

1. Cadre du projet :

Le projet ICIBA (Intérêts de Cultures Innovantes de Blé Associé) a été lauréat de l'appel à projet Expérimentation de FranceAgriMer 2020, bénéficiant de fonds CASDAR. Il a été piloté par la Chambre régionale d'agriculture Centre-Val de Loire de juin 2020 à mai 2023, en partenariat avec la FDGEDA du Cher, les Chambres d'agriculture de l'Indre et du Loiret, la SCAEL, FREDON Centre-Val de Loire, le Laboratoire d'Eco-Entomologie, et l'Institut Agro.



2. Problématique initiale et objectifs du projet

Les pucerons d'automne (*Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae* et surtout *Rhopalosiphum padi*) et les cicadelles (*Ptamottetix alienus*) peuvent occasionner d'importants dégâts sur blé, du fait des viroses qu'ils transmettent. Depuis l'interdiction des traitements de semences à base de néonicotinoïdes, la gestion des insectes d'automne sur céréales repose sur des applications insecticides répétées en végétation, à durée d'efficacité limitée. D'où l'idée d'évaluer une méthode de lutte alternative : l'association du blé à des plantes compagnes à l'automne. L'hypothèse de départ est que cette pratique pourrait :

- Perturber ces ravageurs d'automne, d'un point de vue mécanique, visuel ou encore olfactif...
- Et/ou favoriser leur régulation par leurs ennemis naturels, notamment : les hyménoptères parasitoïdes, les coccinelles, syrphes, chrysopes ou d'autres prédateurs généralistes comme les carabes ou les araignées. Les plantes compagnes pourraient en effet favoriser ces auxiliaires en leur apportant des ressources à l'automne : en nectar, miellat ou en hôtes alternatifs.

Le projet ICIBA a donc étudié l'intérêt d'associer le blé à des plantes compagnes à l'automne pour limiter les pucerons, cicadelles et dégâts de virose. Il a également évalué la faisabilité technico-économique d'associer du blé à des plantes compagnes à l'automne, étant donné qu'il s'agit d'une pratique peu développée en système conventionnel.

3. Travaux menés et résultats obtenus

Deux types d'essais ont été mis en œuvre dans les 4 départements concernés (18, 28, 36, 45) :

- Des essais en microparcelles de différentes plantes compagnes associées au blé, portant sur leur faisabilité technique. Il s'agissait d'en faire un screening afin de déterminer les plus prometteuses pour être testées en plus grandes bandes.
- Des essais en grandes bandes (> 20m X 60m), dans lesquels des suivis de ravageurs (pucerons et cicadelles), des analyses et des notations de viroses (JNO et maladie des pieds chétifs) et des suivis d'auxiliaires ont été réalisés.

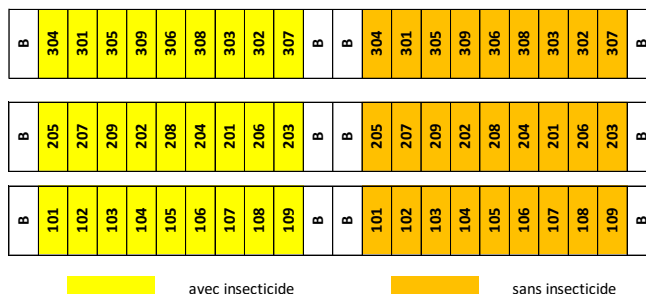
Dans les deux cas, les plantes compagnes étaient semées début septembre afin d'avoir le temps de se développer pendant l'automne. Le blé était semé par-dessus début octobre en semis direct, ce qui suppose de disposer d'un semoir adapté. L'objectif était d'implanter le blé tôt afin de se placer en conditions plus favorables pour observer des pucerons et auxiliaires, dans notre cadre expérimental.

a. Essais en microparcelles : évaluation de la faisabilité technique de différentes associations de plantes compagnes avec le blé

4 essais en blocs de microparcelles ont été menés en 1^{ère} année, afin d'évaluer la faisabilité technique de différentes plantes compagnes associées au blé. 8 plantes compagnes du blé ont ainsi été testées. Un des essais n'ayant pas réussi la 1^{ère} année (conditions sèches au moment de la levée des plantes compagnes), il a été reconduit l'année suivante.

Dispositif expérimental mis en place :

Chaque essai était divisé en deux ensembles de modalités identiques mais traités différemment, l'un ayant reçu un traitement insecticide à l'automne, l'autre non. Au sein de chacun de ces ensembles, on retrouve 9 modalités d'associations testées, répétées 3 fois, pour un total de 54 microparcelles.



Le désherbage du blé a été adapté afin de ne pas détruire les plantes compagnes.

Les associations testées étaient les suivantes :

- Blé seul (témoin)
- Blé + pois de printemps (70g/m²)
- Blé + vesce velue (81g/m²)
- Blé + pois chiche (60g/m²)
- Blé + vesce commune (80g/m²)
- Blé + moha (500g/m²)
- Blé + fénugrec (200g/m²)
- Blé + sarrasin (80g/m²)
- Blé + cameline (150g/m²)

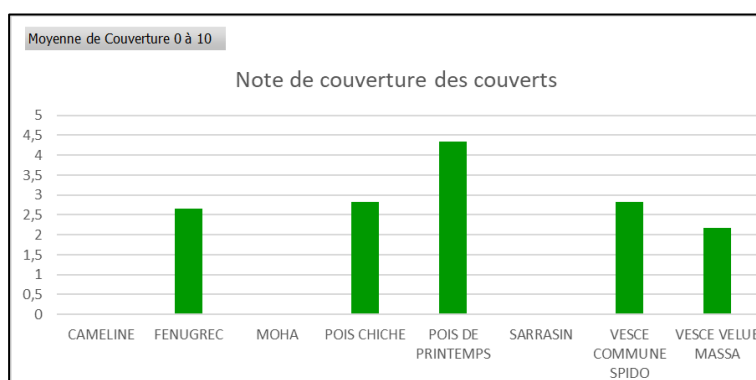
Les notations et mesures effectuées sur les microparcelles, par les agronomes des structures partenaires portaient sur : la densité de levée des plantes compagnes et celle du blé, la couverture par les plantes compagnes, les adventices, le stade du blé, les dégâts de virose, le rendement et sa qualité (poids spécifique, taux de protéines, poids de mille grains) ...

Résultats des essais en microparcelles :

Le développement des plantes compagnes a varié selon les sites. Globalement, les plantes qui se sont le mieux développées sont : les vesces, le pois chiche, le fénugrec et le pois de printemps.

Celles qui se sont le moins développées (voire qui n'ont pas levé sur certains sites) sont : la cameline, le moha, le sarrasin.

Des espèces plus gélives que d'autres, comme le moha et le sarrasin ont disparu pendant l'hiver.



Les 3 essais en blocs de microparcelles ont permis de sélectionner 3 espèces de plantes compagnes à tester en 2^{ème} et 3^{ème} année du projet : **féverole, vesce commune et pois de printemps**. Il s'agit de 3 espèces qui ont réussi à se développer dans les microparcelles malgré les conditions sèches au moment de leur semis.

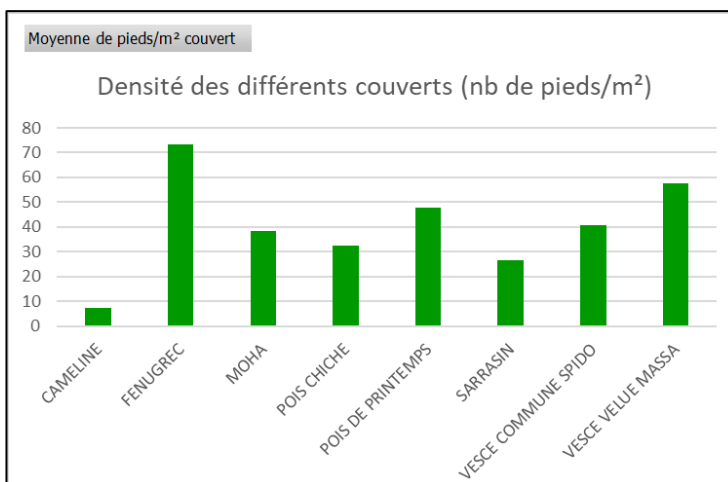
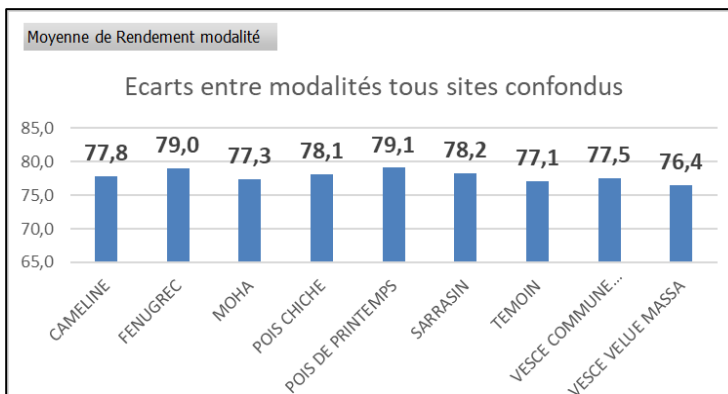
Le pois chiche n'a pas été retenu car trop sensible aux herbicides. La gestion du désherbage est un point clef car les infestations de graminées, comme le vulpin ou le ray-grass, nécessitent des interventions avec des désherbants d'automne qui peuvent bloquer le développement des couverts.

De plus la vesce commune et la féverole ont été retenues car elles produisent des nectars extrafloraux susceptibles d'alimenter les hyménoptères parasitoïdes à l'automne à un jeune stade de la plante compagne. Le pois quant à lui permet de tester une légumineuse ne produisant pas de nectar extrafloral. Qui plus est, il s'agit d'une espèce dont les semences sont faciles d'accès pour les agriculteurs dans l'optique d'un développement de la pratique.

Globalement les rendements obtenus sur blé dans les microparcelles sont bons : pas d'effet concurrentiel des couverts observé.

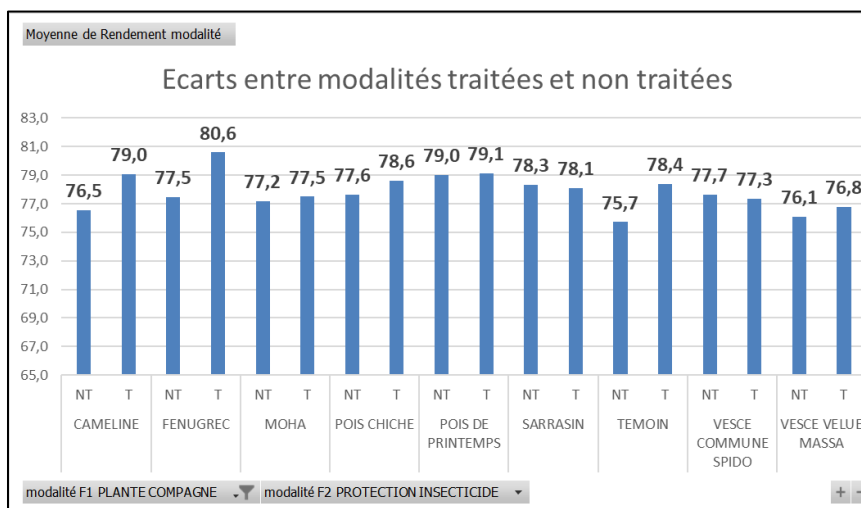
Néanmoins il s'agit de résultats sur seulement une année et ceci est à mettre en relation avec une biomasse relativement faible des plantes compagnes car la sécheresse du mois d'août-septembre n'a pas permis d'installer les couverts précocement. Nous constaterons plus loin que les résultats de rendements du blé dans les essais bandes ont été moins positifs.

Certains couverts ont levé mais se sont très peu développés ou ont disparu durant l'automne : cameline, sarrasin, moha.



On observe peu de différences de rendement du blé entre les modalités traitées et non traitées insecticide, avec néanmoins une tendance de léger gain de rendement dans les modalités traitées, même quand il n'y a pas de virose.

Certaines modalités semblent se démarquer avec un plus fort écart traité/non traité : cameline, fénugrec et le témoin blé pur ce qui indiquerait une tendance positive des autres plantes compagnes en situation non traitée. Il n'y a pas eu d'analyses de virose réalisées sur les microparcelles. Les faibles pressions viroses de l'année ne permettent pas de conclure quant à l'effet potentiel des plantes compagnes pour les limiter.



Il n'y a pas eu d'effet observé des plantes compagnes sur le **taux de protéines** du blé ni sur le poids spécifique.

b. Essais en grandes bandes : évaluation des effets sur les ravageurs, viroses et auxiliaires

Dispositif expérimental :

Il s'agissait de comparer, sur une même parcelle, une bande de blé pur avec des bandes de blé associées. Les suivis portaient à la fois sur des critères agronomiques mais aussi sur les ravageurs, viroses et auxiliaires. La taille minimum de chaque bande était 20m X 60m.

L'objectif initial était de suivre **une dizaine d'essais bandes par an sur les 3 ans du projet**. Dans les faits certains essais n'ont pas été valides à cause de pratiques de désherbage mal adaptées, de repousses de colza trop importantes, de dégâts de limaces ou encore de destruction par la grêle. Finalement, seuls 16 essais bandes ont pu être exploités.

Des essais de **blé + féverole** en grandes bandes ont été mis en place **dès la 1^{ère} année** du projet (2020-2021). En effet, la faisabilité technique de cette association avait déjà été évaluée dans des travaux antérieurs. Ces essais comparaient une bande de l'association blé-féverole (B1) avec une bande témoin (B0) de blé pur, localisées côte à côte sur une même parcelle.

Les bandes n'étaient pas traitées à l'insecticide à l'automne. Chaque bande avait le même itinéraire technique pour ne pas occasionner de biais entre les relevés de biodiversité (par exemple, en parallèle du semis de la féverole sur B1, un passage de semoir à vide était réalisé sur B0).

En **2^{ème} et 3^{ème} année** (année 2021-2022 et 2022-2023) : des essais bandes ont été réalisés, avec le même protocole, mais comparant cette fois-ci le témoin blé pur et **3 modalités d'association** du blé :

- Avec **féverole** (B1),
- Avec **pois de printemps** (B2)
- Avec **vesce commune** (B3).

L'ordre des bandes était randomisé.

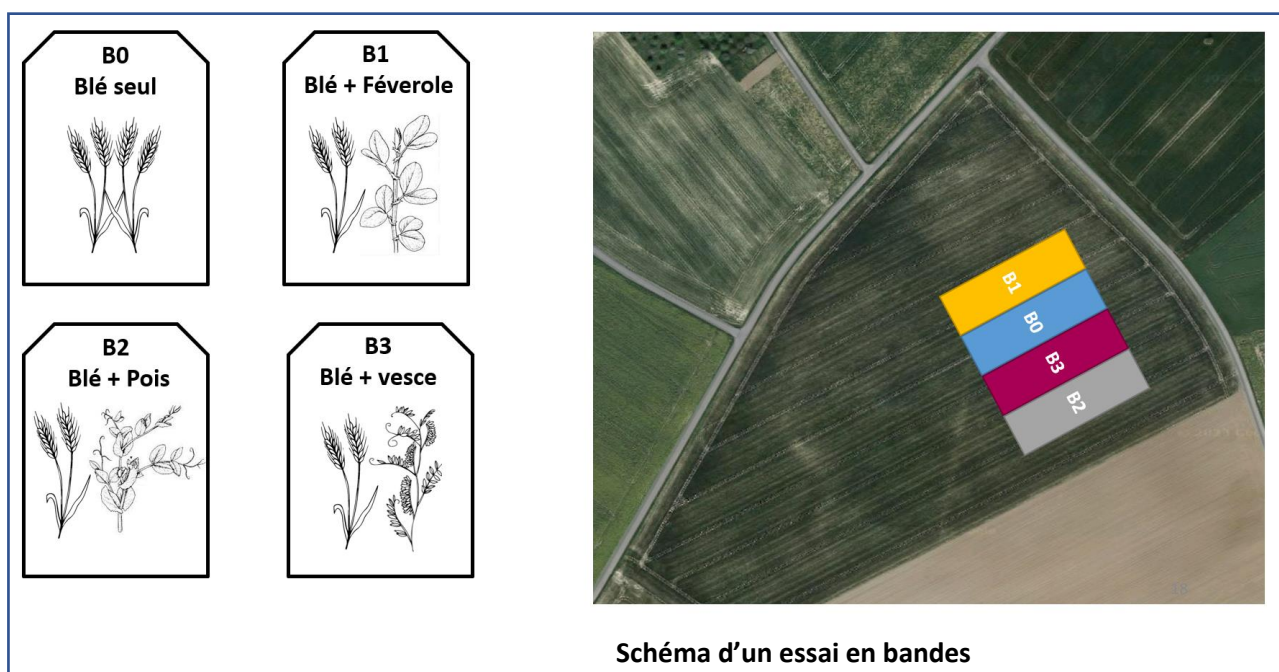


Schéma d'un essai en bandes

Suivis réalisés :

Des suivis agronomiques des bandes ont été réalisés : les mêmes que ceux menés en microparcelles, avec en plus des **analyses de viroses sur blé**. Ces analyses portaient sur la **Jaunisse Nanisante de l'Orge (JNO)**, transmise par les pucerons, et la **maladie des pieds chétifs (virus WDV)**, transmise par les cicadelles. Elles ont été réalisées en laboratoire, à partir de plants de blé prélevés courant montaison. Des **observations visuelles des symptômes de JNO** ont également été réalisées en début d'épiaison.

Les suivis de **ravageurs et auxiliaires** ont porté sur :

- Les **pucerons ailés** du blé et des plantes compagnes, via le suivi des **cuvettes jaunes** : une cuvette par essai en bandes, relevée chaque semaine du semis du blé jusqu'à mi-décembre (8 dates de relevés/an). FREDON CVL a réalisé les comptages et identifications par espèce.
- Les **cicadelles**, via des **plaques jaunes engluées** : une plaque par bande chaque semaine du semis du blé jusqu'à mi-décembre (8 dates de relevés/an).
- Les **pucerons, momies et auxiliaires sur blé et plantes compagnes**, suivis par observations visuelles par FREDONCVL (5 placettes de 30 plantes de blé et 5 plantes compagnes par bande ; 3 dates de relevés à l'automne)
- **La réalisation d'aspirations d'insectes** dans les bandes (en même temps que les observations visuelles). Les échantillons sont prélevés en double afin de mettre un premier lot (congelé et pré-trié) à disposition de l'Institut Agro pour **analyses biochimiques** des micro-hyménoptères parasitoïdes de pucerons, le deuxième lot étant destiné au Laboratoire d'Eco-entomologie pour identifications.

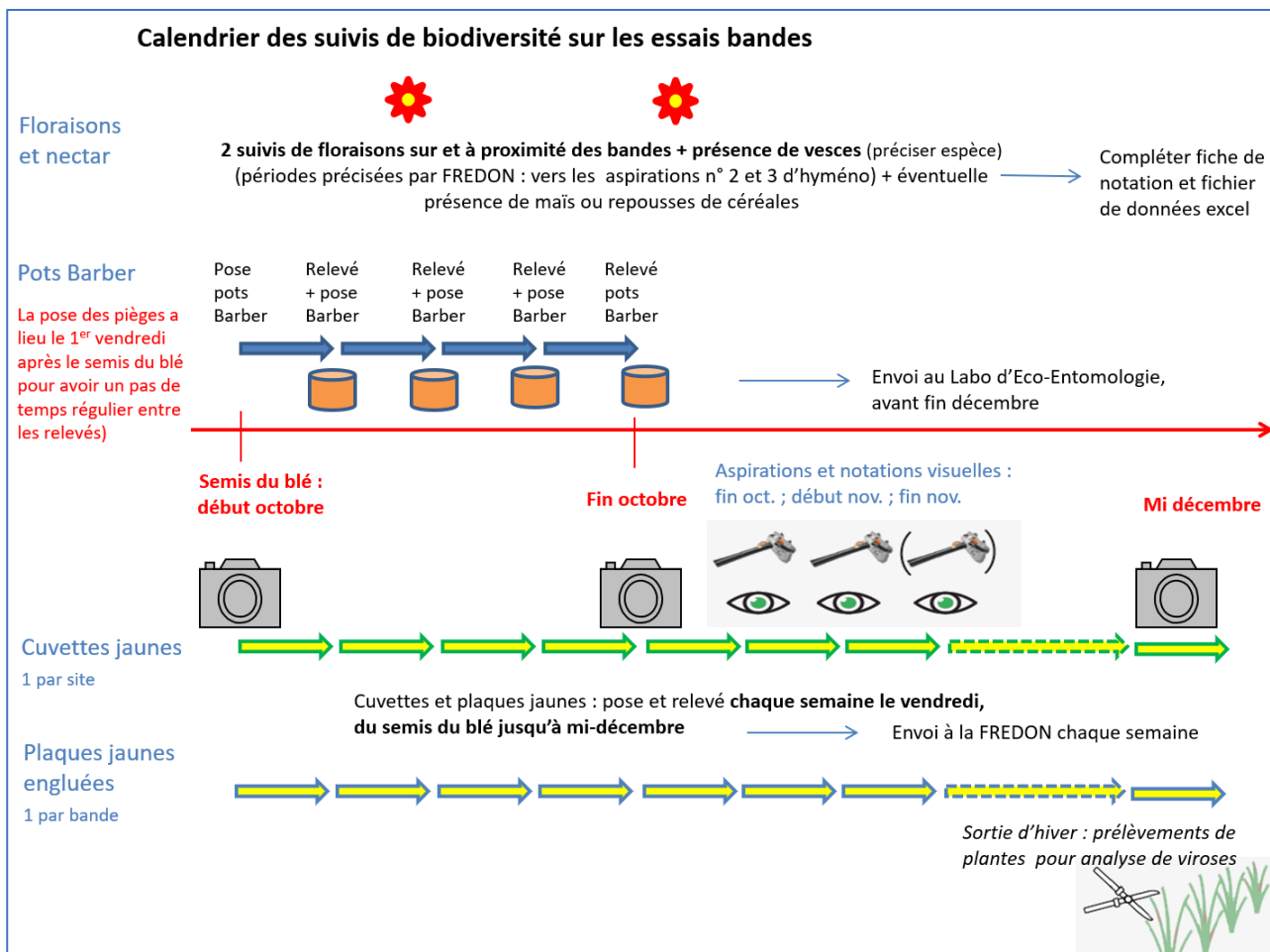
L'Institut Agro a réalisé, avec l'équipe EGI de l'IGEPP à Agrocampus Ouest Angers, des analyses biochimiques de parasitoïdes de pucerons, afin d'étudier leur profil nutritionnel et leur espèce de puceron hôte, et de rechercher si les plantes compagnes ont apporté des ressources à ces auxiliaires. Ces analyses ont porté sur la composition en sucres des hyménoptères parasitoïdes de pucerons dans les différentes modalités d'associations testées. A partir de la 2^{ème} année du projet, ces analyses ont porté également sur d'autres composantes : protéines, lipides, glycogène et morphologiques (taille du tibia), permettant un diagnostic de l'ensemble des ressources limitantes pour les hyménoptères parasitoïdes. L'interprétation de ces analyses repose sur la comparaison à des profils de référence d'hyménoptères, obtenus par mesure en laboratoire, en conditions de nourrissage et de températures contrôlées.

Le **Laboratoire d'Eco-entomologie** a identifié les insectes auxiliaires issus des aspirations : **hyménoptères, punaises prédatrices, syrphes...** Il a compté les **pucerons et cicadelles parasités** par des hyménoptères parasitoïdes Drynidae. Les résultats ont été enregistrés dans une base de données, précisant les écologies des auxiliaires identifiés lorsque l'information est connue.

- La **faune terricole** et plus particulièrement les auxiliaires prédateurs généralistes suivants, susceptibles notamment de réguler les pucerons : **carabes, staphylins, araignées, opilions**. Le protocole de suivi reposait sur des **pièges Barber** : lignes de 5 pots Barber dans les bandes de cultures associées et dans les bandes témoins de blé. Temps de pose des pièges avant prélèvement : 1 semaine. 1^{ère} pose des pièges à partir du vendredi suivant le semis du blé. 4 semaines de relevés. Concernant la faune terricole, les prélèvements de pots Barber égouttés, mis dans l'alcool et étiquetés ont été transmis au **Laboratoire d'Eco-entomologie**, pour identification des espèces de carabes et staphylins et comptage des araignées et opilions. Le laboratoire d'Eco-entomologie a réalisé l'analyse statistique des données sous R et produit les rapports pour les 3 années de suivi.

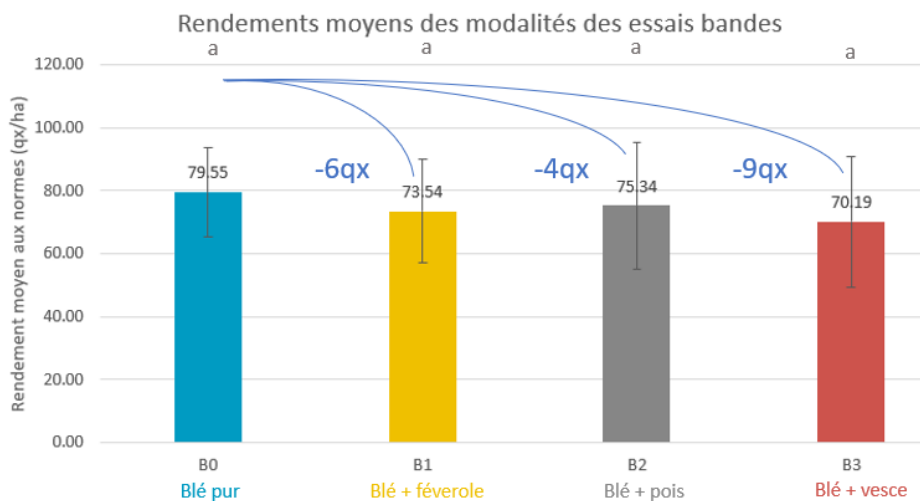
D'autres données explicatives ont été collectées par les partenaires :

- Données météo.
- Données paysagères : carte de localisation des essais dans leur environnement paysager, photos panoramiques du paysage alentours, présence de floraisons importantes ou de plantes produisant du nectar extra-floral (vesce commune) à proximité des bandes expérimentales (dans les bordures de champs, les haies, les cultures voisines...). Il s'agissait de repérer les autres éventuelles ressources pour les insectes auxiliaires.
- Données sur l'itinéraire technique des parcelles concernées.



Résultats des essais en grandes bandes :

En termes de résultats agronomiques, **l'association du blé à des plantes compagnes à l'automne a souvent pénalisé le rendement du blé** (perte de l'ordre de -6 qx/ha) et n'a pas eu d'effet significatif sur le taux de protéines.



La **faible présence de viroses** dans les parcelles d'essais **ne permet pas de conclure statistiquement** sur l'impact des associations, même s'il semble y avoir une **tendance de plus faible présence de JNO** sur les bandes de blé associé par rapport au blé pur.

D'un point de vue économique, dans des cas de faible présence de virose **la pratique n'est pas rentable** puisqu'elle occasionne des **moins-value de l'ordre de 150€/ha à 300€/ha**. Dans d'autres situations, comme une forte présence de virose ou encore des conditions limitantes en azote, les cultures associées au blé ces résultats pourraient être différents.

Les résultats sur le taux de protéines pourraient aussi être meilleurs si la plante compagne était maintenue plus longtemps avec le blé. De même pour les résultats économiques si la plante compagne était récoltée en plus du blé. Mais cette option n'a pas été retenue dans le projet, du fait notamment des freins techniques liés au tri et la commercialisation, en céréaliculture conventionnelle, du blé issu de culture associée.

Le projet a permis de progresser sur l'itinéraire technique de la mise en place de blé associé, en proposant un **itinéraire technique complet sur la culture du blé associée à la féverole**. En effet l'association avec la féverole semble être la plus performante : sa rusticité lui permet de mieux résister aux dégâts de ravageurs ainsi qu'aux herbicides et d'avoir une meilleure levée. Cet itinéraire technique propose notamment une conduite du désherbage du blé adaptée aux plantes compagnes.

Les **résultats sur les ravageurs et auxiliaires de cultures** sont quant à eux **globalement positifs**, même si les faibles pressions pucerons, cicadelles et viroses lors des deux premières années d'essais (et surtout à l'automne 2021) ont limité l'acquisition de références.

Le blé associé, notamment à la féverole, a souvent permis de limiter les vols de pucerons et pu favoriser certains auxiliaires tels que des punaises prédatrices (Anthocorides) et les hyménoptères parasitoïdes des pucerons (Aphidius et Ephedrus). Le tableau ci-après résume ces résultats sur les insectes volants.

Le tableau ci-dessous résume les modalités présentant des résultats significativement positifs (en vert), selon les ravageurs et auxiliaires étudiés

	2020 <i>(B0 et B1 uniquement)</i>	2021	2022
Diminution du nombre de cicadelles	B1	Pas assez d'effectifs	
Diminution du nombre de pucerons ailés	B1		B2
Meilleurs effectifs d'insectes auxiliaires	B1		B1 & B3
Meilleurs effectifs de punaises anthocorides	B1		B1 & B3
Meilleurs effectifs d'hyménoptères parasitoïdes des pucerons (<i>Aphidius</i> et <i>Ephedrus</i>)	B1		B2

B0 = blé seul / B1 = « blé + féverole » / B2 = « blé + pois » / B3 = « blé + vesce »

En ce qui concerne les **analyses biochimiques**, elles n'ont pas permis de mettre en évidence l'intérêt de cultures associées comme apport de ressources aux hyménoptères parasitoïdes de pucerons. D'une part, le nombre de données collectées était insuffisant (populations faibles à cette période, surtout en conditions météo défavorables), d'autre part, les hyménoptères parasitoïdes se sont déplacés entre les bandes pour rechercher de la nourriture et des sites de pontes. Cependant quelques tendances peuvent être dégagées :

- L'association de légumineuses dans les parcelles de céréales ne semble pas apporter de bénéfice important en termes de fourniture de nectar, le miellat représentant une source efficace de nourriture lorsque les ressources florales sont faibles.
- Cette association peut quand même présenter un intérêt, comme source d'hôtes alternatifs efficaces pour certaines espèces comme *Aphidius ervi*, capable de parasiter les pucerons des céréales. En outre certains pucerons spécifiques des légumineuses, comme *Aphis fabae*, sont des producteurs de miellats efficaces.

Au niveau de la faune auxiliaire terricole, **les associations de cultures semblent favoriser l'abondance et la diversité des carabes, des araignées et des opilions** dans la majorité des essais, en revanche, pour les staphylins cela semble être le contraire. Mais les résultats sur les araignées et staphylins sont à prendre avec précaution car les effectifs étaient faibles.

La variabilité des résultats entre sites et la faible pression en pucerons durant le projet ne permettent pas de tirer de conclusions fermes, mais les résultats sur les insectes d'automne sont encourageants.