



**HAL**  
open science

## Projet DS2: *Drosophila suzukii* “ Développer des Stratégies de gestion efficaces, économiquement viables et durables ”

Florence Fevrier, Nicolas Borowiec, Olivier Chabrerie, Florian Chapelin, Aude Couty, Patrice Eslin, Valérie Gallia, Benjamin Gard, Aude Gea, Patricia Gibert, et al.

### ► To cite this version:

Florence Fevrier, Nicolas Borowiec, Olivier Chabrerie, Florian Chapelin, Aude Couty, et al.. Projet DS2: *Drosophila suzukii* “ Développer des Stratégies de gestion efficaces, économiquement viables et durables ”. *Innovations Agronomiques*, 2024, 94, pp.127-140. 10.17180/ciag-2024-vol94-art09 . hal-04590848

HAL Id: hal-04590848

<https://hal.inrae.fr/hal-04590848v1>

Submitted on 28 May 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



## Projet DS2 : *Drosophila suzukii* « Développer des Stratégies de gestion efficaces, économiquement viables et durables »

Florence FEVRIER <sup>1</sup>, Nicolas BOROWIEC <sup>2</sup>, Olivier CHABRERIE <sup>3</sup>, Florian CHAPELIN <sup>4</sup>, Aude COUTY <sup>3</sup>, Patrice ESLIN <sup>3</sup>, Valérie GALLIA <sup>5</sup>, Benjamin GARD <sup>1</sup>, Aude GEA <sup>4</sup>, Patricia GIBERT <sup>6</sup>, Anthony GINEZ <sup>7</sup>, Laetitia GIRERD <sup>8</sup>, Alexandre MAGRIT <sup>5</sup>, Sabine RISSO <sup>9</sup>, Christophe ROUBAL <sup>10</sup>, Aliénor ROYER <sup>11</sup>, Romain ULMER <sup>3</sup>

<sup>1</sup> CTIFL, Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Centre opérationnel de Balandran, 30127 Bellegarde, France

<sup>2</sup> INRAE, UMR 1355 INRAE-CNRS-Université Côte d'Azur, 400 route des Chappes, 06903 Sophia Antipolis, France

<sup>3</sup> EDYSAN, Ecologie et Dynamique des Systèmes Anthropisés, UMR 7058 CNRS - Université de Picardie Jules Verne, 1 rue des Louvels, 80037 Amiens Cedex 1, France

<sup>4</sup> CRIIAM Sud, Centre de Ressource et d'Innovation pour l'Irrigations et l'Agrométéorologie, 779 Chemin de l'Hermitage, Hameau de Serres, 84200 Carpentras, France

<sup>5</sup> SUDEXPE, Station de recherche appliquée Fruits et Légumes, 517 chemin du Mas d'Asport, 30800 St Gilles, France

<sup>6</sup> LBBE, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, UMR 5558 CNRS - Université Lyon 1, 43 Bd du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne, France

<sup>7</sup> APREL, Association Provençale de Recherche et d'Expérimentation Légumière, Route de Mollégès, 13210 Saint-Rémy de Provence, France

<sup>8</sup> EPLEFPA, Etablissement Publics Locaux d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricoles, Provence Ventoux, 310 chemin de l'Hermitage, 84200 Carpentras, France

<sup>9</sup> Chambre d'agriculture des Alpes-Maritimes, MIN fleurs 17 - box 85, 06296 Nice, France

<sup>10</sup> DRAAF PACA, Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt Provence-Alpes-Côte d'Azur, 417 Chemin de la Castelette, 84140 Montfavet, France

<sup>11</sup> CTIFL, Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Domaine expérimental La Tapy – 1881 chemin des galères, 84200 Carpentras, France

**Correspondance :** [florence.fevrier@ctifl.fr](mailto:florence.fevrier@ctifl.fr)

### Résumé :

Le projet DS2 (2019-2022) a permis d'évaluer plusieurs méthodes de gestion du ravageur *Drosophila suzukii* en verger de cerisiers et sur culture de fraise. Ainsi une importante étude menée sur la plante piège *Pyracantha coccinea* a montré un fort potentiel au laboratoire mais des contraintes fortes lors des premières expérimentations en serre. Les stratégies de gestion basées sur la protection physique des vergers de cerisiers par des filets périphériques ont montré un intérêt pour réduire les interventions phytosanitaires sans pour autant provoquer d'effets secondaires sur les cultures. Le développement de la méthode de lutte biologique par l'utilisation de parasitoïdes exotiques a été réalisé via l'identification d'une espèce, *Ganaspis cf. brasiliensis G1*, très spécifique du ravageur. Ainsi que par des essais prometteurs en serre confinée et la finalisation d'un dossier de demande d'introduction du parasitoïde validé par les ministères. De plus un travail d'approfondissement de la connaissance de la biologie de l'insecte a permis de mieux comprendre la dynamique des populations de la mouche et de compléter le



développement d'un modèle de simulation des pontes pouvant servir d'outil d'aide à la décision pour prévoir les périodes de risque sur cerise.

**Mots-clés :** *Drosophilidae*, lutte biologique, méthode alternative, protection intégrée, fraise, cerise

**Abstract: DS2 project. *Drosophila suzukii*: implementing management strategies that are efficient, economically viable and sustainable**

The DS2 project (2019-2022) evaluated several management methods for the pest *Drosophila suzukii* in cherry orchards and strawberry crops. A major study conducted on the trap plant *Pyracantha coccinea* showed strong potential in the laboratory but strong constraints during the first experiments in greenhouses. Management strategies based on the physical protection of cherry orchards by perimeter nets showed a potential in reducing phytosanitary interventions without causing side effects on crops. The development of the biological control method using exotic parasitoids was carried out through the identification of a species, *Ganaspis* cf. *brasiliensis* G1, very specific to the pest, promising trials in confined greenhouses and the finalization of an application file for the introduction of the parasitoid validated by the ministries. In addition, work to deepen our knowledge of the biology of the insect has led to a better understanding of the dynamics of fly populations and to complete the development of a model of egg-laying simulations that can be used as a decision-making tool to predict periods of risk on cherries.

**Keywords:** *Drosophilidae*, biological control, alternative method, integrated pest management, strawberry, cherry

## 1. Introduction

La drosophile à ailes tachetées, *Drosophila suzukii* (Diptera, *Drosophilidae*) est un ravageur originaire d'Asie, qui connaît depuis 2008 une progression spectaculaire de son aire de répartition. Elle est actuellement présente sur une grande partie du globe, en Europe, aux États-Unis et en Amérique Latine. Officiellement identifiée en France en 2010, elle cause des dégâts très importants sur de nombreuses espèces fruitières, notamment sur cerises et petits fruits rouges (fraises, framboises, mûres, myrtilles). En effet, cette drosophile présente un fort potentiel de nuisibilité. À la différence des drosophiles indigènes, son ovipositeur est sclérifié et en forme de dents de scie (Atallah *et al.*, 2014). Cette particularité lui permet de pondre sous la peau des fruits avant leur maturité et donc avant la récolte. En plus des fruits cultivés, les larves peuvent également se développer dans de très nombreux fruits sauvages (Kenis *et al.*, 2016 ; Poyet *et al.*, 2015).

Ce large spectre d'hôtes, associé à un cycle de développement court, permet une croissance très rapide des populations. Ces caractéristiques peuvent expliquer les limites des stratégies de protection. Pour répondre à la fois aux enjeux phytosanitaires, environnementaux et économiques de la protection contre *D. suzukii*, le projet DS2 : *Drosophila suzukii* « Développer des Stratégies de gestion efficaces, économiquement viables et durables », a été mis en œuvre de 2019 à 2022 et soutenu financièrement par les fonds CASDAR. Ce projet porté par le CTIFL rassemble plusieurs partenaires : pour la recherche, INRAE PACA (Institut Sophia Agrobiotech, ISA), CNRS (Laboratoire de Biométrie et de Biologie Évolutive, LBBE), Université de Picardie Jules Verne – CNRS (Unité EDYSAN) ; pour l'expérimentation, le CTIFL, l'APREL (Association provençale de recherche et expérimentation légumière), SudExpé, le Domaine expérimental La Tapy ; pour le développement, la Chambre d'agriculture des Alpes Maritimes (06) et le CRIIAM Sud (Centre de Ressource et d'Innovation pour l'Irrigation et l'AgroMétéorologie en région Sud) ; pour l'enseignement technique ou supérieur, le lycée agricole EPLEFPA Louis Giraud (devenu Provence Ventoux) et le ministère : DRAAF SRAL PACA.

Le projet avait pour objectif de développer des méthodes innovantes, jusqu'ici peu explorées sur notre territoire. Ces méthodes sont :



- La réduction des niveaux de population de *D. suzukii* à l'échelle du paysage, en développant une méthode de lutte biologique par acclimatation qui bénéficierait à toutes les cultures impactées ;
- La diminution des niveaux de population à l'échelle de la parcelle, par l'utilisation de filets périphériques qui pourraient être un compromis aux filets monoparcelle et monorang (efficaces mais nécessitant des investissements très importants et une révision complète du système de culture) ;
- Le détournement des cultures des femelles de *D. suzukii* prêtes à pondre par l'utilisation de plantes-pièges, pour diminuer la pression de l'insecte dans les cultures sous abris.

Ces méthodes ont également été combinées à d'autres méthodes de protection, comme la prophylaxie ou la stratégie chimique, de façon à identifier des stratégies économes en produits phytosanitaires dont l'efficacité et l'intérêt technico-économique ont été évalués. Afin que les stratégies puissent être mises en œuvre en anticipant les périodes de risque, c'est-à-dire les périodes de pontes, un outil d'aide à la décision a été développé et mis à la disposition des producteurs. Les deux cultures modèles supports de ces études sont la fraise pour les cultures sous abri et la cerise pour l'arboriculture et le plein champ.

## 2. L'utilisation des plantes-pièges : évaluation en laboratoire et sur le terrain

La grande polyphagie de *D. suzukii* représente un avantage pour l'insecte car elle lui assure un grand nombre de ressources et une continuité temporelle (Lee *et al.*, 2015 ; Kenis *et al.*, 2016 ; Poyet *et al.*, 2015 ; Ulmer *et al.*, 2022 ; Deconninck *et al.*, 2024). Cependant, la polyphagie a un coût et peut amener *D. suzukii*, à faire des erreurs d'oviposition, c'est-à-dire à pondre ses œufs dans des fruits de plantes inadéquats au développement des larves et donc dans lesquels les larves finissent par mourir (Poyet *et al.*, 2015 ; Ulmer *et al.*, 2020). De telles plantes leurrant et trompant *D. suzukii* sont qualifiées de plantes-pièges. Cette méthode durable pour l'environnement a déjà été validée pour d'autres insectes ravageurs des cultures (Lin *et al.*, 2006).

Dans le projet, l'efficacité de plantes-pièges en tant que méthode innovante et écologiquement acceptable pour réduire les infestations des fraises par *D. suzukii* a été testée en laboratoire par l'unité EDYSAN du CNRS et en serre par le CTIFL et l'APREL. Le choix de la plante-piège étudiée, parmi 67 espèces préalablement testées (Poyet *et al.*, 2015), s'est fait sur différents critères : le taux de ponte élevé avec un taux d'émergence de drosophiles très faible ; la présence sur le territoire français ; la disponibilité en horticulture ; la résistance et la facilité d'entretien et la forme de vie pérenne de la plante (arbuste). La plante-piège retenue est le *Pyracantha coccinea*, le buisson-ardent (Ulmer *et al.*, 2020).

### 2.1. Une plante-piège prometteuse en laboratoire

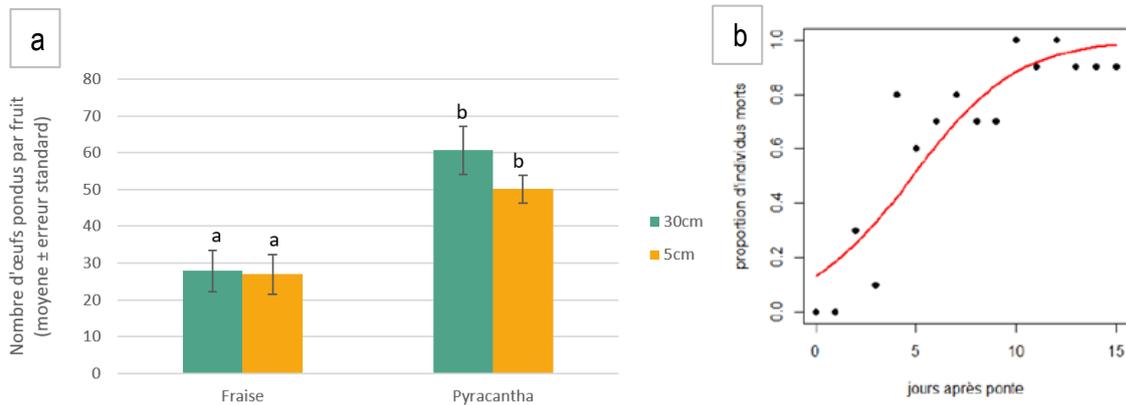
Des fruits cultivés et des fruits des plantes-pièges ont été mis en compétition pour les choix de ponte de *D. suzukii*, en disposant ces plantes dans les systèmes de production. Les taux de ponte et le développement des larves dans les différents fruits ont été observés.

Au laboratoire, un premier test de choix entre une fraise et un corymbe de *Pyracantha* est proposé à cinq *D. suzukii* (trois femelles et deux mâles) pendant 24 heures en phytotron. Le témoin comporte seulement une fraise avec le même nombre de mouches pendant la même durée. Ce test a montré qu'en présence de *Pyracantha*, le nombre de *D. suzukii* adultes émergeant des fraises est réduit de 47 %. De plus sur l'ensemble des œufs pondus dans les fruits de *Pyracantha*, aucune mouche n'a émergé.

Le second test évalue l'effet de la distance, 5 ou 30 cm, sur le choix de *D. suzukii* entre une fraise et un corymbe de *Pyracantha*. Pour chaque modalité, les fruits sont exposés à cinq *D. suzukii* (trois femelles et deux mâles) pendant 24 heures en phytotron. L'augmentation de la distance entre les deux types de fruits n'a pas eu d'influence sur le choix du support de ponte des drosophiles (Figure 1) : *Pyracantha* garde un effet significatif quelle que soit sa distance de la fraise. Pour les deux modalités, le nombre



d'œufs pondus sur le corymbe de *Pyracantha* est beaucoup plus important que le nombre d'œufs pondus dans la fraise.



**Figure 1** : a) Nombre d'œufs pondus par *Drosophila suzukii* (trois femelles et deux mâles par test) sur chaque espèce de fruit séparé par 5 cm et 30 cm de distance. Des lettres différentes indiquent une différence significative à  $p > 0.05$  entre les conditions et b) Proportion d'individus de *Drosophila suzukii* morts observés dans les fruits de *Pyracantha coccinea* en fonction du nombre de jours après la ponte.

Une hypothèse avancée pour expliquer la préférence de *D. suzukii* pour les fruits du *Pyracantha* porte sur l'architecture des corymbes de la plante-piège. Le corymbe est plus gros et présente une architecture plus complexe qu'une fraise, avec ses nombreuses petites branches pouvant constituer une zone refuge dans lesquelles les drosophiles pourraient se cacher et qui pourrait augmenter l'attractivité pour ses fruits.

Un essai en mini-serre a été mis en place pour évaluer l'attractivité de la plante-piège dans des conditions plus proches du terrain. Pour ce dispositif, quatre pieds de fraisiers en pot portant chacun deux fraises rougissantes ont été placés seuls dans une mini-serre témoin, et pour la mini-serre testant la plante-piège des branches de *Pyracantha* portant fruits et feuilles ont été plantées dans du terreau et ajoutées au dispositif. Dans les deux modalités, les plantes sont exposées à 25 *D. suzukii* (15 femelles et 10 mâles) pendant 72 heures. Pour chaque mini-serre, les huit fraises et 100 fruits de *Pyracantha* sont conservés jusqu'à émergence pour quantifier l'infestation de *D. suzukii*. Ce test a montré qu'en présence de *Pyracantha*, le nombre de *D. suzukii* adultes émergeant des fraises était réduit de 39 %. De plus, sur l'ensemble des œufs pondus dans les fruits de *Pyracantha*, aucun n'a produit de mouche adulte.

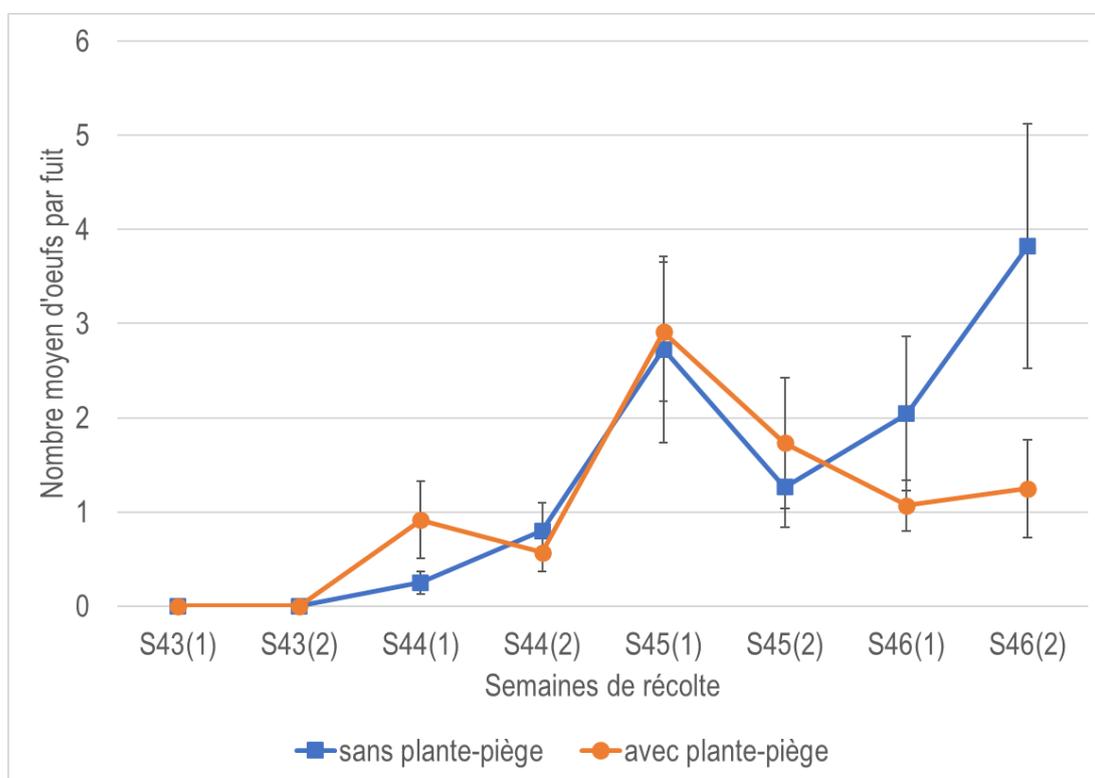
Un essai pour étudier la survie de la progéniture de *D. suzukii* dans la plante-piège a également été mené pour mieux comprendre à quel stade de développement les individus meurent. Pour cela, quatre corymbes de fruits de *Pyracantha* ont été mis en contact avec cinq femelles *D. suzukii* chacun pendant 24 heures. Chaque jour pendant deux semaines, des fruits sont disséqués pour observer le stade de développement et la survie de 10 œufs et/ou larves. Cet essai a montré que quasiment tous les œufs éclosent (seuls 2 sur 150 n'ont pas éclos) mais après cinq jours, près de 50 % des individus sont morts, et après dix jours près de 100 % des individus de *D. suzukii* sont morts (Figure 1). Aucune larve n'a atteint le stade puppe et toutes présentaient un brunissement.

## 2.2. L'adaptation de la méthode aux cultures sous serre nécessite encore des recherches

Des essais ont ensuite été menés en serre expérimentale pour évaluer la plante-piège sélectionnée en conditions plus proches de la pratique.

Une première étude est réalisée en conditions semi-contrôlées dans les serres expérimentales du centre CTIFL de Balandran. L'essai est réalisé sur une culture de fraisier hors-sol, plantée en août 2020. Cette plantation tardive permet de faire coïncider la fructification des fraisiers avec celles des plants de *Pyracantha* pour maximiser l'effet de piégeage. Les jeunes plantes-pièges de *Pyracantha* sont cultivés en pot et disposés sous et à l'extrémité des gouttières, à la densité de 0,25 plante-piège/m<sup>2</sup> (soit 2 500

plantes/ha). Trois compartiments de serres sont équipés de plants de *Pyracantha* et deux autres compartiments témoins ne reçoivent aucun plant. À l'apparition des premiers fruits rouges, un apport de 30 femelles et 20 mâles de *D. suzukii* est réalisé afin de garantir une infestation homogène et suffisante par le ravageur dans les 5 compartiments d'essais. Les fruits sont ensuite récoltés, 80 fruits par compartiment, deux fois par semaine, pendant quatre semaines.



**Figure 2** : Taux d'infestation moyen des fraises par les œufs de *Drosophila suzukii* pour les modalités témoin (sans plante-piège) et avec plantes-pièges, observés à chaque date de récolte entre les semaines 43 et 46 de 2020, deux fois par semaine. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

Sur l'ensemble de l'essai, le taux d'infestation moyen des fruits par les larves n'est pas significativement différent entre le témoin et la modalité protégée avec les plants de *Pyracantha*, ( $p=0.729$ ). Il en est de même pour le taux d'infestation moyen par les œufs de *D. suzukii* observés dans les fruits ( $p=0,210$ ). À partir de la semaine 45, dans la modalité avec plantes-pièges, le taux moyen d'infestation baisse. L'analyse date à date ne met pas en évidence de différence significative entre les modalités pour le taux moyen d'infestation des fruits, pour les larves comme pour les œufs, à l'exception de la dernière date récolte (S46(2)) (Figure 2). Lors de la dernière mesure, le nombre d'œufs par fruit est significativement plus faible dans la modalité avec plante-piège que dans la modalité témoin (Kruskal-Wallis,  $p=0.004$ ). Bien que la même tendance s'observe pour le nombre de larves par fruit, la différence n'est pas significative au seuil de 5 % (Kruskal-Wallis,  $p=0.13$ ).

Une seconde étude est conduite par l'APREL, chez un producteur de fraise sur la variété remontante Mara des Bois fortement exposée aux attaques de *D. suzukii*. La culture est conduite en hors-sol et les plantes de *Pyracantha* sont disposées sous les gouttières pour ne pas gêner la circulation dans les rangs, à une densité de 150 plantes/ha. Les résultats de l'APREL ne montrent pas d'efficacité quant à la réduction des dégâts de *D. suzukii*. Le taux d'infestation des fruits est équivalent entre les tunnels avec plantes-pièges et les tunnels témoins sans plante-piège.

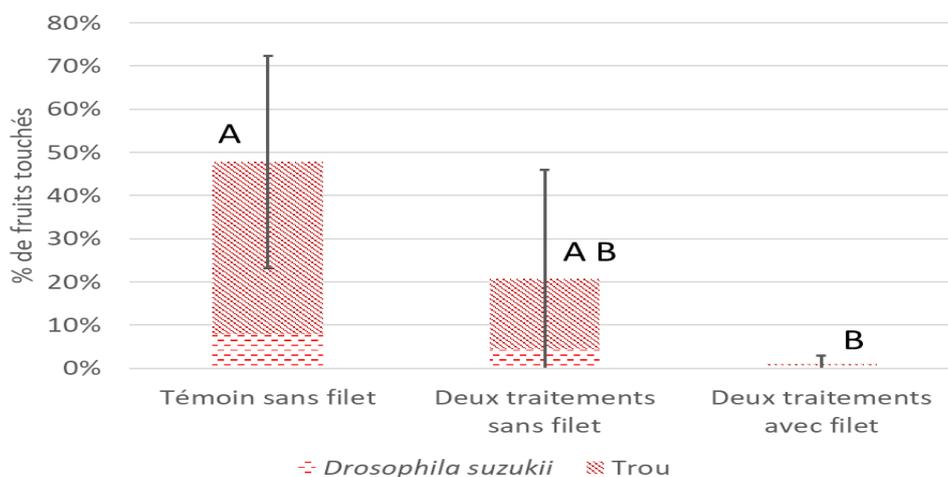


### 3. La lutte physique par les filets périphériques et la combinaison des stratégies

Une structure à base de filets périphériques, moins onéreuse que des filets monoparcelle et pouvant s'adapter facilement à des vergers déjà installés et conduits en gobelet, a été évaluée entre 2019 et 2021 dans le cadre du projet DS2. Des filets hauts de 4 m sont installés en périphérie de trois vergers de cerisiers au Domaine expérimentale de La Tapy, à SudExpé et sur le centre CTIFL de Balandran sur trois ans. Les niveaux de population sont comparés dans les parcelles protégées et dans les témoins, en utilisant la méthode de piégeage de référence du réseau d'expérimentation. Différents aspects des filets sont évalués : leur niveau de protection (utilisé seul ou combiné avec des stratégies chimiques), leurs potentiels effets secondaires (microclimat, phénologie, auxiliaires et bioagresseurs) et leur intérêt technico-économique.

L'efficacité du filet périphérique seul est variable selon les sites et les années : lorsqu'aucun traitement insecticide n'est effectué à la fermeture des filets pour « nettoyer » le verger, les drosophiles peuvent se retrouver emprisonnées à l'intérieur et l'intérêt recherché de bloquer l'entrée des drosophiles sur la parcelle est alors nul. En revanche, si un seul traitement est réalisé à la fermeture du filet, après la floraison et l'intervention des pollinisateurs sur deux années d'essai, la modalité « filet seul » du site de SudExpé présente une efficacité de 66 % par rapport au témoin non traité hors filet. Cela reste insuffisant pour protéger la culture convenablement (plus de 20 % de dégâts liés à *D. suzukii* en 2020). Si cette structure ne permet pas de bloquer l'entrée de *D. suzukii* sur la parcelle, elle en réduit l'infestation (- 61 % de captures observées à l'intérieur du filet). Cette efficacité n'a pas été retrouvée sur les autres sites, le gel ou encore une trop faible pression du ravageur sur les témoins n'ont pas permis de valider une partie des essais.

Dans un contexte d'interdiction croissante de molécules et donc de spécialités phytosanitaires, le filet périphérique a également été évalué en combinaison d'autres méthodes de protection afin d'étudier la possibilité de réduction des interventions phytosanitaires par rapport à la stratégie de référence comprenant quatre traitements. Une réduction significative des dégâts est observée en 2021 sur le site de SudExpé lorsque deux traitements complémentaires de celui positionné à la fermeture du filet 37 jours avant récolte sont positionnés 18 jours (lambda-cyhalothrine) et 5 jours avant récolte (cyantraniliprole). Au premier passage de récolte, la modalité « filet + 2 traitements » présente une efficacité de 74 % par rapport au témoin non traité sans filet ; au deuxième passage de récolte, l'efficacité est de 98 % (cf. Figure 3) et au dernier passage de 83 %. En comparaison avec la modalité « 2 traitements sans filet », la modalité « filet + 2 traitements » présente une efficacité de 44 % au premier passage de récolte, 95 % au deuxième passage et 73 % au dernier passage.



**Figure 3** : Dégâts sur fruits observés sur le second passage de Noire de Meched, le 15 juin 2021, sur le site de SudExpé. Des lettres différentes indiquent une différence significative à  $p > 0.05$  entre les conditions



Sur le site de la Tapy, le filet périphérique n'a pas permis d'apporter de gain d'efficacité en 2021 à cette stratégie phytosanitaire allégée. On retrouve 1,10 % des fruits piqués en dehors du filet et 1,40 % dans le filet contre 46,90 % de dégâts dans le témoin non traité. Sur ce site, les résultats sont similaires à 2019. La stratégie phytosanitaire simple ou allégée n'avait pas permis de mettre en avant un gain d'efficacité dû au filet périphérique (22 % à 34 % de fruits piqués sur les modalités traitées contre 77 % à 80 % sur les témoins non traités).

Sur le centre CTIFL, au premier passage de récolte, la modalité avec filet et 3 traitements positionnés 14 (lambda-cyhalothrine), 7 (cyantranilprole) et 3 jours (spinétorame) avant récolte présente une efficacité de 92 % par rapport au témoin non traité sans filet et de 83 % au deuxième passage. Les dégâts sur le témoin non traité n'ont pas excédé 7 %.

La mise en place de sondes dans et hors du filet périphérique durant les trois ans d'essais et sur l'ensemble des sites d'étude n'a pas permis de mettre en avant un impact du filet sur l'environnement de la parcelle que ce soit en termes de température ou d'humidité (minimales, moyennes et maximales). De la même manière, le suivi des stades phénologiques durant les trois années n'a mis en avant aucune différence de développement végétatif des arbres suite à l'installation du filet.

#### **4. Le développement de la lutte biologique par acclimatation : de la caractérisation intégrative des parasitoïdes exotiques en laboratoire et en serre aux introductions expérimentales sur le terrain**

La plupart de ces plantes-hôtes de *D. suzukii* sont des espèces non cultivées spontanément présentes et abondantes à différentes périodes de l'année (Kenis *et al.*, 2016 ; Poyet *et al.*, 2015 ; Ulmer *et al.*, 2022). Elles peuvent donc servir de réservoir et/ou de refuges à *D. suzukii*, et sont à la base des infestations qui sont observées dans les cultures (Tait *et al.*, 2021). La gestion des populations de ce ravageur dans les zones non cultivées apparaît donc comme un élément clé pour la mise en place d'une stratégie de gestion intégrée efficace et durable.

Parmi les méthodes alternatives évaluées contre ce ravageur dans le projet DS2, les travaux relatifs à la lutte biologique par acclimatation à l'aide de parasitoïdes exotiques se sont poursuivis. De précédents projets ont permis, par des prospections en Asie en 2015 et 2016, d'importer en quarantaine (CABI en Suisse et INRAE en France) plusieurs populations de parasitoïdes exotiques de *D. suzukii* (Girod *et al.*, 2018a) appartenant aux genres *Asobara* (Hymenoptera, Braconidae), *Ganaspis* et *Leptopilina* (Hymenoptera, Figitidae). L'étape d'évaluation au laboratoire a permis d'étudier certains traits biologiques d'intérêt (spécificité d'hôte notamment) et de préciser l'identité des auxiliaires importés.

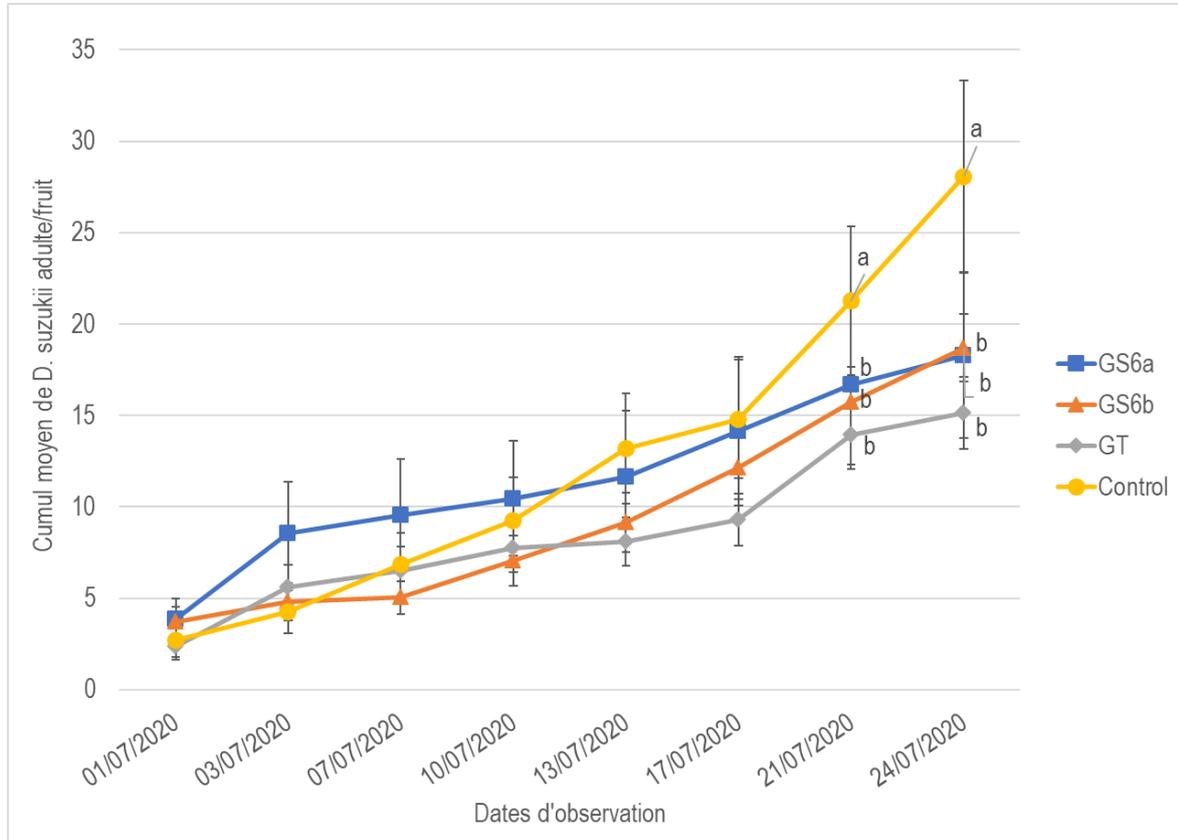
##### **4.1 *Ganaspis cf. brasiliensis* G1 : le parasitoïde le plus spécifique**

Les tests de spécificités des parasitoïdes au laboratoire sont menés en conditions de non-choix c'est-à-dire en présence uniquement de *D. suzukii* et en conditions de choix c'est-à-dire en présence de plusieurs hôtes dont *D. suzuki*. Dans ce dernier cas, différentes espèces de drosophiles plus ou moins proches phylogénétiquement de *D. suzukii* : *D. melanogaster*, *D. subobscura*, *D. busckii*, *D. hydei* et *D. immigrans* sont proposées. *Ceratitis capitata* (Tephritidae) a également été testée car, bien que n'étant pas une drosophile, elle partage certaines exigences écologiques avec *D. suzukii* au niveau de la ponte dans les fruits frais. Les résultats obtenus montrent que les espèces du genre *Asobara* et *Leptopilina* (dont *L. japonica*) sont capables de se développer dans plusieurs espèces non-cibles de drosophiles contrairement aux populations de *Ganaspis* qui se développent presque exclusivement sur *D. suzukii* (Borowiec *et al.*, 2021 a).

En plus de ce spectre d'hôtes plus restreint, certaines populations de *Ganaspis* dont *G. cf. brasiliensis* G1 en particulier, semblent partager des caractéristiques écologiques avec *D. suzukii* à savoir le développement dans les fruits frais uniquement (Girod *et al.*, 2018 b et c). Des essais menés en serre



confinée au CTIFL ont d'ailleurs confirmé la capacité de certaines populations de *Ganaspis* (*G. cf. brasiliensis* G1) à parasiter *D. suzukii* directement sur des plants de fraisières en conditions de production et à induire un impact significatif sur le développement de la population. En effet, les populations de *D. suzukii* sont réduites de 35 % à 46 % dans les modalités avec introduction de parasitoïdes en comparaison du témoin sans parasitoïde (Figure 4) (Gard *et al.*, 2021).



**Figure 4** : Évolution du nombre d'adultes de *D. suzukii* émergés par fraise récoltée. Les codes GS6 et GT correspondent aux dénominations des lieux de prélèvement de la population G1 de *Ganaspis cf. brasiliensis*, et permettent d'identifier les deux souches du parasitoïde. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard. Des lettres différentes indiquent les groupes statistiquement différents à une même date.

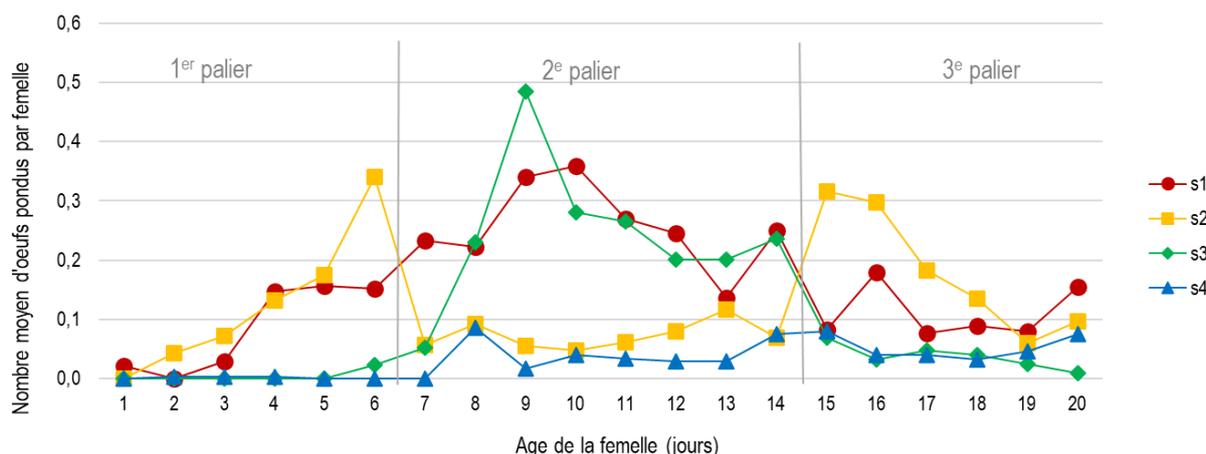
#### **4.2 Une identification fiable nécessaire avant toute introduction**

Pour préciser l'identité des parasitoïdes importés, les différentes populations étudiées ont fait l'objet d'une caractérisation moléculaire en utilisant plusieurs marqueurs moléculaires (mitochondrial ou nucléaires). Les résultats ont confirmé les incertitudes taxinomiques observées par ailleurs chez l'espèce nommée *Ganaspis brasiliensis* (Nomano *et al.*, 2017 ; Giorgini *et al.*, 2019), avec l'existence de plusieurs clusters génétiquement différenciés dont un, le groupe 1, rassemble les populations les plus spécifiques de *D. suzukii* (Seehausen *et al.*, 2020). Des expériences de croisement réalisées entre des individus appartenant à ces différents groupes ont d'ailleurs montré l'existence d'incompatibilités de reproduction entre certains groupes, confirmant la présence d'espèces différentes au sein de ce complexe. Par exemple, des individus appartenant à deux populations (Chine et Japon) du groupe 1 sont tout à fait capables de se reproduire, alors que des croisements entre individus appartenant à des groupes différents (1 et 3 par exemple) n'ont produit aucun descendant femelle. Chez ces espèces, la reproduction est dite arrhénotoque, c'est-à-dire que la production de descendants femelles se fait à partir d'œufs fécondés. Les populations de *Ganaspis cf. brasiliensis* G1 c'est-à-dire appartenant au groupe moléculaire 1, sont donc identifiées comme candidats les plus prometteurs pour une lutte biologique contre *D. suzukii* dans plusieurs pays (États-Unis, France, Italie, Suisse).

## 5. Une meilleure connaissance de l'insecte pour améliorer le modèle *D. sukukii*, nouvel outil d'aide à la décision

### 5.1. Impact de la température sur la fécondité de *D. sukukii*

La température est le principal facteur responsable de la distribution, de la dynamique et de la phénologie saisonnière des populations. En 2021, une collaboration CNRS-LBBE/DRAAF/CTIFL avait pour objectif d'étudier, en conditions contrôlées, l'effet d'une hausse ou d'une baisse de température sur la fécondité de la drosophile et de mesurer son temps de réponses.



**Figure 5** : Évolution de la fécondité moyenne par femelle sur 20 jours – Nombre moyen d'œufs pondus par femelle en fonction de 4 scénarii d'évolution de la température au cours du temps. S1 : 22 °C pendant les 20 jours d'essais ; S2 : 22 °C pendant 6 jours puis 14 °C pendant 8 jours et enfin 22 °C pendant 6 jours ; S3 : 14 °C pendant 6 jours puis 22 °C pendant 8 jours et enfin 14 °C pendant 6 jours ; S4 : 14 °C pendant les 20 jours d'essais.

L'impact de la « température » sur la fécondité est testé en faisant varier la température entre deux valeurs contrastées, 14 °C et 22 °C, et en utilisant une hygrométrie constante de 70 %. Quatre scénarios sont joués avec des alternances ou non de température sur des paliers temporels identiques. Dans le premier scénario, la température est maintenue constamment à 22 °C pendant les 20 jours d'essais. Dans le deuxième scénario, au bout de six jours, la température est descendue à 14 °C et maintenue à cette température pendant huit jours, avant d'être remontée à 22 °C. Dans le troisième scénario, la température est baissée à 14 °C le premier jour, maintenue à cette température pendant six jours, puis remontée à 22 °C pendant huit jours puis de nouveau baissée à 14 °C pendant six jours. Dans le quatrième scénario, la température est baissée à 14 °C le premier jour et est maintenue à cette température pendant les 20 jours d'essai.

Les résultats obtenus en laboratoire montrent que la diminution de la température de 22 °C à 14 °C a un effet négatif significatif sur la fécondité de *D. sukukii*. Lorsque la température diminue, les conditions deviennent défavorables, et les pontes s'arrêtent. Elles reprennent immédiatement lorsque les conditions redeviennent favorables, c'est-à-dire quand la température augmente (Figure 5, scénario 2).

Les résultats de l'essai température semblent traduire une réactivité immédiate ou quasi immédiate à la ponte de *D. sukukii*, c'est-à-dire dans les trois jours. Ces données permettent d'ajuster le modèle de simulation « *Drosophila sukukii* ».



## 5.2. Le modèle de simulation *Drosophila suzukii*

Un modèle de simulation « *Drosophila suzukii* » a été réalisé par la DRAAF PACA pour la cerise. Il n'est pas fiable pour d'autres cultures telles que les fraises ou les petits fruits qui arrivent plus tardivement dans la saison. Il simule la dynamique des populations de *D. suzukii* en sortie d'hiver en fonction de la température et de l'hygrométrie. Ce modèle est issu d'une exploitation originale des données brutes d'élevage obtenues en conditions contrôlées constantes et publiées par des collègues de l'USDA<sup>1</sup> (Tochen *et al.*, 2014 et 2016).

La température est le principal facteur influençant la vitesse du développement, tandis que l'hygrométrie est le principal facteur influençant le taux de survie de l'insecte. Le modèle simule l'arrivée d'une « vague » de ponte plus ou moins intense et compare les années, sans tenir compte du « stock » à la sortie de l'hiver. La sortie du modèle est une courbe représentant la dynamique journalière de ponte de *D. suzukii* avec un nombre théorique d'œufs sur une période donnée. Pour comparer plusieurs années, les simulations peuvent être lancées l'une après l'autre, année par année. Il est possible d'exporter les résultats numériques des simulations et de les réassembler.

Pour valider ces simulations, des observations de pontes ont été faites sur cerise au cours des saisons 2020 et 2021. Les suivis faits au CTIFL sont en adéquation avec les simulations du modèle. Les retours du terrain des différents partenaires du projet DS2 ont permis de confronter le modèle à la réalité et de confirmer son intérêt pour une utilisation en tant qu'outil d'aide à la décision. Cet outil est un appui complémentaire à toutes les informations disponibles (historique de la parcelle, conditions hivernales, ...) pour décider de la stratégie de protection à mettre en œuvre dans un verger. Le modèle a été mis à disposition dans la région PACA via le CRIAM Sud. Le reste du territoire français métropolitain est couvert par la plateforme Inoki du CTIFL.

## 6. Discussion

La plante piège *P. coccinea* a montré un intérêt pour détourner les femelles *D. suzukii* des fraises dans les tests en laboratoire et diminuer le taux de ponte dans les fruits. Ces résultats n'ont pas été retrouvés dans les essais en serre. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce manque d'efficacité : l'utilisation de jeunes arbustes, peu matures et très peu fournis en fruits et la densité des arbustes dans les serres. Dans les essais en laboratoire, le nombre de fruits de *Pyracantha* était très largement supérieur au nombre de fraises ce qui n'était pas le cas dans les essais en serre. De plus, la gestion des plantes-pièges sous abri a été difficile : la présence d'épines nécessite de tailler régulièrement l'arbuste et la fructification tardive de la plante-piège, pas avant la fin du mois d'août, n'offre une potentielle protection que les derniers mois de production des variétés remontantes. Ces essais ne sont que des tests préliminaires en laboratoire et une étude à long terme, en plein champ et avec l'utilisation de pieds d'arbustes de *Pyracantha* bien plus matures d'au moins trois ou quatre ans, serait nécessaire pour valider l'efficacité *in situ* de la plante-piège, avant son utilisation en système de production. D'autres systèmes seraient à évaluer comme l'installation de plantes-pièges dans des haies bordant les cultures pour tenter de réduire la pression de *D. suzukii* sur les exploitations. Dans le cadre du projet DS2, des recherches complémentaires ont été initiées afin de déterminer si la mortalité des larves dans les fruits provient de la présence de composés toxiques via une étude des composés chimiques des fruits pour identifier des familles de composés avec des effets toxiques ; mais cette étude complexe nécessiterait d'être prolongée.

Les essais sur les filets périphériques aboutissent à des résultats contrastés selon les sites d'essais. D'un point de vue technique, des points de vigilance sont également à souligner : la nécessité d'un entretien régulier de la structure (gestion de l'herbe, couture si déchirures) et son positionnement vis-à-vis des haies qui peuvent favoriser l'entrée du ravageur si elles sont trop proches du filet et plus hautes que celui-

---

<sup>1</sup> United States Department of Agriculture, Département de l'agriculture des États-Unis



ci. D'un point de vue économique les coûts d'investissement dans une structure avec filet dépendent des caractéristiques choisies : nombre de poteaux, type de fixations, type de porte, main-d'œuvre pour la pose, etc. (Royer, 2022). Dans le projet, cette méthode a été évaluée sur de petites parcelles (< 4 000 m<sup>2</sup>), une étape d'expérimentation à plus grande échelle est indispensable afin de confirmer ou non ces résultats.

Le développement d'une méthode de lutte biologique est une démarche de moyen et long termes qui nécessitent de nombreuses étapes. L'ensemble des données produites dans le projet a été utilisé pour rédiger un dossier de demande d'introduction dans l'environnement pour le parasitoïde exotique *Ganaspis cf. brasiliensis* G1, qui comprend notamment une évaluation des risques et des bénéfices liés à ces introductions (Borowiec et al., 2021 b). Après évaluations favorables par des comités d'experts (Anses notamment), INRAE a obtenu en août 2022, sous forme d'arrêté conjoint des ministères français de l'Agriculture et de l'Environnement, l'autorisation d'introduire ce parasitoïde en France à des fins de lutte biologique par acclimatation. Une étape importante a ainsi été franchie. Cette opération de lutte biologique par acclimatation doit maintenant se poursuivre par les premières introductions et les premiers suivis d'établissement en France en 2023. Ce travail sera notamment réalisé dans le cadre du projet Ecophyto SUZoCARPO (coordination INRAE, 2023-2026).

L'outil d'aide à la décision est un modèle de simulation de pontes voué à être amélioré au vu des avancées des connaissances sur la biologie de *D. suzukii*. Lors de sa conception, des hypothèses de travail indispensables ont été intégrées au modèle pour tenir compte des délais de réaction de la drosophile face aux variations de température et d'hygrométrie. L'essai de fluctuation de température et la réponse de *D. suzukii* à ces variations ont permis d'améliorer le modèle et d'en créer une deuxième version. Néanmoins l'essai ayant été mené en 2021, les modifications n'ont pu être apportées que tardivement dans le projet et cette nouvelle version est encore en cours de validation par des suivis sur le terrain.

## 7. Conclusion

Le projet DS2 fait suite au projet *Drosophila suzukii* mené de 2013 à 2016. Il a permis d'approfondir les connaissances biologiques sur la fécondité du ravageur, d'affiner le modèle permettant de prédire les périodes de risque de ponte et ainsi de diffuser aux producteurs de cerise un outil d'aide à la décision. Une grande avancée a été faite sur le développement de la lutte biologique en identifiant un parasitoïde exotique spécifique de *D. suzukii*, testant sa capacité de régulation sous serre et contribuant ainsi à obtenir l'autorisation d'introduction de *Ganaspis cf. brasiliensis* G1 pour continuer les recherches. Les travaux menés sur la plante-piège *Pyracantha coccinea* ont montré des résultats prometteurs au laboratoire mais peu satisfaisants lors des premières expérimentations en serre. Des axes d'améliorations de l'utilisation de cette méthode ont pu être identifiés et pourront être travaillés à l'avenir. L'évaluation de l'efficacité des filets périphériques autour des vergers de cerisier a montré que ce levier ne peut être utilisé seul. Cela reste une piste de travail pour palier la disparition de spécialités chimiques dédiées à la gestion du ravageur, avec des résultats intéressants en combinant différents leviers. Les combinaisons de méthodes pour aboutir à des stratégies de protection fiables en conditions de production n'ont pu être évaluées qu'en dernière année du projet. A ce stade, elles ne sont pas assez robustes. Ce sont des données préliminaires qui constituent une base pour les prochaines études des projets i) Région Occitanie et Agence de l'eau « Étude et développement de stratégies de luttes alternatives contre les mouches (*D. suzukii*, *R. cerasi*) en vergers de cerisiers » (coordination CEFEL, 2021-24), ii) l'action 9 du plan d'urgence PAUPFL « Mouches des Cerises – Biocontrôle, Attract and kill, et Parasitoïdes » (coordination CTIFL, 2023-2026 et iii) Casdar STRATOS (coordination CTIFL, 2024-2027).

La diffusion des résultats du projet a été assurée tout au long des trois années par des articles dans la presse spécialisée et revues scientifiques des rencontres techniques, des colloques et des visites d'essais. Une synthèse des résultats a été publiée (Fevrier et al., 2023) et les différentes données et présentations des résultats sont disponibles en ligne sur le site internet du projet : <https://drosophila->



[suzukii.ctifl.fr/](http://suzukii.ctifl.fr/) . La journée *D. suzukii* organisée à la fin du projet a rencontré un succès important avec plus de 120 participants (Février, 2022). Cette manifestation a permis de mettre en évidence la mobilisation des domaines de la recherche et de l'expérimentation pour répondre au défi que représente *D. suzukii*.

### **Ethique**

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

### **Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles**

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

### **Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.**

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

### **ORCID des auteurs**

Florence FEVRIER : 0009-0005-1098-3420

Olivier CHABRERIE : 0000-0002-8949-1859

### **Contributions des auteurs**

Tous les auteurs et autrices ont lu et approuvé le manuscrit final.

### **Déclaration d'intérêt**

Les auteurs déclarent ne pas travailler, ne conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir pas de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

### **Remerciements**

Nos remerciements aux partenaires du projet (INRAE, CNRS, EDYSAN-Université de Picardie Jules Verne, APREL, SudExpé, Domaine expérimental La Tapy, Chambre d'agriculture des Alpes Maritimes, CRIIAM Sud, Campus agricole Provence Ventoux, DRAAF SRAL PACA) et aux membres actifs du Comité de pilotage de ce projet CasDAR financé par le ministère de l'Agriculture. Nos remerciements aussi à Jérôme Vibert, Caroline Van Themsche, Véronique Baffert, Amélie Bardel et les stagiaires CTIFL qui sont intervenus sur les essais.

### **Déclaration de soutien financier**

Le projet DS2 a été financé par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire via le fond CASDAR.



## Références bibliographiques :

- Atallah, J.; Teixeira, L.; Salazar, R.; Zaragoza, G.; Kopp, A. The Making of a Pest: The Evolution of a Fruit-Penetrating Ovipositor in *Drosophila Suzukii* and Related Species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 2014, 281, 20132840–20132840, doi:10.1098/rspb.2013.2840
- Borowiec, N.; Seehausen, L.; Girod, P.; Thaon, M.; Gard, B.; Sauvignet, M.; Risso, S.; Kremmer, L.; Cailleret, B.; Ponchon, M.; *et al.* *Drosophila Suzukii* et Lutte Biologique Par Acclimatation. 2021.(a)
- Borowiec, N.; Gatti, J.L.; Ris, N. *Document technique relatif à l'introduction dans l'environnement de l'hyménoptère parasitoïde exotique, Ganaspis cf. brasiliensis G1*; INRAE, 2021; p. 33;. (b)
- Deconninck G. ; Boulembert M. ; Eslin P. ; Couty A. ; Dubois F. ; Gallet-Moron E. ; Pincebourde S. ; Chabrerie O. 2024. Fallen Fruit: a Back-up Resource During Winter Shaping Fruit Fly Communities. *Agricultural and Forest Entomology* 2024, 1-17, <https://doi.org/10.1111/afe.12610>
- Fevrier, F. Journée nationale *Drosophila suzukii* 2022. Panorama des solutions étudiées par la recherche et l'expérimentation. *INFOS CTIFL* 2022, 383, 10–13
- Fevrier, F. ; Gard, B. ; Borowiec, N. ; Chabrerie, O. ; Chapelin, F. ; Couty, A. ; Eslin, P. ; Gallia, V. ; Gea, A. ; Gibert, P. ; Ginez, A. ; Girerd, L. ; Magrit, A. ; Risso, S. ; Roubal, C. ; Royer, A. ; Ulmer, R.. Moyens de protection contre *Drosophila suzukii*. Bilan du projet DS2 2019-2022. *INFOS CTIFL* 2023, 391, 19–29
- Gard, B.; Sauvignet, M.; Bardel, A.; Borowiec, N. Lutte biologique : introduire un auxiliaire pour contrôler *Drosophila suzukii*. *INFOS CTIFL* 2021, 371,51–54
- Giorgini, M.; Wang, X.-G.; Wang, Y.; Chen, F.-S.; Hougardy, E.; Zhang, H.-M.; Chen, Z.-Q.; Chen, H.-Y.; Liu, C.-X.; Cascone, P. Exploration for Native Parasitoids of *Drosophila Suzukii* in China Reveals a Diversity of Parasitoid Species and Narrow Host Range of the Dominant Parasitoid. *Journal of Pest Science* 2019, 92, 509–522.
- Girod, P.; Borowiec, N.; Buffington, M.; Chen, G.; Fang, Y.; Kimura, M.T.; Peris-Felipo, F.J.; Ris, N.; Wu, H.; Xiao, C.; *et al.* The Parasitoid Complex of *D. Suzukii* and Other Fruit Feeding *Drosophila* Species in Asia. *Sci Rep* 2018 a, 8, 11839, doi:10.1038/s41598-018-29555-8.
- Girod, P.; Lierhmann, O.; Urvois, T.; Turlings, T.C.J.; Kenis, M.; Haye, T. Host Specificity of Asian Parasitoids for Potential Classical Biological Control of *Drosophila Suzukii*. *J. Pest Sci.* 2018 b, 91, 1241–1250, doi:10.1007/s10340-018-1003-z.
- Girod, P.; Rossignaud, L.; Haye, T.; Turlings, T.C.J.; Kenis, M. Development of Asian Parasitoids in Larvae Of *Drosophila Suzukii* Feeding on Blueberry and Artificial Diet. *Journal of Applied Entomology* 2018 c, 142, 483–494, doi:10.1111/jen.12496.
- Kenis, M.; Tonina, L.; Eschen, R.; Sluis, B. van der; Sancassani, M.; Mori, N.; Haye, T.; Helsen, H. Non-Crop Plants Used as Hosts by *Drosophila Suzukii* in Europe. *J Pest Sci* 2016, 89, 735–748, doi:10.1007/s10340-016-0755-6.
- Lee, J.C.; Dreves, A.J.; Cave, A.M.; Kawai, S.; Isaacs, R.; Miller, J.C.; Van Timmeren, S.; Bruck, D.J. Infestation of Wild and Ornamental Noncrop Fruits by *Drosophila Suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 2015, 108, 117–129, doi:10.1093/aesa/sau014.
- Lin, K.; Wu, K.; Zhang, Y.; Guo, Y. Evaluation of Piemarker *Abutilon Theophrasti* Medic as a Trap Plant in the Integrated Management of *Bemisia Tabaci* (Biotype B) in Cotton and Soybean Crops. *Scientia Agricultura Sinica* 2006, 39, 1379–1386.
- Nomano, F.Y.; Kasuya, N.; Matsuura, A.; Suwito, A.; Mitsui, H.; Buffington, M.L.; Kimura, M.T. Genetic Differentiation of *Ganaspis Brasiliensis* (Hymenoptera: Figitidae) from East and Southeast Asia. *Appl Entomol Zool* 2017, 52, 429–437, doi:10.1007/s13355-017-0493-0.



Poyet, M.; Roux, V.L.; Gibert, P.; Meirland, A.; Prévost, G.; Eslin, P.; Chabrierie, O. The Wide Potential Trophic Niche of the Asiatic Fruit Fly *Drosophila suzukii*: The Key of Its Invasion Success in Temperate Europe? *PLOS ONE* 2015, *10*, e0142785, doi:10.1371/journal.pone.0142785.

Royer, A. Point d'étape sur les filets périphériques : quel retour sur investissement ? *INFOS CTIFL*, 2022, 387)

Seehausen, M.L.; Ris, N.; Driss, L.; Racca, A.; Girod, P.; Warot, S.; Borowiec, N.; Toševski, I.; Kenis, M. Evidence for a Cryptic Parasitoid Species Reveals Its Suitability as a Biological Control Agent. *Scientific reports* 2020, *10*, 1–12.

Tait, G.; Mermer, S.; Stockton, D.; Lee, J.; Avosani, S.; Abrieux, A.; Anfora, G.; Beers, E.; Biondi, A.; Burrack, H. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A Decade of Research towards a Sustainable Integrated Pest Management Program. *Journal of economic entomology* 2021, *114*, 1950–1974.

Tochen, S.; Dalton, D.T.; Wiman, N.; Hamm, C.; Shearer, P.W.; Walton, V.M. Temperature-Related Development and Population Parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on Cherry and Blueberry. *Environ. Entomol.* 2014, *43*, 501–510, doi:10.1603/EN13200.

Tochen, S.; Woltz, J.M.; Dalton, D.T.; Lee, J.C.; Wiman, N.G.; Walton, V.M. Humidity Affects Populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Blueberry. *Journal of Applied Entomology* 2016, *140*, 47–57.

Ulmer, R.; Couty, A.; Eslin, P.; Gabola, F.; Chabrierie, O. The Firethorn (*Pyracantha coccinea*), a Promising Dead-End Trap Plant for the Biological Control of the Spotted-Wing *Drosophila suzukii*. *Biological Control* 2020, *150*, 104345, doi:https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104345.

Ulmer, R.; Couty, A.; Eslin, P.; Catterou, M.; Baliteau, L.; Bonis, A.; Borowiec, N.; Colinet, H.; Delbac, L.; Dubois, F.; *et al.* Macroecological Patterns of Fruit Infestation Rates by the Invasive Fly *Drosophila suzukii* in the Wild Reservoir Host Plant *Sambucus nigra*. *Agri and Forest Entomology* 2022, afe.12520, doi:10.1111/afe.12520.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.