



**LUTTE BIOLOGIQUE AUX VERS-GRIS PAR LES TRAVAUX DE SOL SAISONNIERS ASSOCIÉS AUX  
CULTURES DE COUVERTURE POUR LA PRODUCTION DES CRUCIFÈRES BIOLOGIQUE**

**20-020-IRDA**

DURÉE DU PROJET : MARS 2020 / MAI 2024

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :

Maxime Lefebvre (IRDA), Laurence Jochems-Tanguay (IRDA), Justin Ouellette (IRDA), Mick Wu (IRDA)

Avec la participation de :

Annabelle Firlej (IRDA), Geneviève Legault (MAPAQ), Melissa Gagnon (MAPAQ), Ève Abel (MAPAQ),  
Jean-Philippe Légaré (LEDP), Sandra Mougeot (IRDA)

1 mai 2024

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

# LUTTE BIOLOGIQUE AUX VERS-GRIS PAR LES TRAVAUX DE SOL SAISONNIER ASSOCIÉS AUX CULTURES DE COUVERTURE POUR LA PRODUCTION DES CRUCIFÈRES BIOLOGIQUE

20-020-IRDA

## RÉSUMÉ DU PROJET

Plusieurs cultures légumières telles que les crucifères sont fortement endommagées au printemps par la présence des vers-gris et les producteurs en régie biologique sont à court de solutions pour y faire face. Les espèces problématiques colonisent les champs à l'automne ou au printemps, ciblant des sites de pontes préférentiels selon leur biologie. Il est probable que les opérations culturales de gestion des cultures de couverture et des résidus aient un impact notable sur les populations de ces ravageurs.

L'objectif principal de cette étude vise à évaluer l'impact des pratiques de labour et d'enfouissement des cultures de couverture pour limiter les dommages des vers-gris sur les cultures légumières. Durant la première année de ce projet, l'objectif était d'identifier la meilleure technique d'échantillonnage des chenilles dans les champs et en bordure de champs parmi quatre techniques (piège fosse, piège appât, piège refuge et collecte de sol) afin de caractériser leur répartition spatiale avant et après l'implantation d'une culture légumière. De ces travaux, les pièges fosses et appâtés d'un mélange de semoule de maïs biologique, de granules de luzerne biologiques et d'eau se sont avérés les plus efficaces. Un piège a été développé, combinant les pièges fosses appâtés et des barrières guides au sol. Ce piège a été employé dans la seconde phase du projet dont l'objectif était d'évaluer l'effet de trois méthodes de destruction de cultures de couverture (1 : sans culture de couverture (C.C) + labour d'automne, 2 : C.C. fauchée sans travaux d'automne, 3 : C.C. fauchée + herse à disque et 4 : C.C + labour) sur les populations du ver-gris noir et du ver-gris moissonneur. L'abondance et la répartition des larves de vers-gris capturées dans l'espace et dans le temps ont été évaluées grâce à aux pièges fosses appâtés, disposés en transect dans chaque parcelle. Les dommages des vers-gris ont été évalués en dénombrant les plants de choux var. Bronco endommagés par les vers-gris sur 5 rangs par parcelle pendant plusieurs semaines à partir de la transplantation des choux. Cette expérience a été répétée deux ans, où la vaste majorité des captures de vers-gris fut attribuée au ver-gris moissonneur, alors qu'aucun ver-gris noir n'a été capturé. Par conséquent, les analyses et conclusions ne s'appliquent que pour cette espèce.

Les trois méthodes de destruction des cultures de couverture n'ont pas eu d'impact significatif sur l'abondance des chenilles dans les parcelles de choux. Un effet des traitements de destruction de la culture de couverture a été détecté sur l'évolution des dommages causés par les vers-gris dans les parcelles. Les effets mesurés sont de faible importance et la variabilité des résultats entre les deux années d'expérimentation suggère que l'étude mérite d'être répétée sur plusieurs années pour conclure de l'effet réel de ces stratégies. Le piège développé dans le cadre de cette étude représente une avancée significative pour la gestion de ces ravageurs. Il a permis de brosser un portrait intéressant des populations de ver-gris moissonneur dans nos conditions expérimentales et a permis de capturer des individus avant même l'implantation de la culture. Ces observations sont stimulantes pour tenter de développer un piège et une méthodologie plus optimisée permettant d'évaluer les risques que les vers-gris pourraient poser aux cultures avant leur implantation, et éventuellement ajuster la stratégie de gestion de ces ravageurs.

## INTRODUCTION

Les chenilles des vers-gris peuvent s'alimenter sur un grand nombre d'espèces végétales appartenant à diverses familles de plantes cultivées et de mauvaises herbes. Au Québec, une quinzaine d'espèces sont susceptibles de s'attaquer aux légumes et la majorité sont des vers-gris faucheurs. Parmi ceux-ci, le ver-gris moissonneur et le ver-gris noir sont des espèces communes. Plusieurs cultures légumières telles que les crucifères sont fortement endommagées au printemps par la présence des vers-gris et les producteurs ont peu de solutions pour y faire face. L'écologie des vers-gris dans le champ et les techniques d'échantillonnage des stades larvaires de ces ravageurs sont plutôt méconnues. Bien que des essais étudiant l'incidence des mauvaises herbes et des labours sur les vers-gris ont déjà été réalisés en Europe et en Amérique du Nord, aucun essai de ce genre n'avait été conduit à ce jour au Québec.

## OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'effet des pratiques de labour et d'enfouissement des cultures de couverture pour limiter les dommages des vers-gris sur les cultures légumières au Québec. Ce projet s'est déroulé sur une période de 3 ans (2021-2023) à Saint-Bruno-de-Montarville à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique (PIAB) de l'IRDA. La première année de ce projet était consacrée d'abord à identifier la meilleure technique d'échantillonnage des chenilles dans les champs et en bordure de champs parmi quatre techniques (piège fosse, piège appât, piège refuge et collecte de sol) afin de caractériser leur répartition spatiale avant et après l'implantation d'une culture légumière (sous-objectif 1-2021). La technique d'échantillonnage sélectionnée était ensuite employée dans la phase suivante du projet où l'effet d'un labour et de trois méthodes de destruction de cultures de couverture sur les populations de ver-gris noir et moissonneur a été étudié (sous-objectif 2-2022 et 2023).

### **SOUS-OBJECTIF 1 : DÉTERMINER LA MEILLEURE TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONNAGE DES CHENILLES AFIN DE CARACTÉRISER LEUR RÉPARTITION SPATIALE AVANT ET APRÈS L'IMPLANTATION D'UNE CULTURE LÉGUMIÈRE.**

Quatre techniques d'échantillonnage de vers-gris ont été testées en champ et en bordure de champs avant et après l'implantation d'une culture de choux (variété Bronco) en 2021 à Saint-Bruno-de-Montarville sur la Plateforme d'innovation en agriculture biologique (PIAB) de l'IRDA (**Figure 1**). Les techniques évaluées sont :

1. Piège fosse (deux pots blancs d'une hauteur de 9 cm et d'un diamètre de 7,5 cm emboîtés l'un dans l'autre et remplis d'eau savonneuse. Un chloroplaste de 18 cm<sup>2</sup> était maintenu au-dessus du pot par deux piquets).
2. Piège appât (composé d'un mélange de semoule de maïs biologique, de granules de luzerne biologiques et d'eau selon un ratio de 1 : 1 : 1,14. Chaque piège appât contenait 43 g du mélange. Une petite cage recouvrait l'appât pour le protéger des animaux).
3. Piège refuge (8 rectangles de jute de 30 x 30 cm empilés et maintenus au sol par quatre broches de métal).
4. Collecte de sol + entonnoir Berlèse (254,5 cm<sup>3</sup> de sol était récolté à l'aide d'un cylindre en métal d'un diamètre de 6 cm et d'une profondeur de 9 cm et placé dans un entonnoir Berlèse sous lumière pendant 24 heures).



**Figure 1.** Techniques d'échantillonnage des vers-gris. Piège fosse (A), piège appât (B), piège refuge (C) et collecte de sol (D)

### 1. Dispositif expérimental et régie de culture

Les techniques d'échantillonnage ont été implantées sur le dispositif le 10 mai 2021 dans un champ argileux dont le précédent cultural était une prairie. Le dispositif était composé de cinq blocs comprenant chacun une portion à l'intérieur du champ (zone champ) et une autre en bordure du champ (zone bordure). Dans le champ, les quatre techniques d'échantillonnage étaient alignées à une distance de 9 m de la bordure, représentant le centre de l'entre-rang des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> rangs de choux. La distance entre les techniques d'échantillonnage était d'au moins 1 m à l'intérieur de chaque parcelle. Dans la bordure de champs, les distances entre les pièges étaient identiques à celles en champ (**Figure 2**). L'ordre de positionnement des techniques d'échantillonnage était aléatoire. Le premier relevé des pièges a été effectué le 13 mai, soit 17 jours avant l'implantation de la culture de choux. Les relevés subséquents étaient réalisés 2 fois par semaine.

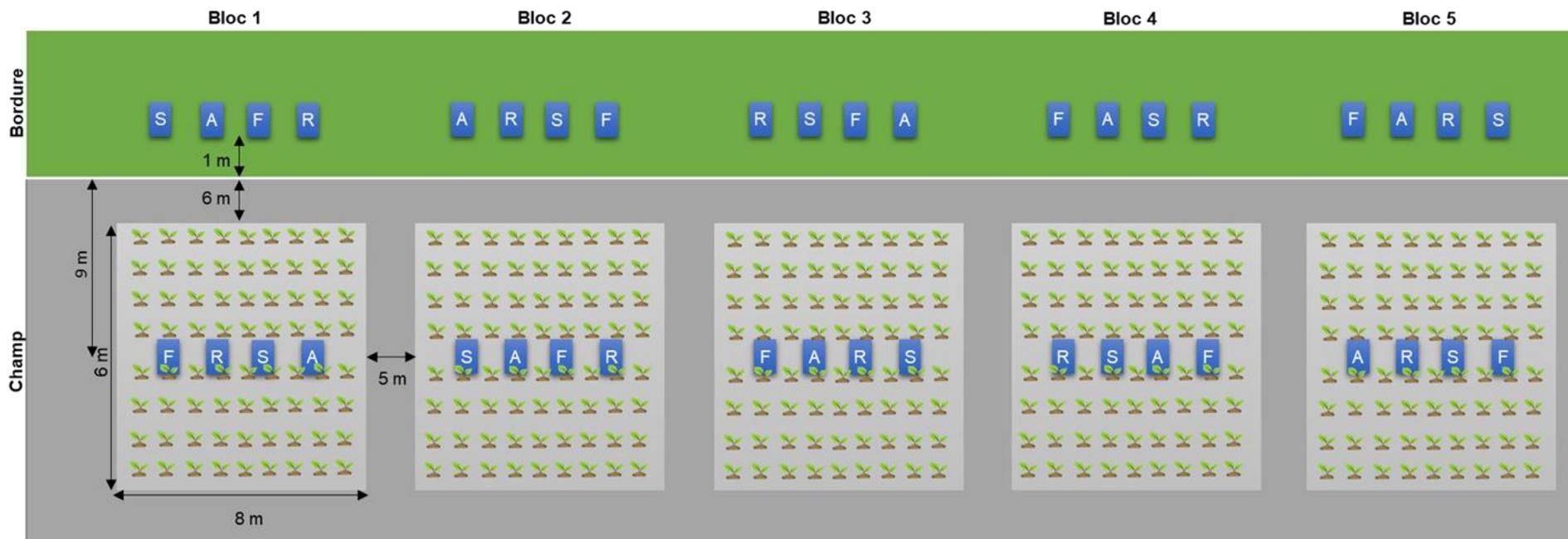
Lors des relevés, les pièges fosses étaient filtrés directement au champ. La jute du piège refuge était dépliée et secouée dans un bac. Les larves de vers-gris capturées étaient ramenées au laboratoire. Le contenu du piège appât était trié au laboratoire. Pour la collecte de sol, le site d'échantillonnage était décalé de 50 cm chaque semaine dans l'entre-rang puisque le sol ne fut pas remplacé après le tamisage. Le sol échantillonné était placé dans un contenant et mis dans un entonnoir Berlèse au laboratoire pour une durée de 24 heures.

La faible présence de vers-gris sur le site a obligé l'équipe à relocaliser le dispositif expérimental dans un champ où une pression significative de vers-gris avait été observée. La relocalisation du dispositif

s'est faite au moment de la transplantation des choux. Le nouveau site était caractérisé par un sol argileux et humifère de la série Verchères avec un précédent cultural de courges. L'étude comparant les techniques d'échantillonnage avant l'implantation de la culture a été réalisée sur le site 1, tandis que le site 2 a permis de les comparer après la transplantation.

Ainsi sur ce 2<sup>e</sup> site, le 27 mai, une parcelle de 6 m x 8 m de culture de choux de la variété Bronco a été transplantée à 6 m de la bordure dans la portion de champ de chaque bloc. Le sol avait préalablement été fertilisé avec du fumier de poulet Acti-Sol (dose de 150 kg N/ha) puis travaillé par deux passages de vibroculteur. Les choux étaient transplantés mécaniquement à 45 cm sur le rang et 76 cm entre les rangs. L'irrigation a été faite à l'aide d'une citerne montée sur une remorque le 28 mai, le 7 et 11 juin. Des sarclages mécaniques à l'aide d'un sarcler léger à pattes d'oies sur des dents en S travaillant l'entre-rang ont été effectués le 7 juin et le 5 juillet. Seulement deux sarclages manuels ont eu lieu le 23 et 30 juin afin d'endommager le moins possible les vers-gris. Aucun produit phytosanitaire n'a été utilisé au cours de la saison.

Le jour même de la transplantation, les pièges ont été installés de façon identique au dispositif implanté au premier site et le piégeage s'est poursuivi jusqu'à une semaine après l'observation du dernier dommage attribué aux vers-gris. La période totale d'échantillonnage s'est étalée sur 9 semaines (du 10 mai au 19 juillet pour les 2 sites).



- Techniques d'échantillonnage (F: piège fosse, A: piège appât, R: piège refuge, S: collecte de sol)
- Culture de choux transplantés

**Figure 2.** Dispositif expérimental du sous-objectif 1 à la PIAB de l'IRDA, 2021

## 2. Variables mesurées

Les paramètres mesurés pour évaluer l'efficacité de chaque technique d'échantillonnage étaient le nombre de vers-gris capturés et le temps de manipulation.

Les vers-gris piégés pour chaque technique d'échantillonnage ont été dénombrés. Les larves récoltées étaient identifiées et classées par groupe morphologique établi selon les caractéristiques distinctes de la tête, du corps et d'autres critères spécifiques aux individus. Pour faciliter l'identification des jeunes larves, elles étaient mises en élevage et amenées à maturité sur une diète de chou. Des larves de chaque groupe morphologique ont été envoyées au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection pour confirmer l'identification par codage à barres de l'ADN.

Le temps de manipulation de diverses étapes à l'application des techniques d'échantillonnage a été chronométré. Le temps d'installation pour le piège appât inclut la préparation du mélange, la mise en place dans le sol du contenant de plastique et de l'appât ainsi que la mise en place de la cage. Pour le piège fosse, l'installation consiste au transfert du mélange d'eau savonneuse et à la mise en terre du piège. Pour le piège refuge, l'installation n'implique que le pli et la fixation au sol des toiles de jute par des broches. Pour le relevé des pièges, le temps de récupération inclus pour le piège appât le retrait du mélange et de son contenant de plastique par piège. Pour le piège fosse, la récupération consiste à la filtration du mélange d'eau savonneuse par piège et à la mise en pot du contenu. Pour le piège refuge, la récupération consiste au retrait des broches et de la toile de jute qui était secouée dans un bac et la mise en pot des vers-gris. Pour les échantillons de sol, la récupération consiste au temps d'insertion du cylindre de métal dans le sol, le retrait du cylindre, la mise en pot du contenu ainsi qu'au temps de transfert des échantillons de sol dans les entonnoirs Berlese. Le temps d'évaluation c'est-à-dire l'identification des larves par piège a également été évalué.

Une semaine après la transplantation, le pourcentage de plant avec dommages de vers-gris par parcelle était suivi chaque semaine. Pour ce faire, les plants coupés ou présentant des signes d'alimentation caractéristique des vers-gris (**Annexe 1**) dans chaque parcelle de chou ont été comptés.

## 3. Analyses statistiques

Le nombre total de vers-gris capturés et le temps de manipulation des quatre méthodes d'échantillonnage ont été soumis à une analyse de variance, selon un dispositif en blocs aléatoires complets avec cinq répétitions, en utilisant le logiciel R. Les traitements ont été comparés à l'aide du test de Tukey HSD au seuil de  $P \leq 0,05$ . Les analyses statistiques ont été effectuées sur les données transformées ( $\log(x+1)$ ).

## **SOUS-OBJECTIF 2: ÉVALUER L'EFFET AU CHAMP DE TROIS MÉTHODES DE DESTRUCTION DE CULTURES DE COUVERTURE SUR LES POPULATIONS DE VER-GRIS NOIR ET MOISSONNEUR.**

De 2021 à 2023, à la PIAB de Saint-Bruno-de-Montarville, une étude a été menée pour évaluer l'impact d'un labour et de trois méthodes différentes de destruction de cultures de couverture (C. C.) sur les populations de ver-gris noir et moissonneur. L'expérience a été répétée deux fois. La première répétition a débuté à l'automne 2021 et s'est achevée à l'été 2022, tandis que la seconde s'est déroulée de l'automne 2022 à l'été 2023.

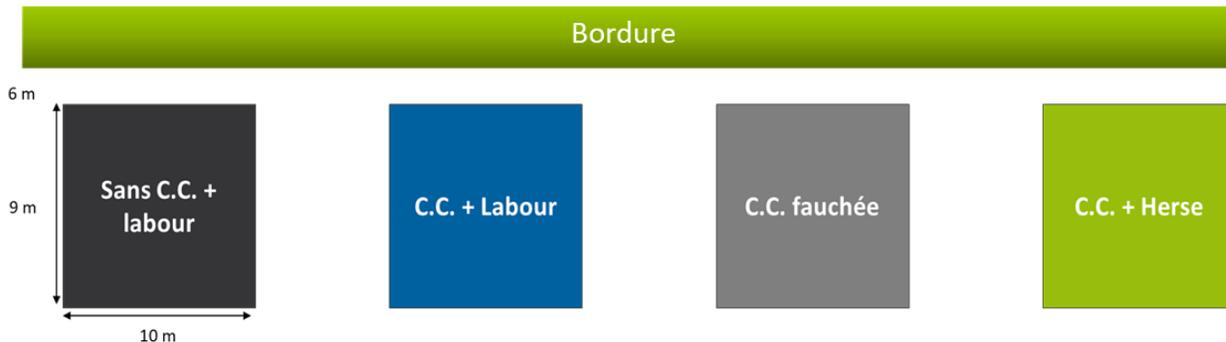
Les quatre traitements suivants ont été comparés :

1. Sans culture de couverture et un labour d'automne (Témoin)
2. Culture de couverture fauchée sans travaux de sol d'automne et au besoin, une incorporation de résidus au printemps.
3. Culture de couverture fauchée et un passage de herse à disques à l'automne (incorporation partielle des résidus)
4. Culture de couverture fauchée et un labour à l'automne (incorporation complète des résidus)

### **1. Dispositif expérimental et régie de culture**

L'expérience s'est déroulée dans cinq champs de sol minéral, 3 de la série Sainte-Rosalie et 2 de la série Laplaine, tous avec un précédent cultural de prairie. Le positionnement des parcelles de 2022-2023 a été décalé dans les mêmes champs par rapport à celles de 2021-2022, et le dispositif implanté est resté le même pour les deux répétitions. Ce dispositif expérimental était en blocs complets aléatoires répétés 5 fois, où un champ représente une répétition et où chaque bloc était constitué de 4 parcelles de 9 m x 10 m (**Figure 3**). Une distance de 10 m était maintenue entre les parcelles.

Une culture de couverture composée d'un mélange de pois et d'avoine (ratio 1 : 1) a été semée le 10 août 2021 et le 2 août 2022 à un taux de 140 kg/ha avec un semoir à céréales dans les traitements 2, 3 et 4 (**Annexe 2**). Le 8 novembre 2021 et le 25 octobre 2022, tous les travaux suivants ont été effectués; la culture de couverture a été fauchée à une hauteur d'environ 8 cm, une herse à disque a été passée à 2 reprises à une profondeur de 10 cm dans le traitement 3 et une charrue à une profondeur de 20 cm dans les traitements 1 et 4 (**Annexe 3**). Avant la transplantation des choux (var. Bronco) qui a eu lieu le 25 mai 2022 et 23 mai 2023, le sol des parcelles a été fertilisé avec du fumier de poulet Acti-Sol (dose de 150 kg N/ha) puis travaillé à l'aide d'un vibroculteur. Les choux étaient transplantés mécaniquement avec un espacement d'environ 45 cm sur le rang et 76 cm entre les rangs à raison de 12 rangs de 10 m de longueur dans toutes les parcelles. En 2022, le désherbage des parcelles a été effectué le 14 juin à une profondeur de 2-3 cm à l'aide d'un sarcler à doigts sans travailler sur les rangs. En 2023, le désherbage a été effectué le 12 juin à l'aide de sarcler à doigts à une profondeur d'environ 4 à 5 cm, en combinaison avec des pattes d'oie sur dent en S entre les rangs. En raison d'une forte pression des mauvaises herbes dans deux champs, un désherbage manuel à la binette a également été effectué le 16 juin 2023 dans les champs les plus infestés. Aucun produit phytosanitaire n'a été utilisé au cours des deux saisons de culture.



**Figure 3.** Dispositif expérimental du sous-objectif 2 répété cinq fois à la PIAB de l'IRDA

#### 4. Variables mesurées

##### *Biomasse sèche de la culture de couverture*

À l'automne, avant les travaux de sol visant à détruire la culture de couverture, la biomasse de cette dernière a été prélevée dans toutes les parcelles. En 2021, les prélèvements ont été réalisés dans trois quadrats de 0,5 m x 0,5 m par parcelle les 27, 28 et 29 octobre. En 2022, les prélèvements ont eu lieu le 24 octobre. La superficie échantillonnée a été réduite à un quadrat de 50 cm x 57 cm par parcelle. Tous les échantillons étaient séchés au séchoir pendant 7 jours à 70°C, puis pesés.

##### *Abondance et répartition des larves de vers-gris*

L'abondance et la répartition spatiale des vers-gris dans le temps a été évaluée à l'aide du piège fosse appâté développé à la suite des résultats obtenus de l'essai poursuivi en 2020 répondant au sous-objectif 1. Ce piège fosse était constitué de deux pots en plastique blanc de 500 ml d'une hauteur de 8,5 cm et diamètre de 11,5 cm emboîtés l'un dans l'autre. Un des pots était rempli d'eau savonneuse. L'appât était constitué de 50 g d'un mélange de semoule de maïs biologique, de granules de luzerne biologiques et d'eau selon un ratio de 1 : 1 : 1,14. Il était placé dans un contenant et maintenu au-dessus du piège à l'aide d'une broche. Quatre barrières d'aluminium d'une longueur de 60 cm étaient placées en X autour de la fosse afin de diriger les larves au centre du piège. Un chloroplaste de 18 cm<sup>2</sup> était maintenu au-dessus du pot par une petite cage recouvrant l'appât pour le protéger des animaux et de la pluie (**Figure 4**).

Dans chaque parcelle, cinq pièges ont été installés sur un transect débutant à la bordure de champ et traversant la parcelle (**Figure 5** et **Annexe 4**). Le premier piège a été installé dans la bordure du champ, le deuxième piège entre la bordure du champ et la parcelle de choux à 3 m de la bordure. Enfin, les trois derniers pièges ont été installés dans la parcelle de choux, à 7,5 m, 10,5 m et 13,6 m de la bordure. Les pièges ont été installés et activés le 5 mai 2022 et le 5 mai 2023 soit un peu plus de deux semaines avant la transplantation des choux. La période de piégeage des vers-gris s'est poursuivie jusqu'au 7 juillet 2022 et jusqu'au 10 juillet 2023. Au cours de cette période, les pièges étaient relevés à raison de deux fois par semaine, soit le lundi et jeudi. Lors de chaque relevé, l'appât et l'eau savonneuse étaient remplacés. Les larves de vers-gris capturées étaient ramenées au laboratoire pour être photographiées sous une loupe binoculaire et classées par groupes morphologiques établis selon les caractéristiques distinctes de la tête, du corps et d'autres critères spécifiques aux individus. Des larves de chaque groupe morphologique ont été envoyées au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEPD) pour confirmer l'identification par codage à barres de l'ADN. Afin de déterminer le stade larvaire des individus capturés, la largeur de la capsule céphalique et la longueur du corps ont été mesurées à partir des photos prises sous loupe binoculaire et du logiciel « Motic Images Plus » (**Annexe 5**). Pour les larves mesurant plus de 16 mm,

la longueur du corps a été mesurée à l'aide d'un vernier. Les valeurs rapportées par Cheng et al. (1973) ont servi à déterminer le stade larvaire des chenilles de ver-gris moissonneur capturées (1).



**Figure 4.** Piège fosse appâté utilisé pour évaluer l'abondance des vers-gris

#### *Évaluation des dommages de vers-gris et suivi de la croissance des choux*

Le suivi des dommages de vers-gris sur les plants de choux a eu lieu deux fois par semaine lors des deux premières semaines suivant l'implantation de la culture, puis une fois par semaine jusqu'à la fin de l'apparition de nouveaux dommages. Ce suivi s'est déroulé du 27 mai au 7 juin 2022 et du 26 mai au 5 juillet 2023. L'évaluation des dommages de vers-gris était réalisée sur 5 rangs de 8 mètres de long dans chaque parcelle (**Figure 6**). Chaque chou a été inspecté et catégorisé selon les dommages typiques de vers-gris observés : plant sain, plant coupé, plant grignoté, plant avec feuille coupée (**Annexe 1**). La présence de dommage des autres insectes ravageurs ou le dommage mécanique était aussi noté.

En 2023, en parallèle de l'évaluation des dommages causés par les vers-gris, un suivi du stade de développement des plants de chou selon l'échelle phénologique BBCH a été réalisé (2). À chaque évaluation, le stade de croissance de 10 plants sélectionnés au hasard sur chacun des 5 transects des parcelles était noté.

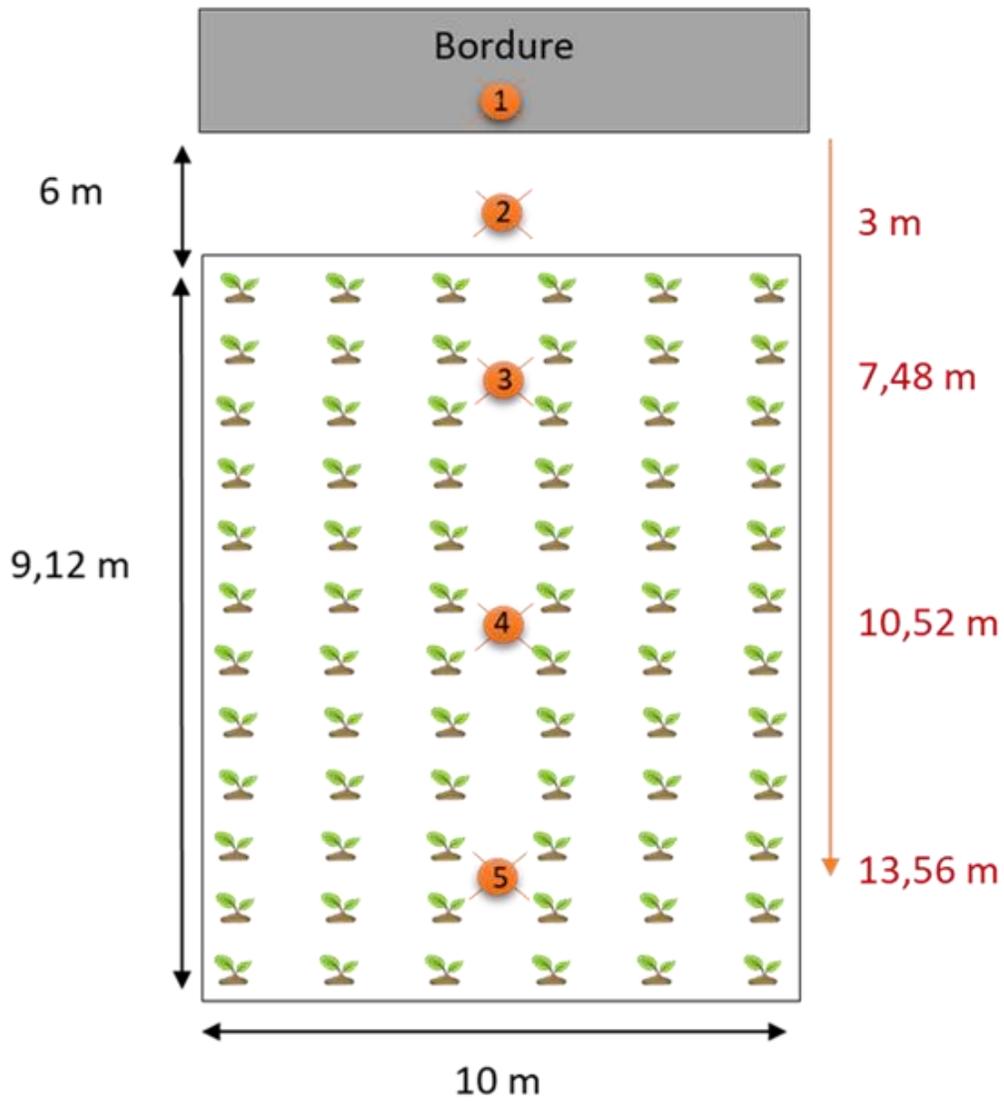
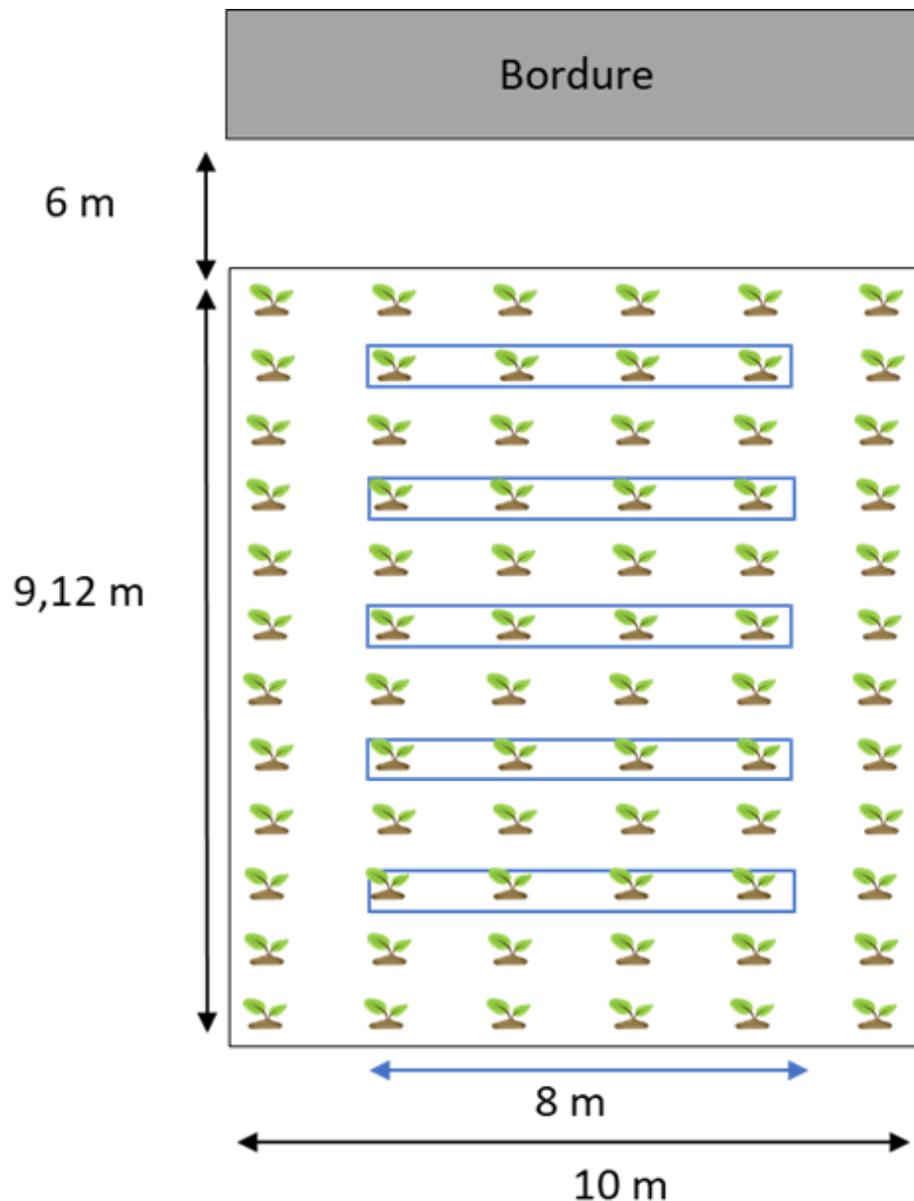


Figure 5. Schéma d'une parcelle expérimentale indiquant l'emplacement des pièges servant à évaluer l'abondance des vers-gris



**Figure 6.** Schéma d'une parcelle expérimentale indiquant les rangs observés pour l'évaluation des dommages causés par les vers-gris sur les choux

## 5. Analyses statistiques

### *Abondance et répartition des larves de vers-gris*

Les captures de ver-gris moissonneur ont été modélisées avec un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) où les variables explicatives à effets fixes étaient le traitement et l'emplacement, et le bloc comme facteur aléatoire. La période, soit avant ou après l'implantation de la culture, était aussi incluse dans le modèle, mais le contraste entre ces périodes n'a pas été évalué. Une approche bayésienne a été adoptée en raison des données sans capture et donc sans variance. L'analyse a été faite séparément pour les deux années d'étude. Pour estimer l'importance de l'effet d'un paramètre, des modèles avec ou sans l'effet ont été comparés à l'aide du critère d'information WAIC. Le WAIC est un indice de l'information inexplicé par le modèle, alors le modèle avec le plus petit indice est celui qui correspond le mieux aux données. Le WAIC inclut simultanément une pénalité pour la

complexité d'un modèle (le nombre de paramètres estimés) pour éviter les résultats fortuits (overfitting). Un modèle trop compliqué aura donc un WAIC plus élevé même s'il explique plus de variance. En général, l'inclusion d'un effet dans un modèle est justifiée s'il réduit le WAIC d'au moins 2 ( $\Delta\text{WAIC} > 2$ ).

Pour l'année 2022, une analyse plus fine modélisant les captures en fonction de la date et de la distance en continu à la bordure (plutôt que la période et l'emplacement) a été réalisée. Pour cette analyse, un modèle additif généralisé mixte (GAMM) a été adopté pour pouvoir modéliser des relations non-linéaires de façon flexible et parcimonieuse. Comme pour l'analyse précédente, l'importance de l'effet d'un paramètre a été détectée en comparant des modèles avec ou sans l'effet de chaque paramètre à l'aide du critère d'information WAIC.

#### *Évaluation et répartition des dommages de vers-gris*

L'accumulation des dommages de vers-gris dans les parcelles de choux a été modélisée avec un modèle additif généralisé mixte (GAMM). Cela permet de modéliser les proportions de dommage avec une distribution binomiale, et de spécifier une relation non linéaire et strictement positive dans le temps, étant donné que la proportion de dommage ne peut qu'augmenter dans le temps. Les variables explicatives à effets fixes sont l'année, le traitement et la distance, alors que le bloc est considéré comme le facteur aléatoire. L'analyse a été réalisée séparément pour les dommages de feuilles grignotées et les feuilles coupées. Pour estimer l'importance de l'effet des paramètres, des modèles avec ou sans l'effet des paramètres ont été comparés à l'aide du critère d'information AIC. L'interprétation de la valeur d'un indice AIC se fait de la même façon que pour l'indice de WAIC. Le modèle avec le plus bas indice AIC est celui qui explique le mieux les données.

## **RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS**

### **SOUS-OBJECTIF 1 : DÉTERMINER LA MEILLEURE TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONNAGE DES CHENILLES AFIN DE CARACTÉRISER LEUR RÉPARTITION SPATIALE AVANT ET APRÈS L'IMPLANTATION D'UNE CULTURE LÉGUMIÈRE.**

#### **1. Espèces de vers-gris piégées**

Cinq groupes morphologiques ont été identifiés selon les caractéristiques distinctes de la tête, du corps et d'autres critères spécifiques aux individus. Les analyses par codage à barres ont permis de confirmer la présence de 5 espèces de vers-gris : *Leucania commoides*, *Sunira bicolorago*, *Euxoa messoria*, *Euxoa tessellata* et *Nephelodes minians* (**Annexe 6** et **7**). Morphologiquement, le ver-gris moissonneur *Euxoa messoria* et le ver-gris rayé *Euxoa tessellata* sont très similaires et seul le codage à barre a permis de distinguer les individus des deux espèces.

#### **2. Évaluation des méthodes d'échantillonnage de vers-gris**

Les résultats sont exposés distinctement pour les deux sites d'essai. Les résultats pour le site 1 font référence aux activités de recherche qui ont eu lieu avant la transplantation de la culture du chou et la relocalisation de l'essai vers le second site plus infesté par les vers-gris. Les résultats du site 2 se rapportent aux activités menées sur ce nouveau site et après la transplantation des choux faite le 27 mai.

#### *Taux de piégeage de vers-gris avant l'implantation de la culture (Site 1)*

Sur le site 1, le relevé des pièges a débuté le 13 mai et c'est poursuivi à une fréquence de 2 fois par semaine jusqu'au 28 mai, pour un total de 5 relevés. Cette période de piégeage visait à vérifier le potentiel des quatre méthodes d'échantillonnage dans le champ et en bordure du champ avant l'implantation d'une culture légumière sensible aux attaques de vers-gris.

Au total, seulement 5 chenilles de vers-gris ont été capturées au cours de cette période, 3 en champ et 2 en bordure du champ. Les analyses par codage à barre ont permis d'identifier deux espèces parmi les chenilles capturées en champ, *Leucania commoides* et *Sunira bicolorago*. 3 chenilles n'ont pu être identifiées. Étant donné les faibles captures sur ce site, aucune analyse statistique n'a été réalisée, empêchant toute conclusion sur l'efficacité des quatre méthodes d'échantillonnage avant la mise en place de la culture.

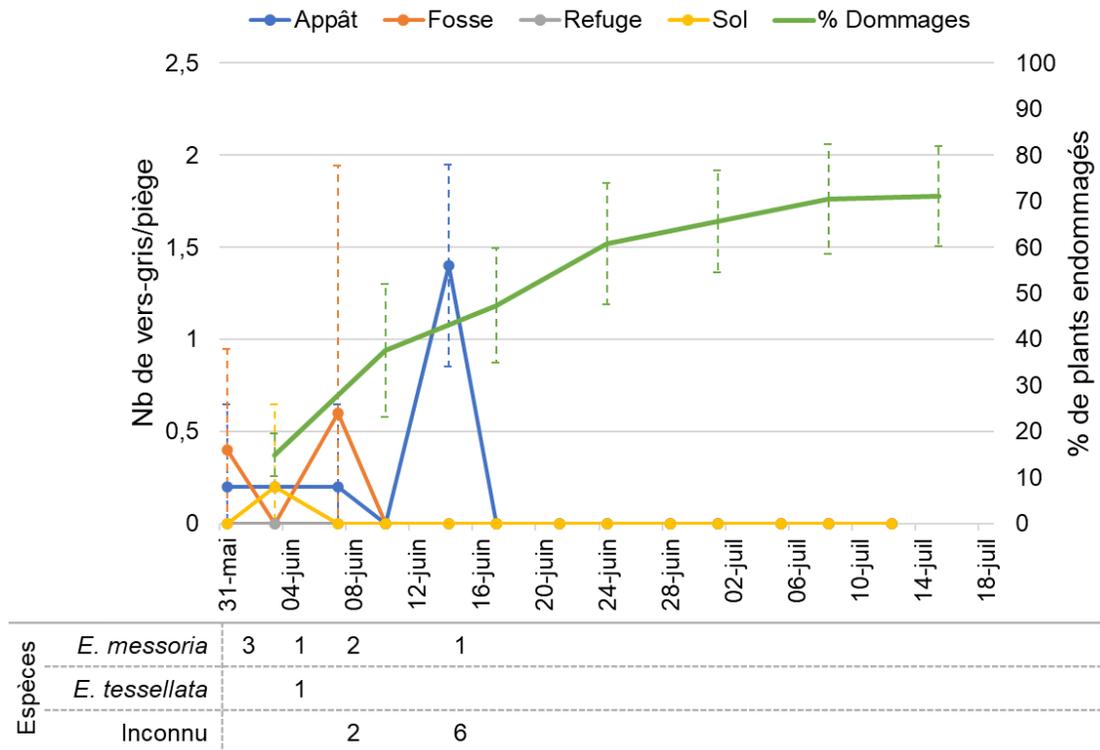
*Taux de piégeage de vers-gris après l'implantation de la culture (Site 2)*

#### Piégeage dans le champ

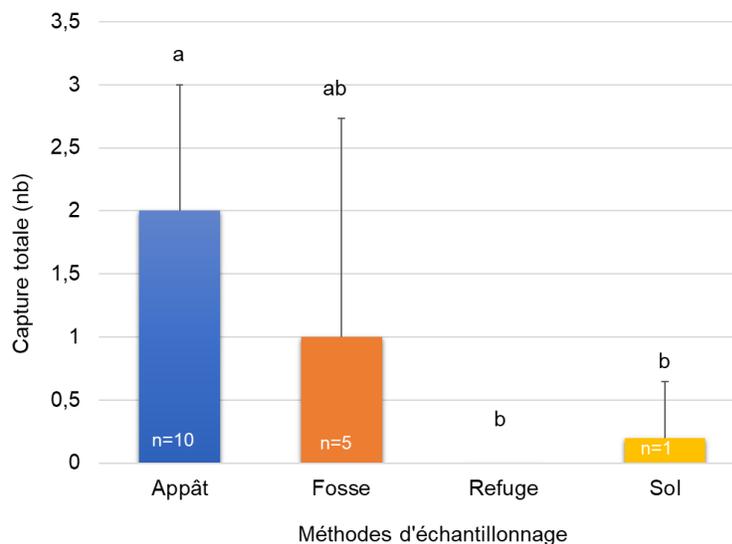
Sur le site 2, les pièges ont été installés au moment de la transplantation, soit le 27 mai. Les relevés ont débuté le 31 mai et se sont poursuivis jusqu'au 12 juillet, à raison de 2 relevés par semaine.

La **Figure 7** montre l'évolution des captures de vers-gris dans les parcelles de choux selon les quatre méthodes d'échantillonnage superposé au pourcentage de plants endommagés par les vers-gris dans les parcelles. Les niveaux de dommages observés dans les parcelles étaient au-delà du seuil de 5 % de plants coupés ou endommagés qui est souvent mentionné dans les recommandations en Ontario et à l'étranger (3). Les captures de vers-gris se sont produites au début de la période de piégeage entre le 31 mai et le 14 juin. Au cours de cette même période, le pourcentage de plants coupés ou portant des traces d'alimentation de vers-gris dans les parcelles était en forte augmentation, passant de  $14,9 \pm 4,6 \%$  à  $47,3 \pm 12,5 \%$ . Au total, 16 chenilles ont été capturées dans le champ, 10 chenilles par la méthode de piège appât, 5 par le piège fosse et 1 par l'échantillonnage de sol. Aucune chenille de vers-gris n'a été capturée par les pièges refuges. Deux espèces de vers-gris ont été identifiées, soit *E. messoria* et *E. tessellata*. Sur les 16 chenilles échantillonnées, 8 n'ont pu être identifiées par la technique de codage à barre. Toutefois, leur groupe morphologique était le même que celles identifiées précédemment, ce qui laisse croire qu'elles devaient aussi appartenir au genre *Euxoa*.

Les pièges appât et fosse ont démontré une efficacité de capture supérieure par rapport aux pièges refuges et à la méthode de collecte de sol. Au total, entre le 31 mai et le 12 juillet, les pièges appâtés et les fosses ont respectivement capturé en moyenne  $2 \pm 1,0$  et  $1 \pm 1,7$  chenilles (**Figure 8**).



**Figure 7.** Capture de vers-gris selon les quatre méthodes d'échantillonnage positionnées au champ et pourcentage de plants endommagés par les vers-gris, entre le 31 mai et 15 juillet 2021, site 2. L'axe de gauche correspond au nombre moyen de chenilles de vers-gris échantillonnées et l'axe de droite au pourcentage moyen de plants endommagés. Les barres verticales correspondent à l'écart-type. Le nombre de larves par espèce par date est rapporté dans le tableau sous le graphique.



**Figure 8.** Nombre total de vers-gris capturés selon les quatre méthodes d'échantillonnage positionnées au champ, site 2. Les moyennes ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey HSD au seuil de  $P \leq 0,05$ . Les barres d'erreur verticales représentent l'écart-type. Les analyses statistiques ont été effectuées sur les données transformées ( $\log(x+1)$ ).

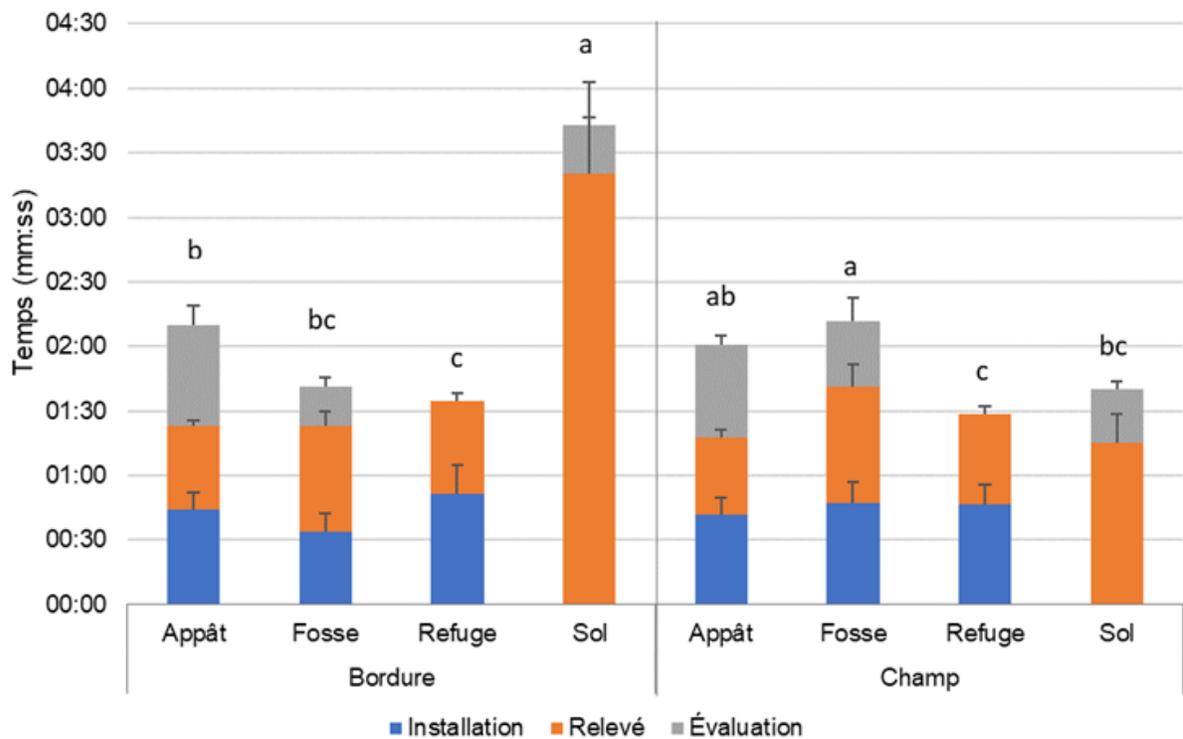
### Piégeage en bordure de champ

Durant toute la période de piégeage, seulement deux chenilles de vers-gris ont été capturées en bordure de champs. Les captures ont été obtenues par le piège fosse, le 3 et 7 juin. L'analyse par codage à barre a permis de conclure que les individus capturés étaient des *Nephelodes minians* (vers-gris bronzé), une espèce de vers-gris souvent observée sur le gazon et le maïs (4) (Annexe 6 et 7).

Aucune analyse statistique n'a pu être effectuée pour comparer le potentiel des quatre méthodes d'échantillonnage de vers-gris en bordure de champs en raison des faibles captures.

### Temps de manipulation des quatre méthodes d'échantillonnage

Le temps moyen des manipulations à l'installation, au relevé et à l'évaluation des quatre méthodes d'échantillonnage placées en champ et en bordure est présenté à la Figure 9. Somme toute, les manipulations des quatre méthodes d'échantillonnage se sont avérées relativement rapides, entre environ 1 min 30 et 3 min 45. La collecte de sol pouvait toutefois être un défi en bordure de champs lorsque les herbes étaient denses. Cette méthode d'échantillonnage nécessite également une période de 24 h d'exposition du sol dans un entonnoir Berlese, une étape qui n'a pas été comptabilisée dans l'analyse.



**Figure 9.** Temps de manipulations à l'installation, au relevé et à l'évaluation pour chaque méthode d'échantillonnage. Pour chaque zone, les moyennes du temps total par piège ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey HSD au seuil de  $P \leq 0.05$ . Les barres d'erreur verticales représentent l'écart-type. Les analyses statistiques ont été effectuées sur les données transformées ( $\log(x+1)$ ).

### 3. Sélection de la technique d'échantillonnage des vers-gris pour le sous-objectif 2

L'efficacité des techniques d'échantillonnage des vers-gris avant l'implantation de la culture n'a pu être déterminée en raison de la trop faible population sur le site 1. Toutefois, la relocalisation du

dispositif a permis de comparer l'efficacité des techniques d'échantillonnage après l'implantation de la culture sur un site où le ravageur était abondant. Sur ce site, aucune capture n'a été faite dans la bordure du champ. Cela pourrait être attribuable au déplacement des vers-gris vers la culture de choux ou à la végétation environnante qui restreint les déplacements des chenilles, réduisant ainsi leurs chances d'entrer en contact avec le piège. Dans les parcelles de choux, les pièges fosses et les pièges appâts se sont avérés les méthodes d'échantillonnage les plus efficaces. Le niveau de capture était toutefois faible par piège. Un piège combinant les deux meilleures méthodes, fosse avec appât, a été développé pour la suite du projet. Le rayon d'efficacité du piège est augmenté en plaçant des barrières guides au sol, forçant les chenilles à se diriger vers son centre. Spécifiquement, pour le ver-gris noir, on rapporte que l'utilisation de guides en croix au sol augmente la capture de 13 %, mais leur utilisation est mitigée puisqu'elles seraient trop encombrantes au champ (5). Les barrières guides demandent plus de temps et d'investissement à la construction des pièges, mais l'investissement est avantageux, puisqu'il permet d'augmenter l'efficacité de chaque piège et permet de réduire le nombre de pièges à installer au champ. Un piège avec barrières guides équivaut de façon générale à 4 à 5 pièges simples (6). Ainsi, l'utilisation de barrières guides permettrait d'économiser du temps au champ et au laboratoire.

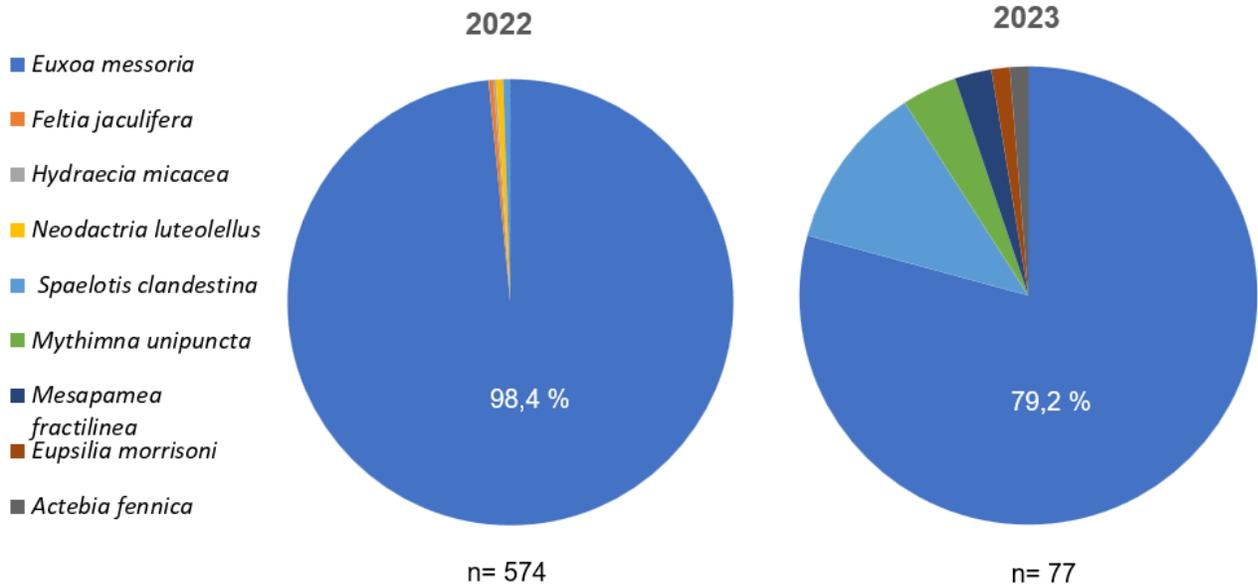
## **SOUS-OBJECTIF 2: ÉVALUER L'EFFET AU CHAMP DE TROIS MÉTHODES DE DESTRUCTION DE CULTURES DE COUVERTURE SUR LES POPULATIONS DE VER-GRIS NOIR ET MOISSONNEUR.**

### **1. Biomasse sèche de la culture de couverture avant l'application des méthodes de destruction**

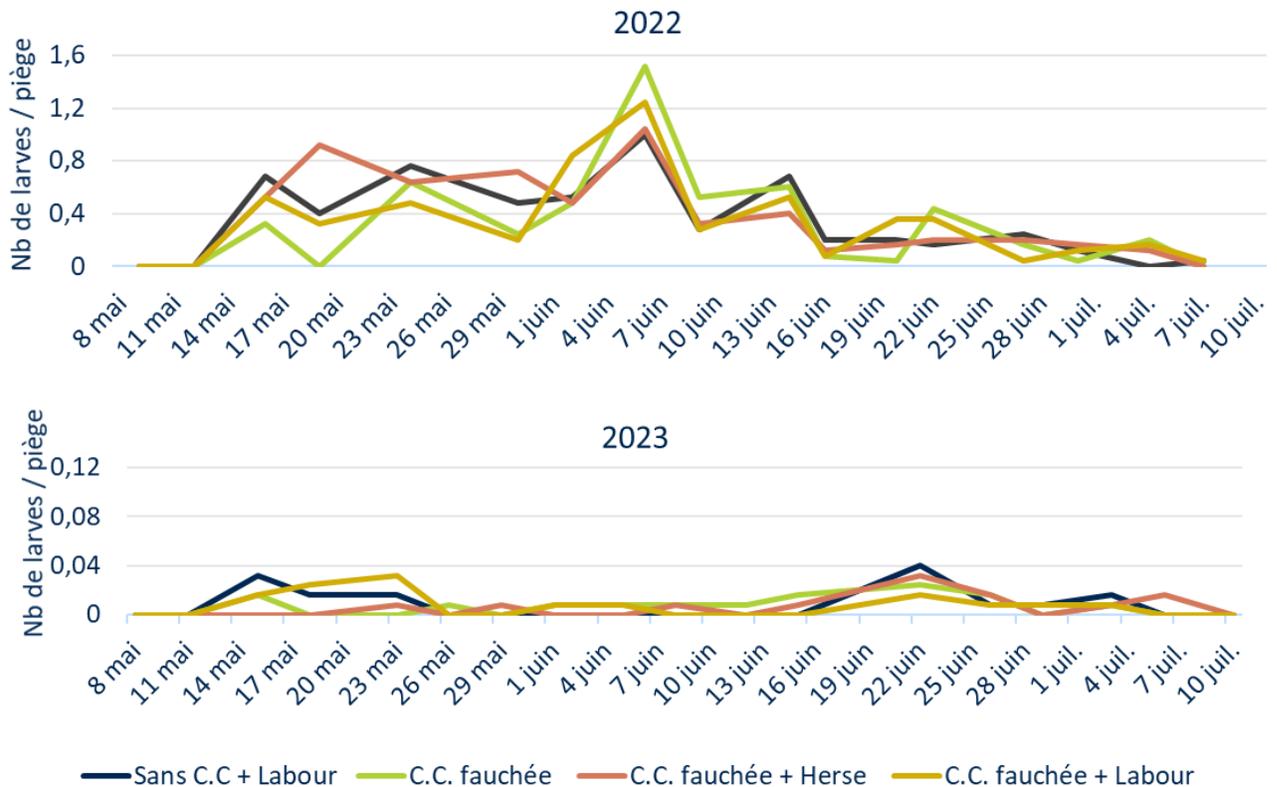
La biomasse de la culture de couverture de pois et d'avoine au moment de sa destruction à l'automne était uniforme entre les traitements au cours des deux années d'expérimentation. La biomasse était toutefois fortement plus élevée à l'automne 2022 ( $4642 \pm 220$  Kg MS/ha (E.T.)) comparativement à 2021 ( $1881 \pm 655$  Kg MS/ha (E.T.)) (**Annexe 8**).

### **2. Abondance relative des vers-gris**

Le nombre de vers-gris capturés en 2022 (n= 574) était grandement supérieur à 2023 (n= 77) et la vaste majorité des captures de vers-gris durant les deux saisons fut attribuée au ver-gris moissonneur, *Euxoa messoria*. En effet, cette espèce représente respectivement 98,4 % et 79,2 % des captures effectuées sur les sites d'étude en 2022 et 2023 (**Figure 10**). En 2022, les premières captures ont été enregistrées le 16 mai, suivies d'un pic de capture observé le 6 juin, après quoi les captures ont chuté, jusqu'à devenir nulle le 7 juillet (**Figure 11**). En 2023, les premières captures de ver-gris moissonneur ont été réalisées à la même période qu'en 2022, mais aucun pic de capture n'a été observé. Les captures sont restées très faibles entre la fin mai et la mi-juin (**Figure 11**). Les premières chenilles capturées étaient du troisième et quatrième stade larvaire. Les proportions des stades larvaires des ver-gris moissonneur capturés dans le temps en 2022-2023 sont présentées à l'**Annexe 9**.



**Figure 10.** Abondance relative des espèces capturées dans les pièges fosses appâtés entre le 5 mai et le 7 juillet 2022 et le 8 mai et le 10 juillet 2023



**Figure 11.** Capture du ver-gris moissonneur dans le temps en fonction des stratégies de travaux de sol et de la présence d'une culture de couverture, 2022 et 2023. Moyenne des 5 pièges associés à chaque traitement.

### 3. Effet de trois méthodes de destruction de cultures de couverture sur l'abondance, la répartition spatiale et temporelle des vers-gris

Comme les captures de vers-gris ont été très différentes entre les années, l'analyse des données a été faite séparément pour 2022 et 2023.

Pour statuer sur l'importance des traitements et l'emplacement du piège (bordure vs champ) sur les captures du ver-gris moissonneur, plusieurs itérations du modèle principal ont été construites pour les comparer sur la base du critère d'WAIC. Pour 2022, les comparaisons ne supportent pas la présence d'un effet des traitements de destruction de la culture de couverture sur les captures de ver-gris moissonneur (Modèle 4, WAIC  $\approx$  456) et aucune interaction entre l'emplacement des pièges et les traitements n'a été mesurée (Modèle 1, WAIC  $\approx$  449) (**Tableau 1**). Les modèles montrent cependant la présence d'un effet de l'emplacement des pièges sur les captures de ver-gris moissonneur puisque la valeur de WAIC du modèle correspondant à l'emplacement (Modèle 3, WAIC  $\approx$  420) a un indice inférieur à celle du modèle nul (Modèle 5, WAIC  $\approx$  433). Les pièges en bordure ont capturé environ 0,6 - 0,7 larve de moins par 10 relevés que les pièges positionnés dans le champ en 2022 (**Figure 12**).

La comparaison des modèles pour la saison 2023 supporte les mêmes conclusions qu'en 2022, soit l'absence d'un effet des traitements de destruction des cultures de couverture sur les captures de ver-gris moissonneur et un effet de l'emplacement des pièges ( $\Delta$ WAIC  $\approx$  8,8 entre le modèle 2 et le modèle 4) (**Tableau 2**). En 2023, l'effet de l'emplacement des pièges sur les captures des vers-gris a été plus marqué avant la transplantation des choux. Au cours de cette période, les pièges en bordure ont capturé environ 0,6 larve de moins par 10 relevés que ceux positionnés dans le champ (**Figure 12**).

**Tableau 1.** Valeurs des critères d'WAIC des itérations des modèles construits pour statuer sur l'importance des facteurs pour décrire le nombre de ver-gris moissonneurs capturés en fonction des traitements et de l'emplacement du piège, 2022

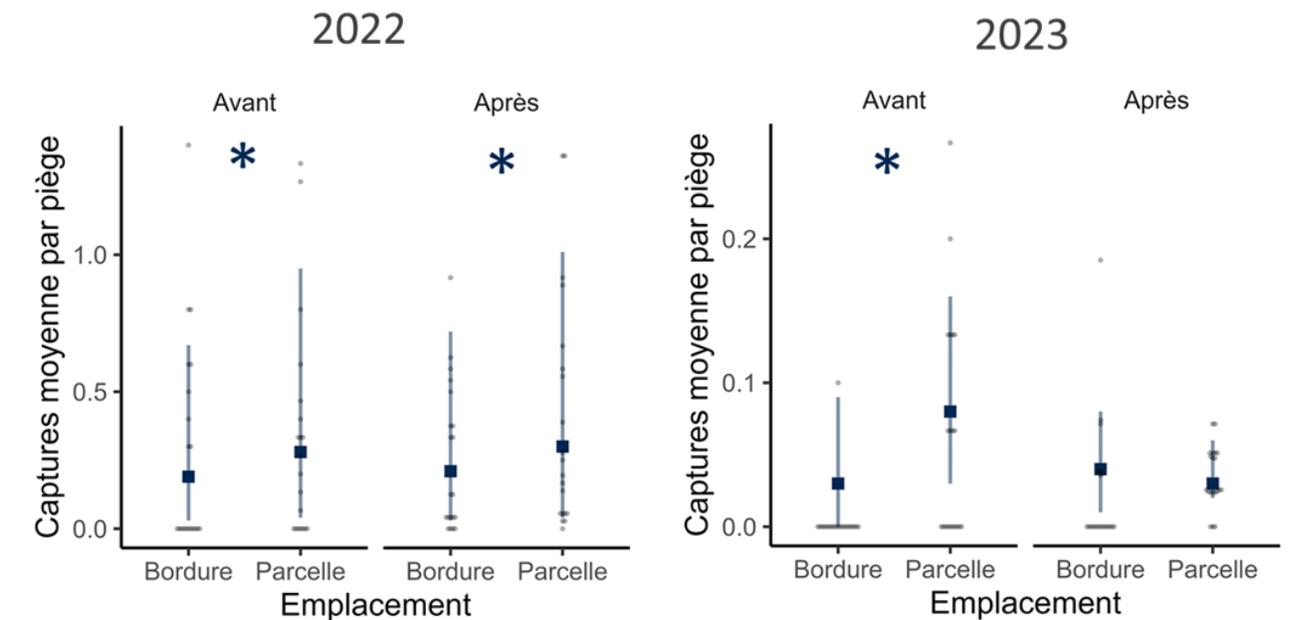
Modèles	Facteurs utilisés dans les modèles*				WAIC
<b>(1) Complet</b>	Trait.	Période	Emplacement	Emplacement x Trait.	449,96
<b>(2)</b>	Trait.	Période	Emplacement	-	440,78
<b>(3) Retenu</b>	-	<b>Période</b>	<b>Emplacement</b>	-	<b>420,05</b>
<b>(4)</b>	Trait.	Période	-	-	455,51
<b>(5) Nul</b>	-	Période	-	-	433,23

\*La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L'effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.

**Tableau 2.** Valeurs des critères d’WAIC des itérations des modèles construits pour statuer sur l’importance des facteurs pour décrire le nombre de ver-gris moissonneurs capturés en fonction des traitements et de l’emplacement du piège, 2023

Modèles	Facteurs utilisés dans les modèles*			WAIC
<b>(1) Complet</b>	Traitement	Période	Emplacement	179,82
<b>(2) Retenue</b>	-	<b>Période</b>	<b>Emplacement</b>	<b>176,66</b>
<b>(3)</b>	Traitement	Période	-	194,75
<b>(4) Nul</b>	-	Période	-	185,45

\* La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L’effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.



**Figure 12.** Capture de ver-gris moissonneur selon l'emplacement des pièges et la période de capture, avant ou après la transplantation de la culture de chou. Les différences détectées par les modèles de WAIC sont indiquées par des astérisques.

Grâce au nombre élevé de captures, il a été possible d'effectuer une analyse plus détaillée modélisant les captures en fonction du traitement, de la date et de la distance continue des pièges par rapport à la bordure pour la saison 2022. La comparaison des modèles supporte un effet de la date et de la distance des pièges à la bordure sur le taux de capture de ver-gris moissonneur, mais sans effet des traitements de destruction de la culture de couverture (modèle 4 retenu, AIC ≈ 1868,78) (**Tableau 3**). L'ensemble des itérations des modèles construit pour statuer de l'importance des facteurs ainsi qu'une représentation graphique du modèle sélectionné sont présentées à l'**Annexe 10**.

**Tableau 3.** Valeurs des critères d’AIC des principales des itérations des modèles construits pour statuer sur l’importance des facteurs pour décrire le nombre de vers-gris moissonneurs capturés en fonction des traitements, de la date et de la distance à la bordure, 2022

Modèles	Facteurs utilisés dans les modèles *			AIC
<b>(1) Complet</b>	Trait.	Dist. X Trait. X Date	-	1967,02
<b>(2)</b>	Trait.		Dist. X Date	1873,84
<b>(3)</b>	-	Dist. X Trait. X Date	-	1974,74
<b>(4) Retenu</b>	-	-	<b>Dist. X Date</b>	<b>1868,78</b>

\*La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L’effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.

#### 4. Effet de trois méthodes de destruction de cultures de couverture sur la présence et la distribution spatiale des dommages de vers-gris dans la culture de chou

Les principaux dommages de vers-gris observés sur les plants de chou étaient des plants avec des feuilles grignotées et des feuilles coupées (**Annexe 1**). L’effet des traitements de destruction de la culture de couverture et de la distance dans la parcelle sur la proportion de plants de chou endommagés par des vers-gris a été étudié par la comparaison de modèle sur la base du critère d’AIC. Les résultats montrent un effet des traitements, de la distance et des années sur la proportion de plants présentant des feuilles grignotées (**Tableau 4, Annexe 11**) et coupées (**Tableau 5, Annexe 12**) par les vers-gris. Toutefois, les effets qui ont été détectés pour les traitements sont de faible importance et variable d’une année à l’autre. En 2022, dans les parcelles où la culture de couverture avait été fauchée et labourée à l’automne, une progression légèrement moins rapide de la proportion de plants avec des feuilles grignotées par les vers-gris a été notée en début de saison par rapport aux autres traitements (**Figure 13**). Lors de cette même année, c’est également dans ce traitement où une progression légèrement plus lente de feuilles coupée à des distances égales et supérieure à 2,66 m dans la parcelle a été observée (**Figure 14**). En revanche en 2023, ce même traitement a connu une progression légèrement plus rapide des dommages de feuilles grignotées par rapport au traitement sans culture de couverture avec labour et au traitement avec une culture de couverture fauchée et hersée, mais une progression similaire à celle du traitement avec une culture de couverture fauchée.

En 2022, la pression exercée par les vers-gris était considérablement plus forte qu'en 2023. À la fin de juin de cette année, quel que soit le traitement de destruction de la culture de couverture et la distance des plants dans la parcelle, tous les plants étaient endommagés par les vers-gris (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

**Tableau 4.** Valeurs des critères d’AIC des principales itérations des modèles construits pour statuer sur l’importance des facteurs pour décrire la proportion de plants de chou présentant des feuilles grignotées par les vers-gris en fonction des traitements, de l’année et de la distance dans la parcelle, 2022-2023

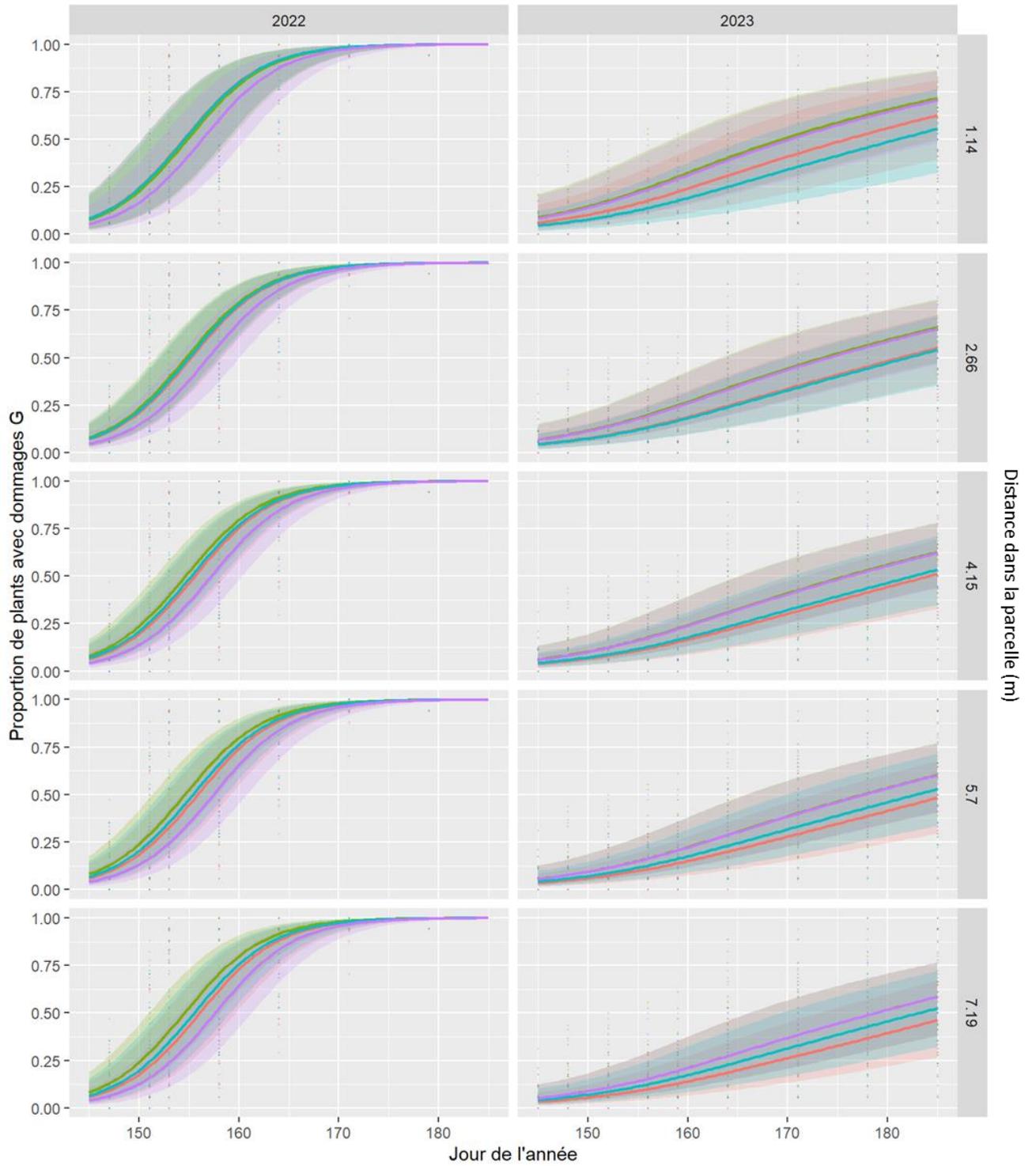
Modèles	Facteurs utilisés dans les modèles *					AIC
	Moyenne			Courbe jour	Courbe distance	
<b>(1) Complet</b>	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Trait. X Année	7259,52
<b>(2) Retenu</b>	<b>Année</b>	<b>Trait.</b>	<b>Année X Trait.</b>	<b>Année</b>	<b>Trait. X Année</b>	<b>7243,15</b>
<b>(13)</b>	Année	Trait.	Année X Trait.	Année		7327,46
<b>(14)</b>	Année	Trait.	Année X Trait.		Trait. X Année	16797,80
<b>(15)</b>	Année	Trait.		Année	Trait. X Année	7348,16

\*La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L’effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.

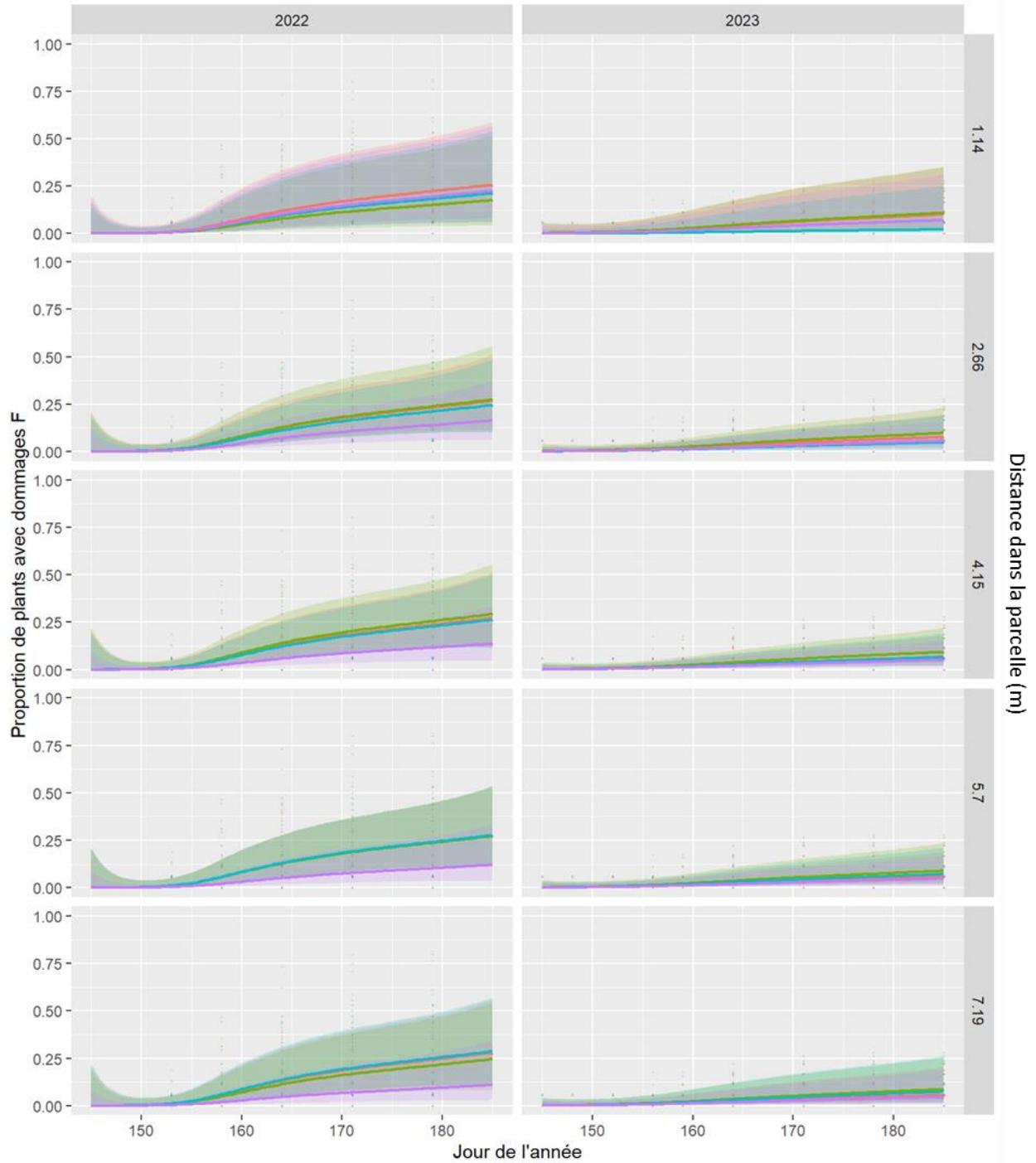
**Tableau 5.** Valeurs des critères d’AIC des principales itérations des modèles construits pour statuer sur l’importance des facteurs pour décrire la proportion de plants de chou présentant des feuilles coupées par les vers-gris en fonction des traitements, de l’année et de la distance dans la parcelle, 2022-2023

Modèles	Facteurs utilisés dans les modèles *					AIC
	Moyenne			Courbe jour	Courbe distance	
<b>(1) Complet</b>	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Trait. X Année	3309,81
<b>(2) Retenu</b>	<b>Année</b>	<b>Trait.</b>	<b>Année X Trait.</b>	<b>Année</b>	<b>Trait. X Année</b>	<b>3193,88</b>
<b>(13)</b>	Année	Trait.	Année X Trait.	Année		3250,02
<b>(14)</b>	Année	Trait.	Année X Trait.		Trait. X Année	4756,79
<b>(15)</b>	Année	Trait.		Année	Trait. X Année	3220,74

\*La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L’effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.



**Figure 13.** Proportion des plants avec des feuilles grignotées par les vers-gris selon le temps et la distance dans la parcelle entre le 25 mai (J145) et le 4 juillet (J185), 2022 et 2023



**Figure 14.** Proportion des plants avec des feuilles coupées par les vers-gris selon le temps et la distance dans la parcelle entre le 25 mai (J145) et le 4 juillet (J185), 2022 et 2023

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif de ce projet était d'évaluer la possibilité de lutter contre les principales espèces de vers-gris à l'aide de pratiques de labour et d'enfouissement des cultures de couvertures pour limiter les dommages de ces ravageurs sur les cultures légumières. La dominance du ver-gris moissonneur dans notre étude est telle que les conclusions et interprétations des résultats doivent être considérées comme spécifiques à cette espèce.

Le traitement de labour sans culture de couverture et les trois méthodes de destruction des cultures de couverture n'ont pas eu d'impact significatif sur l'abondance des ver-gris moissonneur dans les parcelles de choux. Bien que des effets aient été observés sur les dommages causés par les vers-gris, ceux-ci sont de faible importance. Aucun des traitements n'a permis de réduire de façons importantes les dommages de vers-gris. De plus, la variabilité des résultats entre les deux années d'expérimentation suggère qu'il serait nécessaire de poursuivre l'étude sur plusieurs années pour conclure de l'effet réel des traitements sur l'évolution des dommages dans la culture.

Stinner et al. (1988) ont observé une diminution des dommages causés par le ver-gris noir grâce à la pratique du labour (7). Les auteurs appuyaient leurs résultats sur les conclusions de Busching et Turpin (1976), qui avaient démontré que les papillons sont attirés par les résidus lorsqu'ils choisissent leur site de ponte (8). Le ver-gris noir est une espèce qui ne peut pas survivre à l'hiver canadien, et dont les papillons migrent au printemps vers le Québec à partir des États-Unis. Le ver-gris noir n'a pas été piégé dans le cadre de notre étude, possiblement en raison d'une faible présence de résidus sur les parcelles au printemps, quels que soient les traitements. Contrairement au ver-gris noir, le ver-gris moissonneur hiberne au Québec au stade œufs. La ponte se produit à la fin de l'été dans les premiers millimètres de sol, par conséquent, l'habitat qui sera perturbé par les travaux de sol automnaux. Turnock et al. (1993) ont étudié l'impact des travaux de sol sur cette espèce au Manitoba. Des populations plus abondantes ont été mesurées dans les champs sous travail minimum du sol que dans ceux avec des pratiques de travail conventionnel, incluant le labour. La faible densité de larves dans les champs labourés conventionnellement était cependant associée à une plus grande variabilité, suggérant que l'écosystème était moins stable et plus susceptible de connaître des éclosions importantes du ravageur (9).

Le piège développé dans le cadre de notre étude représente une avancée importante pour la gestion de ces ravageurs. Il a permis de brosser un portrait intéressant des populations du ver-gris moissonneur dans nos conditions expérimentales et a permis de capturer des individus avant même l'implantation de la culture. Ces observations sont stimulantes pour tenter de développer un piège et une méthodologie optimisée permettant d'évaluer les risques que les vers-gris pourraient poser aux cultures avant leur implantation, et éventuellement ajuster la stratégie de gestion de ces ravageurs. Cependant, plusieurs paramètres concernant le piège restent inconnus, notamment sa capacité de capture des différents stades larvaires et la relation entre les captures et la population réelle dans un rayon donné. De plus, étant donné que seules les larves de ver-gris moissonneur ont été piégées, il est pertinent de se demander si le piège est efficace pour capturer d'autres espèces de vers-gris.

Ce projet a également permis d'obtenir des informations intéressantes et uniques sur la biologie du ver-gris moissonneur, telles que la dynamique de population et des observations sur la voracité de certains stades larvaires.

## RÉFÉRENCES

- (1) Cheng, H. H. (1973). Observations on the bionomics of the dark-sided cutworm, *Euxoa messoria* (Lepidoptera: Noctuidae), in Ontario. *The Canadian Entomologist*, 105(2), 311-322.
- (2) Meier, U. Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants; Germany, 2001.
- (3) <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/00-056.htm>
- (4) <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Recherche/RechercheGlobale?recherche=Nephelodes%20minians&page=1>
- (5) Story, R.N. and A.J. Keaster. 1983. Modified Larval Bait Trap for Sampling Black Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) Populations in Field Corn. *Journal of Economic Entomology* 76(3): 662-666.
- (6) Boetzl, F.A., et al. 2018. It's a matter of design—how pitfall trap design affects trap samples and possible predictions. *PeerJ* 6: e5078.
- (7) Stinner, B. R., D. A. McCartney, and D. M. Van Doren Jr. 1988. Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn (Maize, *Zea mays* L.) systems: a comparison after 20 years of continuous cropping. *Soil Tillage Res.* 11: 147–58.
- (8) Busching, M.K. and Turpin, F.T., 1976. Oviposition preferences of black cutworm moths among, various crop plants, weeds and crop debris. *J. Econ. Entomol.*, 69: 587-590.
- (9) Turnock, W. J., B. Timlick, and P. Palaniswamy. 1993. Species and abundance of cutworms (Noctuidae) and their parasitoids in conservation and conventional tillage fields. *Agric. Ecosys. Environ.* 45: 213–227. doi:10.1016/0167-8809(93)90072-W
- (10) <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Insecte?imageId=3859>
- (11) <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/culture-legumes-champ>

## DIFFUSION DES RÉSULTATS

Les résultats du projet ont été partagés lors de plusieurs évènements tenus tant en présentiel qu'en virtuels rassemblant des agronomes, des intervenants de la recherche, des producteurs.

Lefebvre, M., Jochems-Tanguay, L. Ouellette, J. 2024. Impact des travaux de sol d'automne sur les vers-gris. Colloque bio pour tous!

Lefebvre, M., Jochems-Tanguay, L. 2022. Techniques d'échantillonnage des chenilles et travaux de sol saisonniers pour la lutte aux vers-gris. Conférences Scientifiques en phytoprotection, Webinaire CRAAQ. <https://www.youtube.com/watch?v=GX5QHTu2yJI&feature=youtu.be>

Lefebvre, M., Herrault, B. 2022. Techniques d'échantillonnage des chenilles et travaux de sol saisonniers pour la lutte aux vers-gris. Porte ouverte IRDA.

Lefebvre, M., Jochems-Tanguay, L. 2022. Piégeage des chenilles et travaux de sol saisonniers pour la lutte aux vers-gris. Journée horticole de St-Rémi.

Estimer le nombre d'entreprises touchées par les résultats du projet	571
--	-----

## APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Ce projet touche différents publics : les agronomes, les intervenants de la recherche, les producteurs, ainsi que les compagnies fournissant des services au secteur agricole. Bien que ce projet ait été dirigé vers la production maraîchère, sa portée est plus large en raison de la multitude de cultures sensibles aux vers-gris. Plus spécifiquement, le ver-gris moissonneur est reconnu pour s'attaquer à plus d'une trentaine de cultures. Il peut se nourrir autant de cultures maraîchères, fruitières que céréalières (10). Parmi les espèces maraîchères sensibles, on trouve notamment le brocoli, le chou pommé, la laitue, l'oignon, les pois, le maïs sucré et les haricots, qui font partie des dix principaux légumes de champs cultivés au Québec (11). En 2021, le nombre de producteurs maraîchers au Québec s'élevait à 2 398, exploitant une superficie totale de 39 128 hectares. Parmi eux, 571 entreprises étaient certifiées biologiques et cultivaient des légumes de champ sur 3 998 hectares. Le ver-gris moissonneur s'attaque également au maïs grain et fourrager, des cultures dominantes sur le territoire du Québec. Ce projet est d'intérêt tant pour le secteur conventionnel que biologique (11).

Les producteurs disposent de peu de solutions pour contrôler les vers-gris, et les connaissances sur la dynamique des populations ainsi que les techniques d'échantillonnage de ces ravageurs étaient très limitées. Ce projet a permis d'acquérir des connaissances sur la phénologie de l'espèce au Québec et sur l'effet des travaux de destruction des cultures de couverture sur les populations du ver-gris moissonneur. Il a aussi permis le développement d'un premier piège permettant de capturer les vers-gris moissonneur dans les champs, même avant l'implantation des cultures légumières. Malgré le besoin de validation et d'optimisation de cette technique de piégeage, ces observations sont encourageantes et ouvrent la voie au développement d'un piège et d'une méthodologie mieux adaptés à la réalité de la ferme. Ce genre d'outil permettrait d'évaluer le risque posé par le ravageur avant la plantation des cultures, représentant ainsi une avancée significative pour prévenir les dommages et les pertes économiques qui y sont associés.

## **PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION**

Pour des informations supplémentaires :

Maxime Lefebvre Ph. D.

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

335, Rang des Vingt-Cinq Est

Saint-Bruno-de-Montarville (Québec) J3V 0G7

Téléphone : 450 653-7368, poste 321

Courriel : [maxime.lefebvre@irda.qc.ca](mailto:maxime.lefebvre@irda.qc.ca)

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ce projet a été réalisé dans le cadre du sous-volet 3.1 du programme Prime-Vert – Appui au développement expérimental, à l’adaptation technologique et au transfert technologique des connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation.

ANNEXE 1 : Traces d'alimentation typique des vers-gris



Plant avec feuilles coupées



Plant avec feuilles grignotées

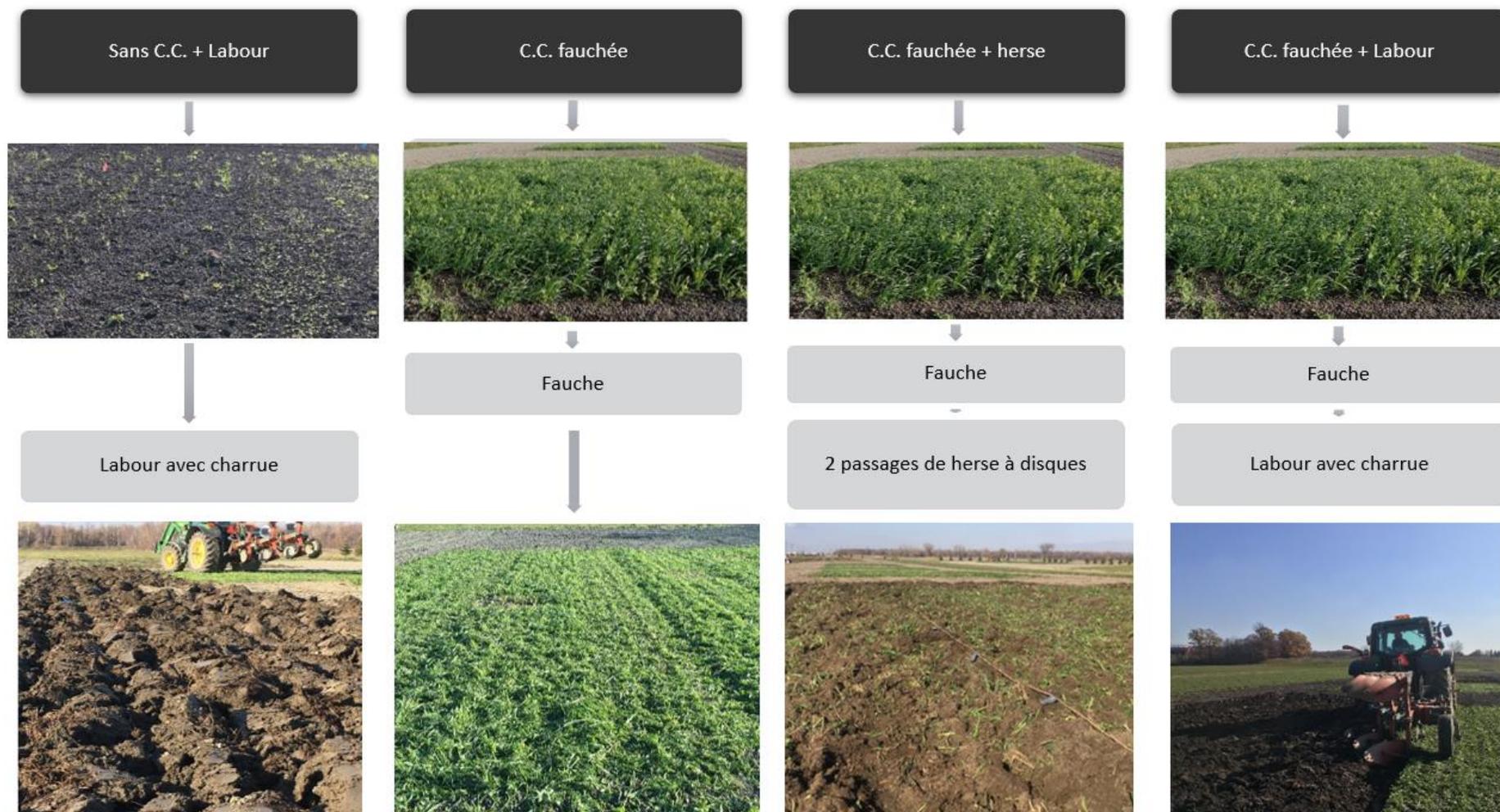


Plant coupé

**ANNEXE 2 : Parcelles de culture de couverture implantées pour le sous objectif 2**



ANNEXE 3 : Description des étapes des stratégies de destruction des cultures de couverture du sous-objectif 2



**ANNEXE 4 : Photos du dispositif expérimental du sous-objectif 2**



Photo des cinq pièges installés sur un transect débutant à la bordure de champs et traversant la parcelle avant la transplantation de la culture de chou

SUITE ANNEXE 4 : Photos du dispositif expérimental du sous-objectif 2



Photo de la remise en fonction des pièges dans les parcelles après la transplantation des choux

**ANNEXE 5 : Mesure de la largeur d'une capsule céphalique et de la longueur du corps d'un ver-gris**



Mesure de la largeur de la capsule céphalique



Mesure de la longueur du corps

**ANNEXE 6 : Liste des espèces de vers-gris capturées dans le cadre du projet**

<b>Espèce</b>	<b>Nom commun</b>	<b>Année de piégeage</b>
<i>Actebia fennica</i>	Légionnaire noire	2023
<i>Eupsilia morrisoni</i>		2023
<i>Euxoa messoria</i>	Ver-gris moissonneur	2021-2022-2023
<i>Euxoa tessellata</i>		2021
<i>Feltia jaculifera</i>	Ver-gris terne	2022
<i>Hydraecia micacea</i>	Perce-tige de la pomme de terre	2022
<i>Leucania commoides</i>		2021
<i>Mesapamea fractilinea</i>		2023
<i>Mythimna unipuncta</i>	Légionnaire uniponctué	2023
<i>Neodactria luteolellus*</i>		2022
<i>Nephelodes minians</i>	Ver-gris Bronzé	2021
<i>Spaelotis clandestina</i>	Ver-gris clandestin	2022-2023
<i>Sunira bicolorago</i>		2021

\*Espèce de Crambidae

ANNEXE 7 : Photos des espèces de vers-gris capturées dans le cadre du projet



*Actebia fennica* (Photo tirée de CBG Photography Group, Centre for Biodiversity Genomics)



*Eupsilia morrisoni* (photo tirée Moth Photographers Group-Mississippi State University)



*Euxoa messoria* (photo tirée de Moth Photographers Group-Mississippi State University)

SUITE ANNEXE 7 : Photos des espèces de vers-gris capturées dans le cadre du projet



*Euxoa tessellata* (Photo tirée de BugGuide.Net)



*Feltia jaculifera* (Photo tirée de Cornell university insect collection)



*Hydraecia micacea* (Photo tirée de omafra.gouv)

SUITE ANNEXE 7 : Photos des espèces de vers-gris capturées dans le cadre du projet



*Leucania commoides* (Photo IRDA)



*Mesapamea fractilinea* (photo tirée Moth Photographers Group-Mississippi State University)



*Mythimna unipuncta* (Photo tirée du Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection – MAPAQ)

**SUITE ANNEXE 7 : Photos des espèces de vers-gris capturées dans le cadre du projet**



*Neodactria luteolellus* (Photo IRDA)



*Nephelodes minians* (Photo tirée du Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection – MAPAQ)



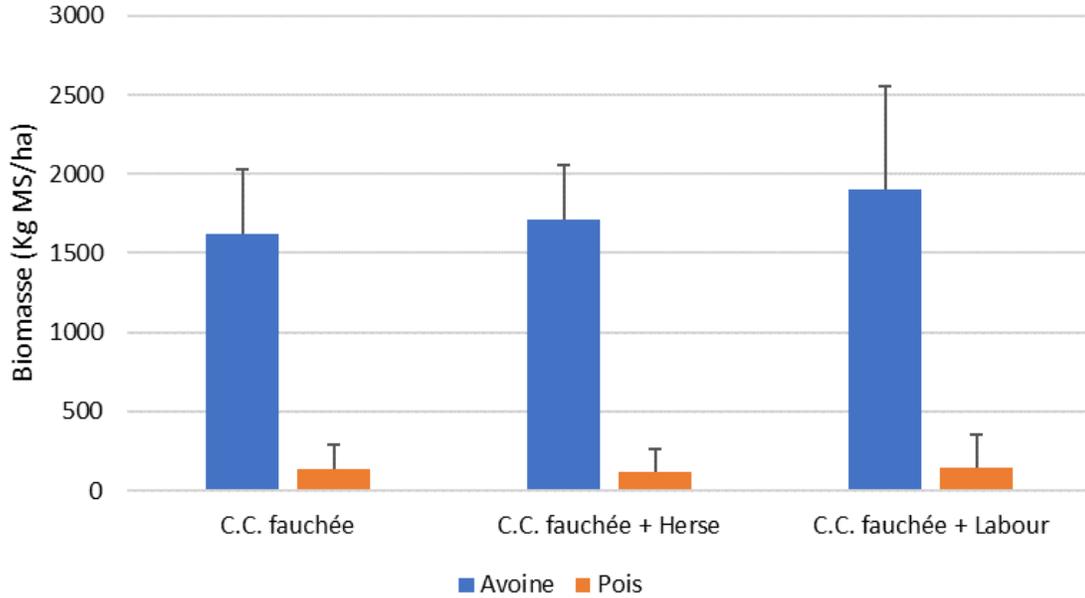
*Spaelotis clandestina* (photo tirée de Moth Photographers Group-Mississippi State University)

**SUITE ANNEXE 7** : Photos des espèces de vers-gris capturées dans le cadre du projet

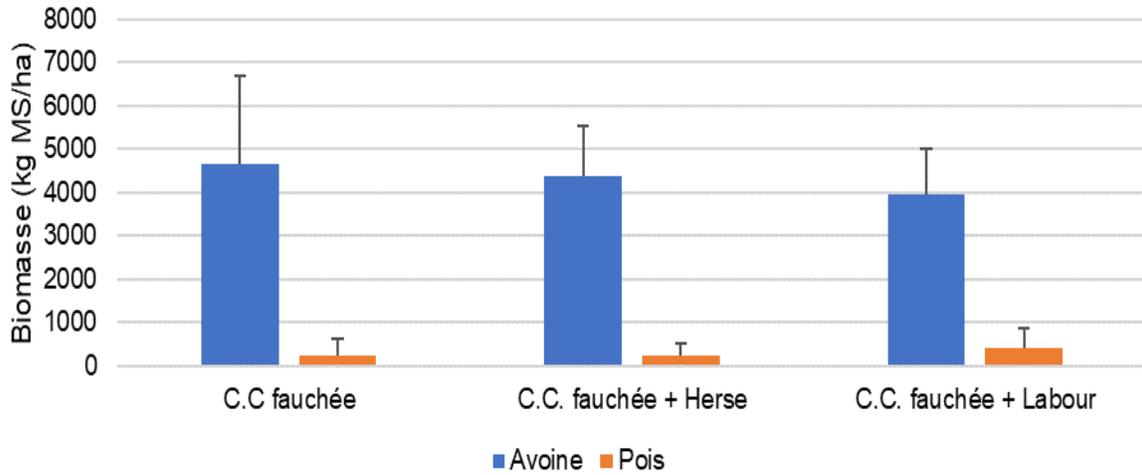


*Sunira bicolorago* (Photo IRDA)

## ANNEXE 8 : Biomasse sèche de la culture de couverture en 2022 et 2023



Biomasse sèche (kg/ha) de l'engrais vert d'avoine et de pois, 27-28 octobre 2021. Les barres d'erreur verticales représentent l'écart-type.



Biomasse sèche (kg/ha) de l'engrais vert d'avoine et de pois, 24 octobre 2022. Les barres d'erreur verticales représentent l'écart-type.

**ANNEXE 9 : Proportion des stades larvaire des ver-gris moissonneur (VGM) capturés dans le temps en 2022-2023**

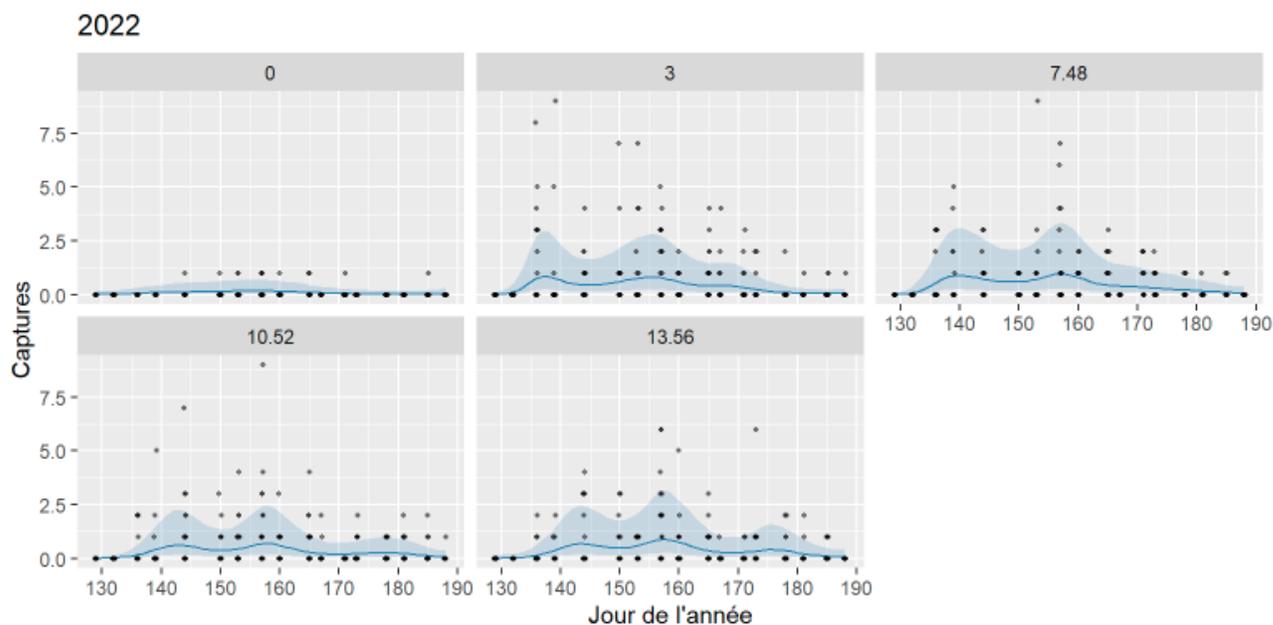
Date	Capture totale de VGM	Stade larvaire capturé (%)				
		III	IV	V	VI	VII
2022-05-16	51	20%	80%	0%	0%	0%
2022-05-19	41	7%	85%	7%	0%	0%
2022-05-24	63	0%	37%	62%	2%	0%
2022-05-30	41	0%	7%	73%	20%	0%
2022-06-02	58	0%	2%	57%	41%	0%
2022-06-06	120	0%	1%	21%	78%	0%
2022-06-09	34	0%	0%	15%	76%	9%
2022-06-14	54	0%	0%	13%	80%	7%
2022-06-16	12	0%	0%	25%	75%	0%
2022-06-20	19	0%	0%	0%	84%	16%
2022-06-22	29	0%	0%	0%	97%	3%
2022-06-27	16	0%	0%	0%	69%	31%
2022-06-30	11	0%	0%	0%	45%	55%
2022-07-04	12	0%	0%	0%	67%	33%
2022-07-07	2	0%	0%	0%	50%	50%
2023-05-15	8	25%	63%	0%	13%	0%
2023-05-18	5	40%	60%	0%	0%	0%
2023-05-23	7	57%	29%	14%	0%	0%
2023-05-26	1	100%	0%	0%	0%	0%
2023-05-29	1	100%	0%	0%	0%	0%
2023-06-01	2	0%	0%	50%	50%	0%
2023-06-05	2	0%	50%	0%	50%	0%
2023-06-08	2	0%	0%	0%	100%	0%
2023-06-12	1	0%	0%	0%	100%	0%
2023-06-15	3	0%	0%	33%	67%	0%
2023-06-22	14	0%	0%	0%	57%	43%
2023-06-26	6	0%	0%	0%	50%	50%
2023-06-29	2	0%	0%	0%	50%	50%
2023-07-03	5	0%	0%	0%	60%	40%
2023-07-06	2	0%	0%	0%	0%	100%

**ANNEXE 10** : Valeurs des critères d'AIC de chacune des itérations des modèles construits pour statuer sur l'importance des facteurs pour décrire le nombre de ver-gris moissonneurs capturés en fonction des traitements, de la date et de la distance à la bordure, 2022 et représentation graphique du modèle retenu

Modèles		Facteurs utilisés dans les modèles *						AIC
<b>(1) Complet</b>	Trait.	-	-	Dist. X Trait. X Date	-	-	-	1967,017
<b>(2)</b>	Trait.	-	-		Dist. X Date	-	-	1873,838
<b>(3)</b>	-	-	-	Dist. X Trait. X Date	-	-	-	1974,736
<b>(4) Retenu</b>	-	-	-	-	<b>Dist. X Date</b>	-	-	<b>1868,783</b>
<b>(5)</b>	-	-	-	-	-	Trait. X Date	-	1996,851
<b>(6)</b>	-	Date	-	-	-	-	-	1966,277
<b>(7)</b>	-	-	-	-	-	-	Dist. X Trait.	2082,979
<b>(8)</b>	-	-	Dist.	-	-	-	-	2070,429
<b>(9)</b>	-	-	-	-	-	-	-	2161,320

\*La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L'effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.

Représentation graphique du modèle 4 :



Capture par piège des ver-gris moissonneurs selon la date et la distance de la bordure (m) pour tous les traitements confondus, 2022

**ANNEXE 11 : Valeurs des critères d’AIC de chacune des itérations des modèles construits pour statuer sur l’importance des facteurs pour décrire la proportion de plants de choux présentant des feuilles grignotées par des vers-gris moissonneurs en fonction des traitements, des années et de la distance dans la parcelle, 2022-2023**

No Modèles	Facteurs utilisés dans les modèles *					AIC
	Moyenne			Courbe jour	Courbe distance	
<b>1 Complet</b>	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Trait. X Année	7259,523
<b>2 Retenu</b>	<b>Année</b>	<b>Trait.</b>	<b>Année X Trait.</b>	<b>Année</b>	<b>Trait. X Année</b>	<b>7243,147</b>
3	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Année	7267,756
4	Année	Trait.	Année X Trait.	Année	Année	7251,072
5	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait.	Trait. X Année	8300,525
6	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Trait.	7265,505
7	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait.	Trait.	8319,549
8	Année	Trait.	Année X Trait.	Année	Trait.	7249,104
9	Année	Trait.	Année X Trait.	Année	-	7255.327
10	Année	Trait.	Année X Trait.	-	Trait. X Année	8290,329
11	Année	Trait.	Année X Trait.	-	Trait.	8309,392
12	Année	Trait.	Année X Trait.	-	-	8313,900
13	Année	Trait.	Année X Trait.	Année	-	7327,464
14	Année	Trait.	Année X Trait.	-	Trait. X Année	16797,799
15	Année	Trait.	-	Année	Trait. X Année	7348,155

\*La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L’effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.

**ANNEXE 12** : Valeurs des critères d’AIC de chacune des itérations des modèles construits pour statuer sur l’importance des facteurs pour décrire la proportion de plants de choux présentant des feuilles coupées par des vers-gris moissonneurs en fonction des traitements, des années et de la distance dans la parcelle, 2022-2023

No Modèles	Facteurs utilisés dans les modèles *					AIC
	Moyenne			Courbe jour	Courbe distance	
<b>1 Complet</b>	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Trait. X Année	3309,806
<b>2 Retenu</b>	<b>Année</b>	<b>Trait.</b>	<b>Année X Trait.</b>	<b>Année</b>	<b>Trait. X Année</b>	<b>3193,883</b>
3	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Année	3368,301
4	Année	Trait.	Année X Trait.	Année	Année	3252,571
5	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait.	Trait. X Année	3242,834
6	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait. X Année	Trait.	3313,881
7	Année	Trait.	Année X Trait.	Trait.	Trait.	3247,018
8	Année	Trait.	Année X Trait.	Année	Trait.	3197,935
9	Année	Trait.	Année X Trait.	Année		3252,007
10	Année	Trait.	Année X Trait.	-	Trait. X Année	3207,236
11	Année	Trait.	Année X Trait.	-	Trait.	3210,999
12	Année	Trait.	Année X Trait.	-	-	3264,868
13	Année	Trait.	Année X Trait.	Année	-	3250,015
14	Année	Trait.	Année X Trait.	-	Trait. X Année	4756,793
15	Année	Trait.	-	Année	Trait. X Année	3220,742

\*La valeur **en gras** correspond au modèle le plus performant. L’effet aléatoire du bloc est inclus dans tous les modèles.