



RAPPORT TECHNIQUE FINAL PROJET «01986 KP2FI»

Itinéraire de culture en pépinière pour produire un plant de fraisier productif et indemne de bioagresseurs, tout en réduisant les intrants chimiques et en préservant la ressource en eau

En partenariat avec :



Avec le soutien financier de :



« La responsabilité du ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée »

Auteurs

Marie-Noële DEMENE et Marion TURQUET (INVENIO), Alain GUILLOU (CATE), Annie GENY (CDA₄₁)

Résumé

Zone géographique :

Toutes les actions du projet se sont déroulées en France :

- sur le site expérimental d'Invenio à Douville en Dordogne pour la production de plants
- sur le site expérimental de Sainte Livrade sur Lot dans le Lot et Garonne,
- sur le site expérimental du Cate à Saint Pol de Léon dans le Finistère et
- chez Monsieur Pasquier à Fontaines en Sologne dans le Loir et Cher pour la production de fruits.

Objectif du projet :

La réussite de la production de fraises est fortement liée à la qualité du plant. Cette qualité se définit principalement par deux critères, un bon potentiel de production et un plant sain (indemne de bioagresseurs).

L'objectif est de proposer un itinéraire de culture en pépinière qui mettra à disposition du producteur de fruits un plant de fraisier qui répondra à ces deux critères, tout en réduisant les intrants chimiques et en préservant la ressource en eau.

Objective of the project

The success of strawberry production is strongly linked to the quality of the plant. This quality is mainly defined by two criteria, enough inflorescences initiated and a healthy plant (free from pests). The aim is to propose a nursery production practices that will provide to the fruit producer this kind of strawberry plants while reducing chemical inputs and preserving water resources.

Description des actions du projet :

Pour atteindre les objectifs du projet, 3 actions ont été menées en phase de pépinière du plant. Pour chacune de ces actions, on a évalué l'impact de l'utilisation de leviers sur le développement du plant et sur les bioagresseurs aériens.

Action 1 : Utilisation d'agents biologiques sous forme de mycorhizes ou de biostimulants racinaires

Action 2 : Réduction des apports d'eau et de fertilisants

Action 3 : Réduction des intrants phytosanitaires

En 1^{ère} année du projet, les itinéraires testés n'ont fait varier qu'un seul levier.

En 2^{ème} année, les modalités ayant les mieux répondu aux attentes ont été combinées 2 à 2.

En dernière année, les meilleurs combinaisons ont été regroupées afin de proposer des itinéraires de culture en pépinière.

Description of project activities

To achieve the objectives of the project, 3 actions were carried out during the seedling nursery phase. For each of these actions, we evaluated the impact of the use of levers on the development of the plant and on aerial pests.

Action 1: Use of biological agents in the form of mycorrhizae or root biostimulants

Action 2: Reduction of water and fertilizer inputs

Action 3: Reduction of phytosanitary inputs

In the first year of the project, the routes tested varied only one lever.
 In the 2nd year, the methods that best met expectations were combined 2 by 2.
 In the last year, the best combinations were grouped together in order to propose nursery cultivation itineraries.

Court résumé pour les acteurs de terrain/agriculteurs

La réussite de la production de fraises est fortement liée à la qualité du plant. Cette qualité se définit principalement par deux critères, un bon potentiel de production et un plant sain (indemne de bioagresseurs). L'objectif est de proposer un itinéraire de culture en pépinière qui mettra à disposition du producteur de fruits un plant de fraisier qui répondra à ces deux critères, tout en réduisant les intrants chimiques et en préservant la ressource en eau.

En 1^{ère} année du projet, 21 modalités, réparties en 3 actions, ont été menées et évaluées en pépinière de juillet à octobre 2019 et en production de novembre 2019 à avril 2020. A l'issue de cette première année, 7 modalités ont été sélectionnées pour leur intérêt sur la physiologie du plant et/ou sur les bioagresseurs aériens du fraisier.

Ces 7 modalités ont été combinés en 2^{ème} année du projet avec pour objectif de cumuler les effets positifs notés individuellement la 1^{ère} année.

En 2^{ème} année, on a testé 19 combinaisons de 2, voire 3, modalités comparées à 2 témoins que sont la Référence chimique et un Témoin qui a reçu 50% des traitements phytosanitaires. La 2^{ème} année d'essai a montré que les combinaisons n'ont pas permis, dans les conditions de l'année, de cumuler les effets intéressants constatés individuellement en 1^{ère} année.

En 3^{ème} et dernière année, 4 itinéraires de conduite avec les meilleures réponses des 2^{èmes} années ont été appliqués.

Tableau de synthèse des résultats pour les 3 années d'essai

Ne sont représentés que les facteurs ayant eu une incidence économique et/ou environnementale recherchées

Modalités	Rendements			Pucerons			Oidium			Réduction Intrants		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Référence												
Témoin -50%										-50% PPS	-50% PPS	-43% PPS
Urée											PPS	PPS
UV										-33%PPS	PPS	PPS
Faible azote	-50% N	-50% N	-70% N							Ferti	PPS + Ferti	PPS+Ferti
Faible azote + Urée		-50% N	-70% N								PPS	PPS



 Effet ++
 Effet +
 Effet --
 Effet -
 pas d'effet

Au terme des 3 ans on note l'intérêt :

- De la réduction de 50 % Produits Phytosanitaires de Synthèse
- De la réduction de la concentration de 10 à 5 meq d'Azote totale dans la solution fertilisante mais il est déconseillé d'aller au delà de cette diminution.
- Des traitements à l'urée foliaire en fin de période d'élevage vis-à-vis des pucerons avec des résultats variables sur le rendement

- Des UVC vis-à-vis de l'oïdium mais le problème reste la reproductibilité à grande échelle de la pratique

Short summary for practitioners

The success of strawberry production is strongly linked to the quality of the plant. This quality is mainly defined by two criteria, a good production potential and a healthy plant (free from pests). The objective is to propose a nursery cultivation itinerary that will provide the fruit producer with a strawberry plant that will meet these two criteria, while reducing chemical inputs and preserving water resources.

In the 1st year of the project, 21 modalities, divided into 3 actions, were carried out and evaluated in the nursery from July to October 2019 and in production from November 2019 to April 2020. At the end of this first year, 7 modalities were selected for their interest in the physiology of the plant and/or in the aerial pests of the strawberry plant.

These 7 methods were combined in the 2nd year of the project with the aim of accumulating the positive effects noted individually in the 1st year.

In the 2nd year, we tested 19 combinations of 2, or even 3, modalities compared to 2 controls which are the Chemical Reference and a Control which received 50% of the phytosanitary treatments. The 2nd year of testing showed that the combinations did not allow, under the conditions of the year, to accumulate the interesting effects observed individually in the 1st year.

In the 3rd and final year, 4 driving routes with the best answers of the 2 st years were applied.

Summary table of results for the 3 years of testing

Only the factors having had an economic and/or environmental impact are represented

Modalités	Rendements			Pucerons			Oïdium			Réduction Intrants		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Référence												
Témoin -50%												
Urée												
UV												
Faible azote												
Faible azote + Urée												

	Effet ++
	Effet +
	Effet --
	Effet -
	pas d'effet

At the end of the 3 years, we note the interest:

- A 50% reduction in Synthetic Phytosanitary Products
- Reduction of the concentration from 10 to 5 meq of total Nitrogen in the fertilizing solution but not beyond
- Treatments with foliar urea at the end of the rearing period against aphids with variable results on yield
- UVC against powdery mildew but the problem remains the large-scale reproducibility of the practice

Mots clés - Catégories (à choisir dans une liste de catégories pré-définies) -
Strawberry – Biological control agent -low-input système- biological pest control

Sommaire

- Auteurs..... 2**
- Résumé..... 2**
- Sommaire 5**
- Introduction 6**
 - Chapeau 6
 - Contexte 6
 - Objectifs 7
 - Etat des connaissances : 7
- Résultats scientifiques et techniques 15**
 - 1ère année d’essai : étude des leviers..... 15
 - 2^{ème} année d’essai Combinaisons des leviers étudiés en 1^{ère} année..... 16
 - 3^{ème} année d’essai Combinaisons suite aux résultats de l’année 2 17
- Enseignements du projet 17**
- Perspectives 18**
- Bilan des livrables 19**
- Bilan des communications : 19**
- Annexes..... 21**

Introduction

Chapeau

- Produire un plant de fraisier performant en termes sanitaire et économique, un plant qui réponde aux exigences des nouveaux itinéraires (baisse des IFT...) et aux attentes économiques des producteurs de fruits.
- En 1^{ère} année, trois actions seront conduites en phase de pépinière de trayplants : (1) Utilisation de mycorhizes ou de biostimulants racinaires pour améliorer le développement et l'état sanitaire du plant ; (2) optimisation des apports en eau et fertilisants ; (3) réduction des intrants phytosanitaires via des alternatives de type biocontrôle.
- 21 modalités ont été testées et à l'issue de la 1^{ère} année, 7 d'entre elles, réparties entre les 3 actions, ont été retenues pour la suite du projet.



Contexte

Ce projet s'inscrit dans l'évolution des techniques culturales de la filière fraisicole. En effet, les producteurs français de fraises ont développé la culture sur substrat organique depuis plusieurs années. Ce passage à la culture sur substrat a permis de répondre à plusieurs objectifs :

- palier à des impasses techniques de protection contre les bio-agresseurs telluriques
- fidéliser une main d'œuvre locale (moindre pénibilité, allongement de la période d'activité)
- allonger la période de production et faire face à la concurrence étrangère en proposant une fraise précoce, homogène et de haute qualité. Ce positionnement précoce et qualitatif permet d'ouvrir le marché en se démarquant clairement de la concurrence et facilite ensuite le placement des fraises de saison produites en France.

Ce mode de production innovant et économiquement intéressant a permis de relancer la production de fraises en France. Il s'est particulièrement développé dans le Sud-Ouest où les surfaces de fraises hors-sols ont été multipliées par quatre en 10 ans, atteignant actuellement plus de 260 ha sur les 656 ha de culture de fraises hors-sol en France (source : enquête CTIFL 2013). La Nouvelle Aquitaine est ainsi la 1^{ère} région française productrice de fraises avec 43% des volumes français produits (source Agreste 2015) et le Lot-et-Garonne le 1^{er} département producteur avec 26% des volumes nationaux (source Agreste 2015).

Cette évolution du système de culture s'est traduite par la mise en place de nouveaux itinéraires de production, la recherche et l'adaptation de solutions alternatives aux produits phytosanitaires.

Ces nouveaux itinéraires de production en hors-sol ont stimulé le développement de nouveaux types de plants élevés sur motte de substrat organique et notamment le trayplant.

Le trayplant est un plant qui s'installe rapidement avec un potentiel de production de fraises qui s'exprime vite, il est, de ce fait bien adapté à la production de fraises précoces.

Depuis quelques années et pour répondre à la demande sociétale, des nouveaux itinéraires fraise apparaissent :

- Itinéraires zéro phyto avec lequel le plant doit être 100% sain car il n'existe pas de solutions en production
- Itinéraires zéro résidus : le plant doit être produit sans produit phytosanitaire de synthèse car les résidus pépinière tracent fortement

Pour répondre à ces exigences, il est impératif en fin de pépinière d'avoir un plant sain sur le plan phytosanitaire sans que son potentiel de rendement en soit affecté.

Objectifs

La réussite de la production de fraises est fortement liée à la qualité du plant. Cette qualité se définit principalement par deux critères, un bon potentiel de production et un plant sain (indemne de bioagresseurs). L'objectif est de proposer un itinéraire de culture en pépinière qui mettra à disposition du producteur de fruits un plant de fraisier qui répondra à ces deux critères, tout en réduisant les intrants chimiques et en préservant la ressource en eau.

Le projet se concentre sur des leviers susceptibles de modifier le comportement des plants vis-à-vis des pucerons et de l'oïdium mais tous les suivis réalisés prendront en considération l'impact des itinéraires sur l'ensemble des bioagresseurs. A l'heure actuelle, les traitements contre les pucerons et l'oïdium représentent 50% des traitements en pépinière. Afin de permettre l'action et l'installation des auxiliaires sur les trayplants en serre de production de fraises, les traitements phytosanitaires réalisés en pépinières ne doivent pas avoir une action écotoxique trop rémanente sur la faune auxiliaire et les niveaux de contamination en pucerons doivent être faibles. Ajoutons que la diminution des interventions chimiques et la réduction des résidus de produits phytosanitaires en culture de fraises est une priorité pour les producteurs. Cela n'est possible qu'avec des plants indemnes de maladies et de ravageurs en début de culture.

Les leviers évalués dans ce projet dès la pépinière permettront :

- *de réduire l'inoculum en bioagresseurs aériens tout en réduisant l'utilisation de produits phytosanitaires afin de favoriser l'installation des auxiliaires sous serre de production de fraises,
- *de réduire la consommation en eau et en fertilisant en phase de pépinière sans pénaliser le potentiel de production de fraises du plant.

A l'issue de ce projet, l'objectif est de proposer des méthodes pour obtenir, dans des conditions durables, un trayplant performant tant d'un point de vue agronomique que sanitaire. Un bilan écologique sera fait à partir de la réduction des intrants (fertilisants, eau, phytosanitaire). Un bilan économique sera également réalisé, l'objectif étant d'avoir un coût de production de moins de 55 centimes par plant.

Etat des connaissances :

Action 1 : Etat des connaissances concernant les agents biologiques (mycorhizes) ou biostimulants racinaires

Etat des connaissances sur l'utilisation d'agents biologiques (mycorhizes) :

Les symbioses entre les plantes et les micro-organismes bénéfiques du sol comme les champignons mycorhiziens à arbuscules (AMF) sont connues pour favoriser la croissance des plantes et aider les plantes à faire face aux stress biotiques et abiotiques (Jung et al., 2012).

Les échanges de nutriments entre la plante et le champignon sont les éléments clés de la symbiose mycorhizienne arbusculaire. Le champignon améliore l'assimilation par les plantes des nutriments

minéraux, principalement du phosphate, tandis que la plante fournit au champignon des hydrates de carbone assimilés à la photosynthèse. Il a été montré que le rendement et la qualité des fruits peuvent être améliorés par une souche co-inoculée de rhizobactéries promotrice de la croissance des plantes et de champignon mycorhizien arbusculaire (Ait lahmidi, 2015).

Une étude a montré que l'inoculation de champignons mycorhiziens arbusculaires du genre *Glomus* et / ou de souches de *Pseudomonas* sélectionnées et testées (notamment la souche Pf₄) en conditions de fertilisation azotée et phosphatée réduite avait permis d'augmenter la concentration en anthocyanes dans les fraises de la variété Selva sans diminution de rendement (Lingua et al., 2013).

Les effets protecteurs de la symbiose lors de la colonisation des racines par l'AMF contre les agents pathogènes, les ravageurs et les plantes parasites ont été décrits pour de nombreuses espèces végétales, y compris des espèces importantes pour l'agriculture. Les essais ont montré un rôle majeur des défenses de la plante dans la protection observée. Au cours de l'établissement des mycorhizes, une activation légère mais efficace des réponses immunitaires de la plante semble se produire, non seulement localement, mais aussi de manière systémique. Cela conduit à une efficacité accrue des mécanismes de défense en réponse à l'attaque par des ennemis potentiels (Jung et al., 2012)

Un premier essai avait été mis en place à Invenio en 2016 en collaboration avec l'Inra de Dijon (Fiche 01507 ProIntegrPépi finFranceAgriMer) où 3 modalités de substrat mycorhizés (association de *Funneliformis mosseae* + *Pseudomonas* ; de *Rhizophagus irregularis* + *Pseudomonas* et de *Rhizophagus irregularis* + *Bacillus pumilus*) étaient comparées avec un substrat témoin sans mycorhize. Cette comparaison a été réalisée sans que le régime hydrominéral ait été modifié et la solution fertilisante apportée contenait du phosphore. Dans ces conditions, une des modalités montrait, malgré tout, une tendance à être plus précoce, à avoir une fréquence d'attaque en pucerons moins importante et à avoir un développement de plant plus homogène.

L'utilisation de substrat mycorhizé aura pour objectif de favoriser le développement du plant en conditions stressantes (sans apport de phosphates exogène dans un premier temps) et d'observer l'impact vis à vis des bioagresseurs.

Etat des connaissances sur l'utilisation de biostimulants :

L'application d'extraits d'algues peut s'avérer intéressante pour gérer les stress biotiques ou abiotiques chez les plantes cultivées. L'extrait d'algues (Seasol - *Duvallea potatorum* et *Ascophyllum nodosum*) a été testé sur 2 variétés de fraises (Albion et Fortuna). Appliqué en pépinière, l'utilisation des extraits d'algues a augmenté de façon significative la densité du chevelu racinaire et le nombre de stolons récoltés de 8 à 19%. En production, la densité de racines par rapport au volume de sol a été augmentée de 38% et la quantité de fruits commercialisés de 8%. Une corrélation forte entre la densité de racines et le rendement commercial final a été mise en évidence. Sur d'autres espèces cultivées (orangers, *Pittosporum* et *Spirea*, vignes et laitue), des extraits d'algues ont permis d'augmenter le rendement, la tolérance au stress hydrique et la croissance des plantes (Crouch et al., 1990; Elansary et al., 2016; Mancuso et al., 2006; Spann and Little, 2011).

Action 2 : Etat des connaissances sur la réduction des apports d'eau et de fertilisants

L'action 2 menée dans ce projet en modifiant la fertigation aura une incidence directe sur les 2 étapes induction et initiation florale et modifieront donc le potentiel de production du plant.

Parmi les signaux intervenant dans l'induction de la floraison, les apports nutritifs constituent un élément crucial (Blázquez, 2005). En effet, une véritable gestion des éléments nutritifs est mise en place par la plante afin de répondre au mieux à ses besoins en fonction des stades de développement. Des résultats d'études suggèrent que l'apport nutritionnel des plantes doit être modifié en fonction de la vigueur de la plante afin de mieux planifier la production de fraises. Diminuer la concentration en nutriments dans la solution de fertigation est une stratégie efficace pour provoquer une initiation florale précoce de la plante en pépinière. Dans de nombreux cas, il a été démontré que le rapport carbone/azote (C/N) représente un élément déterminant pour le déclenchement de la floraison (Durner, 2017, 2018). Un rapport C/N fort conduit à un effet inducteur de la floraison alors qu'un rapport faible, lié à un apport en azote plus élevé, aura pour effet de retarder la floraison au profit du développement végétatif. La plante va mettre en place une gestion de la voie d'assimilation et de mobilisation de l'azote afin d'adapter sa nutrition azotée à ses besoins (stades de développement, distribution source/puits). Dans un essai conduit sur des plants de fraises (*Fragaria x ananassa* Duch.) l'application d'urée foliaire a augmenté les réserves de N et de C (mais pas leur concentration), ainsi que le rendement des plantes. Bien que l'urée foliaire à l'automne diminue la concentration en glucides, le niveau des réserves n'est pas affecté car les plantes traitées sont plus développées. L'augmentation des réserves azotées avec une application foliaire à la fin de l'automne est l'une des stratégies que les producteurs peuvent utiliser pour améliorer efficacement la croissance et la production sur des plants peu ou modérément fertilisés (Acuña-Maldonado and Pritts, 2008). Un autre essai réalisé sur des plants de fraises de la variété Camarosa et reconduit pendant 3 ans a montré un effet des applications d'azote (N) en fin de saison sur le potentiel de production (Kirschbaum et al., 2010). Cet effet s'est traduit par une augmentation des rendements précoces de 22% sans augmenter le rendement global. Des essais de fertilisation azotée en pépinière de trayplant ont été réalisés par Invenio de 2009 à 2012 dans le cadre d'un projet financé par la région Aquitaine et le FEDER en partenariat avec l'UMR 1332 Biologie du Fruit et Pathologie de l'INRA de Bordeaux ("Implication de facteurs de la floraison dans l'équilibre du cycle végétatif et son impact sur la production du Fraisier"). Ces essais ont mis en évidence un effet d'une fertilisation moins dosée en azote (3 meq d'azote total dans la solution fertilisante) par rapport au témoin (10 meq d'azote total dans la solution fertilisante). La réduction de la fertilisation a systématiquement provoqué une avance de l'initiation de 9 à 10 jours et une réduction de la surface foliaire.

Action 3 : Etats des connaissances sur la réduction des intrants phytosanitaires

Effet de la nutrition sur les populations de pucerons

La sève phloémienne est à l'origine de l'approvisionnement alimentaire des pucerons, pour cette raison, sa composition peut avoir des conséquences sur l'attractivité de la plante puis sa disposition à alimenter les pucerons en ressources carbonées et azotées.

Or, la composition du phloème dépend de la composition du milieu nutritif, des équilibres qui le caractérisent. Elle est aussi influencée par la croissance et l'âge de la plante qui entraînent une modification de la composition du phloème en glutamine (Karley et al., 2002).

Ainsi, en intervenant sur l'état nutritionnel des plantes et la composition phloémienne, la fertilisation est de nature à influencer le développement et la reproduction des ravageurs (Jansson, 2003). La qualité nutritive de la plante hôte a un effet à la fois sur la taille et le comportement des pucerons (Nevo and Coll, 2001).

L'azote, en particulier, est connu pour ses effets souvent favorables vis-à-vis des ravageurs et des pucerons en particulier. Ainsi, en culture de laitue, sous l'effet de régimes azotés croissants, les populations de *Nasonovia ribisnigri* augmentent significativement (Raynal C. et al., 2014).

Outre le niveau d'azote, la forme d'azote joue aussi un rôle important mesuré au niveau de la fertilité du puceron *Macrosiphum euphorbiae*. Celle-ci est réduite avec un équilibre azoté en faveur de la forme ammoniacale (Kasmi et al., 2006).

Les premiers résultats obtenus dans le cadre du projet Palpuf (projet en cours depuis 2018, porté par le CTIFL et mené en partenariat avec Invenio et Koppert) montrent qu'avec une fertilisation plus riche

en calcium (rapport K/Ca), la dynamique de développement des pucerons de l'espèce *Rhodobium porosum* est largement ralentie.

Recherche d'alternative aux néonicotinoïdes vis à vis des pucerons

En phase de production sous serre, 5 espèces de pucerons (*Rhodobium porosum*, *Acyrtosiphon malvae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis sp*, *Chaetosiphon fragaefolii*) sont couramment présents sur fraisiers rendant la protection contre ceux-ci difficiles.

En effet, les auxiliaires parasitoïdes sont spécifiques à une ou deux espèces de pucerons et l'efficacité des aphicides varie en fonction de l'espèce présente. Sur le créneau de fraises précoces Gariguetta étudié dans ce projet, les pucerons sont problématiques en phase de production sous serre dès la reprise des plants au mois de janvier (Observations de la fiche FAM 2.01.05.04 de 2006 à 2012 et du projet DEPHY expé fraises de 2013 à 2018). Les conditions de cultures sont favorables à leur développement (température supérieure à 10°C et plante poussante), ils se multiplient alors très rapidement et peuvent entraîner la mort des plants si aucun traitement aphicide n'est réalisé. En phase de production de fraises (mars à juin), les infestations de pucerons provoquent une perte directe de rendement en rendant les fruits impropres à la commercialisation (miellat recouvrant les fruits et perte de calibre).

Des stratégies de protection contre les pucerons ont été travaillées en phase de production avec des apports de parasitoïdes des pucerons (espèces seules ou en mix), des apports de larves de chrysopes (*Chrysoperla carnea*), de cécidomyies prédatrices (*Aphidoletes aphidimyza*) et de syrphes. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de la fiche 2.01.05.04 financée par FranceAgriMer de 2006 à 2012 et du projet DEPHY Expé Fraises financé par l'Agence Française pour la Biodiversité de 2013 à 2018 mais ils n'ont pas permis à ce jour d'établir des stratégies fiables. De ce fait, actuellement, 2 à 5 traitements aphicides de synthèse sont réalisés en serre de production (Données projet DEPHY expé fraises 2013-2018) afin d'assurer un développement du plant et une production de fraises de qualité (sans miellat de pucerons).

Les observations en pépinière montrent une intensité des populations de pucerons faible et une présence d'œufs de pucerons (observation d'œufs d'*Aphis* et de *Rhodobium porosum*, Invenio, 2014). De ce fait, les travaux s'orientent vers une stratégie de protection efficace en phase de pépinière permettant d'obtenir un plant indemne en pucerons lors de l'entrée en production.

En phase de pépinière, vis à vis des pucerons, des essais d'apports de larve de chrysope et de parasitoïdes ont été menés de 2008 à 2010 dans le cadre de la fiche 2.01.05.04 financée par FranceAgriMer. A ce jour, les résultats ne donnent pas satisfaction et ne permettent pas d'obtenir un plant indemne de pucerons en production de fraises. En conséquence, les stratégies actuelles de protection contre les pucerons se basent sur l'application d'aphicides en phase de pépinière dans l'objectif d'obtenir un plant indemne de pucerons en phase de production. Parmi les aphicides appliqués, le plus utilisé et le plus efficace sur la majorité des espèces de pucerons du fraisier est le Calypso (thiaclopride) mais, étant de la famille des néonicotinoïdes, celui-ci est interdit depuis le 1er septembre 2018.

Parmi les alternatives aux produits aphicides de synthèse, on distingue les produits de biocontrôle à action physique de ceux à action biologique. Depuis 2017, deux nouveaux produits de biocontrôle à action physique sur pucerons sont homologués. Ces produits ont pour principe d'action de bloquer les orifices respiratoires de l'insecte entraînant son asphyxie et sa mort¹. Il s'agit de l'Eradicoat (s.a: Maltodextrine, commercialisé par Certis) et du Flipper (s.a: acides gras, commercialisé par De Sangosse). Ces deux produits ont montré des efficacités intéressantes en phase de production sur les pucerons du fraisier (Résultats projet DEPHY Expé fraise 2013-2018). Leur efficacité n'a pas encore été évaluée en phase de pépinière. Depuis le printemps 2018, deux nouveaux produits à base de champignons entomopathogènes sont homologués sur fraisier, il s'agit du Naturalis (s.a: *Beauveria bassiana* souche ATCC 74040, commercialisé par De sangosse) et du Botanigard (s.a: *Beauveria bassiana* souche GHA, commercialisé par Certis). Le champignon *Beauveria bassiana* provoque chez

¹ Fiche technique Eradicoat Certis f

les insectes, la maladie de la "muscardine blanche". Ce champignon est cosmopolite et capable d'infecter différentes cibles. Les spores du champignon entrent en contact avec l'insecte par sa cuticule, germent et l'hyphe mycélien pénètre alors la cuticule de l'insecte grâce à l'action de certaines enzymes, il se développe en se nourrissant de l'hémolymphe de l'hôte. Les insectes parasités perdent petit à petit leur mobilité puis meurent en 2 ou 3 jours. Si les conditions sont favorables, *Beauveria bassiana* sporule à la surface de l'insecte infecté et relargue des conidiospores dans le milieu extérieur. La germination et la croissance de *Beauveria bassiana* sont possibles entre 10 et 35°C, l'optimum étant entre 20 et 27°C. Au-delà de 35°C, la viabilité des spores est altérée. De plus, une hygrométrie minimale de 50% est requise pour assurer une bonne activité des spores².

Un autre produit à base de champignons entomopathogènes, est homologué depuis plus de 10 ans sur fraisier, le Mycotal (s.a: *Lecanicillium muscarium* souche Ve6, commercialisé par Koppert). Le principe d'action du *Lecanicillium muscarium* est le même que pour *Beauveria bassiana*. Les conditions optimales d'applications du Mycotal sont une température comprise entre 18 et 30 °C (si appliqué avec l'adjuvant Squad) et un taux d'humidité relative moyen de 70 % pendant plusieurs jours après application³. *Lecanicillium muscarium* apparaît également comme un saprophyte ou comme un hyperparasite sur l'oïdium du fraisier (site e-phytia et (Miller et al., 2004)).

Ces produits à base de champignons entomopathogènes montrent des efficacités intéressantes seulement en condition d'hygrométries élevées et de températures supérieures à 20°C. Ces conditions d'hygrométries et de températures ne sont pas réunies sous serre de production de fraises en période d'infestation en pucerons (souvent janvier-février puis avril). En phase de pépinière (septembre-octobre), les conditions climatiques et l'irrigation par aspersion semblent propices au développement des champignons entomopathogènes. Ces champignons entomopathogènes ne sont pas homologués en France pour la cible pucerons et n'ont pas encore été évalués en phase de pépinière de fraisier. En laboratoire, le Botanigard présente une efficacité intéressante sur les pucerons du genre Aphis fréquemment rencontrés sur fraisier en phase de pépinière (Wraight et al., 2016). D'autres études en laboratoire montrent un intérêt du *Beauveria bassiana* et du *Lecanicillium lecanii* sur diverses espèces de pucerons des cultures (Feng et al., 1990; Jaber and Araj, 2018; Muhammad et al., 2013).

Stimulateur des défenses des plantes (SDP) et produits de biocontrôle vis à vis de l'oïdium pour réduire les intrants phytosanitaires

Les symptômes dus à l'oïdium du fraisier (*Podosphaera aphanis*) se caractérisent par la présence de taches blanches poudreuses formées par le mycélium sporulant sur les deux faces des feuilles et sur les fruits. De ces faits, en phase de pépinière et de production, l'oïdium peut affecter le développement du plant en infestant les feuilles et en phase de production, affecter le rendement commercial en infestant les fruits. Si aucun traitement anti-oïdium n'est réalisé, si la pression en oïdium est forte, 100% des fruits peuvent être touchés et non commercialisables. L'oïdium du fraisier est donc une maladie importante en phase de production de Gariguettes, de plus, il induit entre 5 et 10 traitements selon l'année et la pression en oïdium (Données projet DEPHY Expé fraise 2013-2018) et en phase de pépinière entre 6 et 10 traitements (selon les pépiniéristes et les produits appliqués). L'inoculum en oïdium issu de la phase de pépinière a une influence directe sur la pression en oïdium en phase de production.

Le terme « Stimulateurs des Défenses des Plantes » (SDP), définit toute substance (chimique, extraits naturel, microorganisme...) qui, appliquée sur une plante, est capable de promouvoir un état de résistance significativement plus élevé par rapport à une plante non traitée face à des stress

² Fiche technique, Naturalis De sangosse de novembre 2017

³ Site internet Koppert <https://www.koppert.fr/mycotal/>

biotiques⁴. Un SDP n'agit pas directement sur les bioagresseurs, il est perçu par la plante comme un message d'alerte. Celle-ci va réagir en préparant ou en mettant en place différents mécanismes de défense, qui conduiront à la rendre plus résistante aux attaques de bioagresseurs. Ainsi est considéré comme SDP un produit efficace sur un couple plante-bioagresseur qui ne présente pas d'effet direct notable sur ce dernier à la dose efficace sur la plante, et qui est capable d'induire dans ces conditions, des marqueurs de défense connus (protéines PR, lipoxigénase, phénylalanine ammonia-lyase (PAL), phytoalexines etc.)

Sur fraisier, en 2018, deux produits SDP sont homologués, le Vacciplant (s.a: laminarine, commercialisé par Arysta, (Bélanger et al., 2003) et le Bastid (s.a: COS-OGA, commercialisé par Syngenta). En phase de production de fraises, ces deux produits ont fait l'objet d'essais BPE (Bonne Pratique d'Expérimentation) pour leurs homologations et d'essais en prestation privée à Invenio. Ces deux produits montrent des efficacités variables sur l'oïdium du fraisier (*Podosphaera aphanis*) selon les conditions de culture et de développement de l'oïdium. Il semblerait que ces produits aient leur optimum d'action lorsqu'ils sont appliqués en préventif avant que la plante n'ait été en contact de façon répétée avec le champignon. Ces produits n'ont à ce jour pas été évalués en phase de pépinière.

Deux autres produits de biocontrôle sont homologués sur fraisier et sur oïdium, l'AQ10 (s.a: *Ampelomyces quisqualis*, commercialisé par De sangosse) et l'Amylo-X (s.a: *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* souche D747, commercialisé par Certis). *Ampelomyces quisqualis* est un champignon (deutéromycète) hyperparasite strict de l'oïdium (antagoniste biotrophique) qui tire sa nourriture des cellules hôtes vivantes de l'oïdium sans produire de substances toxiques (fiche technique⁵ AQ 10 De sangosse). AQ10[®] n'a qu'une efficacité partielle sur l'oïdium. Pour favoriser la germination et l'installation de *A. quisqualis* sur la végétation, il est conseillé d'appliquer en conditions élevées d'hygrométrie (> 70 %).

Bacillus amyloliquefaciens est une bactérie qui agit par antagonisme. Il est conseillé d'appliquer le produit Amylo-X de manière préventive sur les cultures. Son efficacité dépend notamment de la survie et de la dynamique de développement de la bactérie après application et peut être influencée par les facteurs extérieurs. Les conditions douces à chaudes et humides (température supérieure à 15°C, forte hygrométrie) favoriseraient ainsi la survie et le développement de la bactérie. À l'inverse, un temps sec et froid sera défavorable à l'emploi de l'AMYLO-X. Afin de sécuriser son efficacité, il est donc recommandé d'employer AMYLO-X en programme avec d'autres spécialités fongicides. AMYLO-X WG peut être appliqué seul ou en combinaison et/ou alternance avec des fongicides chimiques. Dans ce cas, privilégier les applications précoces afin d'optimiser l'efficacité du produit (effet stimulation des défenses des plantes notamment) (Fiche technique Amylo-X⁶ Certis, avril 2017)

Pour ces deux produits AQ10 et AMYLO-X, il est conseillé de réaliser les traitements dans des conditions de forte hygrométrie et de températures supérieures à 15°C pour favoriser le développement du champignon ou de la bactérie. Ces conditions climatiques n'étant pas réunies sous serre de production (notamment vis à vis de l'hygrométrie), ces produits ne sont pas ou peu appliqués. En phase de pépinière, les conditions climatiques semblent plus adaptées au développement de l'*Ampelomyces quisqualis* et du *Bacillus amyloliquefaciens*. Ces deux produits n'ont pas encore été évalués dans les conditions de pépinières de trayplant.

Comme il est conseillé et déjà observé par ailleurs (Pertot et al., 2008), ces produits de biocontrôle seront intégrés dans une stratégie avec d'autres spécialités fongicides.

A l'heure actuelle, seule une partie des solutions citées ci-dessus dans le cadre des problématiques pucerons et oïdium possèdent une homologation pour l'usage envisagé dans ce projet. Des échanges avec les sociétés phytosanitaires commercialisant ces solutions suggèrent que des extensions

⁴ Définition de la méthode générale N°14 des CEB PRINCIPES GÉNÉRAUX D'EXPÉRIMENTATION DES STIMULATEURS DES DEFENSES DES PLANTES (SDP)

⁵ <http://desangosse.fr/produits/n-u-3463450000742.pdf>

⁶ https://www.certiseurope.fr/fileadmin/downloads_fr/produits/fongicides/FC_Amylo-X_WG_2017-04_v1.pdf

d'usages (homologation en plein champs ou ciblant le puceron) sont à l'étude et sont susceptibles d'être réalisées durant ou à l'issue du projet.

Références bibliographiques :

- Acuña-Maldonado, L.E., and Pritts, M.P.** (2008). Carbon and Nitrogen Reserves in Perennial Strawberry Affect Plant Growth and Yield. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* *133*, 735–742.
- Ait Lahmidi, N.** (2015). Sugar transport and partitioning during arbuscular mycorrhizal symbiosis (from basic to applied science).
- Bélanger, R.R., Benhamou, N., and Menzies, J.G.** (2003). Cytological Evidence of an Active Role of Silicon in Wheat Resistance to Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). *Phytopathology* *93*, 402–412.
- Blázquez, M.A.** (2005). The Right Time and Place for Making Flowers. *Science* *309*, 1024–1025.
- Bosc, J.P.** (2014). Fraiser physiologie et type de plants (CTIFL).
- Breullin, F., Schramm, J., Hajirezaei, M., Ahkami, A., Favre, P., Druège, U., Hause, B., Bucher, M., Kretschmar, T., Bossolini, E., et al.** (2010). Phosphate systemically inhibits development of arbuscular mycorrhiza in *Petunia hybrida* and represses genes involved in mycorrhizal functioning. *Plant J. Cell Mol. Biol.* *64*, 1002–1017.
- Costes, E., Crespel, L., Denoyes, B., Morel, P., Demene, M.-N., Lauri, P.-E., and Wenden, B.** (2014). Bud structure, position and fate generate various branching patterns along shoots of closely related Rosaceae species: a review. *Front. Plant Sci.* *5*.
- Crouch, I.J., Beckett, R.P., and van Staden, J.** (1990). Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *J. Appl. Phycol.* *2*, 269–272.
- Dicke, M., van Loon, J.J.A., and Soler, R.** (2009). Chemical complexity of volatiles from plants induced by multiple attack. *Nat. Chem. Biol.* *5*, 317–324.
- Durner, E.F.** (2017). Fall nitrogen enhances spring nitrogen enhanced flowering in the long day strawberry cultivar 'Elan.' *Agric. 2017 Vol 2 Pages 149-164*.
- Durner, E.F.** (2018). Long-day and nitrogen conditioning of 'Albion' strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.) enhances off-season field production. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* *93*, 296–305.
- Elansary, H.O., Skalicka-Woźniak, K., and King, I.W.** (2016). Enhancing stress growth traits as well as phytochemical and antioxidant contents of *Spiraea* and *Pittosporum* under seaweed extract treatments. *Plant Physiol. Biochem. PPB* *105*, 310–320.
- Feng, M.-G., Johnson, J.B., and Kish, L.P.** (1990). Virulence of *Verticillium lecanii* and an Aphid-Derived Isolate of *Beauveria bassiana* (Fungi: Hyphomycetes) for Six Species of Cereal-Infesting Aphids (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* *19*, 815–820.
- Howe, G.A., and Jander, G.** (2008). Plant immunity to insect herbivores. *Annu. Rev. Plant Biol.* *59*, 41–66.
- Jaber, L.R., and Araj, S.-E.** (2018). Interactions among endophytic fungal entomopathogens (Ascomycota: Hypocreales), the green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae), and the aphid endoparasitoid *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Control* *116*, 53–61.
- Jansson, J.** (2003). The influence of plant fertilisation regime on plant-aphid-parasitoid interactions. Thesis. department of entomology Swedish University of Agricultural Sciences.
- Jung, S.C., Martinez-Medina, A., Lopez-Raez, J.A., and Pozo, M.J.** (2012). Mycorrhiza-induced resistance and priming of plant defenses. *J. Chem. Ecol.* *38*, 651–664.
- Karley, A.J., Douglas, A.E., and Parker, W.E.** (2002). Amino acid composition and nutritional quality of potato leaf phloem sap for aphids. *J. Exp. Biol.* *205*, 3009–3018.
- Kasmi, A., Latigui, A., Metai, K., Sahli, B., Dilem, A., Antizar-Ladislao, B., Lopez-Real, J., Beck, A.J., Azmat, R., and Babiker, I.S.** (2006). Effect of different variation of NH_4^+ compared to $\text{N}(\text{NH}_4^{++} \text{NO}_3^-)$ fertilization of tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultivated in inert media on the fecundity of the aphids *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera-Aphididae). *Am. J. Plant Physiol.* *7*, 839–847.
- Kirschbaum, D.S., Larson, K.D., Weinbaum, S.A., and DeJong, T.M.** (2010). Late-season nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. *Afr. J. Biotechnol.* *9*, 1001–1007.
- Kloppholz, S., Kuhn, H., and Requena, N.** (2011). A secreted fungal effector of *Glomus intraradices* promotes symbiotic biotrophy. *Curr. Biol. CB* *21*, 1204–1209.
- Lingua, G., Bona, E., Manassero, P., Marsano, F., Todeschini, V., Cantamessa, S., Copetta, A., D'Agostino, G., Gamalero, E., and Berta, G.** (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads increases anthocyanin concentration in strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* var. *Selva*) in conditions of reduced fertilization. *Int. J. Mol. Sci.* *14*, 16207–16225.
- Mancuso, S., Azzarello, E., Mugnai, S., and Briand, X.** (2006). Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Adv. Hortic. Sci.* *20*, 156–161.
- Miller, T.C., Gubler, W.D., Laemmlen, F.F., Geng, S., and Rizzo, D.M.** (2004). Potential for using *Lecanicillium lecanii* for suppression of strawberry powdery mildew. *Biocontrol Sci. Technol.* *14*, 215–220.
- Muhammad, A., Shoaib, F., Muhammad Naeem, M., and Hafiza Tahira, G.** (2013). Efficacy of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hypomycetes) Against Different Aphid Species Under Laboratory Conditions. *Pakistan J. Zool.* *45*, 71–78.

- Nevo, E., and Coll, M.** (2001). Effect of nitrogen fertilization on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae): variation in size, color, and reproduction. *J. Econ. Entomol.* *94*, 27–32.
- Pertot, I., Zasso, R., Amsalem, L., Baldessari, M., Angeli, G., and Elad, Y.** (2008). Integrating biocontrol agents in strawberry powdery mildew control strategies in high tunnel growing systems. *Crop Prot.* *27*, 622–631.
- Snoeren, T.A.L., Van Poecke, R.M.P., and Dicke, M.** (2009). Multidisciplinary approach to unravelling the relative contribution of different oxylipins in indirect defense of *Arabidopsis thaliana*. *J. Chem. Ecol.* *35*, 1021–1031.
- Sønsteby, A., Opstad, N., Myrheim, U., and Heide, O.M.** (2009). Interaction of short day and timing of nitrogen fertilization on growth and flowering of 'Korona' strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Sci. Hortic.* *123*, 204–209.
- Spann, T.M., and Little, H.A.** (2011). Applications of a Commercial Extract of the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Increases Drought Tolerance in Container-grown 'Hamlin' Sweet Orange Nursery Trees. *HortScience* *46*, 577–582.
- Vierheilig, H.** (2004). Further root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in already mycorrhizal plants is suppressed after a critical level of root colonization. *J. Plant Physiol.* *161*, 339–341.
- Vierheilig, H., Steinkellner, S., Khaosaad, T., and Garcia-Garrido, J.M.** (2008). The Biocontrol Effect of Mycorrhization on Soilborne Fungal Pathogens and the Autoregulation of the AM Symbiosis: One Mechanism, Two Effects? In *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*, A. Varma, ed. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), pp. 307–320.
- Wright, S.P., Filotas, M.J., and Sanderson, J.P.** (2016). Comparative efficacy of emulsifiable-oil, wettable-powder, and unformulated-powder preparations of *Beauveria bassiana* against the melon aphid *Aphis gossypii*. *Biocontrol Sci. Technol.* *26*, 894–914.
- Zamioudis, C., and Pieterse, C.M.J.** (2012). Modulation of host immunity by beneficial microbes. *Mol. Plant-Microbe Interact. MPMI* *25*, 139–150.

Résultats scientifiques et techniques

1ère année d'essai : étude des leviers

Nom de l'essai	Annexe
KP2FI Invenio 2020	1
KP2FI CATE 2020	2

Rappel des conclusions

Annexe 1 : sur les 21 modalités, réparties en 3 actions, qui ont été évaluées, 7 ont été retenues ne fin d'évaluation pour leur intérêt sur la physiologie du plant et/ou sur les bioagresseurs aériens du fraisier.

- Dans l'action 1 : utilisation des agents biologiques :
 - Le Promix GB a permis d'avoir des plants un peu plus précoces en production tout en réduisant la fertilisation phosphatée
 - Le Bioline a produit des plants avec une surface foliaire plus importante tout en réduisant les apports d'eau.
- Dans l'action 2 : réduction des intrants
 - La réduction de 20% des quantités d'eau apportées s'est fait sans pénaliser le potentiel de production du plant.
 - La diminution par 2 de la concentration d'Azote dans la solution fertilisante, en plus de la réduction d'intrants, s'est traduit par un rendement commercial et brut plus élevé que la Référence et une diminution de l'oïdium en production.
 - Le tableau de synthèse ci-dessous résume l'impact de ces 7 modalités d'intérêt testées en 1^{ère} année.
 - L'apport d'urée foliaire a permis d'avoir des plants plus gros et un rendement brut plus élevé. Cette modalité augmente les intrants fertilisants mais cette augmentation reste très limitée proportionnellement à l'apport dans la solution. Elle a également diminué la présence de pucerons en production.
- Dans l'action 3 : utilisation des biocontrôles :
 - Les biocontrôles testés contre les pucerons n'ont eu aucun impact sur les populations de pucerons e production
 - Dans les biocontrôles testés initialement contre l'oïdium, on retiendra
 - Le Vacciplant pour son effet sur les rendements bruts et commercialisables et cela malgré son impact négatif sur l'oïdium
 - Les traitements UV avec un impact sur le rendement brut plus élevé, la réduction de la présence de pucerons en production et la réduction des PPS.
 - On retient également le bon comportement du Témoin qui n'a reçu que 50 % des PPS sans pour autant avoir plus de pucerons et d'oïdium en production

Annexe 2 :

2 modalités ont été mises en culture : la modalité avec réduction d'azote et la modalité Référence

On constate peu de différence entre les deux modalités pour l'ensemble des paramètres mesurés. L'écart de rendement mesuré en faveur de la conduite Référence est significatif en première partie de saison (10/04/20), le niveau de production à cette date est cependant faible

pour les deux modalités. En fin de production (30/06/20), il n'y a plus de différence significative entre les deux modalités.

On constate également une apparition plus rapide des premiers pucerons dans la modalité faible azote par rapport à la conduite Référence, cette différence est significative au 06/01. Le traitement réalisé permet de diminuer rapidement les populations pour les deux modalités. Pour l'ensemble des autres bioagresseurs et pour l'oïdium, la pression reste très faible sur les deux modalités.

2^{ème} année d'essai Combinaisons des leviers étudiés en 1^{ère} année

- Synthèse des essais réalisés :

Nom de l'essai	Annexe
KP2FI Invenio 2021	3
KP2FI CATE 2021	4
KP2FI CDA41 2021	5

Rappel des conclusions :

Annexe 3

- Si cette 2^{ème} année d'essai n'a pas montré d'intérêt à combiner les leviers observés individuellement en 1^{ère} année, elle a permis de confirmer les résultats prometteurs obtenus en 1^{ère} année.
- L'observation physiologique et phytosanitaires des plants sur toutes les modalités a permis de mettre en évidence des effets qui n'étaient pas attendu comme avec l'Urée testée avec un objectif d'amélioration du potentiel du plant et qui montre une baisse de la population de pucerons en production.
- La 3^{ème} année d'essai doit permettre de définir un itinéraire de production du plant qui répondra aux objectifs physiologique et phytosanitaire.
- Le positionnement des applications d'Urée en foliaire en fonction du stade physiologique (attendre que tous les plants soient initiés pour positionner le 1^{er} traitement) du plant pour améliorer le potentiel du plant est à vérifier.
- Elle a mis également en évidence que la gestion des irrigations ne pouvait se faire qu'en prenant en compte les conditions climatiques de l'année.

Annexe 4

On constate peu de différence entre la modalité « 50% d'azote + urée+ UV » et la modalité Référence.

Il n'y a pas de différence entre les deux modalités sur la dynamique de production et la répartition entre les différentes catégories de fruits commercialisables (Extra 25/40, Cat I, Barquettes) est identique pour les deux modalités. Les pourcentages de déchets (fruits déformés, petits fruits, fruits oïdiés) sont également identiques entre les deux modalités. Cela met en évidence que la diminution de la concentration en Azote dans la solution de fertilisation en élevage associée à l'Urée n'a pas eu d'impact négatif sur le rendement.

L'application précoce du Movento (s.a: spirotetramat), dès la détection des premiers pucerons et avant le début de la floraison, masque en partie les différences potentielles de développement des populations.

Pour l'ensemble des autres bioagresseurs et pour l'oïdium, la pression reste très faible sur les deux modalités.

Annexe 5

- L'essai mis en place chez un producteur du Loir et Cher n'a pas permis de conclure sur l'impact de la conduite en pépinière en 2020 sur l'état sanitaire des trayplants en production l'année suivante. La stratégie phytosanitaire conventionnelle appliquée par le producteur pendant la phase de production a probablement « lissé » un éventuel effet.
- L'essai met en avant la modalité ayant bénéficié de l'application de Vacciplant (sa : laminarine) en pépinière avec réduction des apports en phosphore associé au Promix GB. Cet itinéraire cultural a permis d'obtenir des plantes plus hautes et un meilleur rendement brut.

3^{ème} année d'essai Combinaisons suite aux résultats de l'année 2

Nom de l'essai	Annexe
KP2FI Invenio 2022 Conduite Chauffée et Conduite froide	6
KP2FI CATE 2022	7

Rappel des conclusions :

La réduction de 70% de la concentration en Azote des solutions fertilisantes apportées en pépinière, a montré ses limites en pénalisant le développement végétatif des plants à Invenio et au Cate. Cela s'est traduit par une perte de rendement importante à Invenio et au Cate, avec une conduite sans froid et sous éclairage Led, il a fallu couper les 1^{ères} fleurs pour permettre aux plants de se développer, pour maintenir le rendement au niveau de celui de la Référence.

L'absence de traitements aphicides en pépinière ne s'est pas traduite au Cate par une présence plus importante de pucerons en culture, c'est donc une piste intéressante dans le cadre de la réduction des IFT en pépinière.

Synthèse des 3 années

Les points notables au terme de 3 ans sont les suivants

- L'intérêt du Témoin -50% de PPS: la réduction de 50% des fongicides en pépinières, n'a pas eu d'impact sur la présence d'oïdium en culture et n'a pas pénalisé le rendement. Elle permet en outre de diminuer les IFT.
- L'intérêt de la réduction de moitié de la concentration en azote dans la solution fertilisante en pépinière sans pénaliser le rendement.
- L'intérêt des pulvérisations d'Urée foliaire en fin d'élevage sur les populations de pucerons en culture. Cette technique a également permis 1 année sur les 3 d'augmenter le rendement.
- L'intérêt des traitements UVC sur la réduction de l'Oïdium en production. Si cette technique présente un réel intérêt dans la lutte contre l'oïdium, elle est, faute de matériel adapté, difficilement transposable à grande échelle.

Enseignements du projet

Réponses du projet aux objectifs initiaux

Le projet KP2FI avait pour objectif de proposer 1 ou plusieurs itinéraires d'élevage du tray plant qui permettent de répondre aux objectifs suivants :

- Réduire les inocula en pucerons et oïdium
- Réduire l'utilisation des intrants PPS, fertilisants et eau
- Favoriser l'installation des auxiliaires en serre de production
- Maintenir le potentiel de production
- Ne pas engendrer de surcoût par rapport à un tray plant classique

Les objectifs de réductions des inocula pucerons et oïdium sont atteints avec respectivement les apports d'urée en foliaire et les traitements UVC même si ceux-ci ne sont pas, pour le moment, transposables à grande échelle. La réduction des PPS et des fertilisants est effective avec un itinéraire avec 2 fois moins de PPS et une réduction de moitié de la concentration en azote total dans les solutions fertilisantes. Cependant, une réduction systématique des apports d'eau n'est pas envisageable sans pénaliser le plant, ce paramètre est trop dépendant des conditions climatiques de l'année. Aucune méthode testée n'a permis de favoriser l'installation des auxiliaires en serre de production.

Les méthodes retenues ont permis de maintenir le potentiel de production du plant à un niveau équivalent à la Référence classique et cela sans engendrer de surcoût puisqu'elles se situent dans une logique de réduction des passages avec la réduction des PPS.

Autres enseignements :

Une des originalités du projet a été de procéder à des observations physiologiques et phytosanitaires quel que soit l'objectif visé par le levier appliqué.

Ainsi, on a pu observer des conséquences sur le plan physiologique avec des produits utilisés en vue d'un biocontrôle (impact du Vacciplant sur le nombre de fleurs et sur le rendement en 1ère année) ou des conséquences sur le plan phytosanitaire avec un levier utilisé pour améliorer le potentiel du plant (impact de l'Urée sur la présence de pucerons en culture).

Perspectives

Il serait intéressant de combiner les techniques validées dans le cadre du projet KP2FI avec les résultats obtenus dans un autre projet. On sait que l'origine du stolon a un impact sur la production finale (essais Invenio 2017-2018), l'itinéraire de production du tray plant pourrait commencer dès le Pied mère avec des apports de SDN qui ont déjà montré un intérêt sur le rendement final.

Le « o aphicide » en pépinière aurait également un intérêt à être testé.

L'impact mécanique des passages doit être mesuré que ce soit sur le plan phytosanitaire ou sur le développement des plants.

Bilan des livrables

Livrable	Cible	Mode de diffusion	Date de diffusion
Fiche Synthèse des résultats 2019-2020	Producteurs techniciens et	Réunion	Avril 2021
Compte Rendu année 2019-2020	Producteurs techniciens et	Site internet	Avril 2022
Présentation Power Point Résultats intermédiaires -	Producteurs techniciens et	Réunion	15 avril 2021
Fiche Synthèse des résultats 2020-2021	Producteurs techniciens et	Réunion	Sept. 2021
Compte Rendu année 2020-2021	Producteurs techniciens et	Site internet	Mars 2022
Présentation Power Point Résultats intermédiaires -	Producteurs techniciens et	Réunion	5 mai 2022
Présentation Power point	Techniciens financeurs	Réunion	28 avril 2022
Compte rendu d'essai 2021-2022	Producteurs techniciens - FAM et	Site internet	Juin 2022
Rapport final projet :	Producteurs techniciens FAM et	Site internet	Juin 2022
Recueil des itinéraires d'intérêt pour production de plant avec coût des itinéraires et réduction des intrants chiffrée	Producteurs Techniciens et	Réunion	Sept 2022

Bilan des communications :

INVENIO			
Date	Format	Cible	Titre
25/06/19	Réunion	Techniciens - OP	GTR précoce
25/03/20	Réunion + Visio	Producteurs	Présentation Pôle fraise
12/06/20	Visioconférence	Techniciens	Copil KP2FI
25/06/20	Visioconférence	Techniciens - OP	GTR Fraise précoce
14/09/20	Visioconférence	Techniciens producteurs	Journée AOPN Fraise
19/01/21	Visioconférence	Techniciens	GTN Fraise Ctifl
15/04/21	Visioconférence + Présentiel	Techniciens Producteur	Présentations résultats AOPN
23 et 24 /09/21	Réunion présentielle	Techniciens OP - Producteurs	Journées AOPN
29/04/22	Visioconférence	Techniciens – AOPN	Copil KP2FI

5/05/22	Réunion présentielle	Techniciens OP - Producteurs	Journées AOPN
06/22	Article Réussir Fruits et Légumes	Techniciens	
CATE			
Date	Format	Cible	Titre
19/12/19	Visite Savéol	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
22/01/20	Visite Savéol	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
29/01/20	Visite Prince Bretagne	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
03/03/20	Visite producteurs de fraises de Hoogstraten (Belgique)	Producteurs et techniciens	
11/03/20	Visite Savéol et Prince Bretagne	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
27/05/20	Visite producteurs Savéol	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
28/05/20	Visite producteurs Prince Bretagne	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
10/06/20	Visioconférence	Producteurs et techniciens	AG du CATE
12/06/20	Visioconférence	Techniciens	Copil KP2FI
01/07/20	Commission régionale Fraise avec producteurs et techniciens OP	Producteurs et techniciens	Présentation des projets
20/11/20	Visite Prince Bretagne	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
27/11/20	Visite Savéol	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
19/01/21	Visioconférence	Techniciens	GTN Fraise Ctifl
28/01/21	Visite Savéol	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
12/03/21	Visite Savéol	Producteurs et techniciens	Projets OCAPEEEE et KP2FI
08/07/2021	Réunion de présentation de l'ensemble des projets	Producteurs et techniciens	Commission régionale Fraise avec producteurs et techniciens des différentes OP
22/12/2021	Visite des essais	Producteurs et techniciens Savéol	Conduite sans froid KP2FI
23/12/2021	Visite des essais	Producteurs et techniciens Prince de Bretagne	Conduite sans froid KP2FI
28/01/2022	Visite des essais	Producteurs et techniciens Savéol	Conduite sans froid KP2FI
08/04/2022	Visite des essais	Producteurs et techniciens Savéol	Conduite sans froid KP2FI
29/04/2022	Visio	Techniciens	COFIL KP2FI
06/22	Article Réussir Fruits et Légumes	Techniciens	

CDA 41			
Date	Format	Cible	Titre
9/5/22	Réunion – visite distribution d’une fiche de synthèse	Techniciens - OP	Viste d’essais CA41

Annexes

Annexe 1 : Compte rendu de l’essai réalisé à Invenio en 2019-2020

Annexe 2 : Compte rendu de l’essai réalisé au CATE en 2020

Annexe 3 : Compte rendu de l’essai réalisé à Invenio en 2020-2021

Annexe 4 : Compte rendu de l’essai réalisé au CATE en 2021

Annexe 5 : Compte rendu de l’essai réalisé par la CDA 41 en 2021

Annexe 6 : Compte rendu des essais réalisés à Invenio en 2021-2022

Annexe 7 : Compte rendu de l’essai réalisé au CATE en 2022