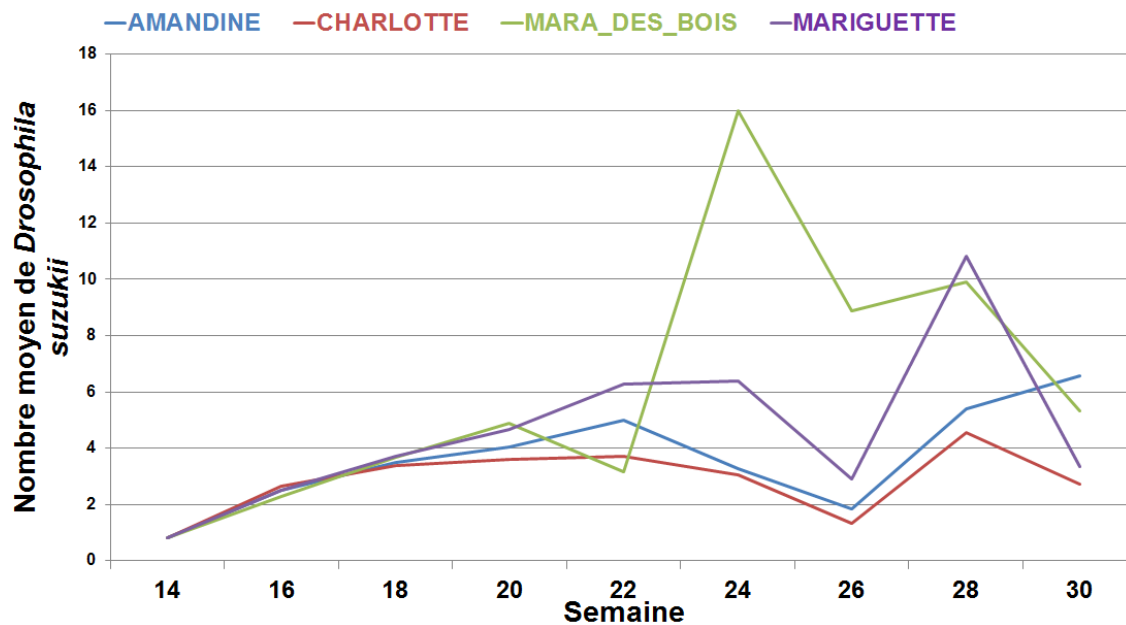


Figure 32 : Evolution des piégeages de *Drosophila suzukii* réalisés dans l'essai variétal du GDM sur l'exploitation N°2.

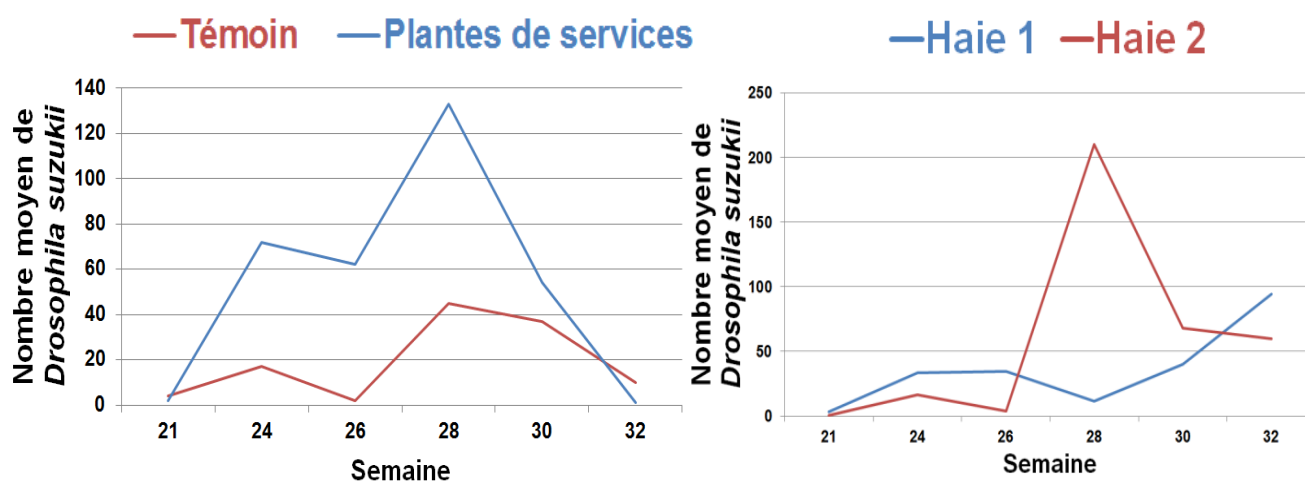


Figure 33 : Nombre moyen de *Drosophila suzukii* piégées au cours du temps pour la combinaison de techniques avec les plantes de service (gauche), et dans les haies des 2 sites (à droite), sur l'exploitation N°3.

On remarque que lors du suivi dans le temps des piégeages des mouches au sein des 4 variétés, trois d'entre elles présentent une évolution similaire, tandis que la variété Mara des Bois diffère (Figure 32). En effet, pour les variétés Amandine, Charlotte et Mariguette, le nombre de drosophiles piégées augmente légèrement du début des relevés jusqu'en semaine 22, puis on constate une diminution du nombre de piégeage semaine 26. Puis un grand nombre de mouches sont piégées en semaine 28, avant que les piégeages diminuent. Cette dernière observation rejoint celle faite pour le suivi des piégeages au sein des framboisiers, excepté que dans ces derniers le nombre de drosophiles à cette période est jusqu'à 8 fois plus important, et ne diminue pas en semaine 30. Concernant la variété Mara des Bois, la diminution du nombre de mouches piégées apparaît plus tôt que les 3 autres variétés : soit en semaine 22 avant une très forte augmentation en semaine 24, un second pic en semaine 26 puis une diminution après la semaine 28. Cette augmentation en semaine 24 apparaît en même temps que l'augmentation dans les framboisiers. De manière plus globale, seulement le premier cycle de vol observé lors de l'essai cartographie n'est pas visible à travers cet essai.

Lors du suivi réalisé par le CDDL, les 3 variétés étudiées, à savoir Favori, Anaïs et Mara des Bois, ont la même évolution en ce qui concerne le nombre de piégeage des mouches au cours du temps (Annexe IV, Figure E). Une première augmentation du nombre de mouche a lieu semaine 21 à 23, puis après une forte diminution un second pic a lieu semaine 30, et une dernière augmentation, plus forte que les deux premières débute en semaine 32.

Lorsqu'on compare l'évolution du nombre de drosophiles piégées au cours du temps dans les serres de Mara des Bois par le GDM et le CDDL, on remarque que les piégeages sont très différents (Annexe V, Figure A). De ce constat, il apparaît difficile de tirer des conclusions sur un potentiel effet distinct entre les différentes variétés concernant l'évolution du nombre de mouches attirées au cours du temps.

E. Combinaison de techniques

La mise en place tardive de cet essai ne permet pas d'avoir un grand nombre de relevés. De plus, le CDDL n'a pas pu réaliser cet essai, ce qui réduit le nombre de résultats aux 6 semaines de relevés du GDM. Cet essai a été placé dans l'exploitation N°3, à Chaillé-les-Marais (Annexe II).

1. Combinaison du filet anti-insecte avec des plantes de services

La mise en place de cet essai a été compromise par des contraintes techniques. Les résultats obtenus sont donc à étudier avec précaution. En effet, le témoin n'a pas pu être mis en place sur le même site de l'exploitation. Pour des raisons techniques, les pièges pour la modalité avec la combinaison de techniques ont été placés sur le site N°1 (Annexe II), dans un tunnel sous serre, fermé par un filet anti-insecte, dans des variétés de Clery. Concernant le témoin, il a été placé sur le second site de l'exploitation, dans un tunnel également fermé par le filet anti-insecte, dans des fraises de variété Clery. Un suivi des mouches a été réalisé sur les deux sites afin d'avoir un point de comparaison : « Haie 1 » correspond au site N°1 ; là où est placé l'essai avec les plantes de services alors que « Haie 2 » correspond au site N°2, emplacement du témoin.

Une différence de pression en *Drosophila suzukii* a été observée entre les deux sites : l'évolution du nombre de mouches piégées est bien distincte entre la « Haie 1 » et la « Haie 2 » à partir de la semaine 26 (Figure 33, graphique de droite). La pression en mouches est de deux à quatre fois plus importante entre les semaines 26 et 30 sur le site N°2.

Dès la deuxième semaine de relevés, en semaine 22, une différence a été constatée entre le témoin et la modalité aménagée avec les plantes de services (Figure 33, graphique de gauche). En effet, d'un côté de la serre aménagée avec les plantes de service, le filet anti-insecte ne permettait pas une fermeture totale de l'entrée du tunnel.

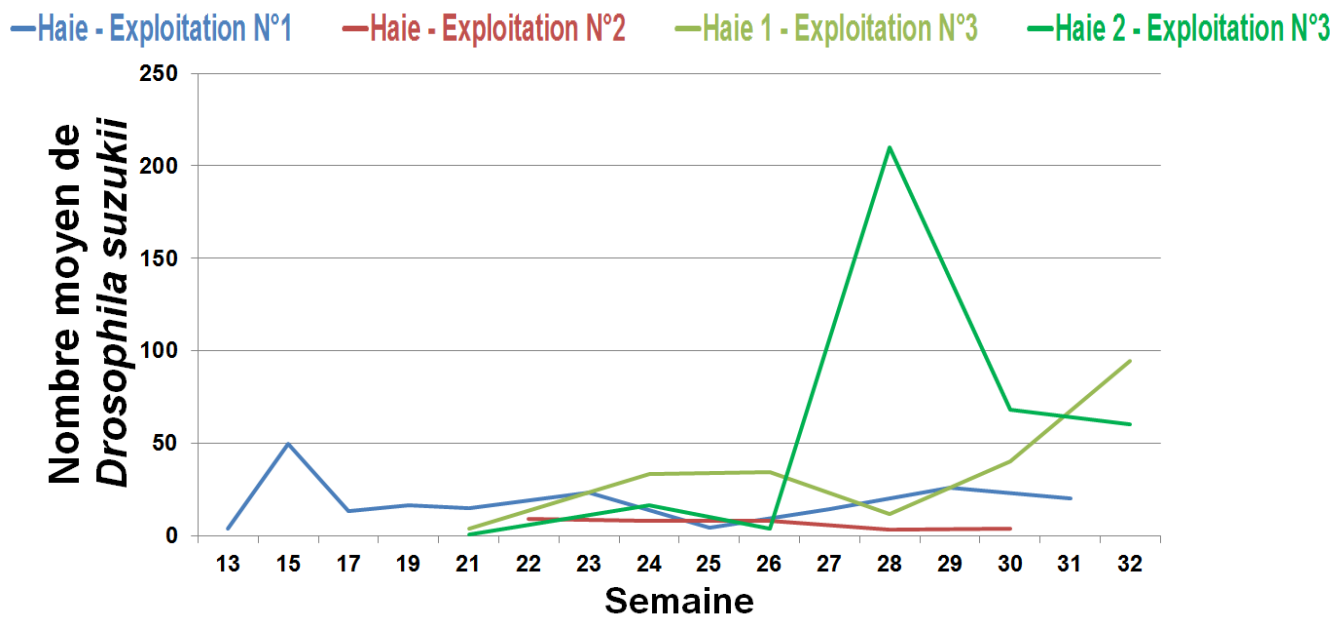


Figure 34 : Nombre moyen de *Drosophila suzukii* piégées par le GDM dans les haies au cours du temps.



Figure 35 : *Drosophila suzukii* sur une feuille (à gauche) et sur une tige (à droite) de menthe poivrée (Loïc Larroche, 2019).

En effet, une partie du filet anti-insecte usé s'était déchiré à cet endroit, au contraire du témoin dont le filet était neuf. Il est donc difficile d'interpréter les résultats obtenus lors de cet essai ni de réaliser d'analyse statistique.

On observe que l'évolution du nombre de piégeage dans le témoin et dans la Haie 2 est similaire : les hausses de piégeages ont lieu en semaine 24 et 28. Il en est de même pour la partie aménagée, pour laquelle les augmentations des piégeages ont lieu au même moment. Ces pics correspondent aux cycles de vols observés lors de l'essai cartographie. Cette observation n'est en partie pas vérifiée dans la haie du site N°1 : il y a bien une augmentation du nombre de mouches piégées lors de la semaine 24 et ce jusqu'à la semaine 26, mais après une diminution semaine 28, le second pic de population apparaît et augmente très fortement à partir de la semaine 30.

On observe sur le graphe de gauche de la Figure 33 que le nombre moyen de *Drosophila suzukii* piégées est beaucoup plus important dans la modalité aménagée que dans le témoin. L'évolution du nombre de piégeage présente quelques similarités : on observe un pic semaine 24, puis une diminution du nombre de mouches en semaine 26, avant un deuxième pic plus important en semaine 28. Ces pics ne correspondent pas exactement aux pics observés lors de l'essai cartographie réalisé sur l'exploitation N°1 : ils sont précocement décalés de 2 semaines. Cette observation peut être liée à la différence géographique entre les 2 exploitations. En effet l'exploitation N°1 se situe au nord-ouest de La Roche-Sur-Yon, près de la côte océanique, au contraire de l'exploitation N°3 qui elle, est plus située dans les terres, au sud-est de La Roche-Sur-Yon. Effectivement, on observe sur la Figure 34 que la pression en mouche dans les haies est sensiblement différente entre les trois exploitations des essais du GDM. Le premier cycle de vol observé semaine 14 sur l'exploitation N°1 n'est pas observé chez les deux autres agriculteurs. Ensuite, on observe que la population de *Drosophila suzukii* capturées dans la haie de l'exploitation N°2 reste relativement constante tout au long des essais.

Sur le site 1 de l'exploitation N°3, le premier cycle de vol est plus long : il semble s'étaler de la semaine 24 à la semaine 26, et après une forte diminution des piégeages semaine 28, le second cycle de vol semble commencer semaine 30 jusqu'à la semaine 32. On constate finalement que l'ordre de grandeur des piégeages réalisés dans les haies des 3 exploitations est le même : il n'y a jamais eu plus de 50 individus capturés, à l'exception de la haie 2. En effet, lors du second cycle de vol, le nombre de mouches piégées dans la haie du site 2 de l'exploitation N°3 atteint plus de 200.

Néanmoins, j'ai pu observer durant le suivi de cet essai que notamment la menthe poivrée n'agissait pas en tant que plante répulsive envers la drosophile, puisque certaines mouches se posaient sur ces dernières (Figure 35).

Tout au long de cet essai, les différentes pressions en bioagresseurs ont également été suivies. Cependant, après analyse des résultats, aucune différence significative n'a pu être observée entre le témoin et la partie aménagée. Nonobstant, une forte présence d'aleurodes a été observée dans la partie aménagée avec les plantes de services : un grand nombre d'entre elles étaient présentes sur la menthe poivrée.

2. Combinaison du filet anti-insecte avec des lâchers d'auxiliaires

Les lâchers d'auxiliaires ont été réalisés en semaine 25, 27 et 29. Le suivi des auxiliaires dans la culture est difficile. En effet, un des moyens pour le suivre est de prélever des fruits attaqués par *Drosophila suzukii* afin d'observer si la larve est parasitée. Non visible à l'œil nu, les relevés en question n'ont pas permis d'identifier une larve de *Drosophila suzukii* parasitée. Le suivi des populations d'auxiliaires a donc été réalisé à travers le suivi des mouches.

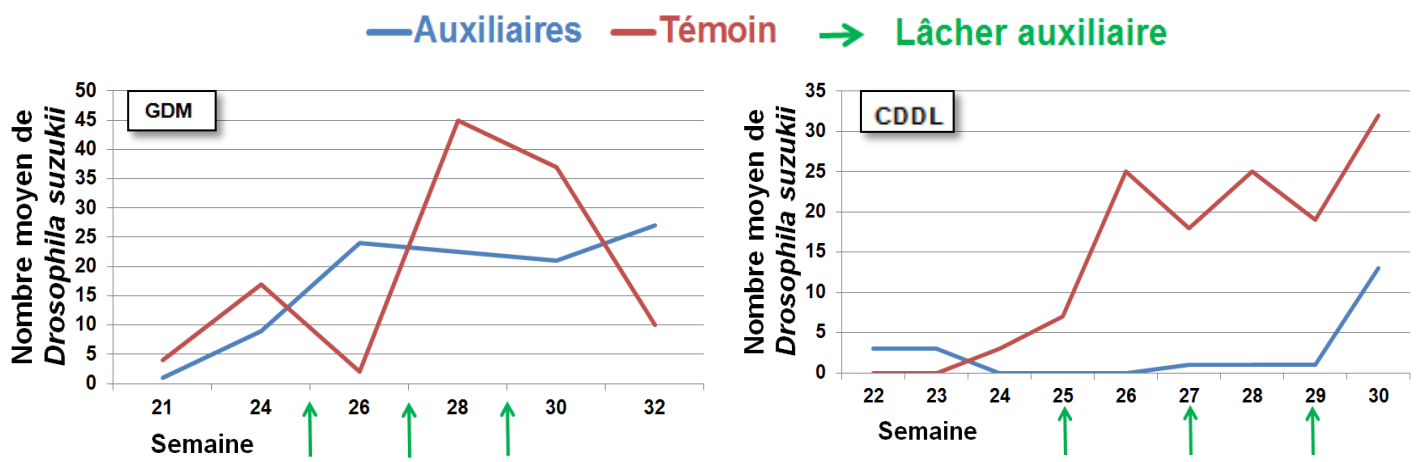


Figure 36 : Nombre moyen de *Drosophila suzukii* piégées par le GDM (exploitation N°3, site 2) (à gauche) et par le CDDL (à droite) pour la combinaison de techniques avec les lâchers d'auxiliaires.

On observe en semaine 28 une forte diminution du nombre de drosophiles piégées dans la modalité avec le lâcher d'auxiliaire (Figure 36, graphique de gauche).

Cependant, 3 jours après le premier lâcher d'auxiliaires ; le 21 juin ; l'agriculteur a été contraint de réaliser un traitement phytosanitaire, à savoir le Success [3] afin de lutter contre les thrips, qui occasionnaient de trop forts dégâts dans cette serre. Cet insecticide a un effet potentiel inconnu sur *Drosophila suzukii* ainsi que sur les auxiliaires *Trichopria drosophilae*. Cependant, d'après la firme Bioplanet chez qui ont été achetés les auxiliaires, l'effet de cet insecticide sur ces derniers est notable. Selon eux, la première chose à prendre en compte est la différence entre les adultes et les jeunes stades, puisque pour *Trichopria drosophilae* les jeunes stades se font dans une drosophile : ils sont donc moins "atteints" par l'insecticide que les formes adultes. La substance active contenue dans cet insecticide, le Spinosad est en général très mauvais pour les adultes auxiliaires, avec une estimation de 50% à 80% de mortalité et avec une rémanence de une à deux semaines avant de pouvoir réintroduire l'individu dans la serre sans risque. Ces informations ne sont pas vérifiées à titre expérimental ni en laboratoire ni en plein champs, cependant, il est indéniable de penser que ce traitement a eu un effet sur la population d'auxiliaires. Une semaine avant le dernier lâcher d'auxiliaires en semaine 29, une très forte pression en acarions ainsi qu'à nouveau une importante pression en thrips a contraint une nouvelle fois l'agriculteur à effectuer des traitements phytosanitaires : Floramite et Success [3]. Le Floramite, toujours d'après les informations de Bioplanet, a également un impact négatif sur les formes adultes : entre 40% et 70% des adultes peuvent être tués, mais avec moins de rémanence au sein du tunnel.

L'agriculteur de l'exploitation N°3 conduit ses cultures en agriculture biologique. Cependant, la trop forte pression en bioagresseurs cette année l'a obligé à utiliser des produits phytosanitaires. Malgré cela, il a dû arrêter la production de fraise sous cette serre en semaine 32 car la production n'était pas suffisante et la pression en bioagresseurs trop importante.

Avec ces traitements, il est impossible de traiter statistiquement les données relatives à la pression de *Drosophila suzukii* ainsi que des différents bioagresseurs entre les deux modalités.

Néanmoins, à l'inverse du témoin, la pression en *Drosophila suzukii* au sein du tunnel avec les lâchers d'auxiliaires est relativement stable entre les semaines 26 à 32.

Les traitements phytosanitaires appliqués dans cette serre n'ont pas l'AMM pour lutter contre *Drosophila suzukii*, cependant, leurs effets sur ce ravageur ne peuvent pas être supposés comme nuls. Nonobstant, on peut supposer que les lâchers d'auxiliaires ont eu un effet sur la population des mouches présentes dans cette serre.

L'essai mis en place par le CDDL a été réalisé au sein de cultures de Mara des bois, dans deux tunnels fermés par des filets anti-insecte. Les lâchers d'auxiliaires ont également été réalisés lors des semaines 25, 27 et 29. On observe une diminution de la pression en mouches au sein de la culture dans la serre où les lâchers d'auxiliaires ont été réalisés (Figure 36, graphique de droite). En effet, la pression en drosophiles est nulle des semaines 24 à 26, et très faible dans les semaines suivantes.

IV. Discussion

A. Dynamique de population de *Drosophila suzukii*

L'étude de la dynamique des populations de *D. suzukii* a pour objectif de confirmer les zones dans lesquelles se situe ce ravageur en fonction de la période étudiée ainsi que d'identifier les zones réservoirs.

Cet essai a ainsi démontré dans un premier temps que plusieurs cycles de vols de *D. suzukii* avaient lieu tout au long de la saison. En effet au moins trois cycles différents ont été identifiés. Lors d'un cycle on peut observer une augmentation qui commence généralement dans une zone appelée réservoir avant le début de l'augmentation visible au sein de la culture une semaine plus tard. Dans cet essai, nous avons pu identifier les haies, constituées d'arbustes (notamment *Elaeagnus*) et d'arbres (chêne et ronce) comme les principaux réservoirs pour *D. suzukii*. Les haies, constituées de buissons et d'arbustes formant de petites baies, ainsi que les points d'eau, forment des réservoirs qu'on pourrait dire secondaires. On peut supposer que c'est au sein de ces réservoirs que se font les premiers cycles de *D. suzukii*, avant son implantation plus tardive au sein des cultures. Ceci ayant lieu avant l'augmentation significative du nombre de piégeages de la mouche au sein de la culture de fraises. Les piégeages au sein des cultures de fraisiers est néanmoins toujours plus faible que celui réalisé au sein des haies. Cependant, un faible nombre de *Drosophila suzukii* peut causer de sévères dégâts au sein de la culture.

L'essai cartographie de cette année rejoint l'essai réalisé l'année précédente concernant les trois cycles de vols. Cependant, le second ainsi que le troisième cycle de vols ont été observés légèrement plus tôt cette année. Ceci est pourrait être dû à l'ensoleillement : il a été bien plus important cette année que l'année précédente : le développement important et la migration des drosophiles vers les cultures sont possiblement liés à un cumul des températures, qui a été atteint plus rapidement cette année.

Il est important de signaler que l'environnement parcellaire influence énormément la dynamique de population de ce ravageur au sein d'une exploitation donnée. Les espèces présentes sur l'exploitation, leur emplacement et leur gestion vont permettre, ou non, à la drosophile de s'épanouir. Les différences observées entre les essais du GDM et du CDDL sont liées à la localisation des exploitations ainsi qu'à leur gestion différentielle.

L'aménagement et l'entretien de l'environnement parcellaire est une solution non négligeable pour lutter contre *Drosophila suzukii*. L'élagage des haies permet d'aérer celles-ci et limite leur fonction de refuge pour la drosophile, tout comme la tonte des abords enherbés et le débroussaillage des fossés humides.

Ces derniers offrent une zone de niche où l'hygrométrie est relativement élevée et favorable au ravageur. L'entretien des cultures est aussi une clé de la gestion du ravageur. Cependant, la gestion de l'environnement des parcelles est difficile à mettre en place. Elle représente une charge de travail supplémentaire pour les exploitants. De plus, son impact sur l'écosystème de l'exploitation peut être très préjudiciable.

Les espèces hôtes de la drosophile sont aussi une source alimentaire ou de refuge pour d'autres espèces animales qui se nourrissent également des baies. L'élagage des haies a un possible impact sur la nidification des oiseaux et sur l'abri qu'elle peut représenter pour des mammifères, reptiles, insectes, etc. Les auxiliaires peuvent aussi être directement touchés par la modification de l'écosystème. En effet, les abords enherbés profitent aux coccinelles, carabes ou staphylins. Ils peuvent aussi être peuplés par des espèces végétales attractives pour les pollinisateurs.

L'environnement de la culture doit donc être réfléchi et il est important de trouver un équilibre entre la lutte contre la drosophile et la préservation de la biodiversité sur l'exploitation. Un autre problème qui se pose est la proximité de potagers particuliers. En effet, beaucoup de particuliers ont aujourd'hui dans le potager des espèces hôtes à la drosophile comme les fraisiers, framboisiers, cerisiers, etc. Ces particuliers doivent eux aussi être sensibilisés à la problématique de ce ravageur émergent sous peine de voir les efforts des maraîchers vains.

B. Lutte physique : filet anti-insecte

La pose d'un filet insect-proof avait pour objectif d'observer son impact sur la protection d'une culture de fraise contre *D. suzukii*.

Lors de l'essai réalisé l'année précédente, la pression en *Drosophila suzukii* a été très faible dans les deux exploitations. La première exploitation où étaient mis en place les essais correspond à l'exploitation N°2 de cette année, où l'essai variétal a été réalisé par le GDM. Sur cette exploitation, lors de la campagne 2018 à cette même période de l'année, les framboisiers ont été très fortement attaqués par la mouche, à l'inverse des fraisiers où la drosophile n'avait presque pas causé de dégât. Il avait donc été impossible d'analyser les résultats et de relever un quelconque effet du filet anti-insecte.

Les très faibles températures de l'hiver, suivies par les fortes températures au printemps et en été, peuvent expliquer cette baisse de pression de l'année précédente. Une autre piste est la pluviométrie qui impacte donc l'hygrométrie. Or, une certaine hygrométrie est nécessaire pour que les conditions climatiques soit optimales (Weydert et al., 2016). De très fortes variations de pluviométrie et notamment aux périodes où la température est optimale pour le cycle de *D. suzukii* ont eu lieu l'année dernière.

En mai et juillet, les températures sont optimales mais on peut voir une forte baisse de la pluviométrie par rapport aux données historiques ce qui a pu provoquer une cassure dans le cycle en cours à ce moment. Ces observations sont des pistes pour expliquer l'absence de ce ravageur lors des essais réalisés l'année précédente.

D'après le suivi de population réalisé, on constate que le niveau de population de *D. suzukii* est plus important dans la modalité témoin que dans la modalité filet.

La pose du filet cette année nous permet d'observer certains éléments qui sont importants à prendre en compte lorsqu'on souhaite protéger ses cultures grâce à cette méthode. En effet la pose d'un filet peut avoir un impact sur la présence d'autres ravageurs telle que les acariens, les pucerons ou encore les thrips. Une étude (Turquet, Pommier, 2014) a d'ailleurs démontré une augmentation du nombre d'acariens tétranyques dans des cultures de fraises protégées par un filet. L'année précédente, (Turquet, Pommier, 2013) avait démontré un impact de la pose du filet sur l'augmentation de la population de thrips et de puceron. Ces observations ont été confirmées par les essais de cette année, à l'inverse des résultats de l'année précédente.

En effet, lors du suivi des différents bioagresseurs, on a constaté que la présence du filet anti-insecte a tendance à augmenter la pression en certains agents pathogènes : notamment *Botrytis cinerea* ainsi que celles de ravageurs tels que le puceron *Aphis forbesi* et les acariens *Tetranychus urticae*.

Des études ont démontré également un impact de la présence du filet sur les conditions climatiques (Weydert et al., 2016 ; Turquet, Pommier, 2013). Une étude, a en effet observé une augmentation de 2°C et de 6% d'hygrométrie sous filet (Turquet, Pommier, 2014). Or les variations de conditions climatiques pourraient favoriser et expliquer l'arrivée d'autres ravageurs (thrips, acariens, pucerons,...). Cela serait alors un point négatif pour le producteur qui souhaiterait installer ce type de protection physique. Sur la globalité de l'essai on ne voit pas de telles variations. Cependant, il est vrai que des variations sont visibles, par exemple si on s'attarde sur un jour où il a fait très chaud, les températures sont bien plus élevées sans filet. Cela peut notamment s'expliquer par le fait que l'aération plus grande sans filet va diminuer le taux d'humidité et donc augmenter la température. À l'inverse, sous filet le taux d'humidité va rester plus élevé et donc les températures plus basses. En revanche, les jours de pluie, le filet ne va pas avoir d'impact sur le climat qu'au niveau du taux d'humidité, qui est légèrement plus bas pendant plus de 6 heures avant un retour à l'équilibre.

Ces informations sont à prendre en compte pour les producteurs, ils devront être prudents les jours de forte chaleur pour empêcher l'entrée de ravageurs tels que *D. suzukii* ou les thrips, et de maladies favorisée par le climat sous filet.

Un autre point est à prendre en compte dans la pose d'un filet, la protection d'un tunnel avec cette méthode va également restreindre l'entrée des auxiliaires naturels et des pollinisateurs (Turquet, Pommier, 2015). Cela peut ainsi avoir un impact sur la gestion naturelle des ravageurs mais également sur le rendement de la culture (Weydert et al., 2016 ; Turquet, Pommier, 2014). Cependant, lors des mesures de rendements effectuées on n'observe pas de différence significative entre le témoin et la serre avec le filet anti-insecte. De plus, d'autres agriculteurs ayant déjà opté pour la protection de toutes leurs serres avec ces filets anti-insectes n'ont pas constaté de diminution significative de leur rendement.

En ce qui concerne les points négatifs de la pose d'un filet, les résultats de cette année permettent donc d'en écarter la majorité. D'autant que l'installation des filets anti-insectes a un certain coût. En effet, la pose d'un filet sur un tunnel entier prend à une personne seule près de 4 heures. Or à 12 € de l'heure, la mise en place d'un filet représente 48 €/tunnel. Un tunnel représentant ici environ 500 m², sur une superficie d'un hectare (environ 20 tunnels) il faudrait près de 1000 €. Et à cela il faudra rajouter le prix du filet qui peut atteindre les 300 € pour un tunnel, ce qui fait 6000 € pour un hectare de tunnel. Cette somme, 350 €/tunnel et 7000 €/ha, est très loin d'être négligeable pour un producteur. Il faudra ainsi une augmentation significative de ses rendements grâce à cette protection pour pallier cette perte. En revanche, un filet est réutilisable sur plusieurs années, les coûts peuvent donc être répartis sur plusieurs années.

C'est dans cette optique que l'agriculteur de l'exploitation N°3 a protégé toutes ses serres destinées à la culture de fraiser hors-sol de tels filets. L'usure des filets est malgré tout un facteur à prendre en compte. En effet, lors de l'essai combinaison de techniques avec la mise en place de plantes de services, l'usure de la porte d'entrée du filet a compromis l'essai mis en place. Néanmoins, il est important de noter que cette usure est apparue après 3 années d'utilisation et que les filets anti-insectes achetés il y a maintenant trois années sont moins robustes et moins efficaces que les filets vendus aujourd'hui, tel que celui acheté et utilisé pour cet essai.

C. Levier variétal

L'observation de la sensibilité à *D. suzukii* de différentes variétés a pour objectif l'identification d'une variété plus résistante ou plus sensible que les autres à ce ravageur.

L'année précédente, les résultats n'ont pas permis d'identifier une différence significative entre les variétés testées : Mara des Bois, Charlotte et Ciraphine malgré les remarques des agriculteurs sur l'attaque plus forte des mouches pour la variété Mara des Bois. Néanmoins, la pression faible de l'année précédente ne permettait pas de tirer de réelle conclusion : ceci explique le renouvellement de l'essai variétal cette année, avec notamment la variété Amandine qui avait subi de forts dégâts malgré la faible pression.

Cette année, les résultats ont permis de mettre en lumière une sensibilité différente d'une des variétés de fraise : la variété Mara des Bois. Au final, les résultats de l'essai variétal de cette année aboutissent au même constat que l'année précédente, le levier variétal n'apparaît pas comme une méthode de lutte efficace contre *Drosophila suzukii*. Une étude a, quant à elle, réussi à observer des écarts, notamment entre la variété de Charlotte et la Ciraphine (Turquet, Pommier, 2014). L'explication avancée dans cette étude est que les hampes portant les fraises de la variété Charlotte sont plus courtes, les fraises sont donc dans le feuillage, et ainsi dans un climat plus propice à *D. suzukii*.



Figure 37 : Surdéveloppement de la menthe poivrée à l'intérieur de l'abri où l'essai combinaison de techniques avec les plantes de service est réalisé, site 1 de l'exploitation N°3 (Loïc Larroche, 2019).

De plus le témoignage de certains agriculteurs, sur la saison 2017, a mis en évidence des écarts entre les variétés, et notamment une préférence du ravageur pour la Mara des bois. A l'inverse, d'autres études n'ont pas mis en évidence de telles différences. Des essais ont été conduits sur 5 variétés de fraises et 6 variétés de cerises aux caractéristiques contrastées (couleur, fermeté, taux de sucre, acidité...) mais n'ont pas permis de mettre en évidence de différences (Weydert et al., 2016 ; Polturat et al., 2018).

D. Combinaison de techniques

1. Combinaison du filet anti-insecte avec des plantes de services

La mise en place de cet essai a été compromise. En premier lieu, il est important de signaler que la plantation de plantes de services, qui plus est 3 plantes différentes, au sein des substrats de fraisier représente un possible problème à l'agriculteur. En effet, les fraisiers étaient déjà plantés et en fleurs lorsque l'essai a été mis en place. Ces plantes de services prennent de la place sur le support de culture pour des plantations de fraisiers, ce qui représente un manque à gagner pour l'agriculteur et de plus induit une certaine compétition entre les différentes plantes. Ensuite, la conduite hors sol sous abris, avec le substrat ainsi que les solutions nutritives adaptées au développement de la culture des fraisiers ne sont pas forcément adaptées aux plantes de service. Il s'avère que l'Ail et la Menthe Poivrée se sont très bien développés dans ces conditions. A l'inverse, la Coriandre, qui développe un système racinaire « filant » et plus en profondeur ne s'est pas adapté à cette conduite culturale et est morte rapidement après sa plantation. De plus, suite à des contraintes techniques, le témoin n'a pas pu être installé sur le même site que les plantes de services. Finalement, une partie déchirée du filet dans la partie aménagée avec les plantes de service a totalement compromis l'essai et rendu les résultats non interprétables.

Cependant, la mise en place de plantes de service n'apparaît pas comme une solution efficace pour lutter contre *Drosophila suzukii*. En effet, une forte pression en Aleurodes sur les pieds de menthe poivrée représente un inconvénient pour la culture de fraisier. Le développement très important des pieds de menthe peuvent également devenir un inconvénient pour les ouvriers ainsi que pour les agriculteurs (Figure 37).

Enfin, la pression en mouche au sein de la culture a été très importante au sein de la modalité aménagée, avec notamment l'observation de drosophiles sur les pieds de menthe poivrée. Finalement, on peut relever sur cet essai l'efficacité du filet anti-insecte, puisque le témoin parfaitement protégé a subi une pression moins importante en *Drosophila suzukii* que la serre où le filet était endommagé.

2. Combinaison du filet anti-insecte avec des lâchers d'auxiliaires

La société Bioplanet a obtenu une dérogation pour la commercialisation du parasitoïde *Trichopria drosophilae*. C'est un parasitoïde indigène qui pond dans la puppe des drosophiles (Chabert et al., 2012). Les projets d'essai à ce sujet sont assez peu nombreux, il faudra sûrement attendre encore quelques années pour connaître l'efficacité comme méthode de lutte de cette technique. Bioplanet annonce une efficacité de parasitisme de ce parasitoïde jusqu'à 50%, et préconise de lâcher en début de printemps lorsque la population de *Drosophila suzukii* est la plus faible, sur des doses de 2000 à 4000 individus par hectare et par an autour de la culture. En effet, comme dit en introduction une réduction de l'infestation des fruits a été observée dans les zones de végétation entourant les vergers après des lâchers du parasitoïde sur l'exploitation. L'éclosion de *D. suzukii* était significativement plus faible dans la zone traitée par rapport à celle non traitée. (Rossi Stacconi et al. 2018).

Le prix de vente est de 26€ pour un flacon de 500 individus, transport compris, soit 124 €/ha. Ces lâchers représentent donc un coût considérable si l'agriculteur suit ces préconisations.

C'est après ces observations que l'essai réalisé par le GDM et le CDDL a été conçu. En effet, il s'agit d'un des premiers essais de la sorte mis en place : avec des lâchers aussi tardif dans la saison et directement sous abri protégé par un filet anti-insecte. La méthode des augmentorium a d'ailleurs été envisagée. Il s'agit d'une structure fermée par un filet anti-insecte dans laquelle on dépose régulièrement les fruits piqués infestés ramassés au champ.

Cela permet à la fois de maintenir les ravageurs à l'intérieur et de laisser entrer les auxiliaires qui vont ainsi parasiter les drosophiles. On a ainsi un double effet : rupture du cycle biologique de l'insecte par destruction des foyers de multiplication et multiplication des ennemis naturels de l'insecte [4]. Cependant, l'agriculteur en question n'était pas disposé à réaliser en plus cette méthode, qui représentait une charge de travail supplémentaire. De plus, cet augmentorium devait être disposé à l'intérieur de la serre pour assurer un maximum d'efficacité, or l'agriculteur s'inquiétait du développement de maladies à l'intérieur d'un tel dispositif, risque supplémentaire pour sa culture.

Les résultats liés à cet essai sont également difficilement interprétables. En effet, afin de sauver ses cultures l'agriculteur a été contraint d'effectuer des applications de traitement insecticides à l'intérieur de cette serre. Malgré les effets inconnus de ces produits phytosanitaires sur le ravageur ainsi que sur le parasitoïde, on semble observer un effet de l'auxiliaire sur la gestion des drosophiles. Les résultats du CDDL confirment cette observation puisque le nombre de *Drosophila suzukii* semble être plus stable dans la partie avec les lâchers que dans la partie témoin. Ces premiers résultats tendent à confirmer que les lâchers permettraient de maintenir le niveau de population.

V. Conclusion

Le suivi des dynamiques de population, a confirmé que les haies bordant les parcelles sont des refuges pour ce ravageur. On observe trois pics de populations : le premier début avril, le second vers mi-juin et le dernier courant juillet. Les pics de populations dans les haies précèdent souvent ceux au sein des cultures : le troisième cycle de vol représente le début de l'attaque importante des cultures. En connaissance de cause, il est possible avec un suivi des piégeages, d'anticiper les méthodes de lutte. Cette anticipation simplifie le recours à des moyens de lutte alternatifs.

Depuis la fin de l'année 2018, l'Exalt est désormais autorisé en tant qu'insecticide pour lutter contre *Drosophila suzukii* en culture de fraisier [4]. La lutte contre cette mouche via l'utilisation de ce produit chimique a présenté des limites certaines lors des essais l'année dernière. L'efficacité était de plus moyenne et sur une durée réduite pour ces produits (4-7 jours), nécessitant ainsi de nombreuses applications pour une protection efficace de la culture. Cette pratique semble donc peu durable et n'est pas concordante à la politique agricole actuelle et la volonté des exploitants.

En corrélation avec les résultats de l'année dernière, le filet montre un bon potentiel dans la lutte physique contre la drosophile, les populations s'étant peu développées sous le filet contrairement au témoin. Une installation dès les premiers fruits verts a permis de limiter la population initiale sous le tunnel. Il apparaît ici que les avantages liés à la mise en place de ce filet compensent les contraintes de son utilisation. La mise en place de ces derniers représente un investissement d'environ 350 €/tunnel et le risque accru de fortes pressions de pucerons, thrips, acariens et de *Botrytis cinerea*. Cependant, les agriculteurs équipés de filets anti-insectes sont aujourd'hui satisfaits de l'investissement réalisé avec en moyenne 70% de *D. suzukii* en moins au moment des pics et jusqu'à 30 % de dégâts par *D. suzukii* en moins.

La biologie et l'écologie du ravageur sont désormais bien connues. La prophylaxie semble indispensable, puisque lorsque des déchets sont entreposés sans mesure de précaution ils constituent un réel réservoir à drosophiles. Il semble aujourd'hui très clair qu'un seul moyen de lutte n'est pas suffisant. La combinaison de plusieurs d'entre eux est nécessaire, par exemple mettre en place des mesures prophylactiques combinées au filet anti-insecte. L'une des clés de la lutte contre la drosophile est aussi la prévention des particuliers, qui pourrait se faire via la diffusion d'arrêtés préfectoraux obligeant les particuliers à mettre en place des mesures prophylactiques en cas de la présence du ravageur dans leur potager.

La population de *Drosophila suzukii* sur la région est à surveiller afin d'anticiper une future pression pouvant être supérieure à celle d'aujourd'hui. Ainsi, si les dégâts engendrés par ce ravageur viennent à augmenter, les fraiseiculteurs des Pays de la Loire risquent d'abandonner leur production au profit d'autres moins contraignantes et plus rentables. Ce suivi pourrait être intégré au réseau de la SBT dans les zones de fraiseiculture. La culture hors-sol permet de mieux gérer le ravageur et c'est pourquoi la production de fraise en plein champ se raréfie. Des projets tels que le projet « Suzukill » [5], étudient la possibilité de réaliser des lâchers de mâles stériles de la même façon qu'il existe déjà pour lutter contre d'autres insectes nuisibles. Les solutions de lutte biologique sont encore à l'étude et pourraient être la solution tant attendue par les fraiseiculteurs : l'utilisation d'auxiliaires semble être un potentiel candidat pour lutter contre ce ravageur, toujours dans l'optique de combinaison de méthodes. L'utilisation de plantes de services nécessite plusieurs années de recherches et ne semble pas permettre des retombées rapides pour la filière. A contrario, l'utilisation d'huiles essentielles est sans doute plus envisageable mais des contraintes réglementaires sont à lever.

BIBLIOGRAPHIE

- AGRESTE (éd.), 2018. Agreste conjoncture - Infos Rapides 2018. In : AGRESTE (éd.). juillet 2018. p. 4.
- CDDL et GDM, 2018. Bilan expérimentations CDDL GDM 2017. In : *TECH&BIO*. Bourg-lès-Valence : s.n. 2018. p. 12.
- CHABERT, Stan, ALLEMAND, Roland, POYET, Mathilde, ESLIN, Patrice et GIBERT, Patricia, 2012. Ability of European parasitoids (Hymenoptera) to control a new invasive Asiatic pest, *Drosophila suzukii*. In : *Biological Control*. 1 octobre 2012. Vol. 63, n° 1, p. 40-47. DOI 10.1016/j.biocontrol.2012.05.005.
- CHEN, Jiani, ZHOU, Sicong, WANG, Ying, SHI, Min, CHEN, Xuexin et HUANG, Jianhua, 2018. Biocontrol characteristics of the fruit fly pupal parasitoid *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae) emerging from different hosts. In : *Scientific Reports*. décembre 2018. Vol. 8, n° 1, p. 13323. DOI 10.1038/s41598-018-31718-6.
- CINI, Alessandro, IORIATTI, Claudio et ANFORA, Gianfranco, 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. In : . 2012. p. 12.
- DRIESSEN, Gerard et HEMERIK, Lia, 1992. The time and egg budget of *Leptopilina clavipes*, a parasitoid of larval *Drosophila*. In : *Ecological Entomology*. 1992. Vol. 17, n° 1, p. 17-27. DOI 10.1111/j.1365-2311.1992.tb01034.x.
- EVANS, Richard K., TOEWS, Michael D. et SIAL, Ashfaq A., 2017. Diel periodicity of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) under field conditions. In : *PLOS ONE*. 10 février 2017. Vol. 12, n° 2, p. e0171718. DOI 10.1371/journal.pone.0171718.
- FIRLEJ, A et VANOOSTHUYSE, F, 2017. La Drosophile à ailes tachetées, un ravageur des petits fruits au Québec. In : . avril 2017. p. 103.
- FRANCEAGRIMER, 2018. France AgriMer - La fraise de printemps en 2018. In : . janvier 2018. p. 4.
- IGLESIAS, Lindsay E., NYOIKE, Teresia W. et LIBURD, Oscar E., 2014. Effect of Trap Design, Bait Type, and Age on Captures of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Berry Crops. In : *Journal of Economic Entomology*. 1 août 2014. Vol. 107, n° 4, p. 1508-1518. DOI 10.1603/EC13538.
- KACSOH, Balint Z et SCHLENKE, Todd A, 2012. High Hemocyte Load Is Associated with Increased Resistance against Parasitoids in *Drosophila suzukii*, a Relative of *D. melanogaster*. In : [en ligne]. 2012. [Consulté le 21 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0034721>.
- KLICK, J, YANG, W Q et WALTON, Vaughn M., 2015. Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. In : [en ligne]. 2015. [Consulté le 17 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jen.12234>.
- LACOVONE, Alessia, GIROD, Pierre, RIS, Nicolas, WEYDERT, Claire, GIBERT, Patricia, POIRÉ, Marylène et GATTI, Jean-Luc, 2015. Worldwide invasion by *Drosophila suzukii*: Does being the "cousin" of a model organism really help setting up biological control? Hopes, disenchantments and new perspectives. In : *Revue d'Ecologie*. 15 octobre 2015. Vol. 70, p. 207.
- LEE, Jana C., BRUCK, Denny J., CURRY, Hannah, EDWARDS, David, HAVILAND, David R., STEENWYK, Robert A. Van et YORGEY, Brian M., 2011. The susceptibility of small fruits and cherries to

the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. In : *Pest Management Science*. 2011. Vol. 67, n° 11, p. 1358-1367. DOI 10.1002/ps.2225.

LI, Hong, LI, Tingxian, GORDON, Robert J., ASIEDU, Samuel K. et HU, Kelin, 2010. Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation. In : *Environmental and Experimental Botany*. 1 avril 2010. Vol. 68, n° 2, p. 165-174. DOI 10.1016/j.envexpbot.2009.12.001.

MANDRIN, J. F., WEYDERT, C. et TROTTIN-CAUDAL, Y., 2010. Fruit falls victim to a newly-arrived pest: *Drosophila suzukii*. First reports of damage to cherry. In : *Infos-Ctifl*. 2010. n° No.266, p. 29-33.

NAULLET, Alexis, 2018. *Mémoire : Recherche de solutions de lutte contre Drosophila suzukii en fraisculture*. septembre 2018. S.l. : s.n.

ONDET, Sophie-Joy et GORSKI, Claire, 2015. *Drosophila suzukii* et effet insectifuge de certaines huiles essentielles. In : . 2015. p. 3.

PHAM, Christine Krause et RAY, Anandasankar, 2015. Conservation of Olfactory Avoidance in *Drosophila* Species and Identification of Repellents for *Drosophila suzukii* | Scientific Reports. In : [en ligne]. février 2015. [Consulté le 18 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.nature.com/articles/srep11527>.

PICAULT, Sébastien, CHABALIER, Maxime, MONNET, Geoffrey, VALBUZIE, Sylvie et BERTILLOT, Lucille, 2019. *Compte Rendu REGULEG 2019*. février 2019. S.l. : s.n.

PLANTAMP, Christophe, SALORT, Katleen, GIBERT, Patricia, DUMET, Adeline, MIALDEA, Gladys, MONDY, Nathalie et VOITURON, Yann, 2016. All or nothing: Survival, reproduction and oxidative balance in Spotted Wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*) in response to cold. In : *Journal of Insect Physiology*. 1 juin 2016. Vol. 89, p. 28-36. DOI 10.1016/j.jinsphys.2016.03.009.

POLTURAT, Blandine, TROTTIN, Yannie, GALLIA, Valérie et GINEZ, Anthony, 2018. Projet *Drosophila suzukii* : connaissance du ravageur, caractérisation du risque et évaluation de méthodes de protection. In : *Innovations Agronomiques*. 2018. Vol. 63, p. 1-12.

POYET, Mathilde, 2014. L'opportunité de niche favorise l'invasion de *Drosophila suzukii* en France. In : [en ligne]. 23 septembre 2014. [Consulté le 26 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01128298>.

POYET, Mathilde, ESLIN, Patrice, HÉRAUDE, Marie, ROUX, Vincent Le, PRÉVOST, Geneviève, GIBERT, Patricia et CHABRERIE, Olivier, 2014. Invasive host for invasive pest: when the Asiatic cherry fly (*Drosophila suzukii*) meets the American black cherry (*Prunus serotina*) in Europe. In : *Agricultural and Forest Entomology*. 2014. Vol. 16, n° 3, p. 251-259. DOI 10.1111/afe.12052.

RENKEMA, Justin M., WRIGHT, Derek, BUITENHUIS, Rose et HALLETT, Rebecca H., 2016. Plant essential oils and potassium metabisulfite as repellents for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). In : *Scientific Reports*. 19 février 2016. Vol. 6, p. 21432. DOI 10.1038/srep21432.

ROSSI STACCONI, Marco Valerio, GRASSI, Alberto, IORIATTI, Claudio et ANFORA, Gianfranco, 2018. Augmentative releases of *Trichopria drosophilae* for the suppression of early season *Drosophila suzukii* populations. In : *BioControl*. 2018. Vol. 64, n° 1, p. 9-19. DOI 10.1007/s10526-018-09914-0.

ROSSI STACCONI, Marco Valerio, PANEL, Aurore, BASER, Nuray, IORIATTI, Claudio, PANTEZZI, Tommaso et ANFORA, Gianfranco, 2017. Comparative life history traits of indigenous Italian parasitoids

of *Drosophila suzukii* and their effectiveness at different temperatures. In : *Biological Control*. septembre 2017. Vol. 112, p. 20-27. DOI 10.1016/j.biocontrol.2017.06.003.

ROSSI-STACCONI, Marco Valerio, KAUR, Rupinder, MAZZONI, Valerio, OMETTO, Lino, GRASSI, Alberto, GOTTARDELLO, Angela, ROTA-STABELLI, Omar et ANFORA, Gianfranco, 2016. Multiple lines of evidence for reproductive winter diapause in the invasive pest *Drosophila suzukii*: useful clues for control strategies. In : *Journal of Pest Science*. juillet 2016. Vol. 89, n° 3, p. 689-700. DOI 10.1007/s10340-016-0753-8.

TROTTIN, Y, PAULHIAC, E, ZICOT, A, BAFFERT, V et RIS, N, 2014. AFPP – Colloque ravageurs et insectes invasifs et émergents Montpellier. In : . octobre 2014. p. 9.

TURQUET, Marion et POMMIER, Jean-Jacques, 2013. *Evaluation de l'efficacité d'un filet insect proof contre Drosophila suzukii*. février 2013. S.I. : s.n.

TURQUET, Marion et POMMIER, Jean-Jacques, 2014. *Evaluation de l'efficacité d'un filet insect proof contre Drosophila suzukii*. janvier 2014. S.I. : s.n.

TURQUET, Marion et POMMIER, Jean-Jacques, 2015. *Evaluation de l'efficacité d'un filet insect proof contre Drosophila suzukii*. janvier 2015. S.I. : s.n.

VACCARI, Laura, 2016. Synthèse Bilan Fruits d'été 2016. In : . 2016. p. 15.

WALLINGFORD, Anna K, CHA, Dong H et LOEB, Gregory M, 2017. Evaluating a push-pull strategy for management of *Drosophila suzukii* Matsumura in red raspberry: Push-pull for *D. suzukii* management. In : *Pest Management Science*. janvier 2017. Vol. 74, n° 1, p. 120-125. DOI 10.1002/ps.4666.

WALLINGFORD, Anna K, HESLER, Stephen P, CHA, Dong H et LOEB, Gregory M, 2015. Behavioral response of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura, to aversive odors and a potential oviposition deterrent in the field: *Drosophila suzukii* deterrents. In : *Pest Management Science*. avril 2015. Vol. 72, n° 4, p. 701-706. DOI 10.1002/ps.4040.

WALSH, Douglas B., BOLDA, Mark P., GOODHUE, Rachael E., DREVES, Amy J., LEE, Jana, BRUCK, Denny J., WALTON, Vaughn M., O'NEAL, Sally D. et ZALOM, Frank G., 2011. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive Pest of Ripening Soft Fruit Expanding its Geographic Range and Damage Potential. In : *Journal of Integrated Pest Management*. 1 avril 2011. Vol. 2, n° 1, p. G1-G7. DOI 10.1603/IPM10010.

WEYDERT, C., MANDRIN, J. F. et TROTTIN, Yannie, 2015. Le ravageur émergent *Drosophila suzukii* : Bilan de deux années d'études dans le cadre du projet casdar. In : *Infos CTIFL*. avril 2015. n° 310, p. 11.

WEYDERT, C., TROTTIN, Yannie et MANDRIN, J. F., 2016. *Drosophila suzukii* : connaissance du ravageur, moyens de protection : Bilan du Casdar 2013-2016. In : . 2016. p. 16.

SITOGRAPHIE

[1] European and Mediterranean Plant Protection Organization / EPPO Global Database. Disponible sur <https://gd.eppo.int/taxon/DROSSU> (consultation 05/2019).

[2] Info climat : la météo en temps réel / Disponible sur <https://www.infoclimat.fr/> (consultation 07/2019).

[3] Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages, des matières fertilisantes et des supports de culture autorisés en France / Disponible sur <https://ephy.anses.fr/> (consultation 04/2019).

[4] EcophytoPIC, le portail de la Protection Intégrée des Cultures / Disponible sur <http://www.ecophytopic.fr/tr/pr%C3%A9vention-prophylaxie/gestion-des-cultures/augmentorium> / (consultation 05/2019).

[5] Site internet du Projet ANR « Suzukill » / Disponible sur <https://suzukill.univ-rennes1.fr/> (consultation 07/2019)

MISSIONS SECONDAIRES

Durant toute la période de mon stage, diverses missions m'ont été allouées en plus du suivi de l'expérimentation que j'ai mise en place. La première et la plus importante a été la mise en place et le suivi d'un second projet expérimentation : REGULEG. Au cours de celui-ci j'ai installé chez différents producteurs des plantes de services : des plantes banques (Orge et Asclépias), des plantes ressources (Sarrasin) et des plantes ressources et répulsives (Coriandre). L'objectif de cette expérimentation est d'évaluer, à l'aune d'un témoin non protégé, l'effet des plantes de services sur la régulation naturelle des populations de pucerons dans une culture d'aubergine sous abri froid. Des notations bimensuelles étaient réalisées selon une méthode précise pour observer l'évolution de la population des auxiliaires et des pucerons. A la fin de la période de suivi, j'ai participé à l'analyse des résultats, à la rédaction du compte rendu, ainsi que la réalisation d'une vidéo de présentation du projet.

J'ai également eu en charge le suivi d'une population de *Macrolophus pygmaeus* au sein de deux cultures de tomates. Cet auxiliaire ayant été dans un premier temps conservé durant l'hiver sur des pieds de soucis, ces derniers sont ensuite répartis au sein de la culture pour permettre une dispersion efficace des *M. pygmaeus*. Là encore une notation bimensuelle était réalisée sur deux exploitations. L'objectif était de suivre la dispersion dès la population au sein de la serre de tomate. J'ai également participé à la rédaction du compte-rendu ainsi qu'une analyse des résultats à la fin du suivi.

Le thrips est un insecte qui est un important ravageur de la culture de fraise. Il a un cycle de développement très rapide, et la lutte contre ce dernier est très difficile depuis de nombreuses années. La firme Koppert développe actuellement un piège à phéromone pour les thrips. Sous l'impulsion de mon maître de stage, j'ai mis en place un essai visant à évaluer l'efficacité de cette phéromone sur ces ravageurs en culture de fraisiers. Pour cela j'ai mis en place des plaques engluées avec les phéromones ainsi qu'un témoin. Un suivi bimensuel chez 2 agriculteurs a été réalisé, durant un mois. J'ai ensuite réalisé une présentation des résultats afin de transmettre les observations à la firme.

De façon bimensuelle, j'ai participé à la saisie des données pour le bulletin d'alerte « Surveillance Biologique du Territoire » Pays de la Loire (SBT). Il a pour objectif de diffuser à l'ensemble des adhérents du GDM ainsi que toutes les personnes intéressées les risques imminents relatifs à la présence de bioagresseurs (virus, bactéries, champignons et ravageurs) dans les cultures.

Dans le cadre de la poursuite d'un essai réalisé l'année précédente, CAP2020, j'ai mis en place un piège à phéromone pour la *Tuta absoluta* chez un agriculteur, dans une serre de tomate. Ce piège est un piège connecté : il transmet des photographies des piégeages réalisés au cours de la semaine, lesquelles sont visibles via internet. J'ai réalisé des comptages hebdomadaires ainsi que le suivi du matériel et de l'essai de façon plus globale.

Enfin, j'ai participé à des réunions de présentation de nouvelles techniques de désherbage alternatives ainsi qu'une réunion DEPHY sur ce même thème. J'ai réalisé une courte vidéo de présentation de cette réunion avec la démonstration des différents matériels de désherbage présentés.

(Lien : <https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/videos/detail-dune-video/fiche/desherbage-alternatif-en-maraichage/>)



AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers
2, rue André Le Nôtre
49045 ANGERS Cedex 01

Tel : 02 41 22 54 54



Groupement de Développement
des Maraîchers



Chambre d'Agriculture des
Pays de la Loire

Année universitaire : 2018 - 2019 Spécialité : Master 2 Horticulture Spécialisation : Protection des Plantes et de l'Environnement en Horticulture (PPEH)	Mémoire de fin d'études <input checked="" type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage <input type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage <input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
--	--

Evaluation des méthodes de lutte alternative contre *Drosophila suzukii* en fraisculture.

Par : Loïc LARROCHE

ANNEXES

Soutenu à ANGERS le 05 Septembre 2019

Devant le jury composé de :

Président : LECLERC Valérie
Maître de stage : CHABALIER Maxime
Enseignant référent : JALOUX Bruno

Autres membre du jury : GARD Benjamin

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>









ANNEXE I : Exploitation N°1 : Olivier Rousseau : Saint-Jean-de-Monts

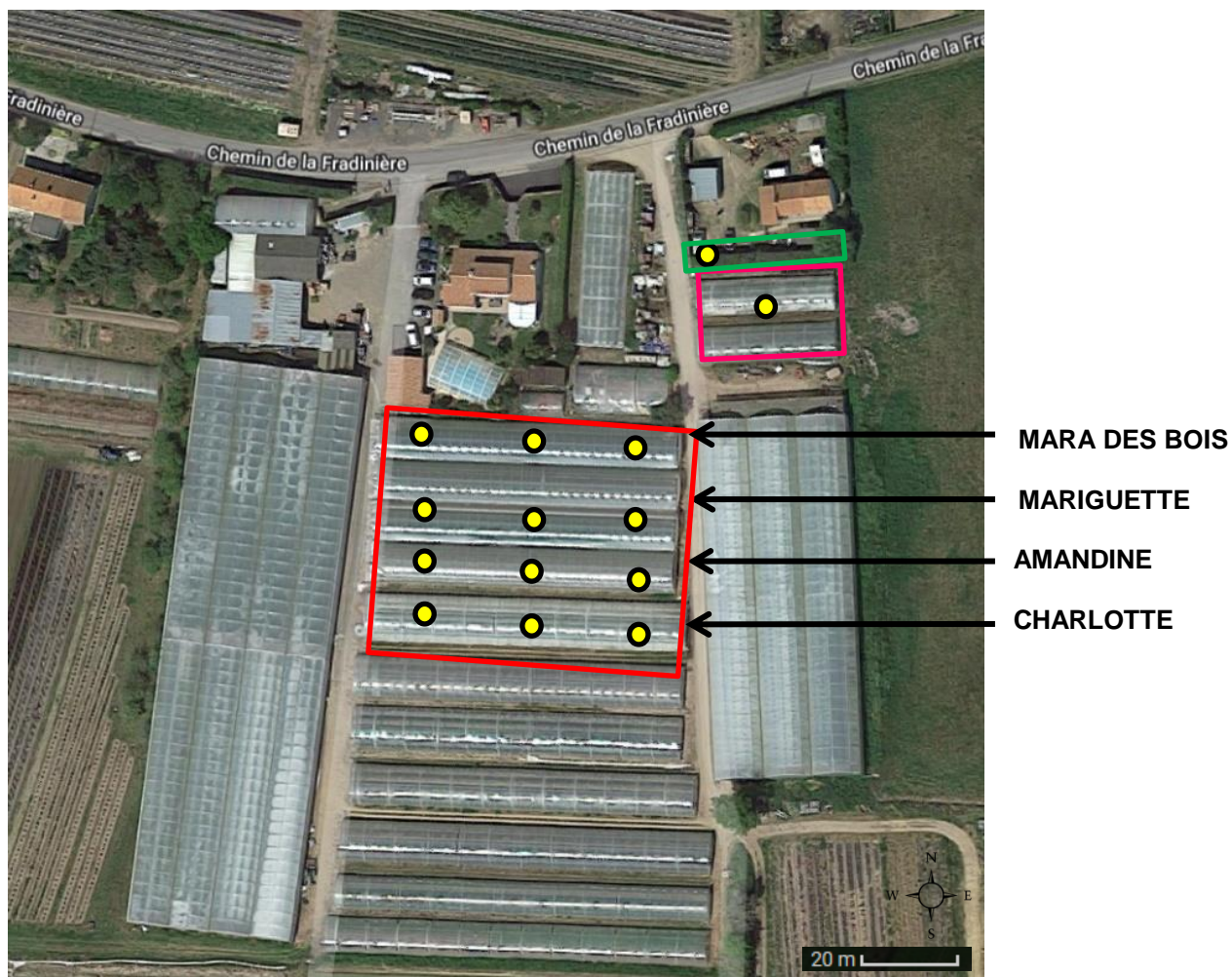


Témoin





Légende :

	Cultures de fraises (sous abri)
	Cultures de framboises (sous abri)
	Haie à arbustes
	Point d'eau
	Pièges
	Filet anti-insecte

ANNEXE II : Exploitation N°2 : Jacques Chatelier : Zone de Challans






Légende :

	Cultures de fraises (sous abri)
	Cultures de framboises (sous abri)
	Haie à arbustes
	Pièges

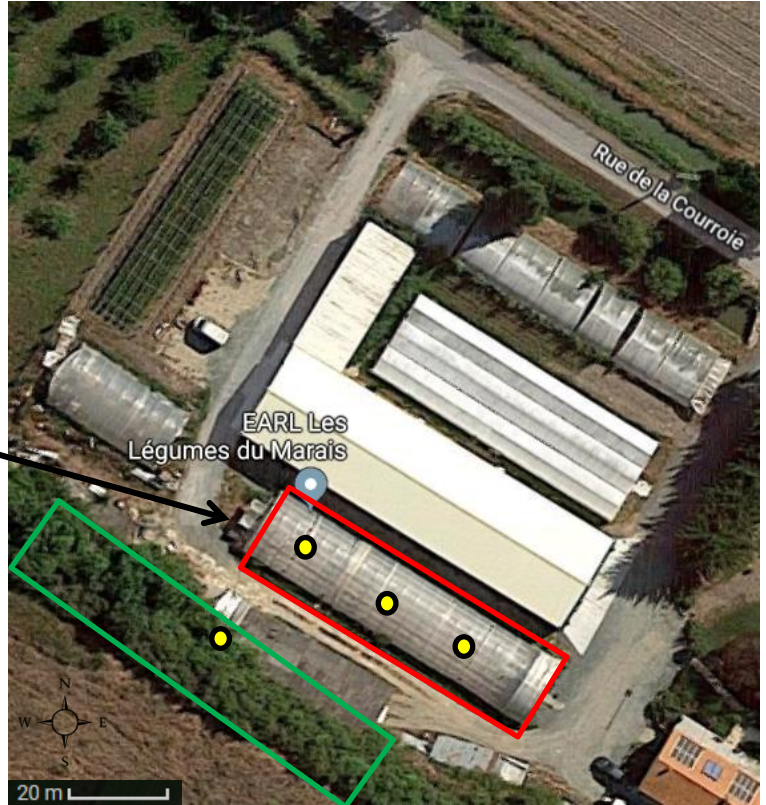
ANNEXE III : Exploitation N°3 : Jean Christophe Belot : Chaillé-les-Marais

Légende :

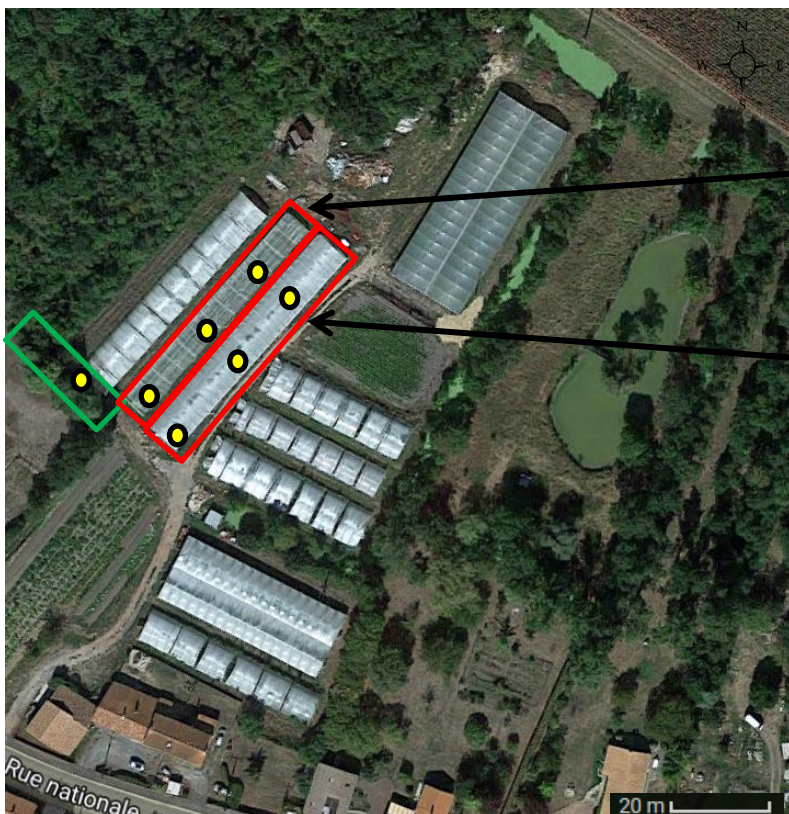
	Cultures de fraises (sous abri)
	Haie à arbustes
	Pièges

SITE 1

Filet anti-insecte et plantes de services
Ail/Coriandre/Menthe Poivrée



SITE 2



Filet anti-insecte et lâchers
d'auxiliaires

Témoin (filet anti-insecte)

ANNEXE IV : Résultats 2019 du CDDL

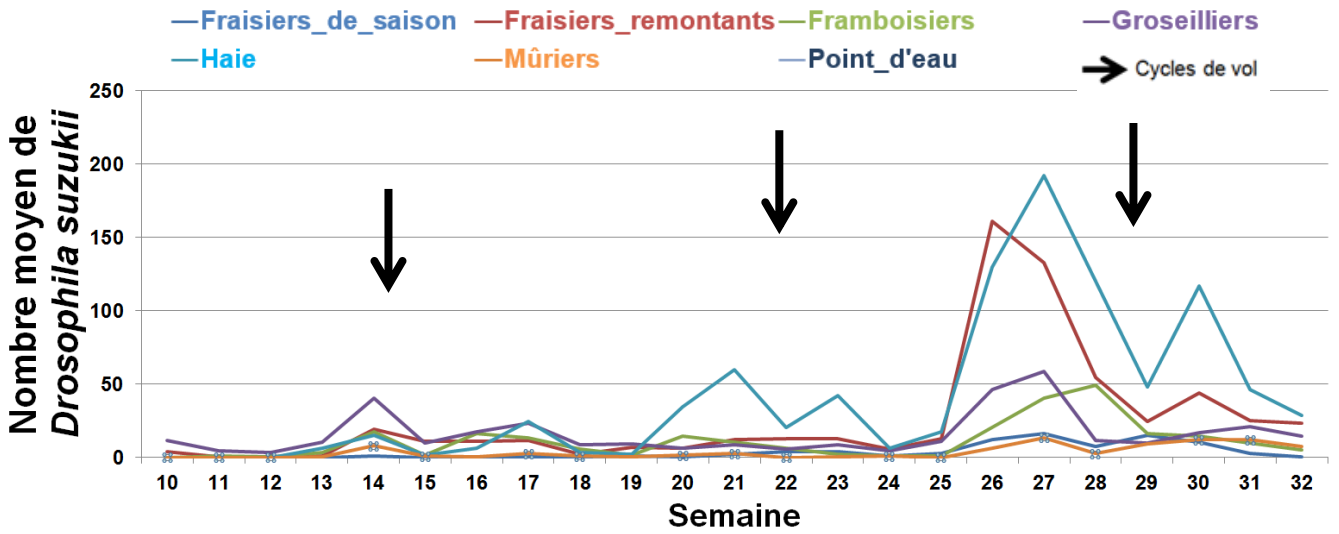


Figure A : Nombre moyen de *Drosophila suzukii* piégées au cours du temps par le CDDL.

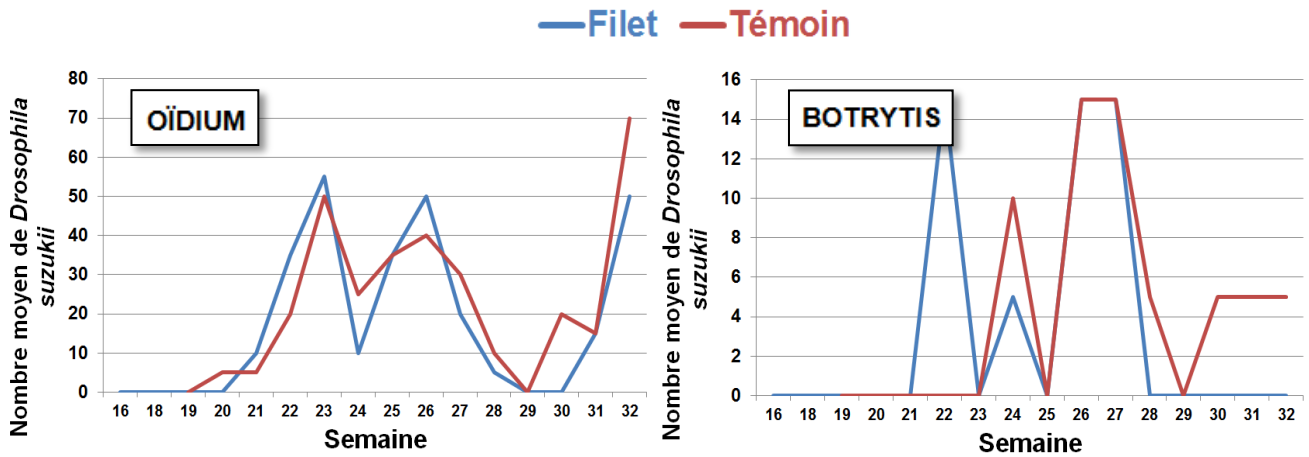


Figure B : Estimation de la pression en agents pathogènes : oïdium (à gauche) et pourriture grise (à droite) sur l'essai lutte physique mis en place par le CDDL.

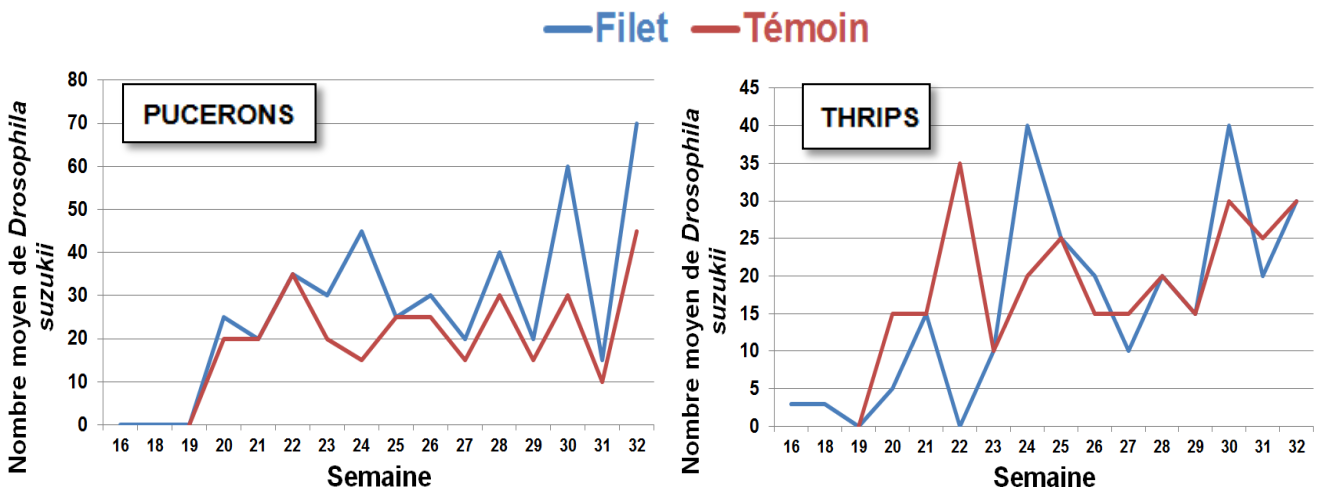


Figure C : Estimation de la pression en ravageurs : pucerons (à gauche) et thrips (à droite) sur l'essai lutte physique mis en place par le CDDL.

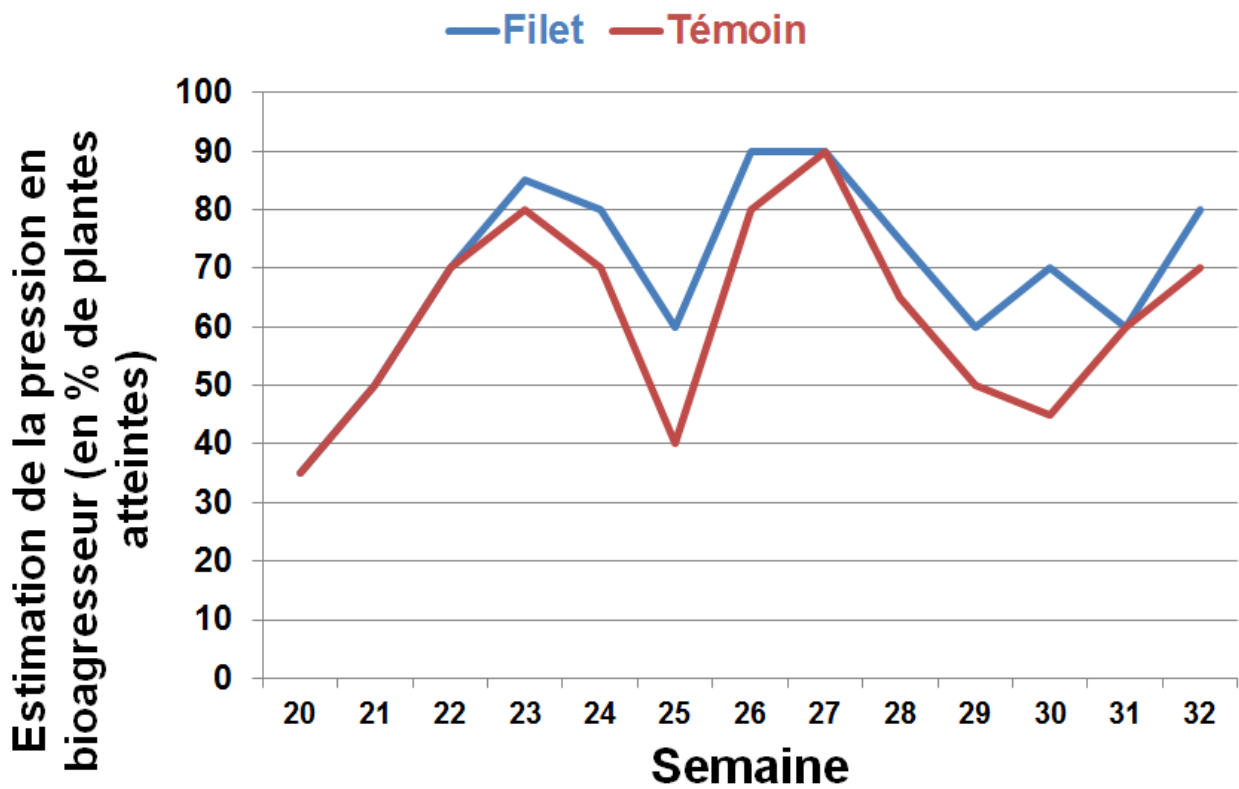


Figure D : Estimation de la pression en acarien (*Phytonemus pallidus*) sur l'essai lutte physique mis en place par le CDDL.

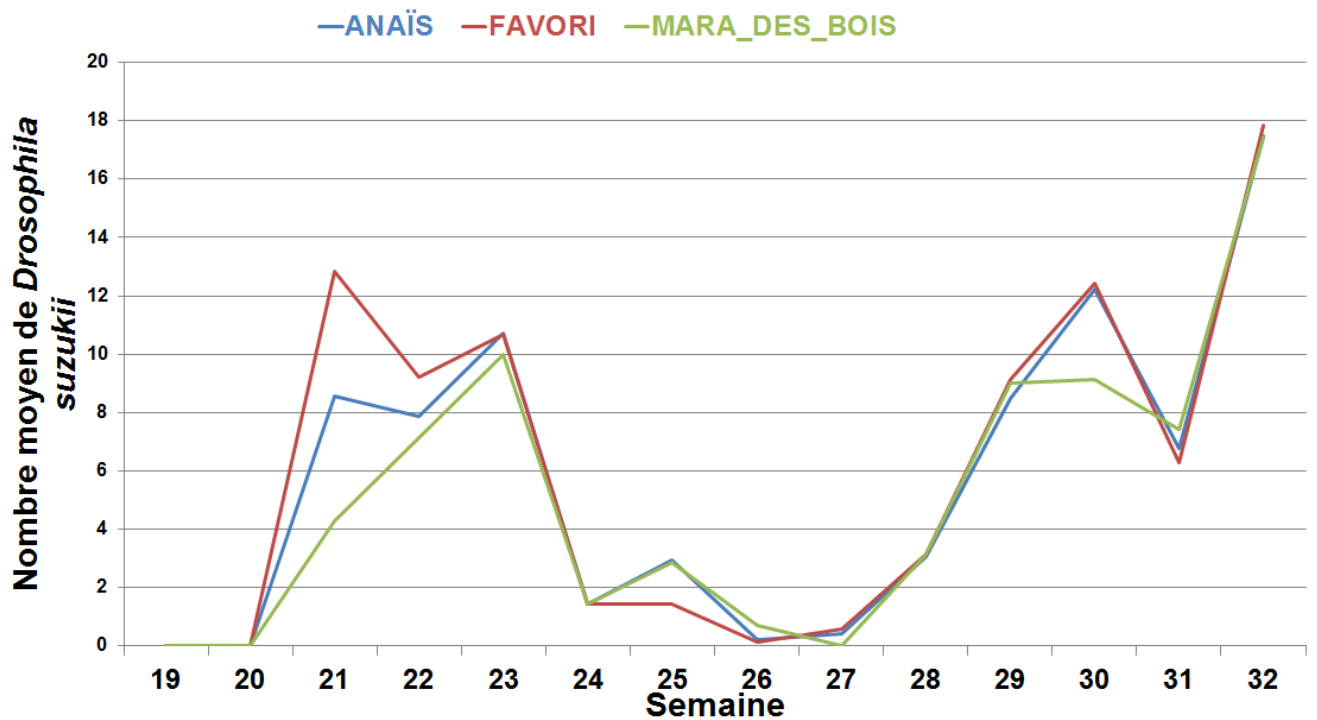


Figure E : Evolution des piégeages sur l'essai variétal mis en place par le CDDL.

Annexe V : Autres résultats 2019 du GDM

Tableau A : Somme des mouches piégées lors de l'essai cartographie, sur l'exploitation N°1 pour le GDM.

ORGANISME	EMPLACEMENT	NOMBRE			% Femelle
		Mâles	Femelles	Total	
GDM	Tous	823	2021	2853	70.8
GDM CDDL	+ Tous	3853	8443	12296	68.7

Tableau B : Bilan des captures de mouches lors de l'essai lutte physique, sur l'exploitation N°1 pour le GDM.

ORGANISME	MODALITE	NOMBRE				% Femelle
		Mâles	Femelles	Total	Moyenne de mouches capturées	
GDM	Filet	37	105	142	14	73.9
GDM CDDL	+ Filet	44	105	149	11	70.5
GDM	Témoin	178	310	488	49	63.5
GDM CDDL	+ Témoin	223	428	651	47	65.7

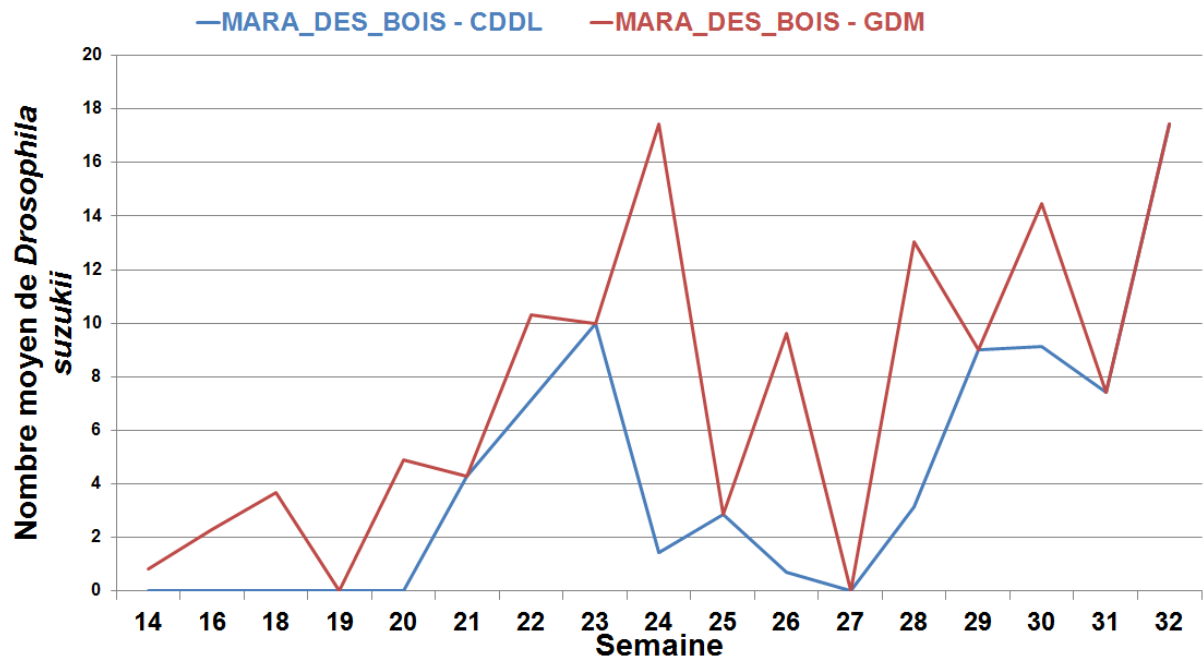


Figure A : Evolution du nombre de *Drosophila suzukii* capturées au cours du temps au sein de la variété Mara des Bois lors de l'essai variétal (sur l'exploitation N°2 pour le GDM).

Annexe VI : Résultats 2017-2018 du GDM

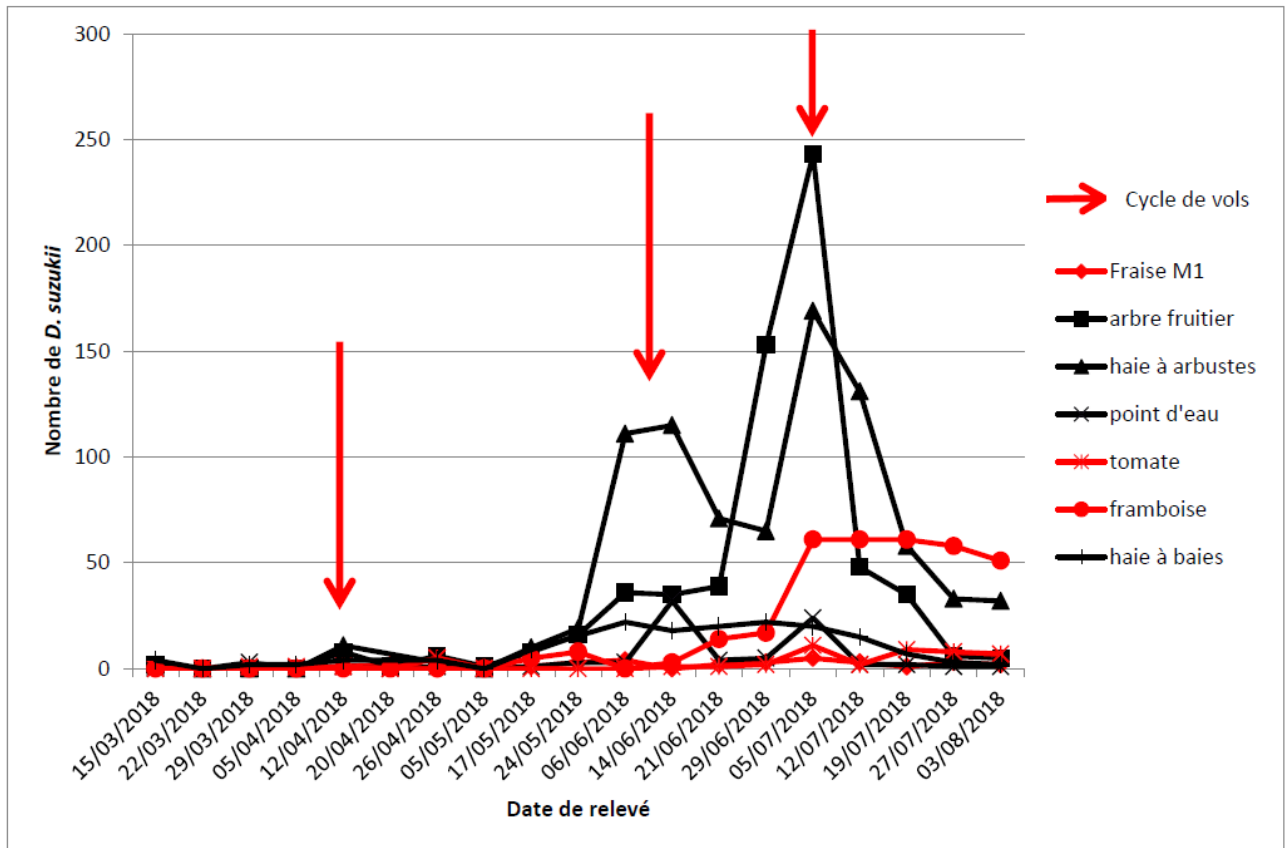


Figure A : Evolution de la quantité de *D. suzukii* piégées à chaque date de relevé. En rouge les données des pièges positionnés dans une culture et en noir ceux positionnés hors des cultures. Les flèches représentent les cycles de vols du ravageur (semaine 15, 24 et 27) (Naullet, 2018).

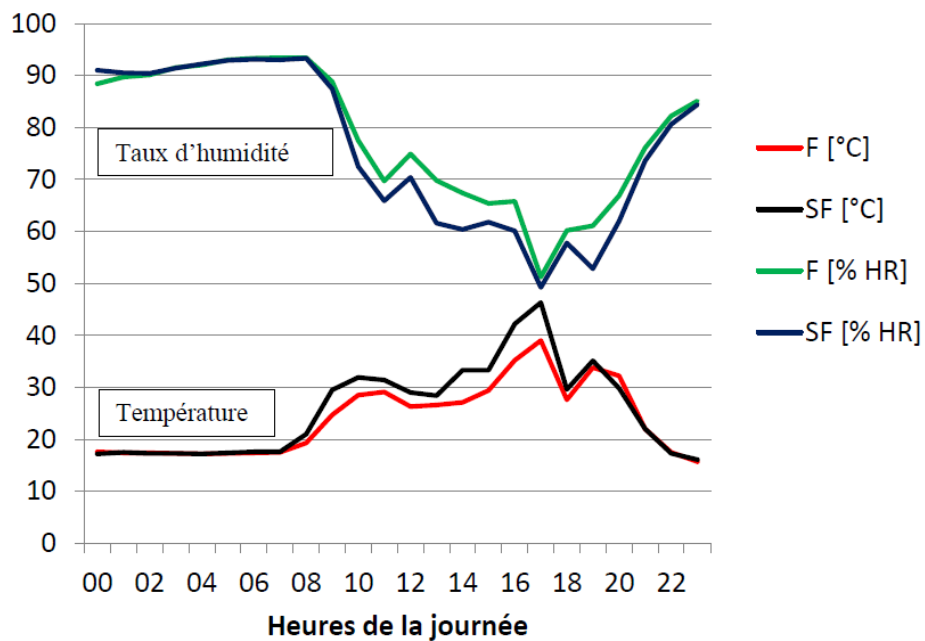


Figure B : Evolution dans les tunnels, sous filet (F) et sans filet (SF), de la température (°C) et du taux d'humidité (% HR) au cours d'une journée de forte chaleur (Naullet, 2018).

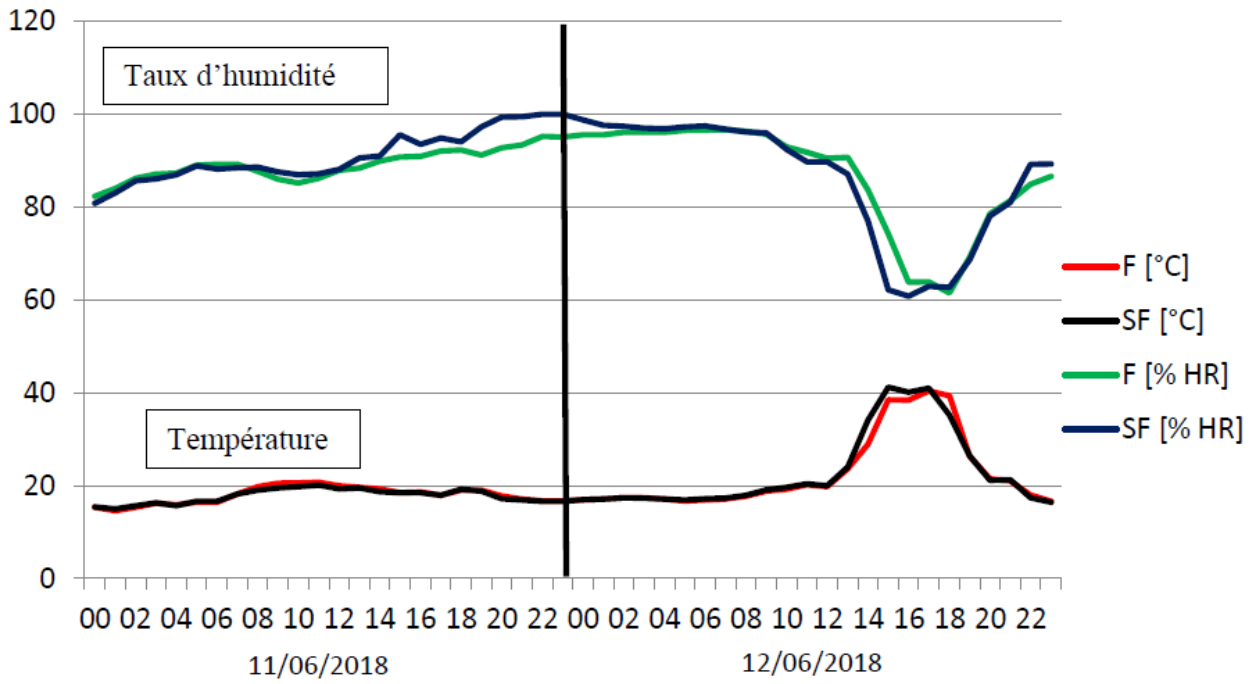


Figure C : Evolution dans les tunnels, sous filet (F) et sans filet (SF), de la température (°C) et du taux d'humidité (%HR) au cours d'une journée de forte pluie (11/06/18) et du jour suivant (Naullet, 2018).

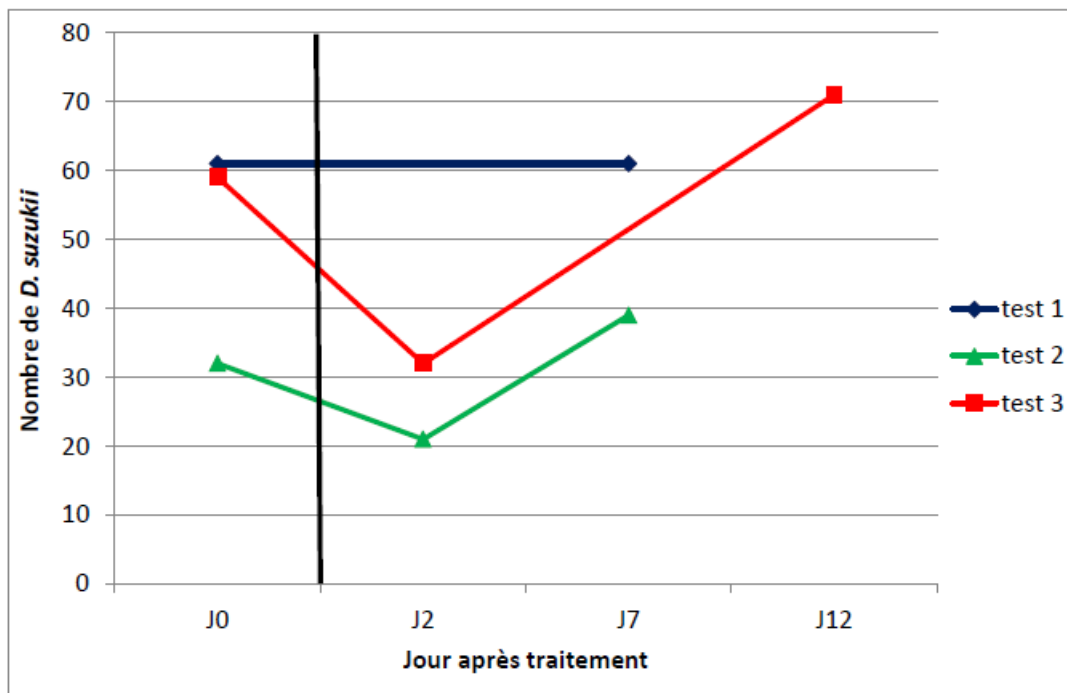


Figure D : Quantité de *D. sukukii* piégées avant et après le traitement (barre noire), lors des trois tests d'efficacité du produit chimique (Naullet, 2018).

Annexe VII : Scripts utilisés lors de l'analyse statistique réalisée sur le logiciel R

```
##Chargement des donnees
donnees<-read.table("VarietesGDM.txt",header=T)
summary(donnees)

##Chargement des packages
library(RVAideMemoire)
library(MASS)
library(car)
library(nlme)
library(lme4)
library(lsmmeans)
library(multcomp)
library(multcompView)
library(fitdistrplus)

##Normalisation et représentation des données
LogNombre<-log(donnees$NOMBRE+1)
hist(LogNombre)
qqnorm(LogNombre)
qqline(LogNombre)

##Modele final
modlog<- lm(LogNombre~VARIETE,data=donnees)
summary(modlog)
Anova(modlog)

##Etude des residus
qqnorm(residuals(modlog))
qqline(residuals(modlog))
plotresid(modlog)

##Etude de la dispersion du modele
overdisp.glmr(mod)

##Comparaison de moyennes
lsmmeans(modlog,pairwise~VARIETE,data=donnees)
lsm.mod <-lsmmeans(modlog,~VARIETE)
cld(lsm.mod)

#Prédictivité du modèle
plot(residuals(mod)~fitted(mod))
```

```
#Chargement des donnees
donnees<-read.table("FiletGDM+CDDL.txt",header=T)
summary(donnees)

#Chargement des packages
library(RVAideMemoire)
library(MASS)
library(car)
library(nlme)
library(lme4)
library(lsmmeans)
library(multcomp)
library(multcompView)
library(fitdistrplus)

#Représentation des donnees
hist(donnees$NOMBRE)

plot(fitdist(donnees$NOMBRE,"nbinom"))

#Modele final
mod <- glm.nb(NOMBRE~MODALITE,data=donnees)
summary(mod)
Anova(mod)

#Etude des residus
plotresid(mod)

##Comparaison de moyennes
lsmmeans(mod,pairwise~Mod,data=donnees)
lsm.mod <-lsmmeans(mod,~Mod)
cld(lsm.mod)
```

Figure : Script R pour l'essai variétal du GDM (à gauche) ainsi que pour l'essai lutte physique pour le GDM et le CDDL (à droite).

	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Horticulture Spécialisation / option : Protection des Plantes et Environnement en Horticulture (PPEH) Enseignant référent : Bruno Jaloux
Auteur(s) : Loïc Larroche	Organisme d'accueil : Groupement de Développement des Maraîchers – Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire
Date de naissance : 27/03/1995	Adresse : 21 boulevard Réaumur, La Roche-Sur-Yon
Nb pages : 94 (corps de texte : 28) Annexes : 7	
Année de soutenance : 2019	Maître de stage : Maxime Chabaliier
Titre français : Evaluation des méthodes de lutte alternative contre <i>Drosophila suzukii</i> en fraiseiculture. Titre anglais : Evaluation of alternative control methods against <i>Drosophila suzukii</i> in strawberry culture.	
Résumé (1600 caractères maximum) : Le diptère originaire d'Asie, <i>Drosophila suzukii</i> est un ravageur détecté pour la première fois en Europe il y a une dizaine d'années. Il est aujourd'hui présent dans la plupart des pays européens. La faible durée de son cycle de reproduction, sa mobilité et ses nombreux hôtes possibles, en font un ravageur avec un potentiel de nuisibilité très élevé. Depuis sa détection officielle en France en 2010, l'importance économique de ses dégâts a conduit au lancement de nombreux projets pour répondre aux problématiques des producteurs. Ce projet a pour but d'approfondir les connaissances sur cette mouche mais également de trouver des solutions efficaces pour protéger la culture de fraises contre celle-ci. Dans un premier temps les mouvements de population de <i>Drosophila suzukii</i> au sein des exploitations ont été caractérisés afin de repérer les zones refuges et pouvoir ainsi détecter de façon précoce les vols de ce ravageur. Dans un second temps, la pose d'un filet insect-proof a été testée : c'est cette méthode qui présente les résultats les plus intéressants. A l'inverse, la lutte par application de produit chimique ne propose qu'une courte protection comprise entre 4 et 7 jours. Il a été étudié la sensibilité variétale et mis en évidence l'importance des mesures prophylactiques. Enfin l'étude de combinaisons de techniques s'est révélée très intéressante, dans ce cadre les plantes de services n'ont pas eu l'effet escompté, à l'inverse de l'auxiliaire <i>Trichopria drosophilae</i> qui semble avoir du potentiel pour la gestion de ce ravageur.	
Abstract (1600 caractères maximum) : The Asian dipteran, <i>Drosophila suzukii</i> , is a pest first detected in Europe about ten years ago. It is now present in most European countries. The short duration of its reproductive cycle, its mobility and its many possible hosts make it a pest with a very high potential for harm. Since its official detection in France in 2010, the economic importance of its damage has led to the launch of many projects to address the problems of producers. The aim of this project is to increase knowledge about this fly and also to find effective solutions to protect strawberry crops from it. Initially, the population movements of <i>Drosophila suzukii</i> within the farms were characterized in order to identify refuge areas and thus be able to detect early thefts of this pest. In a second step, the installation of an insect-proof net was tested: it is this method that presents the most interesting results. On the other hand, chemical control only offers a short protection period of 4 to 7 days. Varietal sensitivity was studied and the importance of prophylactic measures was demonstrated. Finally, the study of combinations of techniques was very interesting, in this context, service plants did not have the effect expected, unlike the auxiliary <i>Trichopria drosophilae</i> , which seems to have potential for the management of this pest.	
Mots-clés : <i>Drosophila suzukii</i> - Fraise - Moyens de lutte - Lutte alternative - Bioagresseurs Key Words: <i>Drosophila suzukii</i> - Strawberry - Control methods - Alternative control - Bioaggressors	