



HAL
open science

Alternative aux néonicotinoïdes en betteraves sucrières : Synthèse de 4 années d'expérimentation

Audrey Fabarez, Paul Tauvel, Ophélie Bolingue, Quentin Tilloy, Damien Andrieu,
Fabienne Maupas

► **To cite this version:**

Audrey Fabarez, Paul Tauvel, Ophélie Bolingue, Quentin Tilloy, Damien Andrieu, et al.. Alternative aux néonicotinoïdes en betteraves sucrières : Synthèse de 4 années d'expérimentation. Innovations Agronomiques, 2025, 103, pp.53-63. <10.17180/ciag-2025-vol103-art06>. <hal-05156808>

HAL Id: hal-05156808

<https://hal.inrae.fr/hal-05156808v1>

Submitted on 10 Jul 2025

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 CC BY 4.0 - Attribution - International License



Alternative aux néonicotinoïdes en betteraves sucrières : Synthèse de 4 années d'expérimentation

Audrey FABAREZ¹, Paul TAUVEL¹, Ophélie BOLINGUE², Quentin TILLOY³, Damien ANDRIEU⁴, Fabienne MAUPAS¹

¹ Institut Technique de la Betterave (ITB), 75 008 Paris, France

² Saint Louis Sucre, 27 150 Etrépagny, France

³ Cristal Union, 51 110 Bazancourt, France

⁴ Tereos, 62 175 Boiry-Sainte-Rictrude, France

Correspondance : a.fabarez@itbfr.org

Résumé

Le Programme National de Recherche et d'Innovation (PNRI) vise à identifier des solutions opérationnelles pour gérer la jaunisse de la betterave sucrière. Depuis 2021, plusieurs essais ont été mis en place afin d'évaluer l'intérêt de plusieurs leviers de lutte : plantes de service, médiateurs chimiques, et lâchers d'auxiliaires principalement. Un modèle statistique a permis d'estimer l'efficacité des leviers sur les pucerons lorsqu'ils sont utilisés seuls ou en combinaison avec un traitement aphicide. Les plantes compagnes permettent de réduire les populations de pucerons et les symptômes de jaunisse sur betterave, mais la perte de rendement liée à la concurrence doit être maîtrisée. L'efficacité des médiateurs chimiques et des lâchers d'auxiliaires sur les pucerons est encore en cours d'évaluation.

Mots-clés : Jaunisse, Betterave sucrière, *Myzus persicae*, Leviers, PNRI.

Abstract : Alternative to neonicotinoids in sugar beets : Summary of 4 years of experimentation

The National Research and Innovation Program (PNRI) aims to identify practical solutions for managing yellowing disease in sugar beets. Since 2021, several trials have been conducted to evaluate the effectiveness of different control strategies, mainly including companion plants, chemical mediators, and the release of beneficial insects. A statistical model was used to estimate the effectiveness of these strategies on aphid populations, whether applied alone or in combination with aphicide treatments. Companion plants help reduce aphid populations and yellowing symptoms in sugar beets, but yield loss due to competition must be controlled. The effectiveness of chemical mediators and beneficial insect releases on aphids is still under evaluation.

Keywords: Beet yellows, Sugar beet, *Myzus persicae*, Control strategies, PNRI.

1. Introduction

1.1. Contexte et enjeu autour de la betterave sucrière : déploiement du PNRI

Depuis septembre 2018, l'interdiction des néonicotinoïdes (NNI) en traitements de semences a placé un certain nombre de filières en difficulté pour la gestion des insectes ravageurs. En 2020, la filière de la betterave sucrière a vu ses rendements chuter en partie à cause de la jaunisse, une maladie virale dont le vecteur principal est le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Audran, 2020). Ce puceron peut transmettre plusieurs virus responsables de la jaunisse : le Beet Chlorosis Virus (BChV, polérovirus), le Beet Mild Yellowing Virus (BMV, polérovirus), le Beet Yellowing Virus (BYV, clostérovirus) et le Beet Mosaic Virus (BtMV, potyvirus) (Hossain *et al.*, 2021). En réponse à cette situation, un Plan National de



Recherche et d'Innovation (PNRI) a été déployé en 2021 pour identifier des solutions opérationnelles pour gérer durablement la jaunisse.

Les alternatives chimiques aux NNI employées à ce jour sont des traitements aphicides en végétation (Teppeki® à base de flonicamide et Movento® à base de spirotétramate, ce dernier étant soumis à une demande de dérogation chaque année). Toutefois, ces traitements n'ont pas permis de contrôler suffisamment les populations de pucerons sur l'ensemble du territoire betteravier en 2020. De plus, ces substances actives ne constituent pas non plus des solutions durables : risque d'apparition de résistance, arrêt de commercialisation pour le produit à base de spirotétramate, etc. Des solutions alternatives sont donc testées dans le cadre du PNRI.

1.2. Les Fermes Pilotes d'Expérimentation (FPE) : une expérimentation à grande échelle

Le réseau des Fermes Pilotes d'Expérimentation est un réseau de parcelles d'agriculteurs réparties dans toutes les régions betteravières visant à évaluer l'efficacité des solutions testées dans le PNRI dans des conditions réelles de production (Figure 1).

Ce réseau a été lancé en 2021 et est coordonné par plusieurs organismes : l'Institut Technique de la Betterave (ITB), les Services Agronomiques de Sucreries (SAS), et les lycées agricoles impliqués dans le projet.

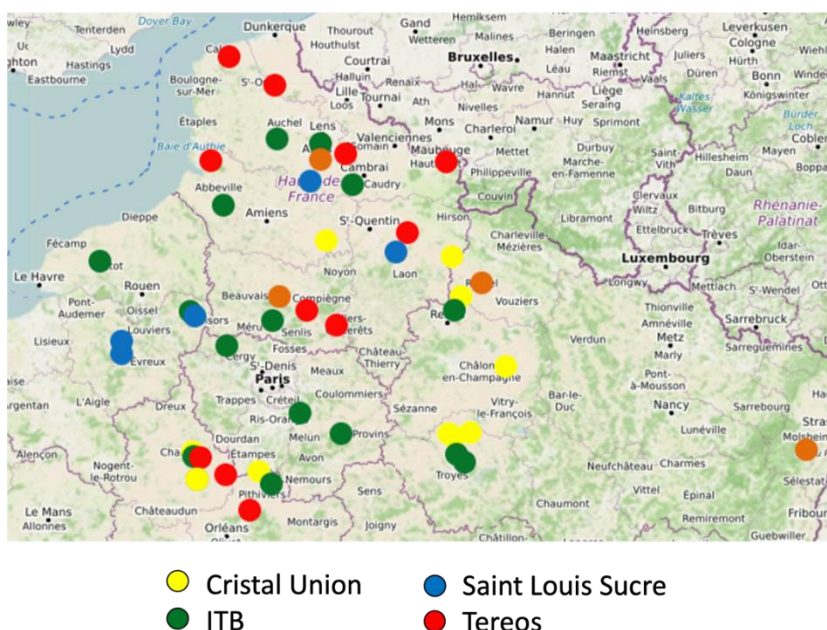


Figure 1 : Cartographie du réseau des Fermes Pilotes d'Expérimentation (FPE).

1.3. Les principaux leviers testés contre la jaunisse de la betterave

Quatre leviers principaux sont testés sur le réseau des FPE pour lutter contre la jaunisse de la betterave.

(1) **Les plantes de service** sont des espèces cultivées avec la betterave sucrière, généralement au début du cycle de la betterave pour limiter les contaminations précoces de pucerons *Myzus persicae*, qui sont les plus préjudiciables pour le rendement. Le mode d'action de ces espèces n'a pas été clairement identifié, mais plusieurs hypothèses sont envisagées. Elles pourraient avoir un effet de camouflage qui diminuerait le contraste avec le sol et perturberait la colonisation par les pucerons, émettre des substances odorantes répulsives, ou favoriser la présence d'auxiliaires en créant un habitat plus diversifié que la culture seule.



(2) **Les allomones**, aussi appelées Composés Organiques Volatiles (COV), qui ont un effet répulsif sur la colonisation, perturbent le comportement alimentaire et les capacités de reproduction des pucerons. Des tests au laboratoire ont permis d'identifier plusieurs mélanges de COV qui permettraient de limiter la colonisation du puceron *Myzus persicae* dans les parcelles de betteraves. Ils permettraient de brouiller les informations perçues par le puceron dans l'environnement olfactif et de rendre les plantes hôtes moins détectables.

(3) **Une phéromone** est une molécule chimique produite par un organisme, qui induit des réactions comportementales chez les individus de la même espèce. L'utilisation de phéromones pour réduire les populations d'insectes ravageurs a fait ses preuves dans d'autres cultures, notamment sur des lépidoptères en verger avec la confusion sexuelle. Cependant, cette méthode n'est pas adaptée au puceron *Myzus persicae* en raison de son mode de reproduction par parthénogénèse (reproduction asexuée). Un autre type de phéromone émis par le puceron dans des situations de danger a donc été identifié. En augmentant artificiellement son niveau d'émission, elle pourrait permettre d'attirer les auxiliaires et donc de réduire les populations de pucerons dans une parcelle.

(4) Les **lâchers d'auxiliaires** ont pour objectif d'augmenter artificiellement les populations d'insectes prédateurs et parasitoïdes de pucerons dans une parcelle. En effet, leur rôle pour nettoyer les parcelles des pucerons est incontestable mais ils arrivent toujours après les pucerons, ce qui ne permet pas de contrôler la transmission virale. Un enrichissement de la parcelle en auxiliaires est donc évalué, avec un choix d'espèces naturellement présentes dans les parcelles de betterave. Deux espèces de chrysopes *Chrysoperla carnea* et *Chrysoperla lucasina* sont lâchées au stade œuf et/ou au stade larvaire.

1.4. Objectif

L'objectif de cet article est de faire la synthèse des essais conduits avec les leviers susmentionnés depuis quatre années dans le réseau de fermes pilotes d'expérimentation, pour identifier des solutions de lutte contre la jaunisse de la betterave sucrière. Les résultats sur les pucerons *Myzus persicae* et sur les symptômes de jaunisse des quatre principaux leviers testés seront donnés. Un focus sur l'impact des plantes de service sur le rendement betteravier sera également illustré. Certaines combinaisons de leviers ont été construites pour obtenir une efficacité supérieure à celle de la stratégie de protection habituelle basée sur l'utilisation d'aphicides.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Conduites et dispositifs expérimentaux

2.1.1. *Plantes de service*

Plusieurs types d'essais incluant des plantes de service ont été conduits dans les FPE de 2021 à 2024 :

- Des essais avec des **plantes compagnes** en microparcelles, pour préciser l'itinéraire technique permettant de limiter la concurrence exercée par les plantes compagnes sur les betteraves avec différentes modalités portant sur les espèces implantées, la densité de semis et le stade des betteraves à la destruction des plantes compagnes (Annexe 1a).
- Des essais avec des **plantes compagnes**, principalement de l'avoine rude et de l'orge de printemps, semées en bandes, pour évaluer leur effet sur les pucerons et la jaunisse en conditions d'expérimentation en parcelles d'agriculteurs. D'autres espèces (féverole, vesce...) ont été testées. Ces essais déployés à grande échelle permettent de déterminer l'efficacité des



différentes espèces, et d'évaluer l'impact de la concurrence sur le rendement betteravier (Annexe 1b).

- Des essais avec un **semis sous couvert vivant ou mulch**, pour évaluer leur effet sur les pucerons et la jaunisse en conditions d'expérimentation en parcelles d'agriculteurs (Annexe 1c et d).

Le dispositif communément mis en place est un dispositif en bandes de betteraves avec et sans plante compagne (Figure 3). Ce dispositif non randomisé a été choisi pour travailler sur des surfaces significatives et pour simplifier l'implantation des plantes compagnes par l'agriculteur. Cette lacune dans le dispositif est compensée par un nombre important d'essais mis en place.

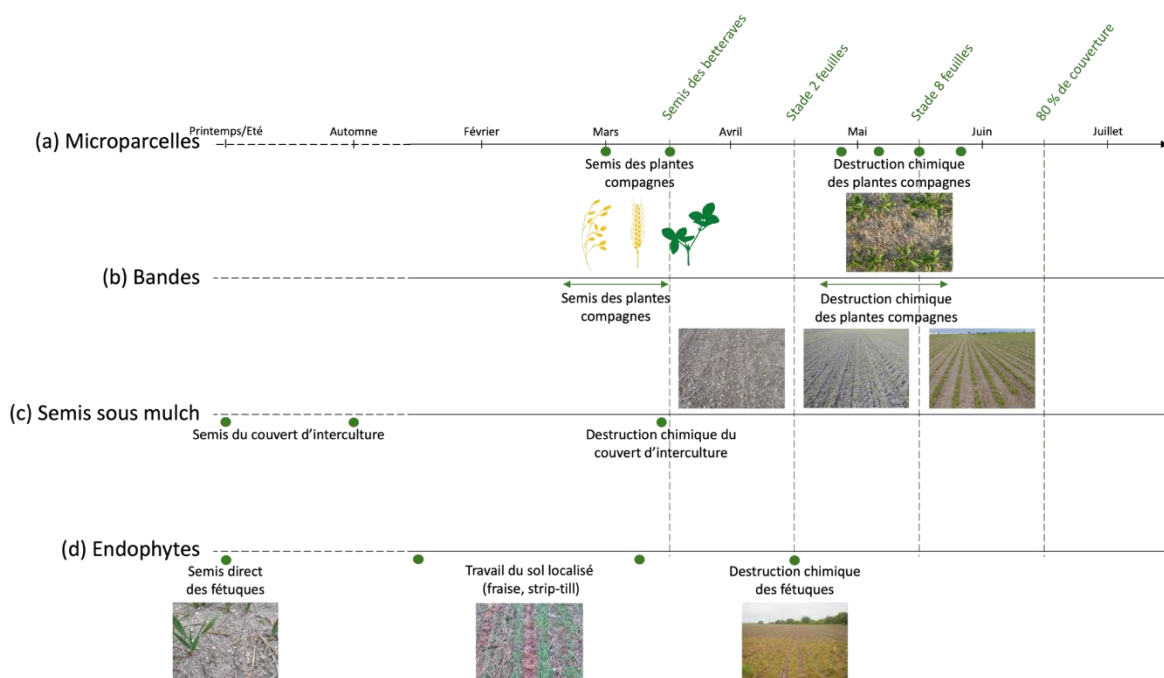


Figure 2 : Schéma des différents itinéraires techniques impliquant des plantes de service, testés sur le réseau des Fermes Pilotes d'Expérimentation du PNRI.

Sur la plupart des essais, le dispositif a été dédoublé pour évaluer l'intérêt des plantes compagnes dans une stratégie de protection aphicide dite complète, correspondant à la conduite de protection conseillée par l'Institut Technique de la Betterave. Elle se résume à une intervention à base de flonicamide à 0,14 kg/ha, suivie au maximum de deux ou trois interventions à base de spirotétramate à 0,45 L/ha (selon la dérogation accordée). Le déclenchement des interventions s'est fait sur la base du dépassement du seuil suivant : 10 % des betteraves colonisées par des pucerons verts aptères.

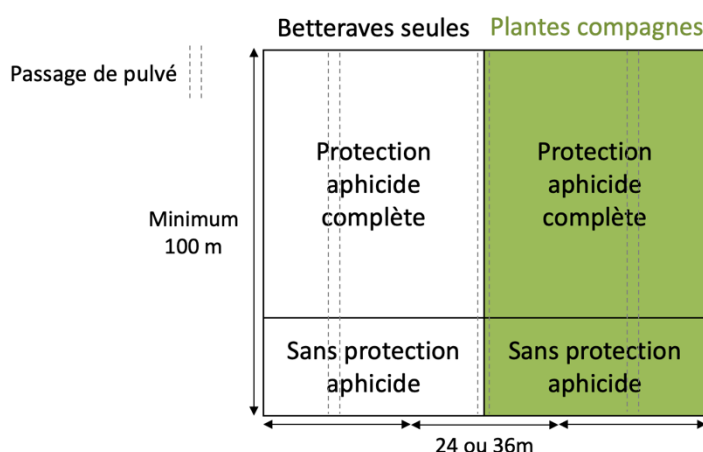


Figure 3 : Dispositif expérimental utilisé pour évaluer l'efficacité des plantes compagnes en combinaison ou non avec une protection aphicide complète.

Plusieurs combinaisons de leviers incluant des plantes compagnes ont été testés dans les FPE pour tenter d'augmenter la protection *vis-à-vis* de la jaunisse et limiter le nombre d'aphicides utilisés tout en maintenant des coûts acceptables. Ainsi, elles ont été croisées avec le champignon entomopathogène *Lecanicillium muscarium* et avec des larves de chrysopes, sous l'hypothèse que les plantes compagnes permettraient de créer un micro-habitat plus favorable au développement du champignon et des auxiliaires.

2.1.2. Médiateurs chimiques : allomones

Les allomones proposées sous forme de granulés par l'entreprise AgriOdor ont été testées dans les FPE en 2023 et 2024 à la suite des travaux conduits dans un projet dédié au sein du PNRI. Ils ont été épanchés à une dose de 4 kg/ha avant l'arrivée des premiers vols de pucerons dans la parcelle, soit au stade 2 feuilles naissantes des betteraves au plus tard.

Deux types de dispositifs ont été mis en place selon le risque de jaunisse présumé dans les secteurs géographiques où les essais ont été mis en place.

Pour faciliter la réalisation des traitements aphicide par l'agriculteur, le dispositif utilisé a été pseudo-randomisé. Ainsi, les modalités correspondant aux différents traitements aphicides ne sont pas randomisées mais celles correspondant aux différents traitements AgriOdor le sont (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Dans les secteurs où le risque jaunisse est jugé élevé, les granulés AgriOdor ont été testés en combinaison avec une protection aphicide complète (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**A) pour voir l'intérêt supplémentaire du levier testé.

Dans les secteurs où le risque jaunisse est jugé modéré à faible, les granulés AgriOdor ont été testés en combinaison avec une protection aphicide incluant l'impasse du premier traitement (T1), pour évaluer l'effet du levier seul en début de cycle de contamination et la pertinence d'une telle stratégie (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**B).

Des zones tampons d'environ 50 m ont été positionnées entre chaque modalité pour limiter les interférences entre les différentes unités expérimentales.

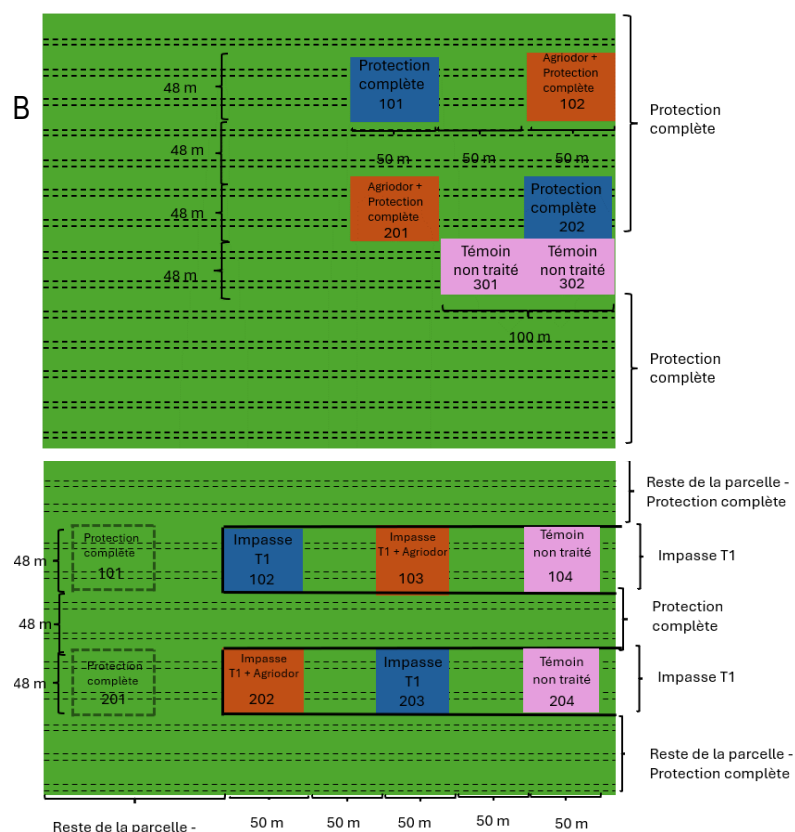


Figure 4 : Dispositifs expérimentaux mobilisés pour évaluer l'efficacité des allomones en combinaison ou non à une protection aphicide complète ou avec une impasse du premier traitement.

2.1.3. Médiateurs chimiques : phéromones

La phéromone a été testée dans les FPE en 2023 et 2024 à la suite des travaux conduits dans un projet dédié au sein du PNRI. La formulation liquide proposée par l'entreprise M2i a été épanchée à une dose

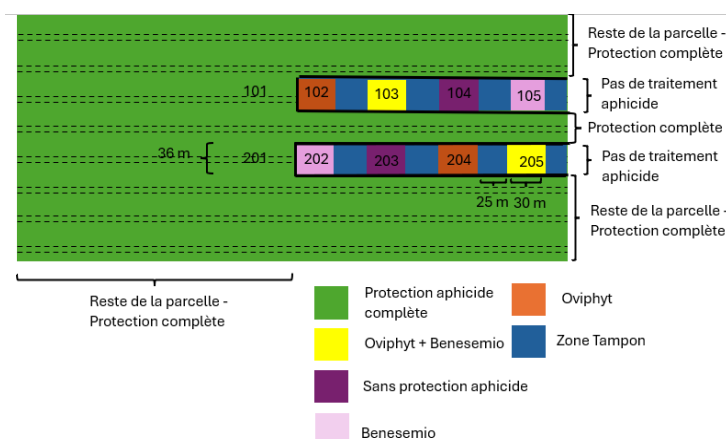


Figure 5 : Dispositif expérimental utilisé pour évaluer l'efficacité des phéromones en combinaison ou non avec de l'huile de paraffine.

de 0,5 L/ha, seule et en combinaison avec de l'huile de paraffine à une dose de 15 L/ha, à l'arrivée des premiers pucerons dans la parcelle.

Le dispositif est en blocs complets randomisés avec deux répétitions (Figure 5). Des zones tampons d'environ 50 m ont été positionnées entre chaque modalité pour limiter les interférences entre les différentes unités expérimentales.

2.1.4. Lâchers d'auxiliaires

Les lâchers d'auxiliaires ont été testés dans les FPE de 2022 à 2024. Deux espèces et deux stades de chrysopes ont été testés : *Chrysoperla lucasina* au stade œufs à une dose de 40 œufs par m² et *Chrysoperla carnea* au stade larvaire à une dose de 4 larves par m².

En 2022, un dispositif très simplifié a été mis en place pour faire la preuve de concept du levier sur pucerons et jaunisse. Il s'agissait d'une zone de 50x50m avec un lâcher d'œufs de chrysopes comparée à une zone de 50x50m sans lâcher de chrysopes. Les résultats encourageants obtenus ont ensuite fait évoluer le dispositif vers un design scientifiquement plus rigoureux. Les premiers résultats ont également fait évoluer la stratégie de protection avec l'inclusion d'un premier traitement aphicide avant le lâcher pour se positionner dans des conditions météorologiques favorables aux auxiliaires.

Pour faciliter la réalisation des traitements aphicides par l'agriculteur, le dispositif utilisé a été pseudo-randomisé. Ainsi, les modalités correspondant aux différents traitements aphicides ne sont pas randomisées mais celles correspondant aux différentes applications de chrysopes le sont (Figure 6).

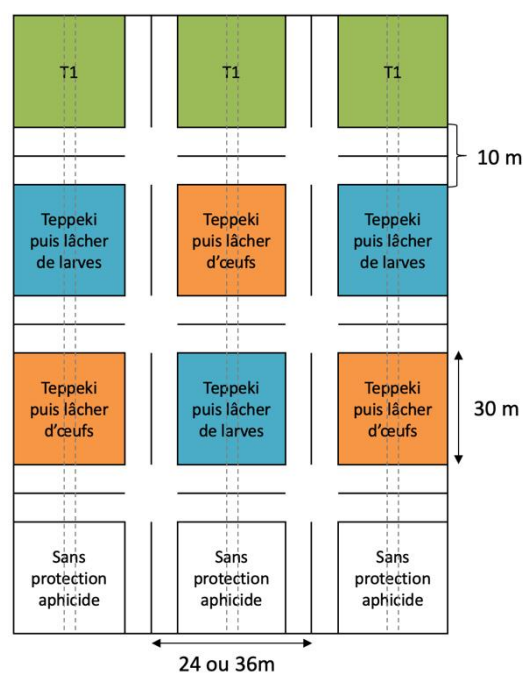


Figure 6 : Dispositif expérimental utilisé pour évaluer l'efficacité des lâchers de chrysopes.



2.2. Observations

2.2.1. **Populations de pucerons**

Dans chaque unité expérimentale (= parcelle unitaire définie par un nombre sur les plans détaillés ci-dessus), les pucerons verts (*Myzus persicae*), noirs (*Aphis fabae*), aptères et ailés sont comptés sur 2 rangs x 5 betteraves. Les comptages débutent à l'observation du premier puceron vert dans la parcelle, puis tous les 15 jours, et jusqu'au dernier traitement aphicide. Les observations sont réalisées au centre de chaque unité expérimentale, à au moins 20 m des bords de l'essai.

2.2.2. **Symptômes de jaunisse**

Avant la récolte, les symptômes de jaunisse sont mesurés selon une échelle de notation de gravité visuelle, complétée par une photographie par drone en cas de difficulté : 0 – 0 % de la surface touchée ; 1 – 1 à 10 % de la surface touchée ; 2 - environ 20 % de la surface touchée ; ... ; 10 – 100 % de la surface touchée. A chaque date d'observation, une note de gravité jaunisse est donnée pour chaque traitement.

2.2.3. **Impact sur le rendement**

Pour évaluer l'impact des plantes compagnes sur le rendement betteravier, des prélèvements de betteraves, ne présentant pas de symptômes de jaunisse visibles, ont été réalisés dans des zones avec et sans plante compagne, pour chaque espèce de plante compagne testée. Un prélèvement correspond à 4 rangs de betteraves sur 4 m, et 3 à 4 prélèvements (répétitions) espacés de 20 m ont été réalisés dans les deux zones ciblées. La rendement racine (t/ha) et la richesse en sucre (%) ont ensuite été mesurées.

2.3. Analyse des données

2.3.1. **Efficacité sur les pucerons verts aptères**

Pour estimer précisément l'efficacité des leviers, un modèle statistique linéaire a été ajusté aux données en tenant compte de la variabilité des effets des traitements entre les sites-années et de l'évolution temporelle du nombre de pucerons verts. Le modèle est basé sur celui utilisé par Laurent *et al.* (2023), pour évaluer l'efficacité de produits phytosanitaires contre les pucerons. Il a été adapté afin de pouvoir évaluer l'effet des plantes compagnes, et les résultats de 36 essais factoriels évaluant l'efficacité du Teppeki® (méthode et résultats présentés dans Laurent *et al.*, 2023) ont été ajoutés pour enrichir la base de données. Le modèle statistique estime l'efficacité de chaque traitement (plante compagne et/ou aphicide), l'individu statistique correspond aux unités expérimentales et l'essai a été considéré en effet aléatoire.

2.3.2. **Efficacité sur les symptômes de jaunisse**

L'efficacité des plantes compagnes sur les symptômes de jaunisse a été calculée pour chaque essai individuellement, et un graphique en boîte à moustache a été réalisé pour synthétiser l'ensemble des essais. L'efficacité est exprimée en pourcentage et correspond à la différence relative de l'intensité des symptômes observés dans les betteraves avec traitement (note_jaun_traitement) par rapport aux betteraves témoin (note_jaun_témoin) :

$$\text{Efficacité (\%)} = (1 - (\text{note_jaun_traitement} / \text{note_jaun_témoin})) \times 100.$$



2.3.3. Impact de la compétition sur le rendement des betteraves

La perte de rendement due aux plantes compagnes a été calculée pour chaque essai individuellement, et un graphique en boîte à moustache a été réalisé pour synthétiser l'ensemble des essais. La perte de rendement est exprimée en pourcentage et correspond à la différence relative de rendement entre les betteraves avec des plantes compagnes (rend_PC) par rapport aux betteraves sans plante compagne (rend_témoin), soit : Perte (%) = $(1 - (\text{rend_PC} / \text{rend_témoin})) \times 100$.

Cette perte de rendement a été calculée pour différentes périodes de destruction des plantes compagnes, pour déterminer celle à privilégier.

3. Résultats

3.1. Efficacité des leviers et des combinaisons sur les pucerons verts aptères

L'analyse statistique réalisée permet d'évaluer la dynamique des populations de pucerons au cours du temps après le premier traitement aphicide, et d'estimer l'efficacité de ces leviers à différents pas de temps (Figure 7).

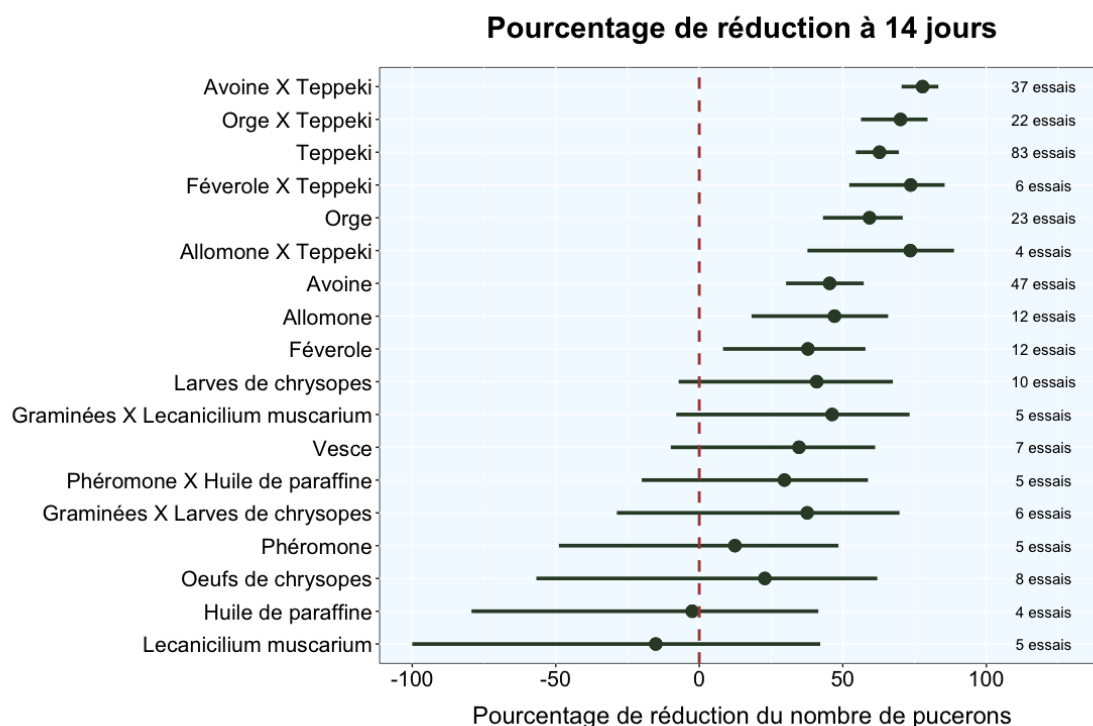


Figure 7 : Efficacité des leviers testés dans le PNRI entre 2021 et 2024 pour réduire l'abondance des pucerons par rapport au témoin non traité, 14 jours après le traitement. Le nombre d'essais inclus dans l'analyse est mentionné à droite de la figure. Lorsque la barre horizontale croise la barre verticale rouge alors l'efficacité du levier est non significative. Ce graphique ne permet pas de comparer les leviers testés entre eux.

Le graphique ci-dessus présente l'efficacité des différents leviers testés sur les populations de pucerons verts aptères, 14 jours après le traitement aphicide. La référence chimique (Teppeki) affiche une efficacité comprise entre 60 et 70 %. Peu de leviers et de combinaisons montrent un effet significatif sur les pucerons. Ce résultat global peut s'expliquer par le faible nombre d'essais réalisés, des conditions d'application non optimisées dans certains essais ou une inefficacité du levier dans les conditions de son usage.



Les graminées en plante compagne permettent une réduction des populations de pucerons verts *Myzus persicae* comprise entre 35 et 60 % pour l'avoine rude et 46 et 73 % pour l'orge de printemps. Ces chiffres ont été obtenus grâce à des essais conduits entre 2021 et 2024 sans protection aphicide pour déterminer l'efficacité du levier seul.

3.2. Efficacité des leviers sur les symptômes de jaunisse

Peu de symptômes de jaunisse ont été observés en 2023 et 2024, mais les observations conduites les années précédentes ont permis de montrer que les graminées (avoine rude et orge de printemps cumulées) en plantes compagnes permettent une réduction des symptômes d'autant plus importante que l'intensité de la maladie dans la parcelle est élevée (Figure 8). En effet, lorsque la sévérité de la jaunisse est inférieure à 2 (soit inférieure à 20 %), la baisse des symptômes liée à la présence des graminées est de 26 % avec une forte variabilité dans les résultats obtenus. Lorsque la sévérité est supérieure ou égale à 2, l'efficacité moyenne est de 44 %, avec trois quarts des situations pour lesquelles l'efficacité est supérieure à 25 %.

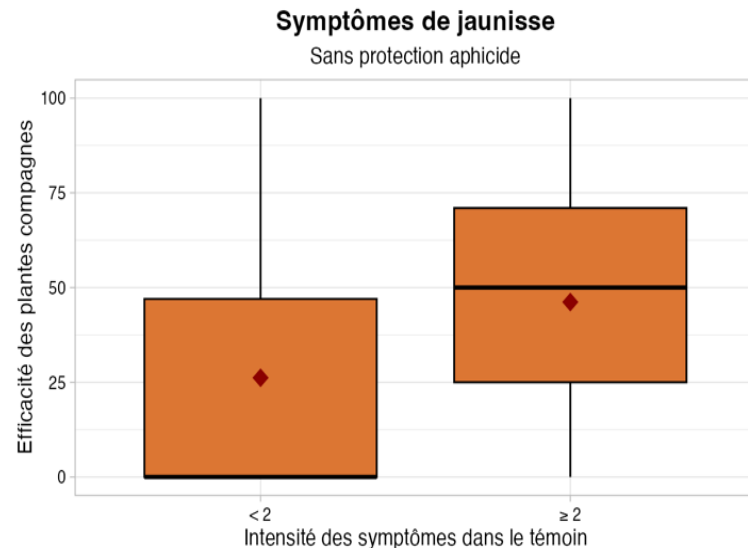


Figure 8 : Efficacité des graminées en plantes compagnes sur les symptômes de jaunisse en fonction de l'intensité des symptômes dans le témoin non traité de l'essai.

Dans les essais testant les médiateurs chimiques et les lâchers d'auxiliaires, les symptômes de jaunisse n'ont pas été suffisamment importants sur un nombre d'essais conséquents pour conduire une analyse des effets sur jaunisse représentative. Ces résultats ne seront donc pas présentés, mais quelques essais avec des différences de symptômes ont encouragé la poursuite des travaux sur ces leviers.



3.3. Impact de la concurrence exercée par les plantes compagnes sur le rendement betteravier

Les plantes compagnes sont présentes en début de cycle de la betterave sucrière, et peuvent concurrencer les betteraves pour les ressources du sol si elles sont maintenues trop longtemps. La concurrence est d'autant plus importante que la destruction des plantes compagnes a été réalisée tardivement (Figure 9). En effet, si une graminée est détruite au-delà du stade 8 feuilles des betteraves, la perte de rendement moyenne est de 18 %. Une destruction plus précoce permet de réduire l'impact sur le rendement des betteraves, avec une perte de 3 % pour une destruction au stade 4 ou 6 feuilles des betteraves. Les conditions de l'année peuvent également impacter le stade de destruction choisi. Une année sèche favoriserait davantage la concurrence et une destruction au stade 4 feuilles maximum serait à privilégier.

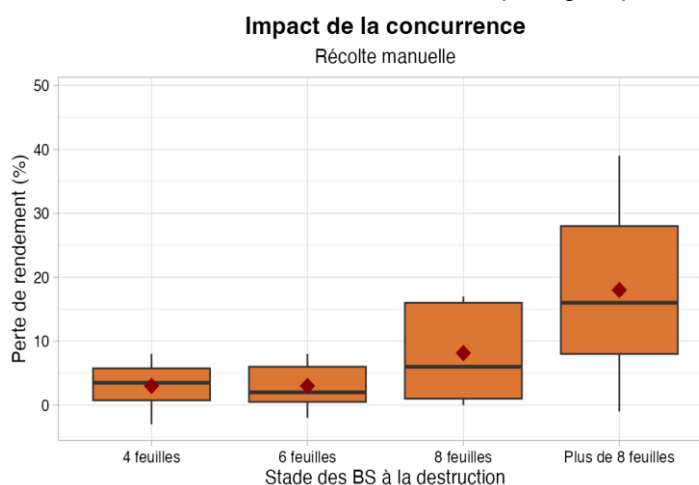


Figure 9 : Impact des graminées en plantes compagnes sur le rendement betteravier selon le stade des betteraves à la destruction de la plante compagne.

4. Discussion

4.1. Plantes de service

Dans les situations sans protection aphicide, les résultats montrent une réduction intéressante des populations de pucerons verts aptères et des symptômes de jaunisse sur betterave en présence d'avoine rude et d'orge de printemps en plantes compagnes. La protection aphicide a montré une efficacité intéressante à 14 jours après l'application. Lorsqu'elle est combinée à l'avoine rude, l'effet additif de la plante compagne est marginal par rapport au traitement aphicide. Les plantes compagnes pourraient permettre une réduction du nombre de traitements aphicides. C'est une piste qui est actuellement explorée dans les essais grâce à des dispositifs croisant des plantes compagnes avec un programme aphicide incluant une impasse sur le premier traitement, ou avec d'autres leviers. Mais le nombre d'essais est encore trop faible pour en tirer des conclusions solides.

4.2. Allomones

Dans les situations sans protection aphicide, les résultats montrent une réduction intéressante des populations de pucerons verts aptères sur betterave, 14 jours après une application des granulés AgriOdor. Néanmoins, les conditions d'évaluation du levier n'étaient pas optimales en raison d'une faible pression en pucerons en 2023 et 2024. La poursuite des travaux sur ce levier nécessitera de pouvoir l'évaluer dans des conditions où la pression en pucerons et jaunisse est plus importante pour juger de son intérêt dans ces situations. Des essais combinant ce levier à une protection aphicide complète permettront de connaître l'intérêt du levier dans des situations où le risque jaunisse est le plus important.

4.3. Phéromones et lâchers d'auxiliaires

Trop peu d'essais ont été conduits sur ces leviers pour juger de leur efficacité. Comme précédemment, il s'agira dans les travaux à venir de poursuivre la mise en place d'essais dans des conditions d'expérimentation où la pression en pucerons et jaunisse est suffisante pour juger de leur efficacité. Pour



le médiateur chimique, un suivi des auxiliaires, et en particulier des coccinelles, sera réalisé pour évaluer l'effet du produit sur la régulation biologique.

5. Conclusion

Les solutions alternatives identifiées montrent une efficacité plus faible que celle des produits aphicides communément utilisés par les betteraviers. Pour certaines, la preuve de concept reste à faire puisque les populations de pucerons observées dans le réseau d'essais ont été globalement faibles lors des campagnes 2023 et 2024

Le PNRI a été lancé avec l'ambition de renforcer l'efficacité des stratégies de protection, jugée largement insuffisante lors de la campagne 2020 au niveau national, et insuffisante également dans un secteur du Centre – Val de Loire lors des campagnes 2021 à 2024.

L'intégration de ces solutions alternatives dans des stratégies de protection doit donc se raisonner en considérant des combinaisons de leviers techniquement et économiquement viables pour renforcer l'efficacité des stratégies, mais également pour réduire la dépendance des agriculteurs à ces solutions aphicides. Construire et évaluer ces stratégies constitue un des objectifs principaux du PNRI-Consolidé, un programme analogue au PNRI qui s'étale sur trois années d'expérimentation supplémentaires, et dont les premiers résultats issus du réseau de FPE 2024 ont été donnés dans cet article.

Ce programme permettra de statuer sur l'intérêt ou non des solutions pour lesquelles la preuve de concept n'a pas pu être faite. Des produits de biocontrôle sont également évalués dans d'autres projets que le réseau de FPE (projet Biocontrôle-C).

Plus largement, le levier variétal est travaillé sous un angle original dans un autre projet (AGIR - financement ANR Ecophyto Maturation) pour tenter d'identifier des variétés moins appétentes pour les pucerons. Leur intérêt sera également évalué en combinaison avec des plantes compagnes. Ces résultats viendront compléter les solutions de lutte existantes ou potentielles.

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.

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.

Déclaration de soutien financier

Cette étude a bénéficié du soutien financier de France Relance.

Références bibliographiques :



Audran X., 2020. France's Sugar Beet Crop Devastated by Disease—Sugar Industry's Viability Threatened, USDA, <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=France%27s%20Sugar%20Beet%20Crop%20Devastated%20by%20Disease%20-%20Sugar%20Industry%27s%20Viability%20Threatened> Paris France 08-11-2020

Hossain R., Menzel W., Lachmann C., Varrelmann M., 2021. New insights into virus yellows distribution in Europe and effects of beet yellows virus, beet mild yellowing virus, and beet chlorosis virus on sugar beet yield following field inoculation. *Plant Pathology*, 70, 584-593. <https://doi.org/10.1111/ppa.13306>

Lai R., You M., Lotz L. A. P. (Bert), Vasseur L., 2011. Response of Green Peach Aphids and Other Arthropods to Garlic Intercropped with Tobacco. *Agronomy Journal*, 103, 856-863. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0404>

Laurent A., Favrot A., Maupas F., Royer C., Makowski D., 2023. Assessment of non-neonicotinoid treatments against aphids on sugar beets. *Crop Protection*, 164, 106140. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106140>



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.