



HAL
open science

FRAGASYST : 5 années de combinaison de leviers innovants pour gérer les bioagresseurs sur fraisier de printemps

Marion Turquet, Claire Amiraux, Annie Geny, Anthony Ginez, Charlotte Naulleau, Roselyne Souriau

► To cite this version:

Marion Turquet, Claire Amiraux, Annie Geny, Anthony Ginez, Charlotte Naulleau, et al.. FRAGASYST : 5 années de combinaison de leviers innovants pour gérer les bioagresseurs sur fraisier de printemps. Innovations Agronomiques, 2024, 98, pp.335-348. 10.17180/ciag-2024-vol98-art22 . hal-04822814

HAL Id: hal-04822814

<https://hal.inrae.fr/hal-04822814v1>

Submitted on 6 Dec 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



FRAGASYST : 5 années de combinaison de leviers innovants pour gérer les bioagresseurs sur fraisier de printemps

Marion TURQUET¹, Claire AMIRAUX², Annie GENY³, Anthony GINEZ⁴, Charlotte NAULLEAU², Roselyne SOURIAU⁵

¹ Invenio - MIN de Brienne – 110, quai de Paludate - BP 26- 33800 Bordeaux, France

² Rougeline - Chemin Cazeau - 47213 MARMANDE, France

³ CA 41 - 11 rue Louis Joseph Philippe - 41000 Blois, France

⁴ APREL - Route de Mollégès D31 - 13210 SAINT-REMY DE PROVENCE, France

⁵ C.M.O (SAVEOL) - 77, rue du Père Gwenaël - 29470 PLOUGASTEL DAOULAS, France

Correspondance : m.turquet@invenio-fl.fr

Résumé

Le projet FragaSyst s'est focalisé sur le créneau "fraises de printemps" et s'est déroulé de 2018 à 2023. Ce projet DEPHY EXPE a visé le double objectif de (1) faire évoluer les systèmes de production actuels vers des systèmes de production de fraise hors-sol agro-écologiques n'utilisant des pesticides de synthèse qu'en ultime recours pour s'approcher d'un indice de traitement phytosanitaire (IFT) de 0 et de (2) garantir la rentabilité économique de la production. Afin de répondre à ces objectifs, des leviers innovants ont été combinés au sein de 6 systèmes représentatifs des conditions de production de fraises et suivis par 5 partenaires situés dans les principales régions (Sud-Ouest en particulier Lot-et-Garonne et Dordogne, Bretagne, Centre Val de Loire, PACA). L'objectif de l'IFT hors biocontrôle de 0 a été atteint sur le créneau à froid dans 100 % des situations mais seulement dans 15% des situations sur culture chauffée. Sur ce créneau, les bioagresseurs nécessitant le recours aux pesticides de synthèse ont été les pucerons et l'oïdium.

Mots-clés : fraisier, hors sol, biocontrôle, faune auxiliaire

Abstract : Fragasyst, 5 years of combining innovative ways to manage pests on spring strawberries

The FragaSyst project focused on the "spring strawberries" niche and took place from 2018 to 2023. This DEPHY EXPE project aimed to achieve the dual objective of (1) evolving current production systems towards agro-ecological soilless strawberry production systems that only use synthetic pesticides as a last resort to approach a Pesticide Application Frequency (PAF) of 0, and (2) ensuring economic profitability of the production. In order to meet these objectives, innovative approaches were combined within 6 systems representative of the main spring strawberry production conditions in France and monitored by 5 partners located in main region (particularly Southwest, in Lot-et-Garonne and Dordogne, Brittany, Center, PACA). The objective of achieving a PAF of 0 was reached in 100 % of the cold crop systems, but only in 15 % of the heated crop systems. In this niche, the pests requiring the use of synthetic pesticides were aphids and powdery mildew.

Keywords : strawberry crop, soilless crop, Integrated Pest Management strategy, beneficials

1. Introduction

La fraise est très appréciée des Français, en effet près de 2 kg sont consommés par personne et par an. Elle arbore à la fois l'image d'un aliment « plaisir » et d'un aliment bénéfique pour la santé. Bien que plébiscitée pour ses bienfaits, elle a fait l'objet ces dernières années d'une mauvaise publicité mettant, d'une part en avant un nombre important de traitements phytosanitaires réalisés (références du DEPHY



Fraise 2012 sur le créneau 'fraises de printemps' : Indice de Fréquence de Traitement (IFT) moyen allant de 6 à 12 en fonction des régions), et d'autre part la présence de résidus interdits par la législation française. Les producteurs ainsi que la filière n'ont pas attendu ces critiques pour réagir. À l'initiative de l'AOP nationale Fraises de France et dans le but d'assurer la compétitivité de la filière, des travaux avaient déjà été amorcés, notamment au sein du projet DEPHY Fraise (2013-2018), afin de proposer aux consommateurs un produit de qualité, attrayant et compétitif mais aussi respectueux de la santé humaine et de l'environnement. Motivés par l'envie d'être acteurs du changement de modèle agricole qui se dessine, les partenaires du projet FragaSyst ont proposé un projet en rupture et aux objectifs ambitieux.

Le projet FragaSyst s'est focalisé sur le créneau "fraises de printemps", créneau sur lequel le marché est actuellement le plus porteur et s'est déroulé de 2018 à 2023. En s'appuyant sur les acquis du projet DEPHY Fraise ayant permis de diminuer de 50 % l'IFT hors biocontrôle dans 70 % des cas, le projet FragaSyst a visé le double objectif de (i) faire évoluer les systèmes de production actuels vers des systèmes de production de fraise hors-sol agro-écologiques n'utilisant des pesticides de synthèse (toutes familles confondues) qu'en ultime recours pour s'approcher d'un IFT hors biocontrôle de 0 et de (ii) garantir une rentabilité économique de la production.

L'objectif du projet FragaSyst a été de concevoir et d'évaluer un système de production créant, au sein de l'outil de culture qu'est l'abri, à la fois des conditions favorables au développement des auxiliaires et défavorables à celui des bioagresseurs, pour limiter les dégâts et ainsi éviter l'usage des pesticides de synthèse.

Afin de répondre à ces objectifs, des leviers innovants ont été combinés au sein de 6 systèmes de production de fraises de printemps actuels. 5 partenaires situés dans les principales régions de production de fraise de printemps (Sud-Ouest, en particulier Lot-et-Garonne et Dordogne, Bretagne, Centre, PACA) se sont impliqués dans ce projet.

2. Matériel et méthodes

2.1. Dispositif

Le projet FragaSyst a rassemblé 5 partenaires techniques : Invenio (porteur du projet, station d'expérimentation, zone Sud-Ouest), l'APREL (station d'expérimentation/site pilote, zone Sud-Est), la chambre d'agriculture de Loir et Cher (producteur/site pilote, zone Sologne-Centre), la Coopérative Maraîchère de l'Ouest (CMO, ex SAVEOL, producteurs/site pilote, zone Bretagne) et la société Rougeline (producteurs/site pilote, zone Sud-Ouest). Ces 5 partenaires ont mis en place un réseau avec le suivi de 6 systèmes de fraisières de printemps cultivés en hors-sol sous abris : 4 systèmes sont implantés chez des producteurs et les 2 derniers en station d'expérimentation. Ces systèmes sont localisés dans les principaux bassins de production de fraises en France : Sud-Ouest, Sud-Est, Centre et Bretagne (Figure 1). Sur les 6 systèmes, 4 sont sous abris chauffés et 2 sont sous abris à froid.

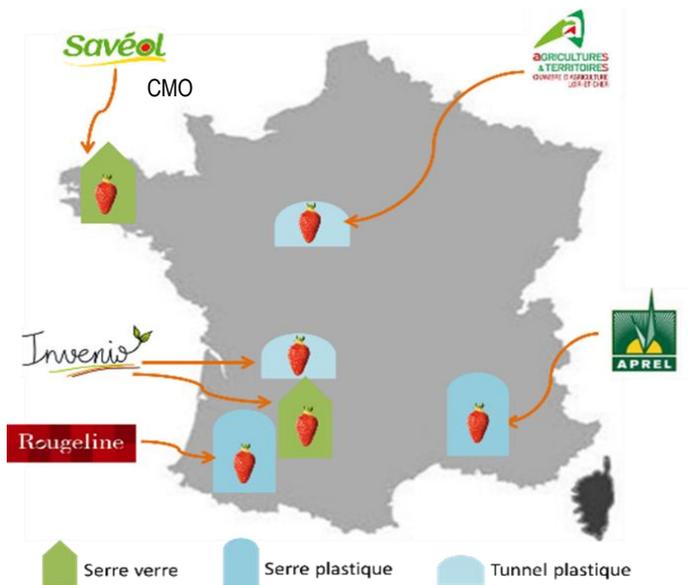


Figure 1 : Localisation et caractéristiques des 6 systèmes suivis dans le cadre de FragaSyst de 2018 à 2023

2.2. Les leviers combinés



Les leviers combinés dans les systèmes sont présentés schématiquement dans la figure 2 et décrits ci-dessous.

Le levier « solutions de biocontrôle » a constitué la base des stratégies des 6 systèmes avec d'une part des apports d'auxiliaires et d'autre part des applications de produits de biocontrôle. Seuls les produits de biocontrôle homologués et inscrits dans la liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle (au titre des articles L.253-5 et L.253-7 du code rural et de la pêche maritime) ont été appliqués, de même que les auxiliaires autorisés sur le territoire français.

Le second levier, celui du « **matériel végétal** », s'avère être un élément capital dans la construction de systèmes de production sans pesticide. Il a été travaillé dans un premier temps en station d'expérimentation en observant notamment le comportement des variétés vis-à-vis de l'oïdium. L'objectif était de trouver la variété permettant le meilleur compromis entre le rendement, le niveau de tolérance à l'oïdium et des ravageurs, et les attentes du marché de commercialisation.

Le troisième levier est celui de la « **fertirrigation** ». La fraise hors-sol est produite sous abri et est alimentée par ferti-irrigation. L'objectif de ce levier était de jouer sur le niveau de fertilisation et d'irrigation de la plante afin de rendre la plante moins propice au développement des bioagresseurs tout en maintenant le rendement et la qualité des fraises.

Le quatrième levier est celui de la **lumière UV-C**. La lumière UV-C a été utilisée pour son effet stimulateur des défenses de la plante et pour son action directe sur l'oïdium. Ce levier a été travaillé dans un premier temps en station d'expérimentation puis intégré dans la combinaison de leviers sur certains systèmes.

Le cinquième levier est nommé « **biodiversité** ». L'objectif de ce levier est de favoriser la présence précoce des auxiliaires indigènes et l'installation des auxiliaires introduits dans les parcelles grâce à des aménagements agro-écologiques.

Le sixième levier est celui des « **pesticides de synthèse** ». Il n'a été utilisé qu'en dernier recours en cas de trop grands risques de pertes de rendement, d'affaiblissement des plants ou de l'inefficacité des leviers cités précédemment.

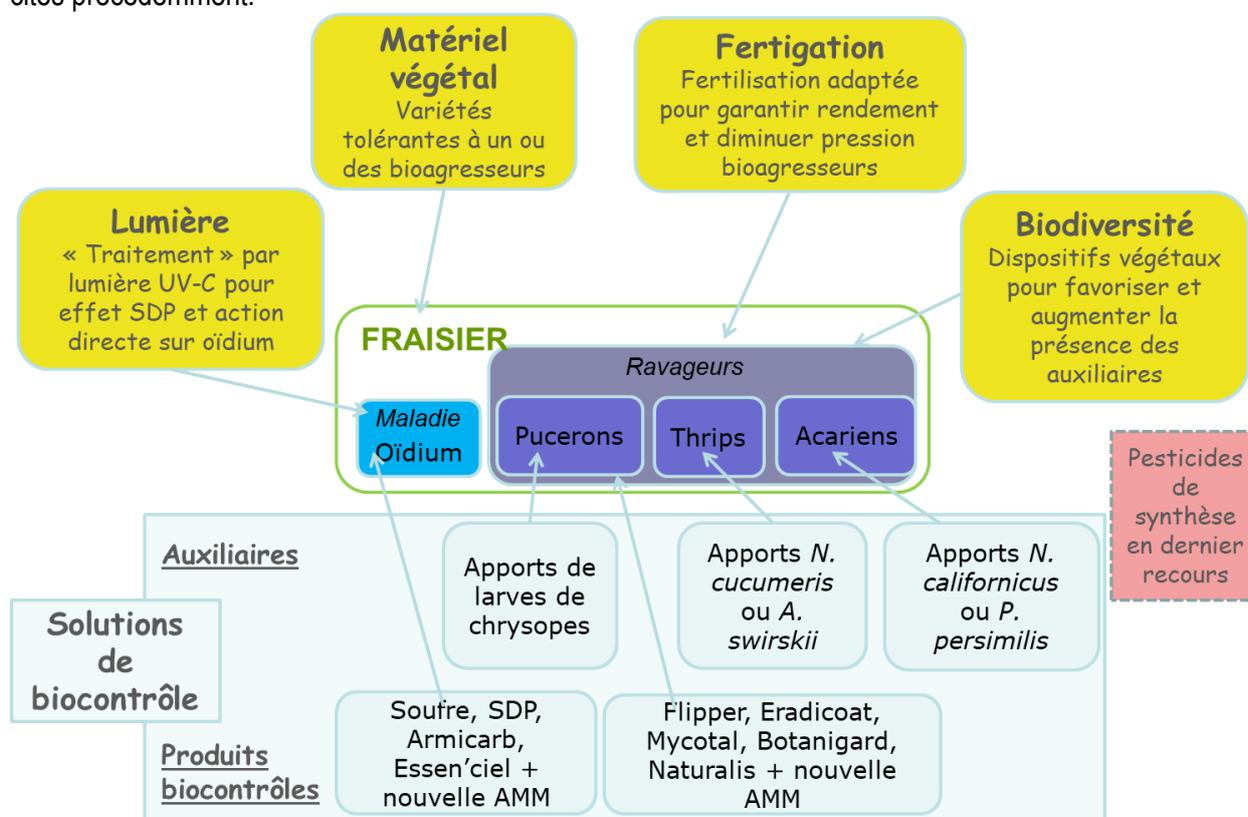


Figure 2 : Schéma synthétique des différents leviers combinés et mobilisés dans le cadre du projet FragaSyst



2.3. Les indicateurs

Plusieurs indicateurs ont été suivis dans le projet FragaSyst, dans l'objectif de caractériser ces systèmes et de les évaluer par rapport à l'objectif recherché ; ceux présentés et discutés dans cet article sont :

- indicateurs agronomiques : variation de l'IFT biocontrôle et hors biocontrôle de chaque système
- indicateurs économiques : variation du rendement commercial et variation du coût des intrants liés à la protection phytosanitaire

3. Résultats

3.1. Bilan des conditions climatiques

Les différentes conditions climatiques des 6 systèmes du projet sont représentatifs des différentes conditions de cultures de la fraise en hors sol en France. Les températures à l'intérieur des abris ont ainsi été enregistrées sur les 6 systèmes suivis.

Sur les 4 systèmes chauffés, le site suivi par CMO en Bretagne se distingue des 3 autres systèmes localisés dans le sud-ouest et le sud-est avec à partir de fin mars des températures moyennes plus basses (3°C de moins en moyenne) (figure 3). Ces températures plus faibles sont défavorables à l'installation des auxiliaires apportés et indigènes.

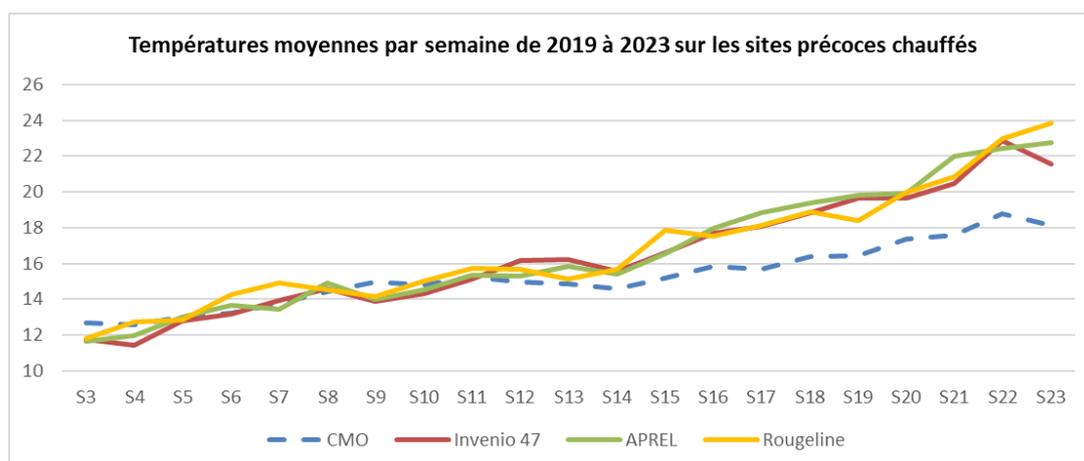


Figure 3 : Températures moyennes par semaine de 2019 à 2023 sur les sites précoces chauffés

Sur les 2 systèmes à froid, le site suivi par la CA41 présente des températures moyennes plus basses que celles enregistrées sur le site d'Invenio en Dordogne (figure 4) notamment de mi-mars à mi-avril.

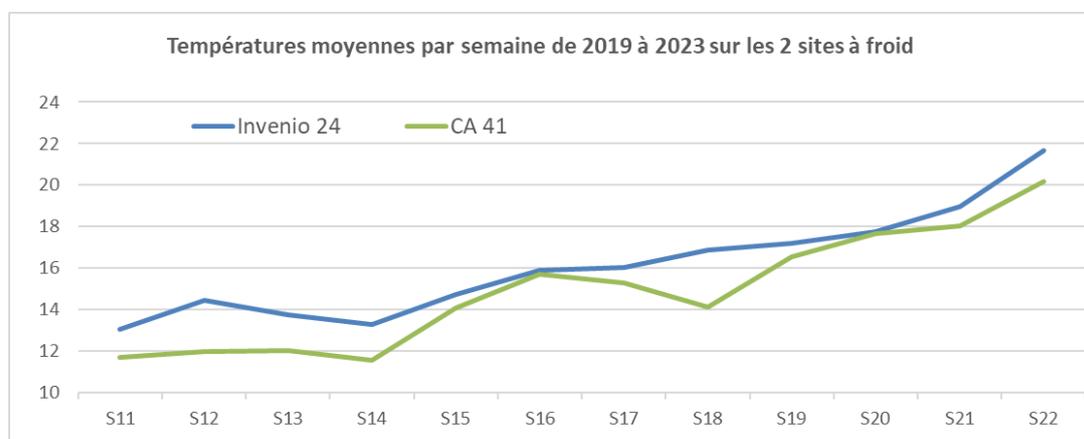


Figure 4 : Températures moyennes par semaine de 2019 à 2023 sur les sites à froid

3.2. Les enseignements par levier

3.2.1. Le levier fertirrigation

Il a été montré que la qualité d'alimentation d'une plante impacte sa sensibilité aux bioagresseurs ainsi que le développement et la reproduction des ravageurs (Xu et al, 2013). Divers projets (Fernandez, 2020 et Turquet et al. 2020) ont travaillé ce levier sur fraisier. Les résultats de ces projets n'étant pas assez robustes pour que ce levier puisse être intégré aux systèmes du projet Fragasyst, ce levier a été réorienté vers l'acquisition de données sur le contenu minéral des sucs pétiolaires des feuilles de fraisier au cours de la culture sur les systèmes chauffés. Des analyses minérales des pétioles de feuilles ont été réalisées environ toutes les semaines de fin janvier à juin sur les 4 sites chauffés et pendant 4 saisons. Au total, 252 analyses minérales de sucs pétiolaires ont été réalisées. Les objectifs étaient de comparer les données aux normes existantes et d'établir un lien éventuel entre ces teneurs en minéraux dans les sucs pétiolaires et la présence de bioagresseurs. La seule norme existante est celle définie par le CTIFL sur les nitrates dans les sucs pétiolaires pour une culture de Gariguette en sol. Dans cette norme, au-delà de 600 mg/l de NO₃ dans les sucs pétiolaires, aucun amendement supplémentaire n'est nécessaire. En moyenne sur les 252 analyses réalisées, les sucs pétiolaires présentaient 2900 mg/l de NO₃, avec comme valeur minimale 860 et comme valeur maximale 6645mg/l de NO₃. Les données acquises sur fraisier (Gariguette) en hors sol chauffé sont donc bien supérieures aux normes pour la culture de fraisier (Gariguette) en sol. Concernant l'observation d'une relation entre teneurs en minéraux dans les sucs pétiolaires et présence ou cinétique de bioagresseurs, aucun lien n'a été identifié.

3.2.2. Le levier lumière « UV-C »

Dans un premier temps, en 2019 et 2020, le levier UV-C a été travaillé en station d'expérimentation à Invenio. Un premier essai a été réalisé avec des lampes UV-C fixes positionnées au-dessus des fraisiers. Ce test s'appuie sur la méthodologie et les résultats obtenus dans le cadre de la thèse de Marine Forges,



Figure 5 : Positionnement de la lampe UV-C fixe au-dessus des fraisiers (crédit photo : Invenio)

portant entre autres sur les rayonnements UV-C, un moyen pour stimuler les défenses du fraisier en cours de culture (Forges, 2018). Les lampes testées sont des lampes UV-C HNSL24W2G11 de chez OSRAM. Elles sont positionnées 40 cm au-dessus des fraisiers (figure 5). En 2020, l'éclairage a fonctionné une fois par semaine pendant 5 minutes à minuit de fin janvier à fin avril (14 séquences) sur une culture de Gariguette sous serre verre. En moyenne, cette stratégie a permis de réduire de 27 % la fréquence de fraises rouges avec beaucoup d'oïdium.

En parallèle, des essais ont été menés à Invenio en collaboration avec la société UV-boosting qui propose un dispositif de lampes UV-C mobiles. Sur une culture de Gariguette sous serre verre chauffée, parmi les modalités évaluées, celle présentant une efficacité similaire à la référence chimique sur le premier jet de production associe des passages avec le prototype fourni par UV-boosting (10 passages de janvier à avril) et des applications de produits de biocontrôle (4 traitements en mars-avril) réalisées dès détection de l'oïdium.



Fort de ces résultats obtenus en station d'expérimentation, ce levier a été intégré sur les systèmes suivis par Rougeline et Invenio en 2021 et 2022 avec un dispositif de traitement aux UV-C loué dans le cas de Rougeline et prêté dans le cas d'Invenio par UV-boosting. L'association des passages tous les 10 jours de ces dispositifs (12 à 16 passages) associés à des traitements avec des produits de biocontrôle sur des cultures de Gariguettes sous serre chauffée a permis de limiter l'oïdium sur le premier jet de production (mars-avril) mais n'a eu aucune efficacité sur le second jet de production (période mai à juin). Sur ce second jet de production, sur les 2 systèmes, il y a eu recours aux fongicides de synthèse pour diminuer l'impact de l'oïdium. En 2023, ce levier n'a pas été poursuivi du fait de l'inefficacité sur le second jet de production, du temps de main d'œuvre élevé pour le passage des lampes UV-C (20 h/ha par passage) et du coût de l'appareil de traitement.

3.2.3. Le levier matériel végétal

Ce levier a été travaillé sous deux angles au cours du projet, d'une part dans le cadre d'essais variétaux menés en station d'expérimentation à Invenio et d'autre part au sein de deux systèmes chez des producteurs, l'un suivi par l'APREL en hors sol chauffé et l'autre suivi par la CA 41 en hors sol avec une conduite à froid (sans chauffage ni même système de mise en hors gel). Au cours du projet, en comparaison avec la variété de référence, Gariguettes, 8 variétés ont été observées en hors sol chauffé et 11 variétés ont été observées en hors sol à froid. Les variétés Duchesse (Planasa), Dream (Planasa) et Ciflorette (Invenio) sont celles qui ont été observées le plus de fois (5 fois au total). La variété Dream est sensible à l'oïdium mais répond aux besoins de commercialisation du producteur suivi par l'APREL. Les variétés d'intérêt sont Duchesse et Ciflorette du fait de leur moindre sensibilité à l'oïdium et de leurs rendements similaires à la variété de référence Gariguettes. Il était prévu en troisième année du projet d'intégrer ces variétés aux systèmes étudiés mais cela n'a pas été réalisé car elles ne répondent pas aux besoins actuels et représentatifs du commerce. Sur le créneau de fraise précoce, la variété Gariguettes est la variété la mieux valorisée au niveau commercial, et très difficile à remplacer aujourd'hui.

3.2.4. Le levier biodiversité

Quatre aménagements agroécologiques ont été travaillés au sein du levier « biodiversité ». L'orientation de ce levier a été discutée lors du groupe de travail du 3 octobre 2019 qui a réuni 17 personnes de différents organismes tels que l'ACTA, le Civam Bio 66, le CTIFL, le GRAB et l'INRAE.

Plantes relais dans la serre

Les plantes relais travaillées étaient à base de céréales (seigle, triticales, avoine, brome). Un puceron spécifique des céréales, *Sitobion avenae*, a été inoculé sur les plants de céréales. Selon les systèmes, ces plantes relais ont été positionnées entre les fraisiers (3 cas sur 5), à côté des fraisiers (1 cas sur 5) ou en dessous des fraisiers (1 cas sur 5). Selon les systèmes, seuls les auxiliaires indigènes ont colonisé les plants de céréales ou le cas échéant des auxiliaires parasitoïdes commerciaux ont été apportés. Les objectifs de ces plantes relais étaient de favoriser la présence des auxiliaires avant même la présence des pucerons sur la culture, la présence des auxiliaires indigènes notamment les syrphes et les parasitoïdes *Praon sp.* Le seul objectif qui a été atteint est celui de favoriser la présence de syrphes indigènes dans les serres. Les parasitoïdes de type *Praon sp.*, n'ont été observés que sur un seul système à Invenio Ste Livrade. Les auxiliaires ont été observés dans moins de 80 % des cas avant la présence de pucerons sur les fraisiers. Le transfert passif (spontané) des auxiliaires des plantes relais vers les fraisiers adjacents a été rarement constaté. Aucun disservice des plantes relais n'a été observé si ce n'est le volume des plantes et le risque de dépôt de miellat (issu des pucerons des céréales) des plantes relais sur les fraisiers adjacents.

Plantes fleuries dans la serre

Les objectifs des plantes fleuries dans la serre sont de fournir aux auxiliaires un gîte et une ressource alimentaire (pollen, nectar, miellat) complémentaire des plantes relais. Ces plantes ont été positionnées



comme les plantes relais et souvent en association avec elles. De 2021 à 2023, 21 espèces de plantes pouvant remplir ce rôle ont été observées sur les 6 systèmes suivis dans le projet. Le choix de ces 21 espèces a été réalisé à partir de différentes sources bibliographiques (Villenave-Chasset, 2020 ; Warlop et al, 2018) et communications personnelles (Jérôme Lambion du GRAB, Benjamin Perrin de l'INRAE, association Arthropologia). Parmi ces 21 espèces, 11 ont été observées sur plusieurs systèmes et sur plusieurs années. Concernant l'attraction des auxiliaires, sur ces 11 espèces, 7 ont permis d'attirer des syrphes et 2, l'achillée et la féverole, ont permis d'attirer des coccinelles et des *Aphidoletes sp.* Concernant la présence de bioagresseurs du fraisier, sur ces 12 espèces, 6 ont été colonisées par des pucerons allant également sur le fraisier (*Macrosiphum euphorbiae* et/ou *Aulacorthum solanii*), 3 par des aleurodes, 5 par des thrips et 2 par des acariens tétranyques. Finalement, la féverole et l'alyssum (attraction faible des syrphes) sont les seules espèces qui ont permis d'attirer des auxiliaires sans attirer des bioagresseurs du fraisier. Ces 2 espèces sont cependant encombrantes et leur installation ne peut être envisagée entre les fraisiers (figure 6).

	Auxiliaires vis-à-vis des pucerons	Pucerons du fraisier	Autres Pucerons	Autres ravageurs du fraisier ou autres inconvénients
Achillée	+++ (Momies, syrphes, aphidoletes, orius, coccinelle)	Oui (<i>Aulacorthum solanii</i>)	Oui	
Alyssum	+ (syrphes adultes)			Développement important
Basilic	-	Oui (<i>Aulacorthum solanii</i>)		Acariens tétranyques, thrips
Bleuet - centaaurée	+ (Momies, syrphes, Orius)	Oui (<i>Aulacorthum solanii</i>)	Oui	Acariens tétranyques Thrips
Bourrache	+ (Momies, syrphes)	Oui (<i>M. euphorbiae</i>)	Oui	Aleurodes, thrips
Coquelicot				
Féverole	+++ (Momies, syrphes, aphidoletes, coccinelle)		Oui	Très encombrante
Moutarde blanche	++ (Momies, syrphes et coccinelle)	Oui (<i>M. euphorbiae</i>)	Oui	Thrips – aleurodes
Phacélie	+ (Momies, syrphes)		Oui	Thrips – aleurodes
Vesce	Rare momies			Très encombrante
Sarrasin	+ (Momies)	Oui (<i>M. euphorbiae</i> et <i>A. solanii</i>)		

Figure 6 : Tableau récapitulatif des observations réalisées sur les plantes fleuries

Enherbement au sol

Classiquement, le sol sous les cultures hors sol de fraises précoces est couvert d'une bâche plastique facile d'entretien. Sur un système chauffé et deux systèmes à froid, un enherbement à base de raygrass et fétuque a été semé en remplacement de la bâche plastique. L'objectif de cet enherbement est de favoriser une hygrométrie plus stable sous abris afin de limiter le développement de l'oïdium. Sur le système chauffé, l'enherbement a permis de limiter les chutes brutales d'hygrométrie et a amélioré les conditions de travail des salariés en été mais a augmenté l'hygrométrie et favorisé le botrytis en début d'année. Afin de limiter cet impact négatif, en 2023, une bâche plastique a temporairement été déposée sur l'enherbement. Sur le système à froid suivi par la Chambre d'Agriculture du Loir et Cher, l'enherbement a permis d'augmenter le nombre d'auxiliaires et pollinisateurs présents et de diminuer les populations de ravageurs, mais ce dispositif a augmenté les dégâts de gel des fleurs au printemps provoquant une perte de rendement significative en 2021 et 2022, malgré une tonte avant la période à



risque. Sur le système à froid suivi par Invenio en Dordogne, un tunnel avec enherbement était comparé à un tunnel avec sol bâché. Sur ce système, l'enherbement a permis de diminuer la pression en oïdium, de favoriser la présence d'auxiliaires ainsi que le développement d'une flore très diversifiée. Malgré cela, la gestion du puceron a été identique avec ou sans enherbement (figure 7).

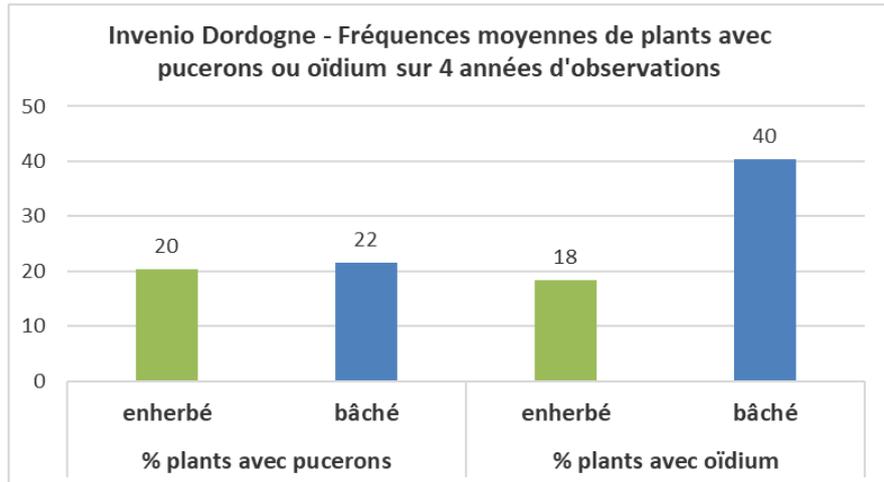


Figure 7 : Impact de l'enherbement au sol sur la présence de pucerons et oïdium sur les fraisiers

Sur deux systèmes, l'un suivi par Rougeline et l'autre par CMO, une bande composée d'un mélange de plantes fleuries a été semée en bordure de serre. Des relevés de la faune et la flore présentes dans les bandes fleuries ont été réalisés par observation visuelle et fauchage. Des pucerons et diptères (mouches et syrphes) ont été majoritairement observés dans les bandes fleuries. Les syrphes sont souvent observés tardivement (après la culture de fraise dans la serre) et aucun transfert vers la serre n'est observé. Il est difficile de conclure à l'impact bénéfique de ce dispositif sur la présence des auxiliaires dans la serre, a contrario, aucun effet négatif de cet aménagement n'a été relevé.

Le levier solutions de biocontrôle

Les solutions de biocontrôle, apports d'auxiliaires et applications de produits de biocontrôle, ont été intégrées dans tous les systèmes et sur les 5 années du projet. Concernant la protection vis-à-vis des pucerons, 9 espèces d'insectes auxiliaires ont été évaluées au cours du projet (figure 8). En première année du projet, les apports de larves de chrysope étaient la base des stratégies de protection vis-à-vis des pucerons. De 2020 à 2022, sur les 4 systèmes chauffés, le nouvel auxiliaire *Sphaeropholia rueppellii* a été évalué avec des apports sous forme de pupes et larves. Les différentes stratégies d'apports de pupes de *S. rueppellii* n'ont pas permis d'installer cet auxiliaire dans les cultures. Les apports de larves de *S. rueppellii* sur les foyers de pucerons se sont eux montrés efficaces mais ne sont pas facilement réalisables à l'échelle d'une exploitation (forme fragile à la manipulation).

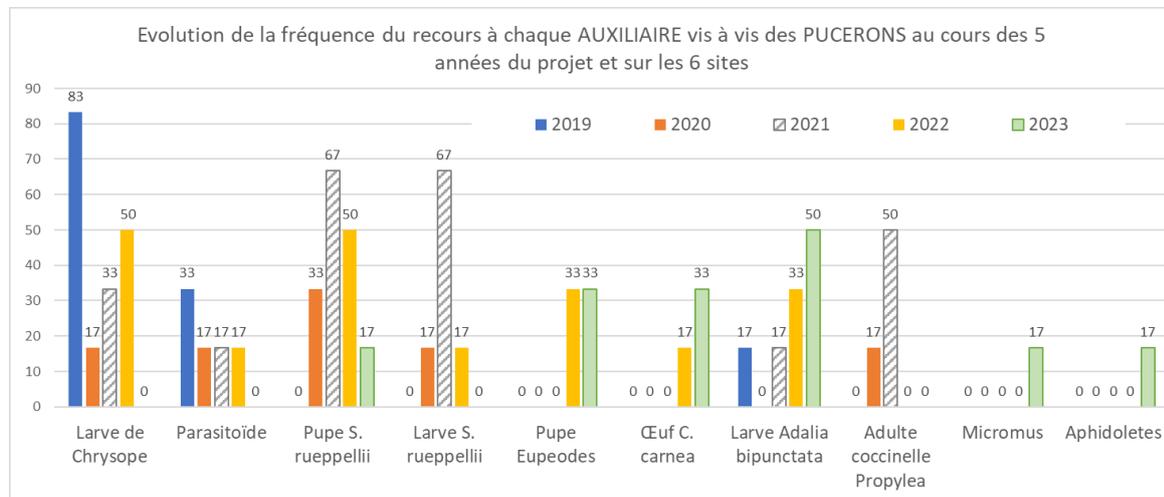


Figure 8 : Evolution de la fréquence de recours à chaque espèce d'auxiliaire vis-à-vis des pucerons



Vis-à-vis des pucerons, les produits de biocontrôle appliqués ont évolué au cours du projet (figure 9). En 2019, 67 % des sites avaient appliqué le produit Flipper (sels potassiques d'acides gras) vis-à-vis des pucerons contre seulement 17 % et 33 % en 2020 et 2021 puis 0 % en fin de projet. A partir de 2020, le produit Nori Pro (polymères de silicone) qui est un produit à action physique exempt d'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) a été le produit le plus appliqué vis-à-vis des pucerons du fait de son efficacité intéressante sur les populations de pucerons du fraisier.

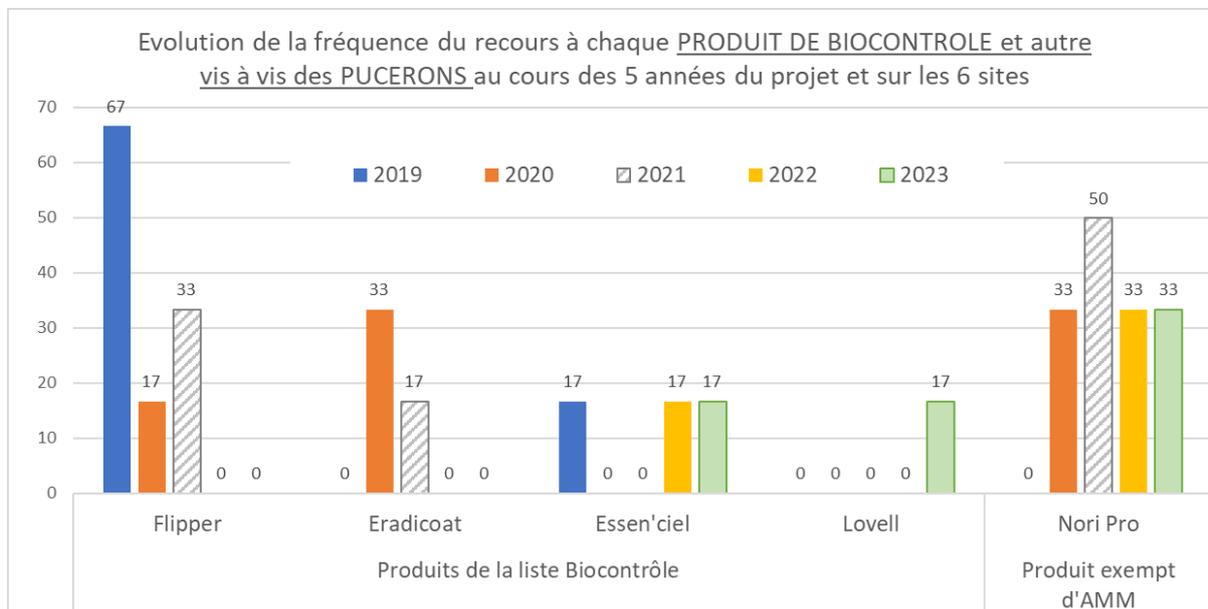


Figure 9 : Evolution de la fréquence de recours aux produits de biocontrôle et autre vis-à-vis des pucerons

Concernant la protection vis-à-vis de l'oïdium, 9 produits de biocontrôle ont été appliqués au cours du projet (figure 10). L'application du produit stimulateur des défenses des plantes Bastid (à base de Cos Oga) a été arrêtée par manque d'efficacité. Les produits de biocontrôle les plus efficaces vis-à-vis de l'oïdium ont été l'Armicarb (bicarbonate de potassium), les spécialités à base de soufre et l'Essen'ciel (huile essentielle d'orange douce). Ces spécialités ont permis de limiter le développement de l'oïdium en début d'attaque mais n'ont pas suffi en cas de fortes infestations, où le recours aux pesticides de synthèse a alors été nécessaire.

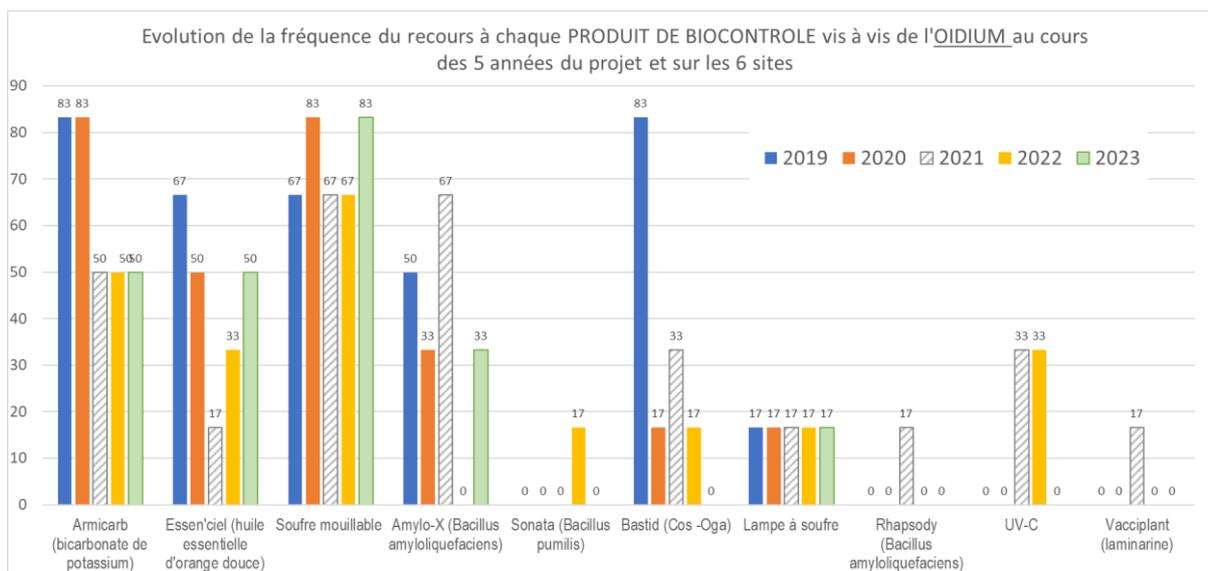


Figure 10 : Evolution de la fréquence de recours aux produits de biocontrôle et assimilés vis-à-vis de l'oïdium



3.3 Bilan des indicateurs

Evolution de l'IFT hors biocontrôle

Il convient de distinguer les systèmes sous abris chauffés des systèmes sous abris à froid pour observer l'évolution des IFT hors biocontrôle au cours des 5 années du projet.

Sous abris chauffés, l'objectif d'IFT hors biocontrôle de 0 a été atteint sur seulement 15 % des situations (figure 11). Les IFT hors biocontrôle ont varié de 0 à 6 selon les sites et les années. Les produits phytosanitaires de synthèse ont été utilisés majoritairement pour protéger les cultures vis-à-vis des pucerons et de l'oïdium.

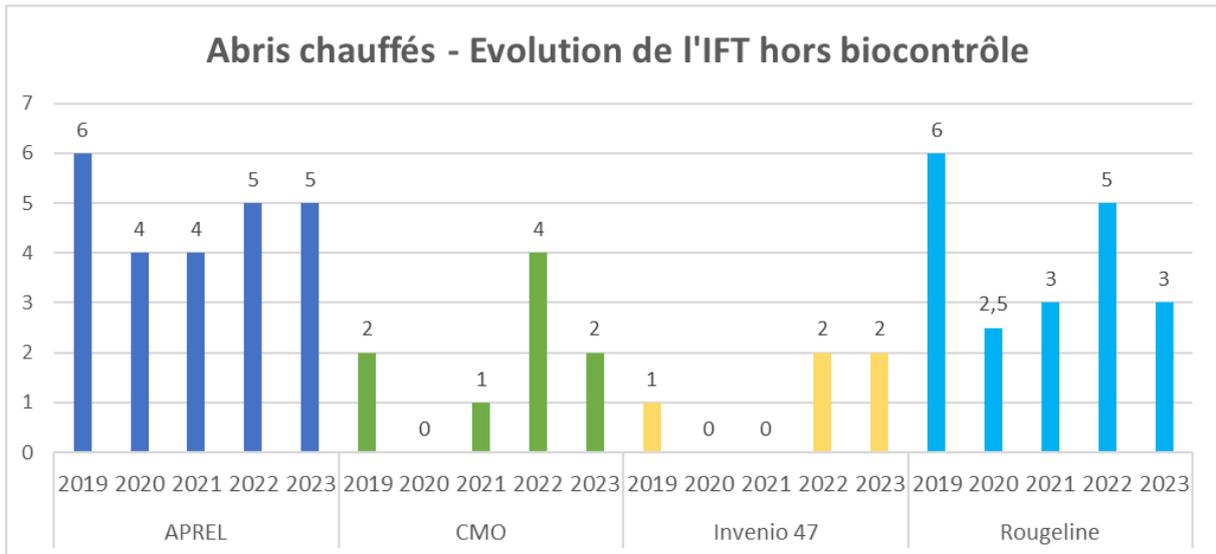


Figure 11 : Evolution de l'IFT hors biocontrôle sur les systèmes sous abris chauffés

Sous abris à froid, l'objectif d'IFT hors biocontrôle de 0 a été atteint sur 100 % des situations soit sur les 2 systèmes et les 5 années du projet. Sur les systèmes à froid, la pression en pucerons et oïdium a été beaucoup moins forte que sous les abris chauffés.

Evolution du rendement commercial

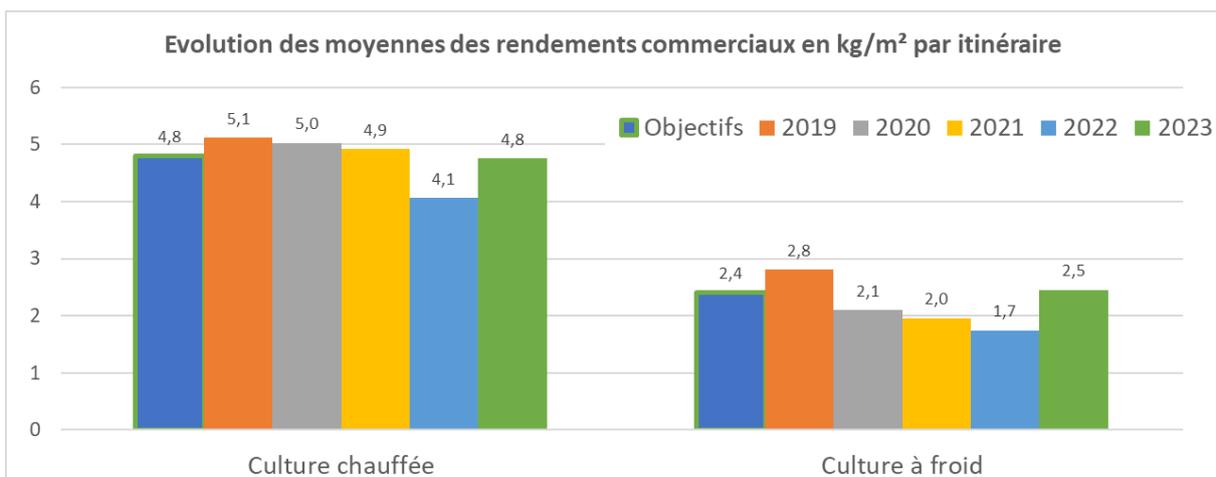


Figure 12 : Evolution des rendements commerciaux moyens en kg/m² sous abris chauffés et abris à froid

Sous abris chauffés, l'objectif de rendement commercial moyen était de 4,8 kg/m² (figure 12 – groupe histogramme de gauche). Cet objectif a été atteint 4 années sur les 5 du projet. En 2022, un site a eu une moindre production sans lien avec la stratégie phytosanitaire et un autre site a présenté une perte de



rendement dû à l'oïdium.

Sous abris froid, l'objectif de rendement commercial moyen était de 2,4 kg/m² (figure 12 – groupe histogramme de droite). Cet objectif a été atteint seulement 2 années sur les 5 du projet. L'objectif n'a pas été atteint en 2021 et 2022 du fait de l'accentuation du gel de printemps avec l'enherbement sur le site suivi par la CA41 en Sologne.

Evolution du coût des intrants en lien avec la protection phytosanitaire

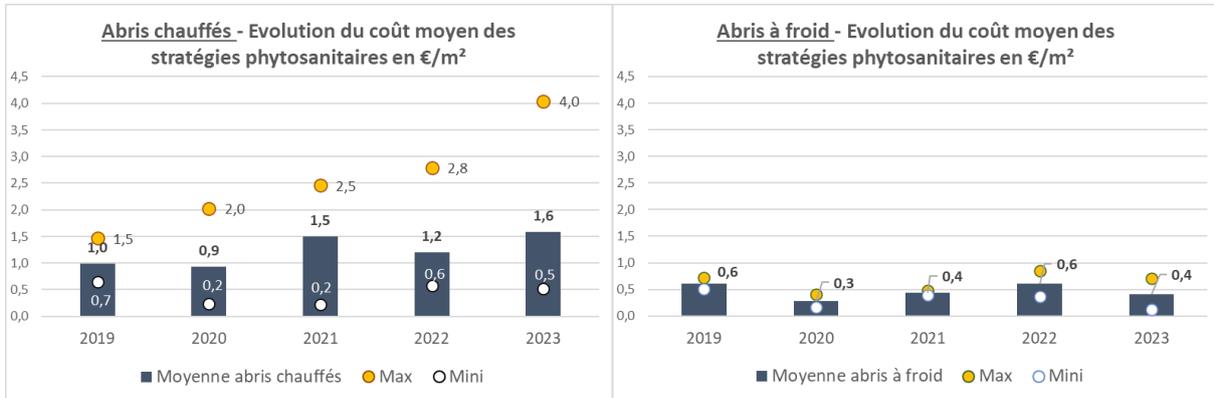


Figure 13 : Evolution des coûts des stratégies phytosanitaires en €/m² sous abris chauffés et abris à froid

Sous abris chauffés, le coût moyen des stratégies a évolué entre 0,9 et 1,6 €/m² (figure 13 – graphique de gauche), l'objectif était de ne pas dépasser 1€/m². Sur un site, les coûts ont augmenté tous les ans du fait de l'augmentation de la cadence et des quantités d'auxiliaires apportés (point jaune sur le graphique de gauche). Sur les 3 autres sites, les coûts des stratégies phytosanitaires ont été inférieurs à 1 €/m² sauf lors des apports de larves et pupes de syrphes *S. rueppellii*.

Sous abris froids, le coût moyen des stratégies a évolué entre 0,3 et 0,6 €/m² (figure 13 – graphique de droite), l'objectif était de ne pas dépasser 0,5 €/m². Il y a eu peu d'écart de coût des stratégies entre les 2 sites sous abris à froid.

4. Discussion

A l'issue de ces 5 années d'évaluation, le bilan des leviers évalués vis-à-vis des 2 bioagresseurs les plus problématiques, les pucerons et l'oïdium, est présenté sous forme de tableau (figure 14).

Leviers		Intérêt pour la cible	
		PUCERONS	OIDIUM
Solutions de biocontrôle	Auxiliaires commercialisés	😊	😊
	Produits de biocontrôle	😊	😊
Matériel végétal		😊	😊 *
Fertigation		😊	😊
Lumière UV-c		😊	😊
Biodiversité	Plantes relais	😊	
	Plantes nourricières dans serre	😊	
	Enherbement sol	😊	😊
	Bandes fleuries ext	😊	

Légende:

😊 Intérêt

😊 Neutre

😞 Défavorable

*Les variétés qui pourraient lever certaines contraintes phyto ne répondent pas aux besoins actuels et représentatifs du commerce

Figure 14 : Tableau synthétisant les résultats obtenus avec les différents leviers évalués sur pucerons et oïdium



Les leviers d'intérêt vis-à-vis des pucerons sont les produits de biocontrôle et les plantes relais. Ces dernières permettent d'attirer les auxiliaires et notamment les syrphes dans les parcelles de fraisiers mais le transfert passif des auxiliaires sur les fraisiers ne se fait pas de façon satisfaisante. Les leviers d'intérêt vis-à-vis de l'oïdium sont les produits de biocontrôle, l'enherbement du sol et le matériel végétal. Concernant le levier du matériel végétal, les variétés identifiées comme intéressantes pour leur tolérance à l'oïdium et leur niveau de rendement ne répondent pas aux besoins actuels et représentatifs du commerce. Concernant l'enherbement, celui-ci permet de limiter le développement de l'oïdium mais peut aussi avoir des effets négatifs, notamment en accentuant l'impact du gel et en favorisant le botrytis au printemps. Ces leviers présentent une efficacité vis-à-vis des pucerons et de l'oïdium mais ne suffisent pas à maîtriser efficacement ces 2 bioagresseurs sur les cultures sous abris chauffés, en particulier sur les fins de culture.

La figure 15 présente sous forme de tableau une synthèse des niveaux d'atteinte des objectifs par indicateur.

Objectifs	Indicateurs	Niveau d'atteinte de l'objectif (en %)	
		Abris Chauffés	Abris à froid
Produire une fraise sans produits phytosanitaires de synthèse	IFT hors biocontrôle	 (15%)	 (100%)
		 (60%)	 (40%)
Maintien de la rentabilité économique des exploitations	Rendement commercial	 (65%)	 (70%)
	Coût des intrants phytosanitaires	 (65%)	 (70%)

Légende:

-  Objectif atteint dans plus de 80% des cas
-  Objectif atteint dans 50 à 80% des cas
-  Objectif atteint dans moins de 50% des cas

Figure 15 : Tableau synthétisant les niveaux d'atteintes des objectifs par indicateur

Concernant l'objectif de produire une fraise sans produit phytosanitaire de synthèse, sur culture de fraise à froid, l'IFT hors biocontrôle est de 0 dans 100 % des situations tandis que sous abris chauffés, l'objectif est atteint dans seulement 15 % des situations mais il s'en approche (IFT hors biocontrôle entre 1 et 3) dans 45 % des situations. Sous abris chauffés, l'IFT hors biocontrôle est en moyenne de 2,875. Lors du projet DEPHY EXPE I (Dephy Fraise) conduit de 2013 à 2018, l'IFT hors biocontrôle sous abris chauffés était en moyenne de 7. La réduction d'IFT hors biocontrôle est donc de 59 % entre les périodes 2013-2018 et 2019-2023.

Concernant l'objectif de maintien de la rentabilité économique des exploitations, l'objectif de rendement commercial est atteint dans 60 % des situations en culture chauffée et dans seulement 40 % des situations sous abris à froid. Pour les abris chauffés, l'objectif de rendement n'est pas atteint sur 40 % des situations, pour moitié pour des raisons de conduite culturale non en lien avec la problématique phytosanitaire et pour moitié à cause de la présence d'oïdium sur les fraises. Pour les abris à froid, l'objectif de rendement n'est pas atteint sur 60 % des situations à 50 % pour des raisons de conduite culturale sans lien avec la problématique phytosanitaire, et à 50 % à cause du gel de printemps accentué par la présence de l'enherbement au sol. Le coût des intrants phytosanitaires est globalement maintenu autour des objectifs de 1 euro/m² pour les abris chauffés et de 0,5€ /m² pour les abris à froid sauf dans les situations où les syrphes *S. rueppellii*, relativement coûteux, sont intégrés dans les stratégies.

5. Conclusion

A l'issue de 5 années de culture sur 6 systèmes combinant des leviers innovants de protection vis-à-vis des bioagresseurs sur de la fraise de printemps en hors sol, les pucerons et l'oïdium restent les bioagresseurs nécessitant le plus souvent un recours aux produits phytosanitaires de synthèse. Sur les cultures chauffées, les combinaisons de leviers ont permis de réduire de 59 % l'IFT hors biocontrôle et



de s'approcher de l'IFT hors biocontrôle 0 avec en moyenne un IFT hors biocontrôle de 2,875. La rentabilité économique des exploitations est majoritairement maintenue pour les cultures sous abris chauffées. Sous les abris à froid, les combinaisons de leviers ont permis d'atteindre l'objectif d'IFT hors biocontrôle de 0. La rentabilité économique est plus fragile sous les abris à froid du fait du risque de gel de printemps impactant directement le rendement commercial.

A l'avenir, il serait intéressant d'approfondir la piste variétale afin de s'affranchir des traitements avec des fongicides de synthèses vis-à-vis de l'oïdium. Vis-à-vis des pucerons, la recherche de dispositifs favorisant d'une part l'installation des auxiliaires indigènes et défavorisant d'autre part les pucerons sur les fraisiers est à poursuivre.

Pour en savoir plus sur le projet : <https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-fragasyst>

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.

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 pas conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir 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

Un grand merci aux producteurs qui ont accueilli les expérimentations sur leurs exploitations.
Un grand merci à tous les stagiaires courageux qui ont œuvré chaque saison à observer les « petites bêtes » sur les fraisiers mais aussi sur les plantes de services et bandes fleuries.

Déclaration de soutien financier

Ce projet a été financé par l'Office Français de la Biodiversité (OFB). Une part de l'autofinancement de ce projet a été assurée par l'AOPN Fraise et Framboise de France.

Références bibliographiques :

Courteille, A., Turquet, M., Chave, M., Lefèvre, A., 2022, Vers l'utilisation de plantes de service pour contribuer à la santé des cultures horticoles. Acquis opérationnels issus d'expérimentation en conditions de production. Expérimentation issue du projet FragaSyst – INVENIO Sainte Livrade sur Lot. (DOI : 10.17180/wqqh-4j36) (hal-03947381)

Fernandez M-M., 2020, Rapport du projet PALPuF pour « exploitation des leviers biocontrôle et fertilisation pour la proposition de stratégies de Protection ALternatives contre les Pucerons du Fraisier »



APR Néonicotinoïdes - AFB/2018/117

Forges, M., 2018, Les rayonnements UV-C : un moyen de lutte pour stimuler les défenses du fraisier et de la tomate en cours de culture et améliorer la qualité / conservation des fruits après récolte, Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques soutenue le 29-11-2018 à Avignon, dans le cadre de l'école doctorale 536 « Sciences et agrosociétés » (Avignon), en partenariat avec Pathologie végétale (Unité de recherche INRA-Université d'Avignon).

Turquet M., Lecompte F., Nicot P., Bardin M., Bourgeay J-F., Casagrande M., 2020, Fiche de synthèse des résultats du projet FriendlyFruit, « Addition of N fertilization adjustments into the IPM toolbox against powdery mildew of strawberry », financement Climate-KIC

Villenave-Chasset, J., 2020, Biodiversité fonctionnelle : protection des cultures et auxiliaires sauvages, 2^{ème} édition, Editions France Agricole, 172 pages.

Warlop F., Nauleau M., Gardarin A., Wartelle R., Lambion J., Gibert C., Mary S., Giffard B., Cornillon M., Magro A., 2018. Synthèse du projet Casdar Muscari, 24 pages.

Xu, X., Robinson, J., Else, M.A., 2013. Effects of nitrogen input and deficit irrigation within the commercial acceptable range on susceptibility of strawberry leaves to powdery mildew. *European Journal of Plant Pathology* 135, 695-701.



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.