

**PIÉGAGE DE MASSE CONTRE LES ALTISES EN CULTURE DE CRUCIFÈRES SUR LES FERMES
BIOLOGIQUES DIVERSIFIÉES**

21-006-IRDA

DURÉE DU PROJET : MARS 2021 / DÉCEMBRE 2023

RAPPORT FINAL

Réalisé par :

Maxime Lefebvre (IRDA), Laurence Jochems-Tanguay (IRDA), Justin Ouellette (IRDA), Sandra Mougéot (IRDA), Audrey Robert (IRDA) et Mick Wu (IRDA)

Avec la participation de :

Sophie Guimont (Groupe Pleine Terre), Riva Khanna (MAPAQ), Melissa Gagnon (MAPAQ), Isabel Lefebvre (CIEL), Annabelle Firlej (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.

PIÉGEAGE DE MASSE CONTRE LES ALTISES EN CULTURE DE CRUCIFÈRES SUR LES FERMES BIOLOGIQUE DIVERSIFIÉES

21-006-IRDA

RÉSUMÉ DU PROJET

L'altise des crucifères, *Phyllotreta cruciferae* et l'altise des navets, *Phyllotreta striolata* sont les principales espèces s'attaquant aux cultures de crucifères du Québec. Malgré l'utilisation de filets anti-insecte, les producteurs se retrouvent fréquemment avec des populations d'altises sous leurs filets et les pertes associées à ces insectes sont considérables. Aucun projet de recherche ne s'est attardé au site d'hibernation des altises au Québec et un doute persiste sur le fait que les altises pourraient émerger tôt au printemps du sol des planches cultivées et se retrouver enfermées sous les filets. Le premier volet de cette étude vise à valider les sites d'hibernation de l'altise des crucifères et des navets sur les fermes maraîchères biologiques du Québec. Pour ce faire, l'émergence des altises a été suivie au printemps 2022 chez des fermes biologiques diversifiées à l'aide de cages à émergence disposées sur des planches de cultures et en milieux couverts. Ces travaux ont permis de statuer que les altises n'hibernent pas dans les champs des producteurs. De plus, les résultats ont permis d'observer une dynamique d'émergence spécifique à chaque espèce d'altise à l'étude. Le second volet de cette étude vise à évaluer le potentiel du piégeage massif sous filet pour lutter contre les altises dans les cultures de crucifères biologiques du Québec. Le sous-volet 2.1 a servi à comparer l'efficacité de différents pièges pour leur capacité à piéger des densités élevées d'altises. Les deux pièges commercialisés dans les dernières années pour le piégeage des altises sont le KLP et l'ECOspy™ Dome Trap. La manipulation du piège KLP est difficile et comme pour l'ECOspy™ Dome Trap, la plaquette collante de ces pièges doit être changée fréquemment. Dans une stratégie de piégeage de masse des altises, deux nouveaux pièges jaunes ont été envisagés dans le cadre de cette étude : un piège maison fabriqué à l'aide d'un bidon de lait (3,8 L) de couleur jaune avec des trous et le piège commercial Hemitrap vendu pour le piégeage de masse des diptères. Ces deux pièges offrent une capacité de liquide différente et permettent de viser des producteurs qui veulent soit fabriquer eux-mêmes le piège ou soit l'acheter. En 2021, à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique de l'IRDA (PIAB), des expériences ont été menées pour évaluer l'efficacité des pièges KLP, Bidon jaune et Hemitrap avec l'attractif CSalomon® à capturer des densités élevées d'altises sous filet, où la pression du ravageur était contrôlée. L'étude n'a pas inclus l'ECOspy™ Dome Trap en raison de son arrêt de production. En parallèle à ces essais en 2021 à la PIAB, les risques associés au piégeage de masse sur les cultures sensibles non protégées de filets à proximité des pièges ont également été étudiés dans le cadre du sous-volet 2.2 en mesurant les dommages causés par les altises sur des parcelles non protégées placées à proximité des différents pièges. Le sous-volet 2.2 s'est poursuivi en 2022, chez 6 fermes participantes, où des plaquettes jaunes collantes ont été disposées à l'extérieur d'un filet à des distances croissantes d'un piège avec attractif placé sous filet. Le modèle généré pour interpréter les résultats démontre que l'abondance des altises est maximale près de l'attractif et décroît avec la distance jusqu'à observer une légère diminution d'abondance autour de 5 m à 10 m. L'essai pour le sous-volet 2.3, dont l'objectif était de tester le piégeage de masse dans un contexte producteur de fermes biologiques diversifiées a été réalisé en 2022 chez 7 fermes cultivant des rabioles var. Hakurei et White Lady, où le piège Hemitrap contenant un attractif CSalomon® a été utilisé sur des planches de 25 m pour capturer les altises se retrouvant sous les filets. Les dommages aux plants de 2 à 4 feuilles ainsi qu'à la récolte ont été mesurés à des distances croissantes sur la planche et comparés à ceux observés dans les parcelles témoin sans piège. De manière générale, le piégeage sous filet n'a pas permis de réduire les dommages observés. Bien que la proportion de

rabioles vendables ait été augmentée légèrement entre 5 m et 12,5 m du piège, celui-ci avait tendance à faire augmenter les dommages observés sur le feuillage.

Notre projet n'a pas décelé de bénéfices notables associés au piégeage de masse dans sa forme actuelle et souligne un certain niveau de risques pour les cultures à proximité. Il demeure néanmoins pertinent d'utiliser les connaissances acquises dans ce projet pour poursuivre les essais sur les méthodes de lutte contre ces ravageurs en maraîchage biologique, notamment sur les facteurs de colonisation des planches de production sous filets par les altises.

INTRODUCTION

L'altise des crucifères (*Phyllotreta cruciferae*) et l'altise des navets (*P. striolata*) sont les deux principales espèces d'altises endommageant les cultures maraîchères de la famille des crucifères au Québec. Malgré l'utilisation répandue de filets anti-insectes par les producteurs biologiques, ces derniers ne parviennent pas toujours à empêcher la présence de ces insectes sur les cultures. Les légumes-feuilles comme la roquette et les crucifères-racines tels que les rabioles sont particulièrement sensibles à ces ravageurs. Aucun projet de recherche ne s'est attardé au site d'hibernation des altises au Québec et un doute persiste sur le fait que les altises pourraient émerger tôt au printemps du sol des planches cultivées et se retrouver enfermées sous les filets. Les producteurs en régie biologique sont à court de solutions pour contrôler les altises sous leur filet. Seuls les insecticides à base de spinosad sont actuellement homologués. En plus d'être limitées à 3 applications par saison, ces produits présentent de hauts risques de développement de résistance. Les deux pièges qui ont été commercialisés dans les dernières années pour le piégeage des altises sont le KLP et l'ECOspy™ Dome Trap. L'ECOspy™ Dome Trap n'est plus en production. Manipuler le piège KLP est complexe, et comme pour l'ECOspy™ Dome Trap, il faut souvent remplacer la plaquette collante, ce qui restreint son utilisation en exploitation agricole. Il est donc important de trouver une alternative à ces pièges. Il existe deux pièges jaunes qui pourraient être utilisés à cette fin : 1) un piège maison fabriqué à l'aide d'un bidon de lait (3,8 L) peint en jaune, qui a été développé par l'Université du Missouri pour le piégeage de Chrysomelidae ; 2) le piège commercial Hemitrap vendu par Probodelt (650 mL) pour le piégeage de masse de Diptères, qui comporte les caractéristiques attirantes pour les altises. Ces deux pièges offrent des contenances de liquide différentes et permettent de cibler des producteurs qui veulent soit fabriquer eux-mêmes le piège, soit l'acheter. L'utilisation de ces pièges dans une stratégie de piégeage de masse contre les altises devait être explorée.

OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

L'étude comprenait deux volets principaux (**Tableau 1**). Les objectifs de ces volets étaient de 1) valider les sites d'hibernation de l'altise des crucifères et des navets sur les fermes maraîchères biologiques du Québec, et 2) évaluer le potentiel du piégeage de masse sous filet afin de lutter contre ceux-ci. Le deuxième volet était composé de trois sous-objectifs. Premièrement, comparer l'efficacité de différents pièges pour leur capacité à capturer des densités élevées d'altises. Deuxièmement, mesurer les risques associés au piégeage de masse sur les cultures de proximités non protégées de filets. Troisièmement, tester le piégeage de masse dans un contexte producteur de fermes biologiques diversifiées. Ce projet s'est déroulé sur une période de 2 ans (2021-2022) à Saint-Bruno-de-Montarville à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique (PIAB) de l'IRDA et chez plusieurs fermes biologiques ayant cultivé des crucifères racines.

Tableau 1. Objectifs de l'étude

Volets	Objectifs	Années
1 - Étude des sites d'hibernation	Valider les sites d'hibernation de l'altise des crucifères et des navets sur les fermes maraîchères biologiques du Québec	2022
2 - Évaluer le potentiel du piégeage	2.1- Comparer l'efficacité de différents pièges pour leur capacité à capturer des densités élevées d'altises	2021
	2.2- Mesurer les risques associés au piégeage de masse sur les cultures de proximités non protégées de filets	2021-2022
	2.3 Tester le piégeage de masse dans un contexte producteur de fermes biologiques diversifiées	2022

VOLET 1 - VALIDATION DES SITES D'HIBERNATION DE L'ALTISE DES CRUCIFÈRES ET DES NAVETS SUR LES FERMES MARAÎCHÈRES BIOLOGIQUES DU QUÉBEC

1. Dispositif expérimental et régie de culture

Afin de mieux connaître le site d'hibernation de l'altise des crucifères et des navets, des expériences ont été réalisées en 2022 sur 6 sites, dont 5 fermes biologiques ayant cultivé des crucifères racines à l'automne 2021, ainsi que la PIAB de l'IRDA de Saint-Bruno-de-Montarville. Une carte géographique présentant l'emplacement des 6 sites est présentée à l'**Annexe 1**. Pour ce faire, deux types d'habitats ont été comparés : soit les champs (planche de culture avec un précédent de crucifères automne 2021) et les milieux couverts (lisière de boisé ou tout autre habitat avec un couvert d'arbustes ou d'arbres).

L'émergence des altises dans chaque habitat a été suivie à l'aide de cages à émergence. Au total, quatre cages par habitat ont été disposées sur chaque site. Les cages à émergence ont été construites à partir d'un bac de plastique blanc de 45 x 63 x 32 cm (aire d'échantillonnage de 0,25 m²) sur lequel un pot collecteur transparent muni d'un entonnoir renversé et d'une plaquette jaune collante était fixé (**Figure 1**). Les cages ont été installées le 24 mars. Dans les champs, elles étaient positionnées aléatoirement sur un transect de 50 m sur une planche avec un précédent cultural de crucifère (**Figure 2**). Dans les milieux couverts, les cages ont été placées aléatoirement sur un transect de 20 à 30 m de long selon la disponibilité du terrain à l'intérieur des boisés à 1 à 3 m de la lisière. Une distance minimale de 1 m entre les cages était respectée.

2. Variables mesurées

Le nombre d'adultes de chaque espèce d'altise émergeant dans les cages a été noté 1 fois par semaine entre le 24 mars et le 31 mai. De plus, des acquiseurs de températures de type HOBO® ont été placés à l'intérieur des cages à la surface du sol et dans la litière (2 cm de profondeur) ainsi qu'à la surface du sol à l'extérieur des cages.

L'environnement dans lequel les cages étaient installées a été décrit. Pour les cages en planches de production, des informations telles que l'historique des cultures, la description de la gestion des mauvaises herbes sur la planche et dans la bordure de planche ainsi que la présence antérieure d'altises étaient notées. Pour les cages en milieux couverts, les principales espèces d'arbres, d'arbuste et herbacées étaient décrites dans un rayon de 2 m autour de la cage.

3. Analyses statistiques

Les données d'émergence du volet 1 ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et des comparaisons de moyennes selon le test de Tukey HSD à l'aide du logiciel R. Aussi, des modélisations non linéaires ont été effectuées pour établir les relations entre l'émergence cumulative et les degrés-jours cumulés à l'aide de TableCurve 2D v.5.01. Des courbes logistiques doses-réponses à trois paramètres ont été utilisées, où le deuxième paramètre correspond aux degrés-jours cumulés nécessaires pour observer 50% de l'émergence.



Figure 1. Cages à émergence utilisées pour valider les sites d'hibernation des altises au printemps, photo prise dans une lisière de boisé (2022)



Figure 2. Cages à émergence positionnées sur une planche de culture (2022)

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Espèces d'altises piégées

Quatre espèces différentes d'altises ont été observées durant l'expérience. Au total, 211 *P. striolata* (l'altise des navets), 164 *Crepidodera violacea* (Melsheimer), 90 *P. cruciferae* (altise des crucifères) et 1 *Phyllotreta bipustulata* (Fabricius) ont été capturés sur un total de 466 individus entre le 24 mars et le 31 mai. L'abondance relative des espèces est représentée dans la **Figure 3**.

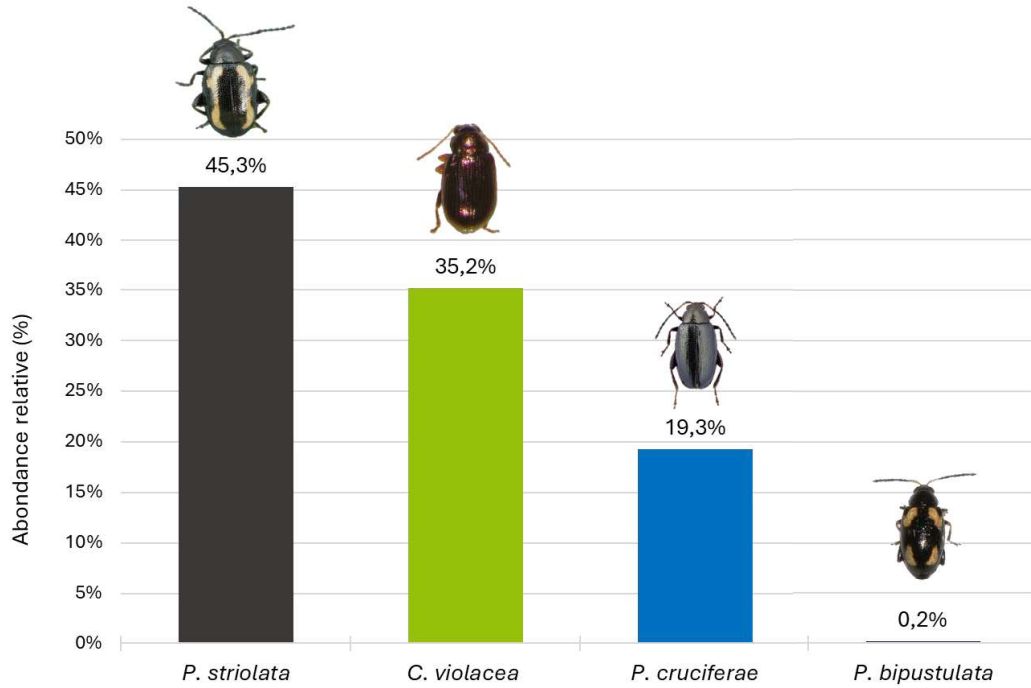


Figure 3. Abondance relative des altises lors de l'émergence printanière en 2022

Émergence par milieu

Les milieux couverts ont montré une émergence totale significativement plus élevée pour *P. striolata* et *P. cruciferae*, par rapport aux milieux ouverts en champs (*P. striolata* : $31,1 \pm 27,4$ ind./m² vs $0,3 \pm 0,3$ ind./m², $P = 0,0093$; *P. cruciferae* : $13,1 \pm 6,4$ ind./m² vs $0,3 \pm 0,2$ ind./m², $P = 0,0089$) (**Figure 4**).

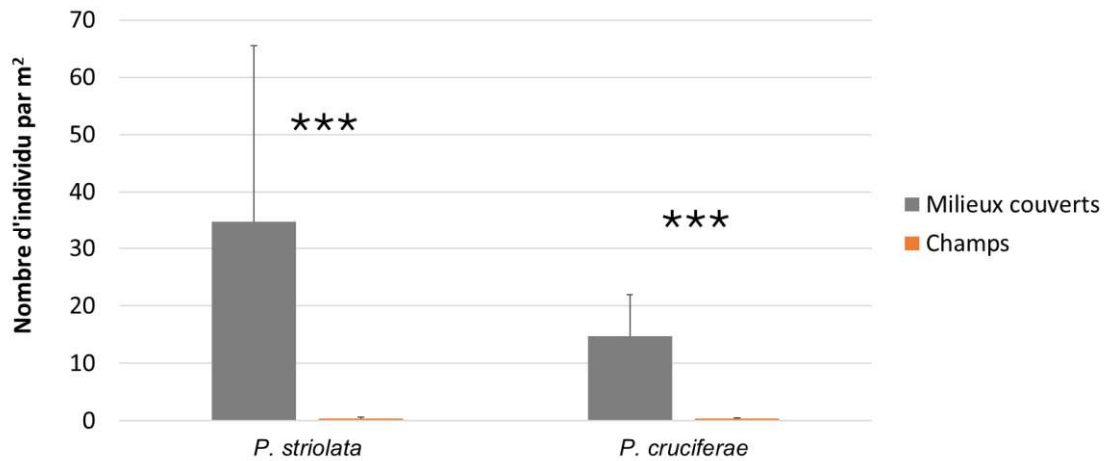


Figure 4. Émergence totale de *P. striolata* (altise des navets) et *P. cruciferae* (altise des crucifères) selon l'habitat échantillonné au printemps 2022. Les barres verticales représentent l'erreur type. *: différence significative selon l'ANOVA ($P < 0,05$)

L'émergence a débuté à la fin mars, quelques jours après la fonte des neiges alors que la température de la litière (sol en surface) était juste au-dessus du point de congélation (**Figure 5**). Turnock et al. (1987) ont également observé que l'émergence de *P. cruciferae* et de *P. striolata* commençait peu après le dégel de la litière dans une étude similaire. L'émergence de *P. striolata* a culminé entre le 20 avril et le 3 mai, correspondant à une température moyenne du sol constante de 5 °C et une température de l'air d'environ 7,5 °C (moyenne mobile sur les 7 derniers jours, données non présentées). L'émergence de *Crepidodera violacea* était maximale le 28 avril, lorsque la température du sol et la température de l'air étaient respectivement de 7 °C et 8 °C. L'émergence maximale de *P. cruciferae* s'est produite le 18 mai, lorsque la température du sol à 2 cm a atteint 15 °C et la température de l'air 20 °C. Le pic d'émergence de *P. cruciferae* a également été signalé à la fin mai en Alberta, lorsque la température moyenne du sol atteignait 15 °C (Ulmer et Dosedall, 2006).

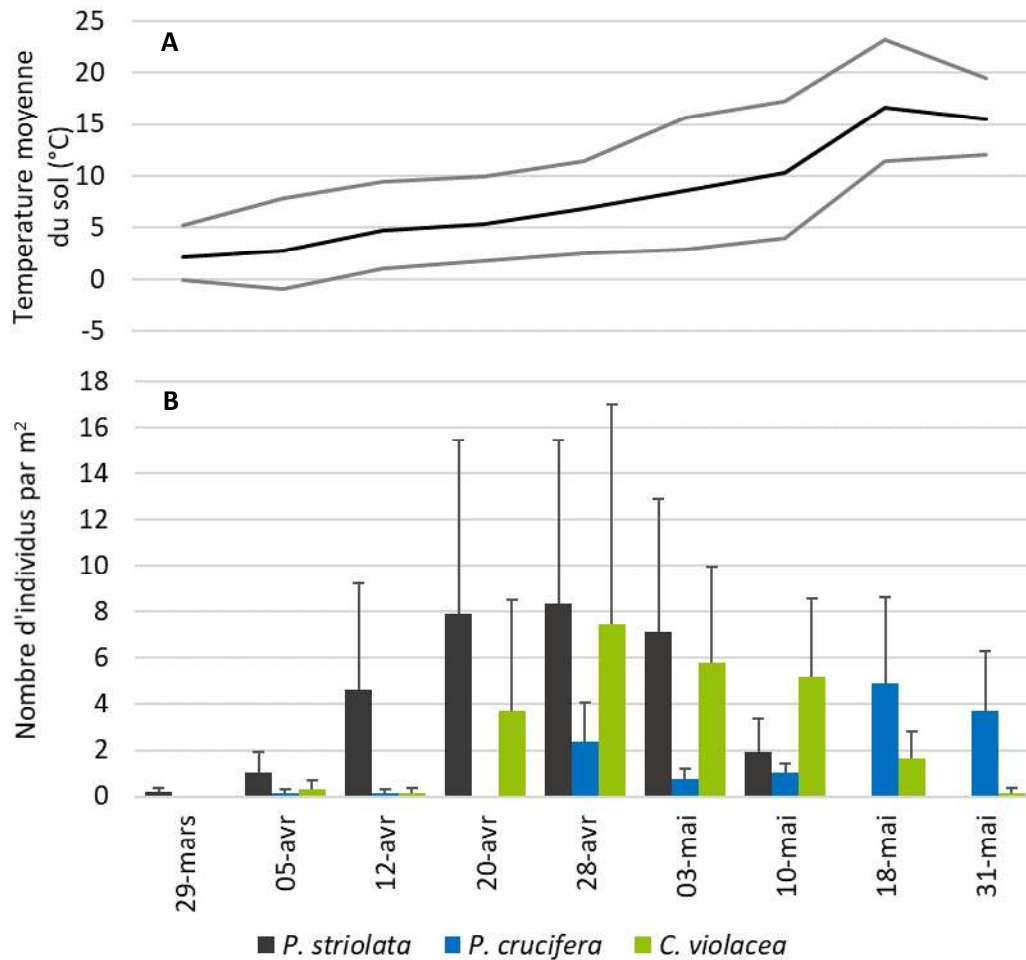


Figure 5. A) Température du sol (2 cm) pour chaque période d'échantillonnage (moyennes mobiles entre les observations). Ligne noire = Température moyenne ; lignes grises supérieure et inférieure = température maximale et minimale respectivement. B) Nombre moyen d'altises (\pm SE) pour chaque date d'échantillonnage dans les milieux couverts au printemps 2022.

Comme les premières altises émergentes ont été observées lorsque la température de la litière était juste au-dessus du point de congélation, une température seuil de base de 0 °C a été utilisée pour le calcul des degrés-jours (**Figure 6**). 161 DJ ont été nécessaires pour observer 50% d'émergence de *P. striolata*, correspondant au 25 avril. 50% des *P. cruciferae* émergents ont été observés après l'accumulation de 352 DJ, ce qui correspond au 13 mai.

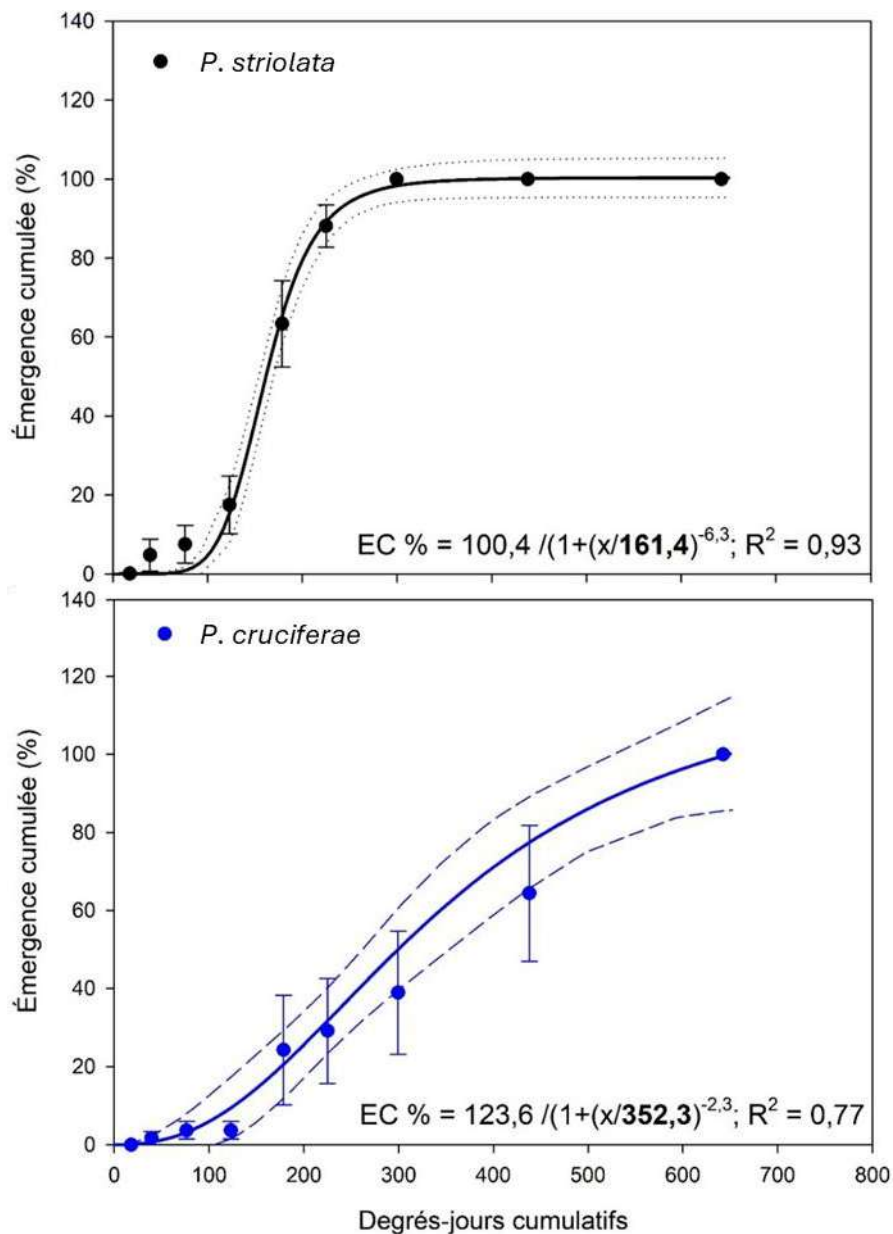


Figure 6. Proportion d'émergences cumulées de *P. striolata* et *P. cruciferae* selon l'accumulation de degrés-jours (DJ) (température de base de 0 °C). Les lignes pointillées correspondent à l'intervalle de confiance à 90%. Le second paramètre de ces courbes logistiques doses-réponses représente le **EC₅₀ (en gras)**

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'émergence printanière des altises ne s'est pas produite dans les champs cultivés durant cette expérimentation. Les mêmes constatations concernant la préférence des sites d'hibernation des altises des crucifères ont été rapportées par Anderson et al. (2005) pour le nord-est des États-Unis. Ils ont observé qu'un nombre significativement plus élevé de *P. cruciferae* était présent dans la litière sous les arbustes et les broussailles, ou dans les zones boisées, par rapport aux sites avec de l'herbe ou dans les champs avec des débris de culture. Des patrons d'émergence printanière spécifiques ont été observés, où l'émergence de *P. striolata* s'est produite avant *P. cruciferae*. Ces résultats

confirment les connaissances établies sur les sites d'hibernation de *P. cruciferae* et *P. striolata* et fournissent des informations précieuses sur la colonisation des cultures par les altises dans les fermes biologiques. Nos observations à propos des sites préférentiels d'hibernation des altises nous permettent de croire que les adultes piégées sous les filets au printemps ou au début de l'été arrivent des milieux boisés où elles hibernent, que celles-ci n'arrivent pas directement du sol des planches de culture. Ces résultats devraient être pris en compte pour le développement d'une stratégie de gestion des altises dans les fermes maraîchères biologiques, et soulignent l'importance d'utiliser des filets de qualités et de bien les fixer au sol pour empêcher toute colonisation.

VOLET 2 - ÉVALUER LE POTENTIEL DU PIÉGEAGE MASSIF SOUS FILET DANS LA LUTTE AUX DEUX ESPÈCES D'ALTISES DANS LES CULTURES DE CRUCIFÈRES BIOLOGIQUES DU QUÉBEC

SOUS-VOLET 2.1 ET 2.2

- COMPARER L'EFFICACITÉ DE DIFFÉRENTS PIÈGES POUR LEUR CAPACITÉ À PIÉGER DES DENSITÉS ÉLEVÉES D'ALTISES

- MESURER LES RISQUES ASSOCIÉS AU PIÉGEAGE DE MASSE SUR LES CULTURES DE PROXIMITÉS NON PROTÉGÉES DE FILETS (IRDA, 2021)

1. Dispositif expérimental et régie de culture

En 2021, des expériences ont été menées à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique de l'IRDA (PIAB) à Saint-Bruno-de-Montarville visant à comparer l'efficacité de trois pièges pour capturer des densités élevées d'altises sous filet et ce tout en évaluant les risques associés à ces pièges sur les cultures adjacentes non protégées. Les essais se sont déroulés sur cinq sites en sol organique avec de l'argile de type Verchères et un précédent cultural de prairie. Le dispositif expérimental était en blocs aléatoires complets à 5 répétitions (1 par site). Chaque bloc était composé de deux rangées de 4 planches de rabioles (variété Blanc Globe à collet violet) de 0,75 m de large par 25 m de long et espacées de 25 m (**Annexe 2**). Une des rangées de planches était recouverte de filets anti-insecte et était destinée à l'étude du sous-volet 2.1 sur l'efficacité de piégeage, alors que les planches de la deuxième rangée étaient dépourvues de filet servant à répondre au sous-volet 2.2 sur les risques des pièges. Les essais se sont répétés au courant de l'été sur deux cycles de production (cycle 1: 2 juin au 20 juillet; cycle 2: 2 août au 22 septembre). Les planches du second cycle étaient décalées par rapport à celles du premier cycle sur chaque site.

Les trois pièges comparés étaient les suivants :

- 1- Piège KLP et plaquette collante.
- 2- Piège Hemitrap de Probodelt appelé Mosquero Hemitrap, model 2180 Montado avec 28 trous de 8 mm de diamètre ayant 500 ml d'eau savonneuse.
- 3- Piège Bidon de lait jaune ayant 1 L d'eau savonneuse. Le piège bidon a été fabriqué à partir d'un bidon de lait blanc de 3,8 L en plastique peint en jaune et percé sur chaque face de 10 trous d'un diamètre de 4 mm (total de 40 trous).

L'attractif CsalomoN® était utilisé avec chaque piège (**Annexe 3**). Un piège était placé à chaque extrémité des planches avec filet (**Annexe 2**). Une planche par bloc constituait un témoin sans piège. Au premier cycle de culture, les attractifs des pièges ont été installés le 4 juin et remplacés le 24 juin et le 15 juillet à trois semaines d'intervalle. Au second cycle, les attractifs ont été installés le 4 août et remplacés le 26 août et le 17 septembre.

Le 28 avril, la prairie présente sur les sites a été labourée. Les planches du premier cycle de culture ont été mises en place à l'aide d'une rotobutteuse (marque Comeb model ISRI 155) le 11 mai après avoir reçu une fertilisation à la volée avec du fumier de poulet Acti-Sol (40 KgN/ha) le jour même. Sur une période de 3 semaines, 4 faux semis ont été effectués à l'aide d'une herse étrille Hatzenbichler, soit les 17, 21, 26 et 28 mai et suivis d'une irrigation. Le semis de rabioles a été effectué le 2 juin à l'aide d'un semoir manuel Jang 3 rangs en deux passages sur les planches. Les rangs étaient espacés aux 15 cm et l'espacement sur le rang était de 3 cm. Un système d'irrigation composé de 4 tuyaux de gouttes à gouttes (de marque Aqua Traxx FC, 6 mil d'épaisseur, trous aux 30 cm, 0,34 gpm) par planche, des arceaux en acier galvanisé pour mini tunnel de 188 cm gainés d'un arceau en PVC et des filets anti-insectes Proteknet, (mailles de 0,35 mm, 25 gr/m²) ont été installés suivant le semis. Les filets étaient enterrés sur tous les côtés et maintenus aux extrémités avec des sacs de sable. Aucun désherbage sur les planches n'a été effectué après le semis. La destruction des parcelles suivant le premier cycle de production s'est déroulée le 26 juillet, où les planches ont été fauchées et rotocultées. Pour le deuxième cycle de production, les étapes d'implantation des parcelles sont restées les mêmes. La fertilisation et la création des buttes ont été effectuées le 27 juillet, suivies d'un travail de sol et du semis le 2 août. Les planches sans filet ont été ressemées le 12 août en raison d'un haut taux de mortalité des plantules probablement dû à la canicule et l'alimentation des nombreuses altises.

2. Variables mesurées

Dénombrement des altises capturées

Un nombre connu d'altises a été introduit sous chaque planche avec filet dans le but d'établir l'efficacité de capture des pièges testés. Pour ce faire, quatre introductions d'altises ont été effectuées lors du premier cycle de production sur une période de 3 semaines, le 7, 10, 14 et 21 juin. Les altises étaient aspirées sur une période de 2 semaines dans 3 bandes de moutarde brune de la variété Centennia semées le 28 avril à un taux de 12 kg/ha dans un autre champ situé sur la PIAB. Les altises étaient triées par espèce et comptées avant d'être introduites sous les filets. Un total de 1 887 altises des crucifères (*P. cruciferae*) et 15 altises des navets (*P. striolata*) ont été introduites par parcelle sous filet lors du premier cycle. Au second cycle de production, les altises ont été aspirées sur des bandes de moutarde semées le 6 juillet et 19 juillet. Deux introductions d'altises ont été faites sous les filets soit le 9 et 10 août, avec un total de 700 altises des crucifères (*P. cruciferae*) introduites par parcelle.

Les pièges étaient relevés avant chaque introduction d'altises et 2 fois par semaine. La période de piégeage lors du premier et deuxième cycle de culture était respectivement du 4 juin au 15 juillet et du 4 août au 21 septembre. Pour les pièges Hemitrap et Bidon, les insectes étaient récupérés en filtrant le liquide contenu dans les pièges. Pour le KLP, la plaquette collante était échangée. Les altises piégées étaient comptées par espèces sous loupe binoculaire.

Évaluation des dommages d'altise

L'évaluation des dommages causés par les altises a été effectuée dans les parcelles avec et sans filet. Les dommages sur les feuilles ont été évalués aux stades de deux feuilles, de 8 à 10 feuilles et lors de la récolte. Quant aux dommages aux racines, ils ont été évalués aux stades de 8 à 10 feuilles et lors de la récolte. Les évaluations étaient réalisées à 7 stations d'échantillonnage sur les planches, soit à 0 m, 5 m, 10 m, 12,5 m, 15 m, 20 m et 25 m (**Annexe 2**). À chaque station d'évaluation, 20 plants étaient arrachés aléatoirement sur une zone de 1 m. Le nombre de feuilles présentant des trous de nutrition (criblures) par plant et la présence de dommage racinaire étaient évalués. Les évaluations pour le premier cycle de culture se sont déroulées le 15 juin, 6 juillet et 20 juillet. Au second cycle, elles se sont réalisées le 17 août, 8 septembre et 22 septembre. La grosseur moyenne des rabioles à

la récolte du premier et deuxième cycle de culture était respectivement de $14,42 \pm 5,95$ (E.T.) mm et $38,96 \pm 18,74$ mm de diamètre.

Temps de manipulation des pièges

Le temps nécessaire au relevé des pièges a été évalué le 24 et 28 juin lorsque l'équipe était familiarisée avec les manipulations. Les étapes suivantes ont été chronométrées : la sortie des pièges des filets, la filtration du liquide pour les pièges Bidon et Hemitrap, le changement de plaquette collante pour le piège KLP et la remise en fonction des pièges, incluant le changement de phéromone. Le décompte des altises récupérées du mélange d'eau savonneuse et sur les pièges collants a également été chronométré le 28 juin.

Taux d'évaporation du liquide contenu dans les pièges

Pour estimer la durée pendant laquelle les pièges Hemitrap et Bidon pourraient être laissés sur le terrain avant d'être remplis à nouveau de liquide, l'évaporation du contenu de ces pièges a été évaluée du 14 au 17 juin et du 21 au 24 juin.

3. Analyses statistiques

Les données des objectifs 2.1 et 2.2 du dispositif réalisé à PIAB de l'IRDA ont été soumises à des analyses de variance (ANOVA) et des comparaisons de moyennes selon le test de Tukey HSD à l'aide du logiciel R. Les données de dommages d'altises aux feuilles et aux tubercules ont été analysées à l'aide d'analyses de variance à mesures répétées, où les facteurs suivants ainsi que leur interaction ont été analysés : traitements, station d'observation et stade phénologique. Les données ont été transformées au besoin. Les analyses ont été faites selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires répétés cinq fois.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Population de rabioles sur les parcelles

La population de rabioles visée sur les planches pour cette étude était de 3 570 plants. Le 18 juin, la population moyenne au premier cycle de culture était de 2 740 et 2 540 plants par planche pour les parcelles avec et sans filet respectivement. Au deuxième cycle de culture, la population moyenne des parcelles a été évaluée le 17 août à 1 090 et 500 plants par planche dans les parcelles avec et sans filet respectivement. Une forte mortalité des plantules au cours du deuxième cycle de culture a été observée après la levée des plants, et ce, plus fortement dans les parcelles sans filet. Elle s'explique probablement par un effet combiné d'une canicule et d'une forte pression d'altises dans les parcelles sans filet.

Dénombrement des captures d'altises dans les pièges sous-filet

Les **Figure 7**, **Figure 8**, **Figure 9** et **Figure 10** présentent l'évolution des captures des deux espèces d'altises dans les trois types de pièges pendant les deux cycles de culture. Rappelons qu'un total de 1 887 altises des crucifères et 15 altises des navets ont été introduits sous les filets au cours du premier cycle, de même que 700 altises des crucifères au second cycle de culture.

Au cours du premier cycle, deux pics de capture de l'altise des crucifères ont été observés dans l'ensemble des pièges (**Figure 7**). Le premier en date du 14 juin soit juste après la seconde introduction d'altises et le deuxième en date du 28 juin, 4 jours après le changement de phéromone. En ce qui concerne l'altise des navets, les captures étaient globalement plus stables, avec un pic plus marqué en date du 12 juillet, particulièrement dans le piège KLP.

Au cours du second cycle de culture, un problème d'étanchéité des filets a été rencontré, et ce, dès le premier relevé (9 août), où de nombreuses captures d'altise des crucifères ont été effectuées avant même le début des introductions (**Figure 9**). Aussi, des captures d'altise des navets ont été réalisées durant tout le cycle de culture alors qu'aucune n'avait été introduite sous les filets (**Figure 10**).

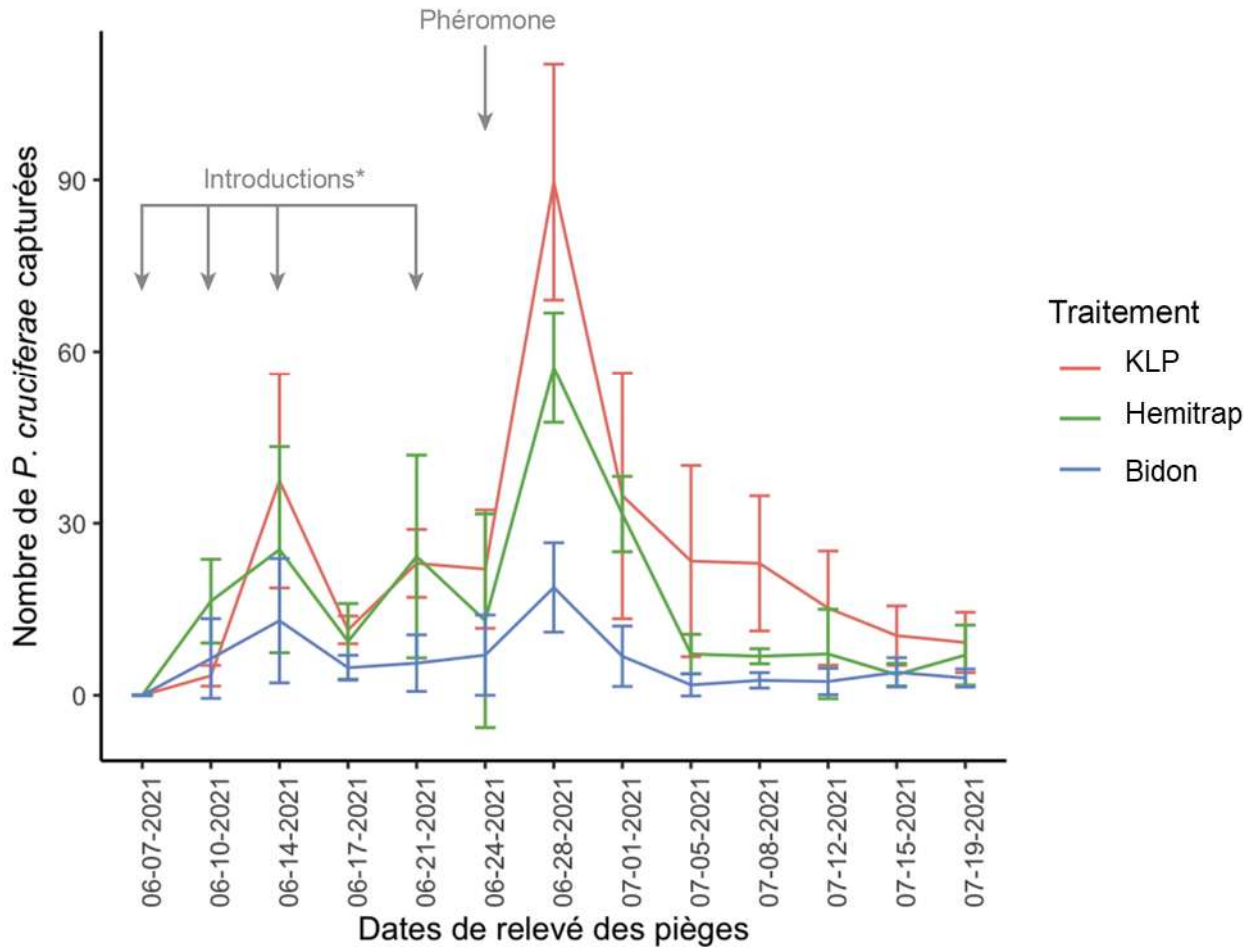


Figure 7. Capture d'altise des crucifères (*P. cruciferae*) selon les trois types de pièges à l'étude entre le 7 juin et 19 juillet 2021 (cycle 1), Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA. Les écarts-types sont indiqués grâce aux barres d'erreur verticales. Introduction ; introduction de *P. cruciferae*, Pheromone; changement de phéromones. * Le relevé des pièges se faisait avant l'introduction

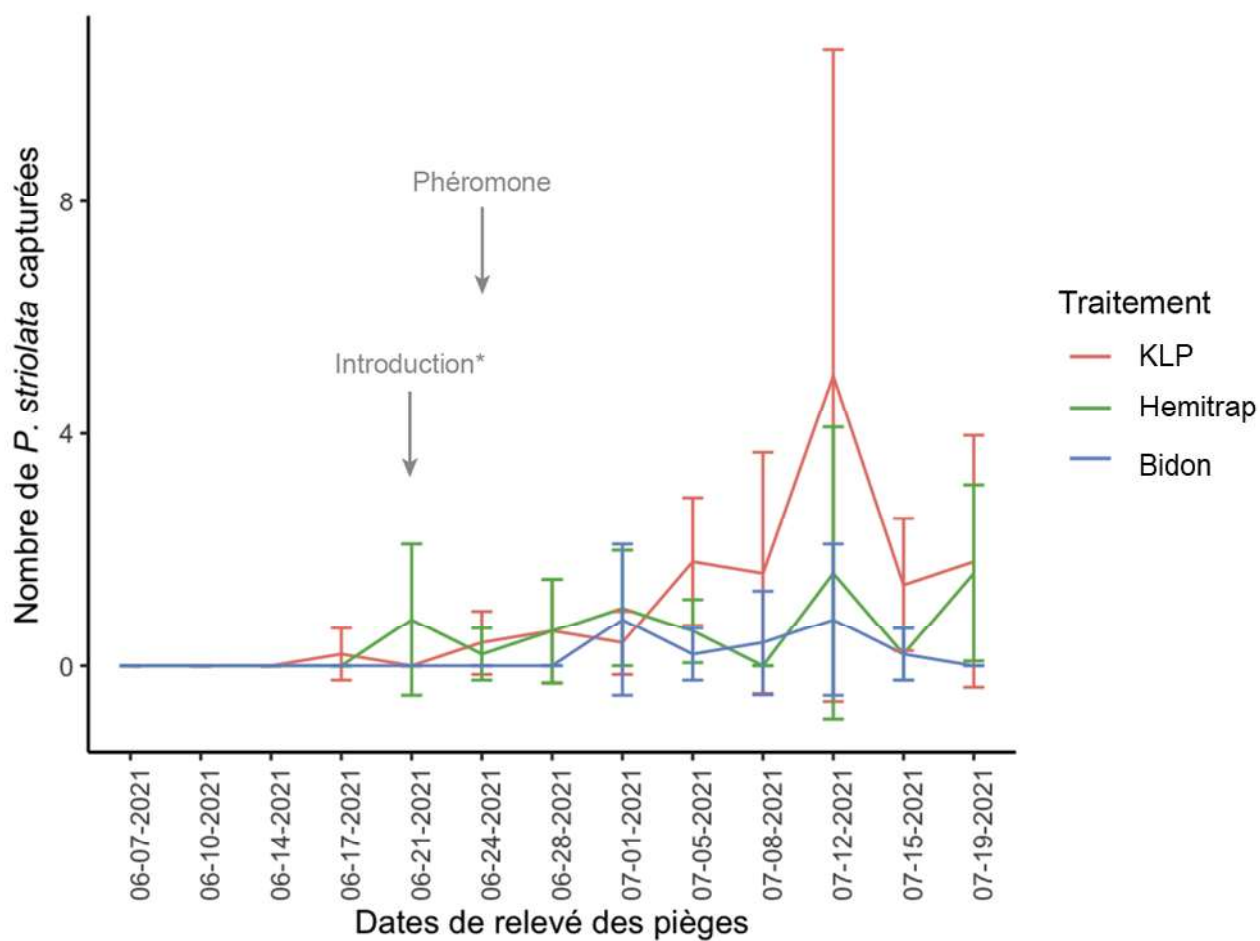


Figure 8. Capture de l'altise des navets (*P. striolata*) selon les trois types de pièges à l'étude entre le 7 juin et 19 juillet 2021 (cycle 1), Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA. Les écarts-types sont indiqués grâce aux barres d'erreur verticales. Introduction ; introduction de *P. striolata*, Phéromone; changement de phéromones. * Le relevé des pièges se faisait avant l'introduction

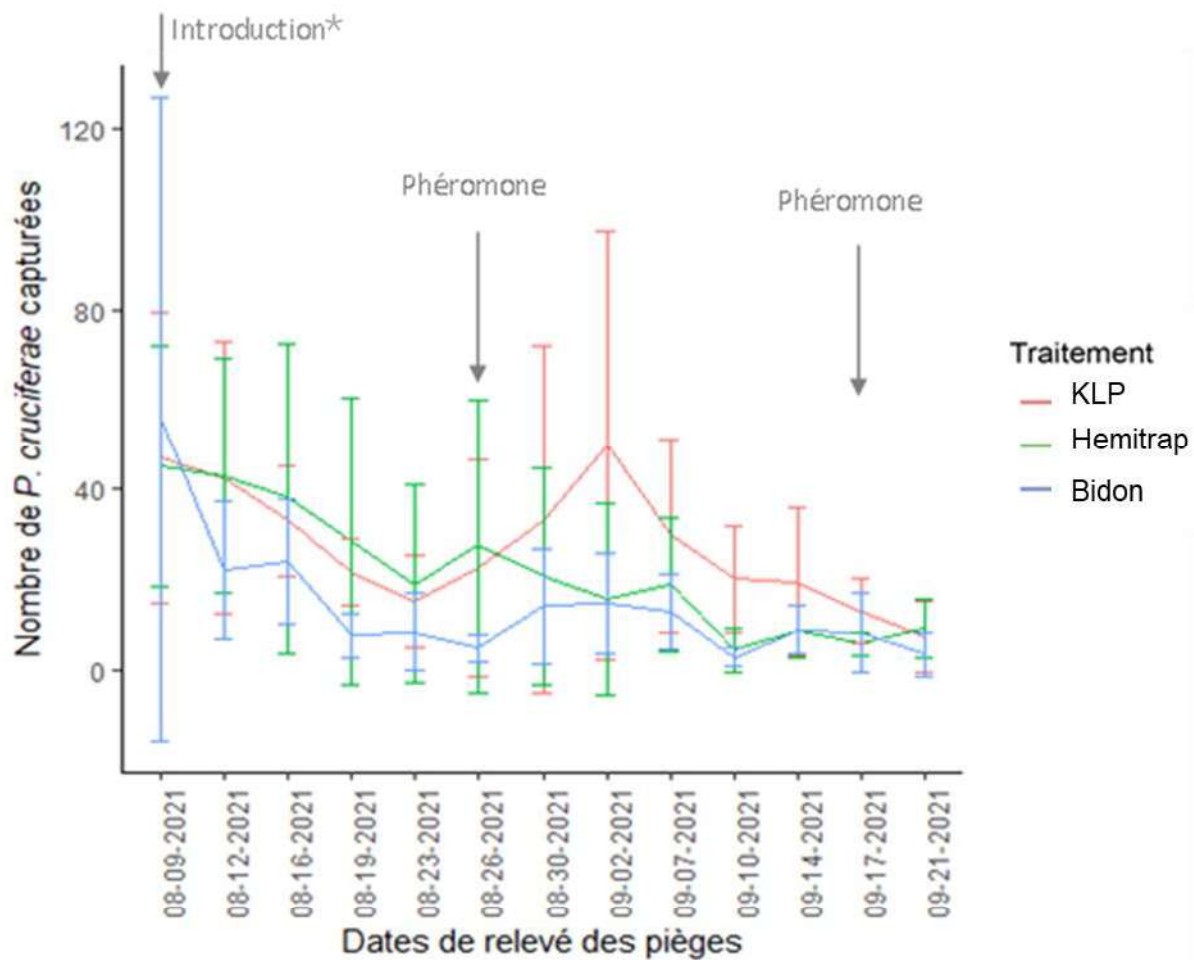


Figure 9. Capture de l'altise des crucifères (*P. cruciferae*) selon les trois types de pièges à l'étude, entre le 9 août et 21 septembre 2021 (cycle 2), Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA. Les écarts-types sont indiqués grâce aux barres d'erreur verticales. Introduction ; introduction de *P. cruciferae*, Phéromone ; changement de phéromones. * Le relevé des pièges se faisait avant l'introduction

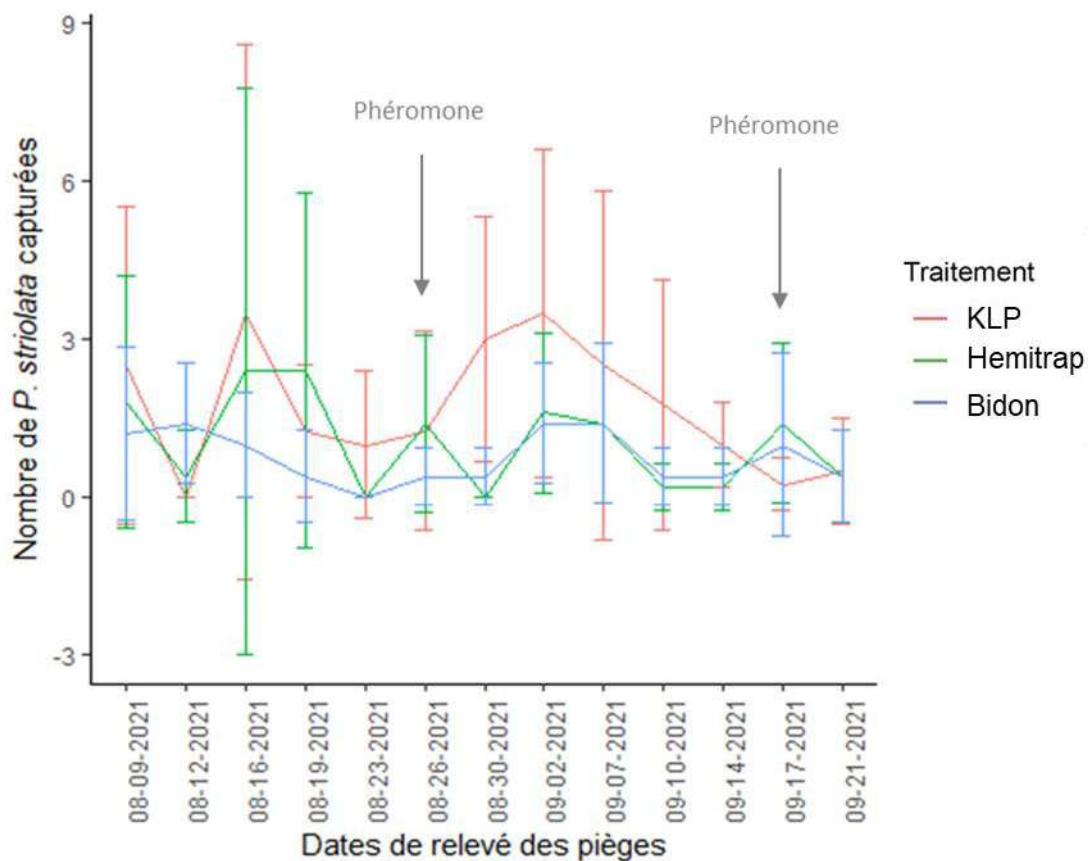


Figure 10. Capture de l’altise des navets (*P. striolata*) selon les trois types de pièges à l’étude, entre le 9 août et 21 septembre 2021 (cycle 2), Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA. Les écarts-types sont indiqués grâce aux barres d’erreur verticales. Introduction ; introduction de *P. striolata*, Phéromone ; changement de phéromones

Le nombre total d’altises capturées par espèce selon les trois types de pièges au cours des deux cycles de culture sont présentées aux **Figure 11** et **Figure 12**. Il est à noter que les captures des 2 pièges par planche ont été comptabilisées pour l’analyse puisque l’emplacement du piège à l’intérieur du filet ne fut pas un facteur significatif lors des 2 cycles de production (Cycle 1 : $t = 1,16$, $P = 0,1325$ et Cycle 2 : $t = -2,54$, $P = 0,9883$). Au cours du premier cycle de culture, le piège KLP a enregistré le plus grand nombre de captures d’altises pour les deux espèces, avec une moyenne de 302 ± 24 altises des crucifères et 13 ± 2 altises des navets par planche. Il est suivi par l’Hemitrap, puis par le piège Bidon, comme illustré dans la **Figure 11**, avec des captures de 209 ± 17 altises des crucifères et 7 ± 1 altises des navets pour l’Hemitrap, et 76 ± 7 altises des crucifères et 2 ± 1 altises des navets pour le piège bidon. Les pièges KLP, Hemitrap et bidon ont capturé respectivement 16 %, 11 % et 4 % des altises des crucifères ainsi que 88 %, 44 % et 16 % des altises des navets introduites sous les filets. Les pourcentages de capture pour ces dernières sont très probablement surestimés puisqu’un très faible nombre d’individus a été introduit. L’introduction accidentelle de quelques individus engendre un impact important sur le calcul de ces pourcentages. Aucune différence significative n’a été observée dans les résultats obtenus lors du second cycle de culture (**Figure 12**). Le manque d’étanchéité des filets entraînant une contamination en altises venues de l’extérieur a apporté beaucoup de variabilité dans le nombre d’altises capturées. Il est possible de visualiser cette variabilité par les écarts-types présentés dans les **Figure 11** et **Figure 12**.

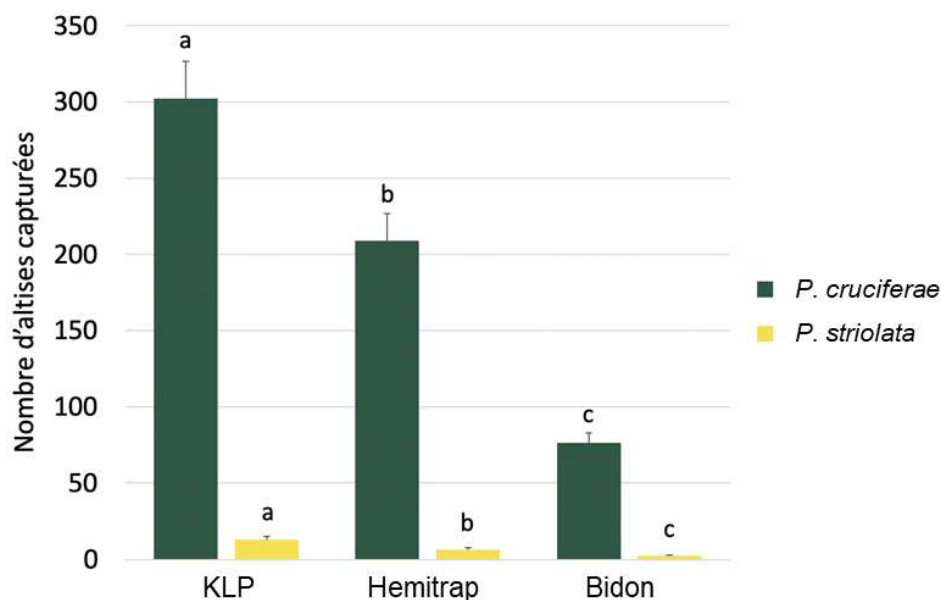


Figure 11. Capture totale d'altise des crucifères (*P. cruciferae*) et d'altise des navets (*P. striolata*) selon les trois types de pièges à l'étude, entre le 7 juin et 19 juillet 2021 (cycle 1), Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA. Pour chaque espèce, les moyennes d'une même colonne ayant la même lettre 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 ($\log(x+1)$)

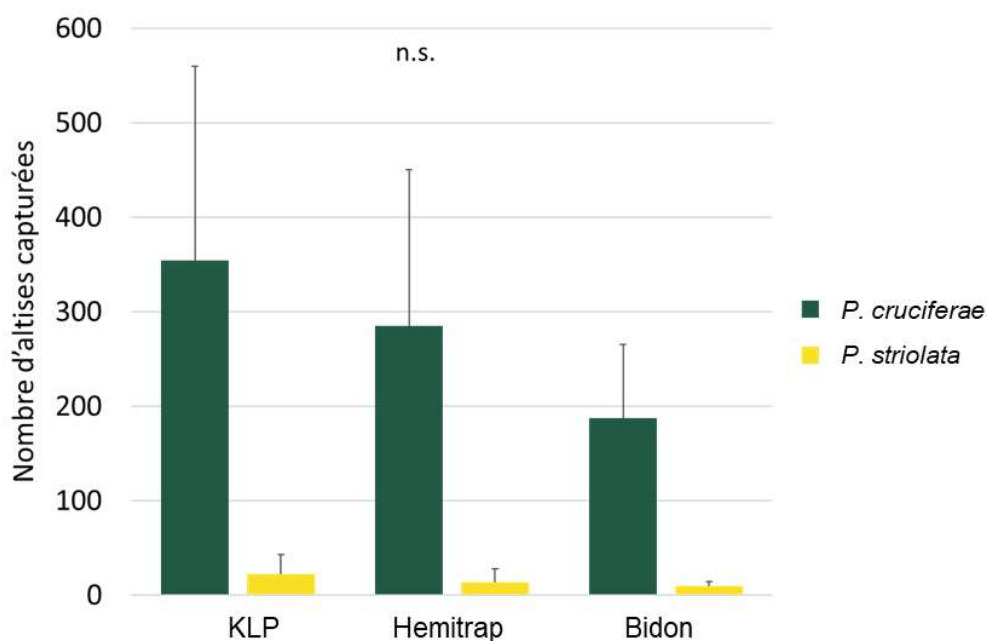


Figure 12. Capture totale d'altise des crucifères (*P. cruciferae*) et d'altise des navets (*P. striolata*) selon les trois types de pièges à l'étude, entre le 9 août et 21 septembre 2021 (cycle 2), Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA. Aucune différence significative (n.s.) mesurée entre les moyennes selon 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 ($\log(x+1)$)

Dommmages des altises sur la culture

Les résultats des ANOVAs à mesures répétées pour les dommages sur les feuilles et les tubercules sont présentés aux **Tableau 2** et

Tableau 3. Pour les deux cycles de culture, les dommages sur les feuilles et tubercules ont été similaires entre les traitements, et ce, tant dans les parcelles avec filet que sans filet. Ainsi, le piégeage des altises réalisé sous les filets n'a pas permis de réduire significativement les dommages aux plants comparativement au témoin sans pièges. De plus, les dommages ont été similaires à chacune des stations d'observation, sauf à une occasion sur les feuilles et les tubercules. Tous facteurs confondus, le pourcentage de feuilles avec des criblures sous les filets étaient de $82,3 \pm 7,2$ % au premier cycle et de $78,9 \pm 7,9$ % au deuxième cycle de culture. De même, le pourcentage de tubercules endommagés était de $16,6 \pm 11,0$ % et $37 \pm 28,9$ % pour le premier et deuxième cycle. L'absence de différence significative entre les dommages mesurés sur les planches sans filet suggère que les trois types de pièges n'ont pas eu tendance à augmenter le risque de dommages sur les planches de rabioles à proximité et dépourvues de filet. Toutefois, les niveaux de dommages mesurés sur les parcelles sans filet étaient tellement élevés qu'il est envisageable que le risque associé au piégeage n'ait pu être mesuré. En moyenne, dans les parcelles sans filet le pourcentage de feuilles et de tubercules endommagé au cycle 1 était respectivement de $97,6 \pm 1,0$ % et $63,0 \pm 14,5$ %. Les résultats détaillés des dommages sont présentés aux **Annexes 4** et **5**. En raison de la faible population de rabioles présente sur les planches sans filet du second cycle de culture, les données recueillies ont été écartées pour les analyses statistiques.

Tableau 2. Analyse de variances à mesures répétées des pourcentages de feuilles portant des traces d'alimentation d'altises en fonction des traitements à l'étude, selon les cycles de production et la présence de filets, Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA (2021)

Facteurs	Cycle 1 Avec filet			Cycle 1 Sans filet		Cycle 2 Avec filet	
	DL	F	P	F	P	F	P
Traitement	3	0,300	0,825	1,294	0,321	0,287	0,834
Station	6	2,078	0,094	1,352	0,274	4,533	0,013
Stade	2	63,705	>0,000	1,467	0,287	179,991	>0,000
Traitement : station	18	0,711	0,789	1,500	0,115	1,060	0,425
Traitement : stade	6	0,988	0,455	0,435	0,848	1,236	0,354
Station : stade	12	2,424	0,015	2,083	0,036	3,139	0,008
Traitement : station : stade	36	0,784	0,801	1,020	0,449	0,859	0,687

Analyse sur données transformées ($\text{asin}(\sqrt{x/100})$). Valeur de P en gras sont significatifs au seuil de $P \leq 0,05$. DL : Degré de liberté.

Traitement: KLP, Hemitrap, pinte, témoin sans piège.

Station: 0 m, 5 m, 10 m, 12,5 m, 15 m, 20 m et 25 m.

Stade: 2-3 F, 8-10F et à la récolte.

Tableau 3. Analyse de variances à mesures répétées des pourcentages de tubercules portant des traces d'alimentation d'altises en fonction des traitements à l'étude, selon les cycles de production et la présence de filets, Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA (2021)

Facteurs	Cycle 1 Avec filet			Cycle 1 Sans filet		Cycle 2 Avec filet	
	DL	F	P	F	P	F	P
Traitement	3	1,489	0,282	0,857	0,512	0,857	0,512
Station	6	2,765	0,044	2,462	0,087	2,462	0,087
Stade	1	25,776	0,015	5,345	0,147	5,345	0,147
Traitement : station	18	0,892	0,590	1,467	0,161	1,467	0,161
Traitement : stade	3	1,742	0,228	1,787	0,250	1,787	0,250
Station : stade	6	1,022	0,443	0,768	0,609	0,768	0,609
Traitement : station : stade	18	0,810	0,680	1,235	0,287	1,235	0,287

Analyse sur données transformées ($\text{asin}(\sqrt{x/100})$). Valeur de P en gras sont significatifs au seuil de $P \leq 0,05$.
DL : Degré de liberté.

Traitement: KLP, Hemitrap, pinte, témoin sans piège.

Station: 0 m, 5 m, 10 m, 12,5 m, 15 m, 20 m et 25 m.

Stade: 2-3 F, 8-10 F et récolte.

Temps de manipulation des pièges

Le temps de manipulation nécessaire au relevé des pièges était de l'ordre de 1 min 41 sec à 2 min 37 sec selon le type de piège (**Tableau 4**). Le temps de relevé du piège Bidon était légèrement supérieur aux deux autres. Pour le dénombrement de 100 altises, le temps de manipulation était similaire entre les pièges, de l'ordre de 35 à 40 min (**Tableau 4**). Le piège Hemitrap s'est démarqué des deux autres pièges pour sa facilité d'utilisation. Il était simple à remplir et à vider. Les trous placés sur les côtés du piège bidon compliquaient sa vidange. La colle de la plaquette des pièges KLP pouvait gêner les manipulations.

Tableau 4. Temps de manipulation pour le relevé et dénombrement des altises selon les trois types de pièges à l'étude, Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA

Piège	Manipulation	
	Relevé (sec)	Dénombrement (sec/100 altises)
KLP	114,6 (37,5) b	2109 (765) a
Hemitrap	100,6 (46,5) b	2434 (604) a
Bidon	157,3 (43,0) a	2170 (483) a

Pour chaque colonne (relevé et dénombrement), les moyennes de temps 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 chiffres entre parenthèses représentent l'écart-type. Les analyses statistiques ont été effectuées sur les données transformées ($\log(x+1)$).

Taux d'évaporation du liquide contenu dans les pièges

Pendant les deux périodes d'évaluation de l'évaporation, à savoir du 14 au 17 juin et du 21 au 24 juin, le volume de liquide évaporé sur quatre jours était similaire pour les deux pièges, comme indiqué dans le **Tableau 5**. Cette perte était proportionnellement plus élevée pour le piège Hemitrap en raison de son plus petit format. Une différence dans l'évaporation a aussi été remarquée entre les deux périodes d'évaluation. Près du double de liquide, c'est évaporé pour l'Hemitrap et près du triple pour le Bidon lors de la deuxième période. La température moyenne lors des deux périodes était similaire soit de $17,0 \pm 4,0$ °C et $17,6 \pm 5,6$ °C. Cependant, le nombre d'heures passé au-dessus d'un seuil de 20 °C était plus élevé lors de la seconde période (26 h) comparativement à la première période (19 h). L'ensemble de ces résultats montrent que l'Hemitrap a une autonomie moins grande que le piège Bidon. Dans des conditions climatiques similaires à la seconde période d'évaluation, on estime que le liquide du piège Hemitrap se serait complètement évaporé après environ 8 jours.

Tableau 5. Évaporation du liquide contenu dans les pièges Hemitrap et bidon après une période de 3 jours, Saint-Bruno-de-Montarville, IRDA

Date	Piège	Liquide perdu	
		(ml)	(%)
14 au 17 juin 2021	Hemitrap	97,5 (34,3) a	19,5 (6,9) a
	Bidon	60,0 (39,4) a	6,0 (3,9) b
21 au 24 juin 2021	Hemitrap	190,0 (29,3) a	38,0 (5,9) a
	Bidon	172,5 (108,3) a	17,3 (10,8) b

Chaque date, pour chaque unité de mesure (ml et %), les moyennes 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 chiffres entre parenthèses représentent l'écart-type. Les analyses statistiques ont été effectuées sur les données transformées ($\log(x+1)$).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les essais réalisés en parcelles expérimentales ont montré que l'Hemitrap a été le piège alternatif au KLP ayant le plus fort potentiel de piégeage d'altise des crucifères, soit 11%. Néanmoins, il reste légèrement inférieur à la capacité de piégeage du KLP de 16 % des individus introduits. Le piège Bidon a offert une capacité de piégeage inférieur, soit 4 % des individus introduits comme observé dans le premier cycle de production. Le temps de manipulation au relevé du piège Hemitrap était similaire à celui du KLP. Celui du piège Bidon était légèrement supérieur. Parmi les trois pièges, l'Hemitrap a été le piège le plus facile et agréable à utiliser. Même si les pièges ont démontré une certaine capacité à piéger les altises introduites sous les filets, aucun des trois n'a permis de réduire significativement les dommages sur les feuilles et tubercules des rabioles cultivés sous les filets dans les conditions expérimentales. Le risque sur les cultures sensibles non protégées n'a pu être mesuré de façon adéquate principalement en raison de la trop forte pression du ravageur sur le site de l'étude. Au terme de cette année d'essais à la plateforme expérimentale de l'IRDA, le piège Hemitrap a été choisi pour être testé comme outil de piégeage massif contre les altises en contexte de production sur des fermes biologiques diversifiées. L'étude du risque que présente cette pratique sur les cultures adjacentes se poursuivra sur ces fermes.



Figure 14. Piège Hemitrap utilisé dans l'essai en 2022

Sur 6 fermes des 7 fermes participantes, la densité des populations d'altises à différentes distances d'un attractif CsalomoN® a été mesurée à l'extérieur des filets à l'aide de pièges collants jaunes. À chacune des fermes, une série de pièges jaunes collants ont été placés à l'extérieur du filet, longeant la zone tampon entre les 2 parcelles du dispositif expérimental présenté précédemment (**Figure 15**). Les pièges jaunes étaient distribués le long d'un transect aux distances suivantes : 0 m, 2,5 m, 5 m, 10 m, 20 m et 35 m (ce dernier lorsque l'espace le permettait) (**Figure 15**). Les pièges étaient positionnés à quelques centimètres du sol (**Figure 16**) et étaient installés en même temps que les pièges Hemitrap.



Figure 15. Schéma de la disposition des plaquettes collantes jaunes utilisées pour mesurer l'impact de la présence d'un attractif CsalomoN® sur les populations d'altises à l'extérieur des filets



Figure 16. Photo d'un piège collant jaune placé à l'extérieur d'un filet (2022)

2. Variables mesurées

Dénombrement des captures d'altises dans les pièges Hemitrap positionnés sous le filet

Les pièges Hemitrap étaient relevés une fois par semaine, entre leur installation et la récolte. Les altises piégées étaient comptabilisées par espèces sous loupe binoculaire.

Évaluation des dommages d'altise sur la culture de rabiole

L'incidence et la sévérité des dommages causés par les altises ont été évaluées aux stades 2-4 feuilles et à la récolte. Les dommages aux feuilles et aux racines ont été examinés sur 7 stations d'échantillonnage situées sur les planches avec et sans pièges, à des distances de 0 m, 5 m, 10 m, 12,5 m, 15 m, 20 m et 25 m (**Figure 17**). En raison d'une contrainte d'espace sur 3 fermes, la longueur de la parcelle a été réduite à 22,5 mètres. Sur ces sites, les stations d'évaluation étaient légèrement différentes et positionnées à 0 m, 5 m, 10 m, 11,25 m, 12,5 m, 17,5 m et 22,5 m. À chaque station d'évaluation, 10 plants choisis de manière aléatoire dans une zone de 25 cm autour de la mesure de la station et provenant de toute la largeur de la planche ont été inspectés. Au stade 2-4 feuilles, l'incidence des dommages se calcul sur le nombre de plants avec une trace de dommage d'altise. La

sévérité des dommages a été établie en fonction de l'échelle suivante : 0%, entre 1 et 10%, entre 11 et 20%, 21 à 25%, 26 à 35%, 36 à 50%, 51 à 75%, 76 à 90% et 91 à 100% de la surface affectée.

À la récolte, l'incidence des dommages aux feuilles a été comptabilisée par le nombre de feuilles présentant des trous de nutrition. Pour la sévérité des dommages aux feuilles, les classes de dommages utilisées étaient les mêmes que lors de l'évaluation précédente. De plus, l'incidence et la sévérité des dommages aux tubercules ont été mesurées. Le nombre de tubercules avec une présence de tranchées de nutrition sur les tubercules causées par les larves d'altises, la sévérité des dommages, ainsi que la proportion de tubercules commercialisables en fonction des causes de déclassement étaient évaluées. La sévérité des dommages aux rabioles a été notée selon les classes suivantes : 0%, entre 1 et 2,5%, entre 2,6 et 5%, entre 6 et 10%, entre 11 et 100% de la surface affectée. Ces évaluations se sont déroulées selon les sites les 6, 13, 15, 21 et 22 juin 2022.

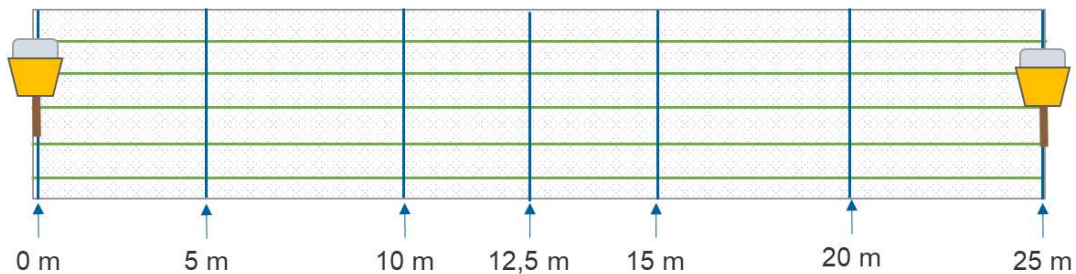


Figure 17. Stations d'observation des dommages d'altises

Dénombrement des captures d'altise sur les pièges collants jaunes hors filet

Les pièges collants placés hors filet étaient relevés une fois par semaine jusqu'à la récolte des rabioles. Les altises piégées sur les pièges collants ont été dénombrées sous loupe binoculaire au laboratoire.

3. Analyses statistiques

Effet du piège Hemitrap sur les dommages d'altise

L'effet du traitement en fonction de la distance a été modélisé avec des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM). La distance est une variable numérique qui a été modélisée en facteur, car le plan expérimental ne permet pas de modéliser une relation non linéaire avec 4 distances au total. Puisqu'il existe une symétrie dans nos parcelles, les données sont rapportées en fonction de la distance avec l'extrémité la plus proche. Les deux dernières distances (11,25 m / 12,5 m) ont été regroupées puisqu'elles sont similaires. L'incidence a été analysée comme variable binomiale: présence/absence de dommage sur chaque feuille échantillonnée. La sévérité des dommages aux feuilles a été modélisée comme variable ordinale: niveaux de 0% à 100% de dommage sur chaque feuille échantillonnée.

Si un effet du traitement avec piège existe, il serait possible de s'attendre à une différence entre les moyennes de dommages des traitements et une relation entre les dommages et la distance pour le traitement avec piège, mais pas pour le témoin. Pour tester ces hypothèses, des modèles correspondants à chaque scénario ont été construits. Il est possible de comparer la correspondance des modèles aux données par la suite. Un modèle qui est fortement supporté par les données relativement aux autres supporte l'hypothèse correspondante. Les modèles ont été comparés à l'aide du critère d'information AIC (Akaike 1974), qui favorise les modèles expliquant beaucoup de variances tout en étant parcimonieux. Le meilleur modèle est généralement supporté lorsque la différence de AIC est de ≈ 2 ou plus comparé aux autres modèles.

Effet du piège Hemitrap sur les populations d'altise hors filet

Un modèle additif généralisé mixte (GAMM) a été utilisé pour modéliser les données de capture d'altise sur les pièges collants jaunes (Wood 2017). Dans ce modèle, un effet non-linéaire de la distance est modélisé à l'aide de lissage « smoothing splines ». Le processus d'estimation inclut une pénalité pour obtenir une forme parcimonieuse. Le site est inclus comme facteur aléatoire. Tous les modèles statistiques ont été validés en examinant les résidus.

RÉSULTATS

Effet du piège Hemitrap sur les dommages d'altise

Lors de l'analyse de l'incidence de dommages aux plants au stade 2-4 feuilles, trois sites où 100% d'incidence était toujours observé ont été retirés de l'analyse, car il n'y avait aucune variance à modéliser. Pour l'analyse de l'incidence des dommages aux feuilles à la récolte, deux sites ont été exclus de l'analyse où 100% d'incidence ont été observés systématiquement. Ce fut le cas également d'un site pour la sévérité des dommages aux feuilles à la récolte.

La pression des altises observée sous les filets était très variable d'un producteur à l'autre (**Tableau 6**). En effet, certaines planches suivies n'ont eu que très peu de captures, alors que chez certains sites, les captures ont été supérieures à 3000 pour la période de suivi. La dynamique de capture pour chacun des sites se retrouve en **Annexe 7**.

Tableau 6. Capture totale par site d'altise des crucifères (*P. cruciferae*) et de l'altise des navets (*P. striolata*) par parcelle où 2 pièges Hemitrap avec l'attractif CsalomoN® étaient installés

Site	<i>P. striolata</i>	<i>P. cruciferae</i>
1	114	3688
2	8	40
3	0	11
4	17	409
5	1	2
6	0	8
7	34	3292

Effet des dommages à la culture

Les valeurs des critères de l'AIC des différentes itérations des modèles statistiques construits où les dommages des altises aux rabioles ont été analysés se retrouvent dans le **Tableau 7**. Il est important de rappeler que les modèles ayant les plus petites valeurs sont les modèles les plus représentatifs des données. Lorsqu'un facteur (ou une interaction entre facteurs) est retiré du modèle et que celui-ci a une valeur d'AIC plus petite, cela signifie que ce facteur n'est pas important pour expliquer les données. Par exemple pour l'analyse de l'incidence des dommages aux plants de stades 2-4 feuilles, il y a clairement un effet de distance puisque les meilleurs modèles contiennent cet effet. Il y a également un effet clair du traitement, mais il n'y a pas de support pour l'interaction Traitement x Distance.

Tableau 7. Valeurs des critères d'AIC de chacune des itérations modèles construits pour statuer sur l'importance des facteurs à l'étude, et ce pour l'ensemble des variables des dommages au stade de 2-4 feuilles et à la récolte (2022).

Facteurs utilisés dans les modèles	Stade 2- 4F		Récolte	
	Plant	Feuille	Feuille	Tubercule

				Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Vend.
				Valeurs de l'AIC						
Trait.	Dist.	Trait. x Dist.	Site	593,1	2342,9	6478,6	17658,5	856,4	1859,2	995,1
Trait.	Dist.	-	Site	591,5	2391,4	6473,8	17693,5	854,9	1860,5	1004,4
Trait.	-	-	Site	600,3	2467,7	6524,6	17862,6	854,2	1861,5	1008,1
-	Dist.	-	Site	596,0	2407,2	6472,1	17715,1	855,3	1871,9	1044,5
-	-	-	Site	605,4	2480,1	6523,0	17884,2	854,7	1873,1	1047,7

Inc. : incidence; Sev. : sévérité; Vend. : Proportion vendable. Les valeurs **en gras** correspondent aux modèles les plus performants.

Pour l'analyse de la sévérité des dommages aux feuilles des plantes de 2-4 feuilles, aucun des facteurs ni l'interaction ne peuvent être rejetés. Concernant les dommages observés à la récolte, pour l'analyse de l'incidence des dommages aux feuilles, il y a clairement un effet de distance puisque les meilleurs modèles contiennent cet effet, mais il n'y a pas d'effet du traitement. Pour l'analyse de l'incidence de dommages aux tubercules, on observe que les modèles ont tous le même support. Cependant, lorsqu'on compare avec le modèle nul (c.-à-d. le modèle sans aucun facteur), on peut conclure à aucun effet du traitement. Pour l'analyse de la sévérité des dommages aux tubercules, il y a un effet du traitement, et il y a possiblement une légère interaction. Finalement, concernant la proportion vendable des tubercules, le meilleur modèle inclut tous les facteurs ainsi que l'interaction.

La proportion de plants de 2 à 4 feuilles endommagées par les altises en fonction des traitements et de la distance avec le piège est représentée à la **Figure 18**. Le modèle sélectionné explique 37% de la variabilité des données. À chaque distance, la présence de piège a significativement augmenté la proportion de feuilles attaquées par les altises. Un peu de la même façon, la présence de piège augmente la sévérité des dommages aux plants de rabioles de 2 à 4 feuilles (**Figure 19**). Cependant, cet effet s'estompe au-delà de 10 m de distance avec le piège. Ce dernier modèle explique 64% de variabilité.

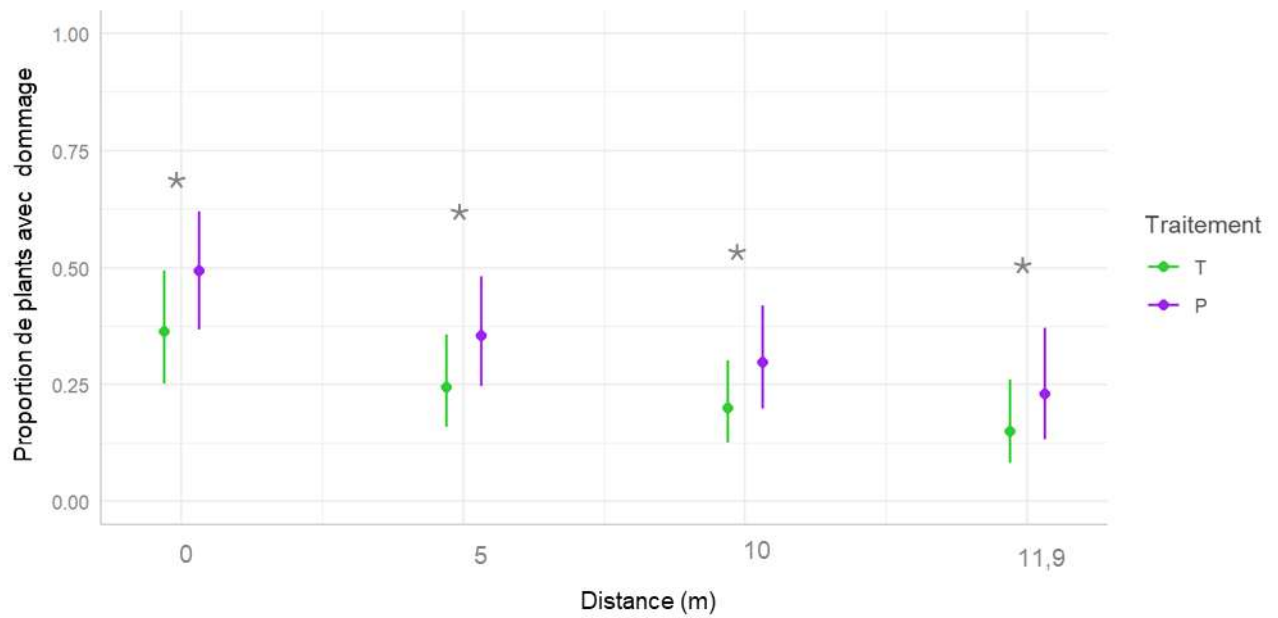


Figure 18. Incidence des dommages causés par les altises aux plants de rabioles de 2-4 feuilles en fonction de la distance des extrémités des planches (2022). À toutes les distances, un test de comparaison entre les traitements confirme une différence significative ($P = 0,0121$). Traitement : T = Témoin, P = Avec pièges

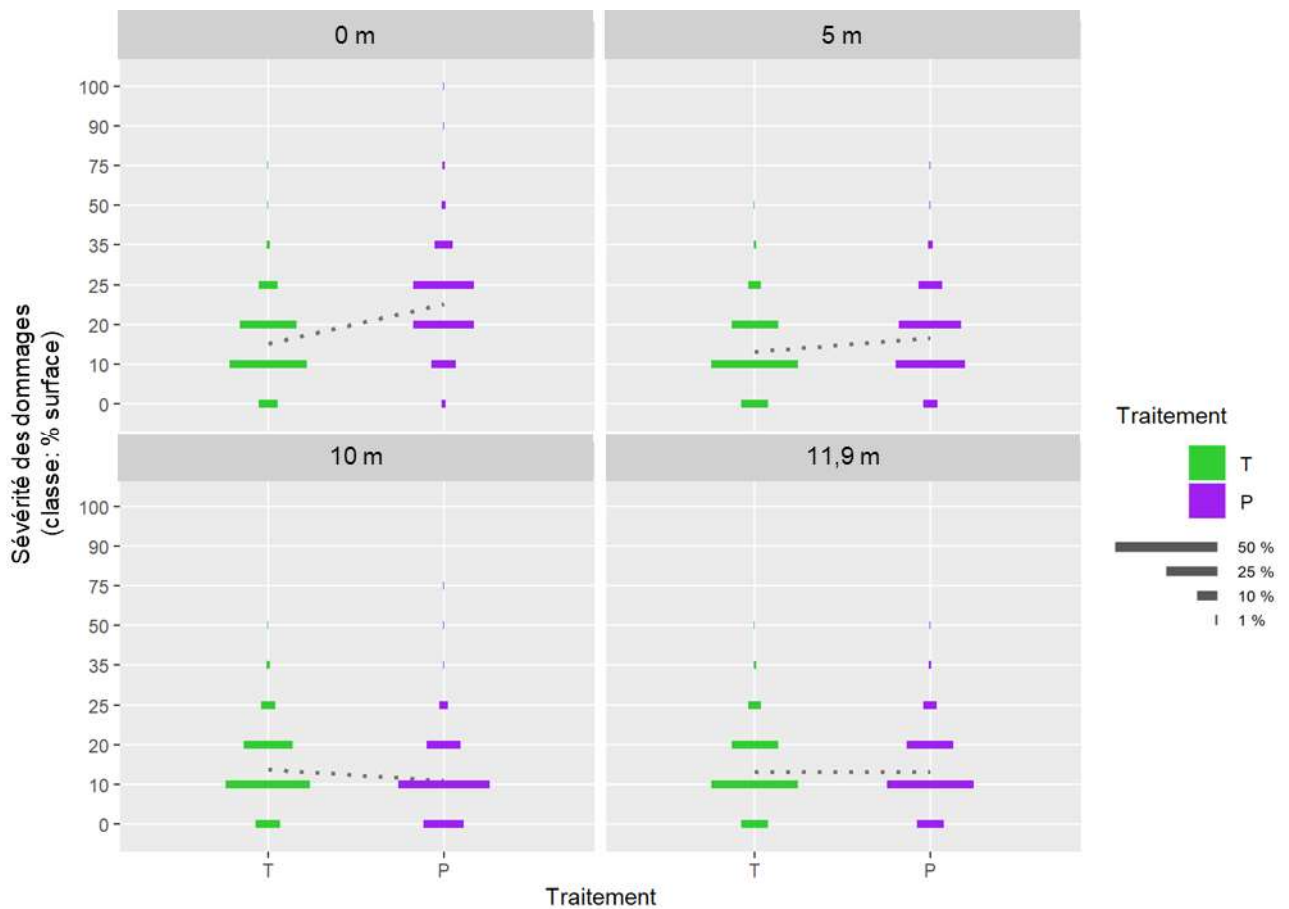


Figure 19. Sévérité des dommages causés par les altises aux plants de rabioles de 2-4 feuilles et probabilités associées en fonction de la distance des extrémités des planches (2022). Traitement : T = Témoin, P = Avec pièges

Effet de la distance des pièges sur les dommages à la culture

Lors de la récolte, le traitement n'est pas un facteur qui est significatif dans le modèle sélectionné. Avec ou sans piège, la proportion de feuilles affectées est la même. Cette proportion change légèrement avec la distance des extrémités des parcelles (**Figure 20**). Ce modèle explique 26% de variabilité. Concernant la sévérité des dommages aux feuilles, plus celles-ci étaient proches d'un piège, plus elle avait tendance à avoir une sévérité de dommage légèrement supérieure. Une feuille plus éloignée d'un piège avait tendance à avoir une sévérité légèrement plus faible (**Figure 21**). Le modèle de la sévérité des dommages aux feuilles à la récolte explique quant à lui 47% de la variabilité.

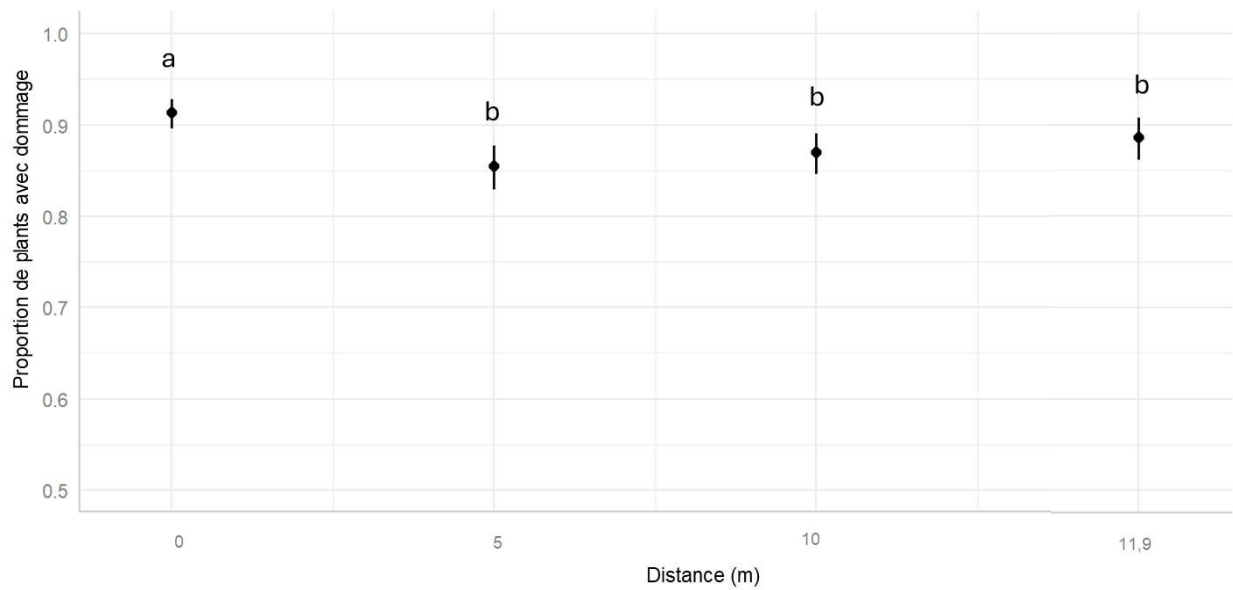


Figure 20. Incidence moyenne estimée des dommages causés par les altises aux feuilles de rabioles à la récolte en fonction de la distance des extrémités des planches (2022). Les moyennes ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey HSD au seuil de $P \leq 0,05$. Les analyses statistiques ont été effectuées sur les données transformées ($\log(x+1)$)

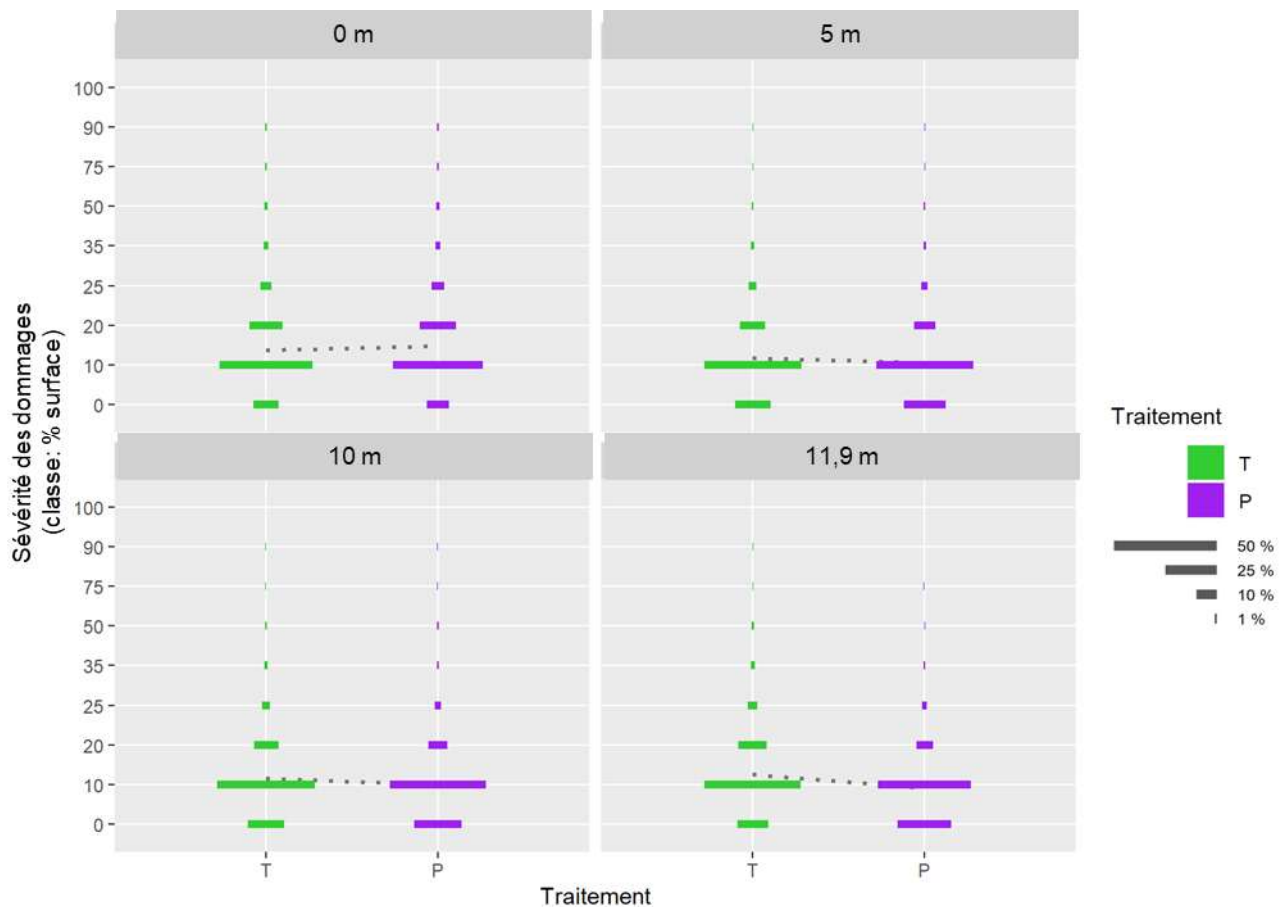


Figure 21. Sévérité des dommages causés par les altises aux feuilles de rabioles à la récolte et probabilités associées en fonction de la distance des extrémités des planches (2022). Traitement : T = Témoin, P = Avec pièges

La proportion de tubercules de rabioles affectés par les altises n'a pu être expliquée par aucun des facteurs à l'étude. Il est donc possible de statuer que la présence de piège n'a pas d'impact sur l'incidence des dommages aux rabioles. Cependant, la sévérité de ces dommages sur les tubercules est légèrement plus faible près des pièges Hemitrap que dans les parcelles témoins (**Figure 22**). Cependant, cette différence s'estompe avec la distance. Il est important de mentionner que notre modèle n'explique que 19% de la variabilité des données.

La proportion commercialisable des rabioles récoltées est influencée par la présence d'un piège et la distance à celui-ci (**Figure 23**). Les rabioles à proximité des pièges étaient tout aussi vendables que les rabioles des parcelles témoins en bout de planche. Cependant, plus on s'éloigne du piège, plus la proportion de tubercules vendable augmente dans les parcelles avec piège. L'interprétation de ce résultat n'est pas aisée, surtout en sachant que le nombre de tubercules avec dommages est similaire, et que la sévérité des dommages racinaire en présence de pièges est plus faible que le témoin en bout de parcelle, et qu'elle semble légèrement augmenter avec la distance. Il est important de noter que malgré la différence statistique entre les traitements, ce modèle n'explique que 17% de variabilité. De plus, les causes de déclassement étaient multiples (**Annexe 8**). Les raisons principales qui ont occasionné le déclassement des rabioles sont la taille et les dommages d'altises (lorsque ceux-ci étaient assez importants pour affecter l'apparence et la conservation). Visuellement,

il est possible de constater que ces dommages diminuent avec la distance, et que l'écart s'amplifie avec la distance entre les traitements.

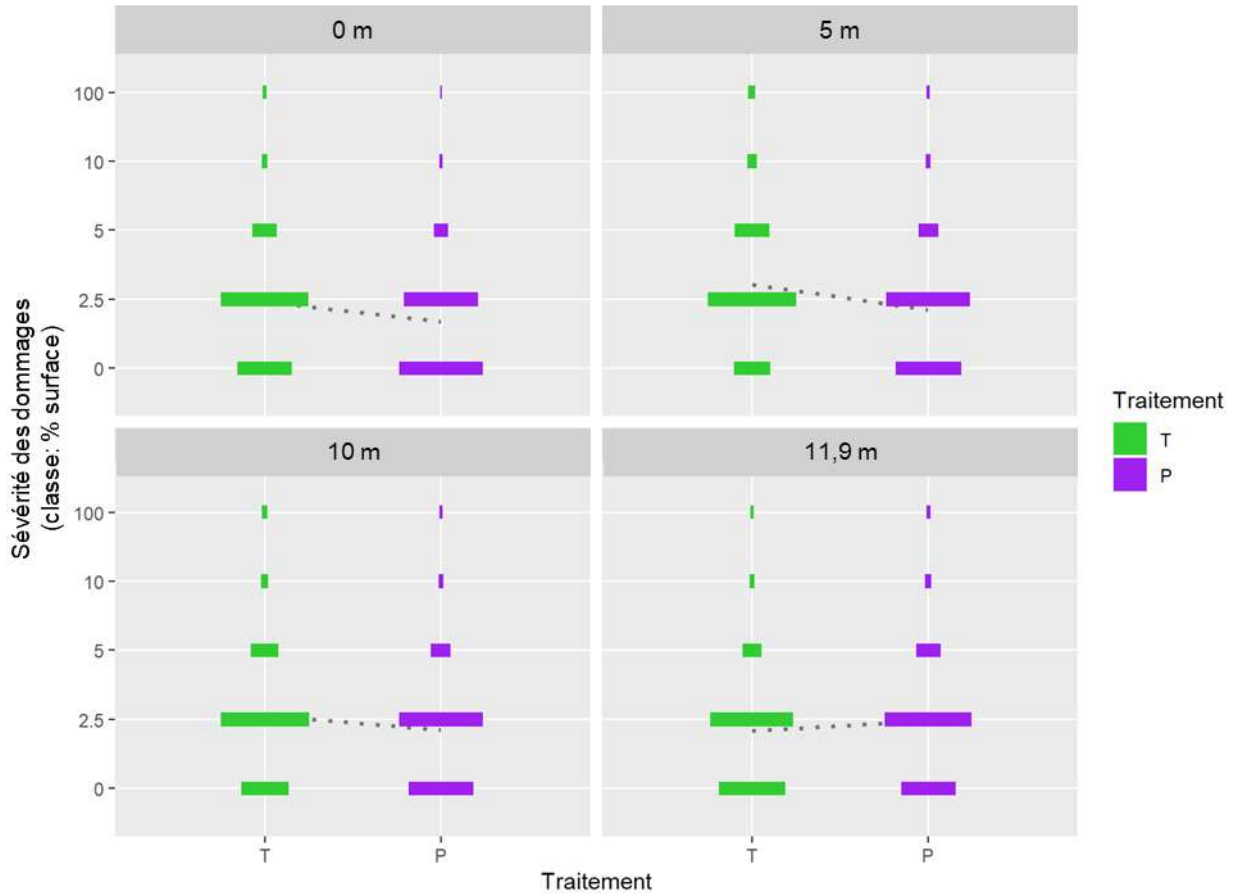


Figure 22. Sévérité des dommages causés par les altises aux tubercules de rabioles à la récolte et probabilités associées en fonction de la distance des extrémités des planches (2022). Traitement : T = Témoin, P = Avec pièges

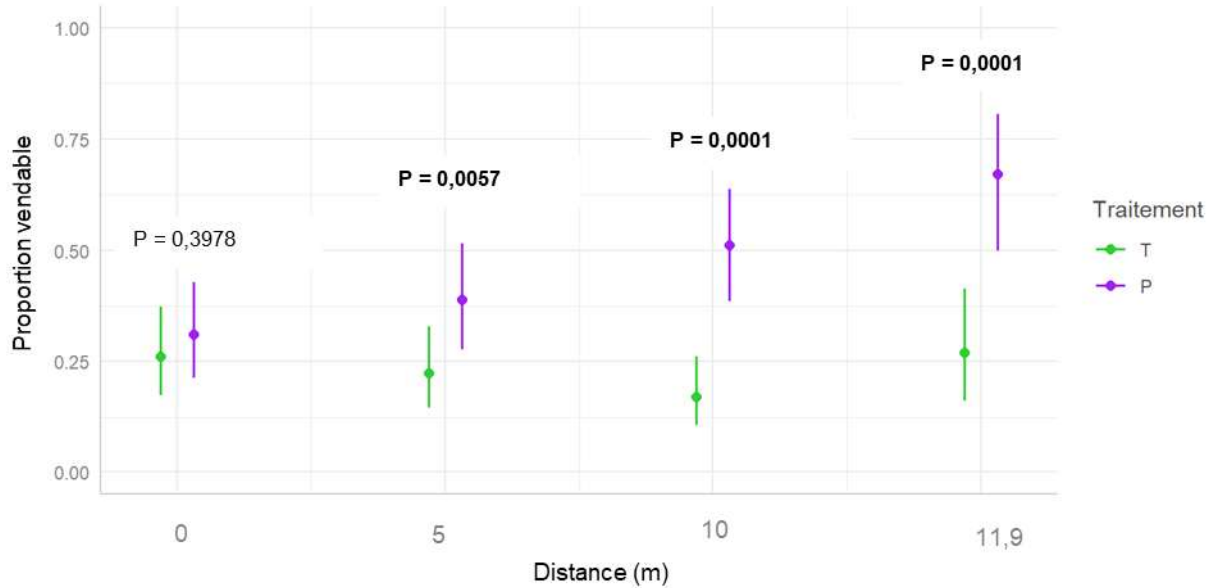


Figure 23. Proportion de tubercules vendables à la récolte en fonction de la distance des extrémités des planches. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%. Les valeurs de P en gras au-dessus de chaque distance représentent une différence statistique entre les traitements.
 Traitement : T = Témoin, P = Avec pièges

Effet du piège Hemitrap sur les populations d'altises hors filet

Selon les valeurs du critère d'AIC rapportées au **Tableau 8**, on observe que les 3 facteurs à l'étude sont importants pour expliquer nos données. L'abondance des altises hors filet est maximale près de l'attractif (**Figure 24**). Il est possible d'observer une légère diminution d'abondance autour de 5 m à 10 m. Puisque la plume de l'attractif rapportée par le fabricant est de 10 m, il est possible de penser que les altises dans un rayon de 10 ont été attirées, sans être capturées par le piège Hémitrap. Ce gradient s'est créé, où une diminution de l'abondance des altises s'observe entre 5 et 10 m et où les altises s'accumulent près du piège. Le modèle explique environ 87% de la variance d'abondance, où une grande partie est due à la différence entre les sites.

Tableau 8. Valeurs des critères d'AIC de chacune des itérations des modèles construits pour statuer sur l'importance des facteurs pour décrire le nombre d'altises capturées dans les plaquettes collantes en fonction de la distance avec un attractif Csalomon®

Facteurs utilisés dans les modèles			Nb d'altise
			AIC
Distance	Jour (non linéaire)	Site	1364.2
Distance	-	Site	1441.1
-	Jour (non linéaire)	Site	1444.5
-	-	Site	1492.1
Distance	Jour (linéaire)	Site	1427.9

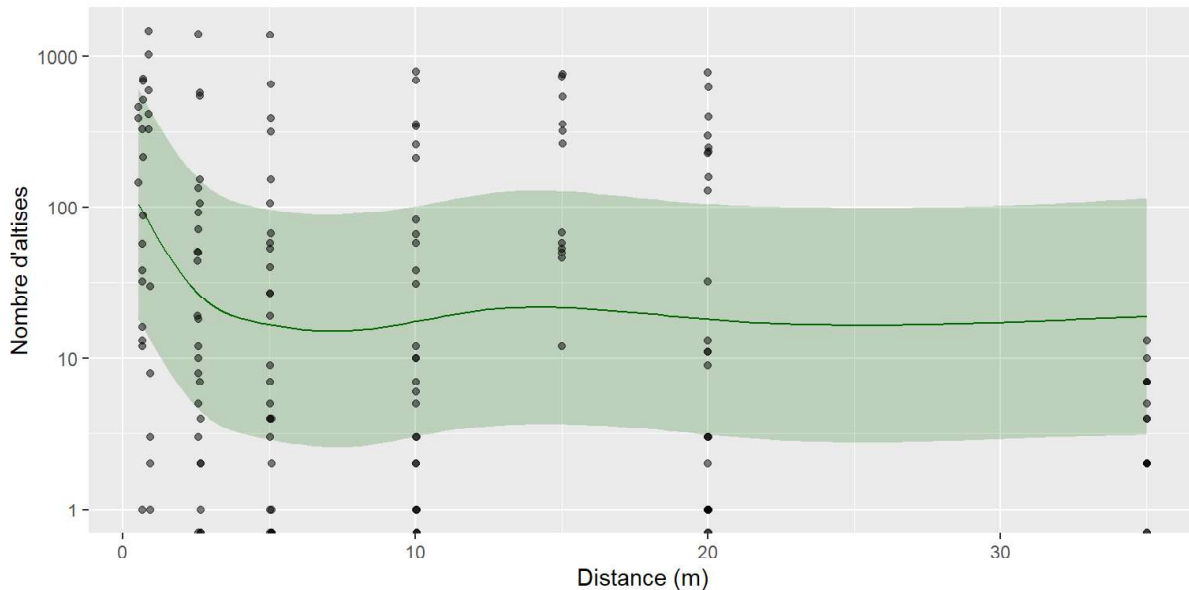


Figure 24. Capture d'altise des crucifères et de l'altise des navets sur les plaquettes jaunes en fonction de la distance avec un attractif CsalomoN® et d'un piège Hemitrap® recouvert de filet anti-insectes. La bande verte représente l'intervalle de confiance à 95%

DISCUSSION ET CONCLUSION

Généralement, le piégeage massif, tel que nous l'avons évalué dans nos parcelles n'a pas permis de contrôler efficacement les altises. Le piège Hemitrap contenant un attractif CsalomoN® a tendance généralement à provoquer une augmentation des dommages foliaires. Malgré qu'une légère diminution statistique de la sévérité des dommages aux racines a été observée près du piège, l'effet est assez léger. Il est important aussi de mettre en perspective les conclusions statistiques, les portions expliquées par les modèles avec les réels avantages qu'a apportés la technique de piégeage de masse telle que testée. Dans notre essai, les effets sont si faibles, voir néfaste dans certaines situations, qu'il est important de nuancer les conclusions. Il faut notamment considérer les sites où la pression était si forte que l'ensemble des rabioles étaient détruites ou affectées et que ces sites ont été retirés des analyses. Dans ces situations, il est clair que le piégeage massif dans nos conditions expérimentales n'est pas une solution pour le contrôle des altises. Il est important de se rappeler que la technique comporte certains risques pour les cultures adjacentes, principalement pour les planches dans les 5 m entourant les attractifs, où l'abondance des altises sera augmentée.

L'abondance des altises piégées sous les filets a varié grandement chez les sites étudiés. En effet, la pression spécifique au site, le type et l'état des filets, sa gestion et la fréquence d'ouverture sont tous des facteurs qui doivent être considérés pour bien comprendre les risques de colonisations des altises sous le filet, mais aussi pour être en mesure de bien comprendre le contexte expérimental et les portées de nos conclusions. En effet, l'impact du piégeage de masse pourrait être différent pour des sites où les filets sont plus étanches aux altises en opposition avec des sites où les filets sont usés et où la technique de fermeture avec le sol offre une étanchéité limitée. Les conclusions de l'étude doivent être interprétées selon ces conditions. Malgré toutes ces observations et considérations, on constate qu'il est primordial d'avoir des filets adéquats, de qualité et bien installés pour minimiser la colonisation des altises, pour être en mesure par la suite de mieux gérer les individus qui se retrouveraient sous les filets.

Des questionnements sont aussi à poser sur l'efficacité du piège. En effet, les essais de 2021 nous ont montré que ce piège a une capacité de capture d'environ 11%. Chez certains producteurs en 2022, les captures étaient quasiment nulles, et ce, malgré que des dommages aux rabioles ont été observés. Il est évident que l'attractif a un effet sur les altises, cependant le taux de capture du piège utilisé devrait être optimisé dans le futur pour des essais portant sur le piégeage massif contre ces ravageurs.

REFERENCES

- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19(6), 716-723.
- Andersen, C. L., Hazzard, R., Van Driesche, R., & Mangan, F. X. (2005). Overwintering and seasonal patterns of feeding and reproduction in *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae) in the northeastern United States. *Environmental entomology*, 34(4), 794-800.
- Lefebvre, I. et Gagnon, M. (2020). Insecticides Homologués dans les cultures de crucifères en 2020. Bulletin d'information-Réseau d'avertissements phytosanitaires. Repéré à https://www.agrireseau.net/Rap/documents/102811/cruciferes-bulletin-d_information-no-2-insecticides-homologues-dans-les-cultures-de-cruciferes-en-2020
- Québec (2024). « Culture des légumes de champ », sur le site Gouvernement du Québec. Consulté le 24-04-2024. <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/culture-legumes-champ>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2017). *Portrait-diagnostic sectoriel des légumes frais au Québec*. Repéré à <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Portraitsectoriellegumesfrais.pdf>
- Ulmer, B. J., & Dodsall, L. M. (2006). Emergence of overwintered and new generation adults of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze)(Coleoptera: Chrysomelidae). *Crop Protection*, 25(1), 23-30.
- Wood, S.N. (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R*, Second Edition (2nd ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781315370279>

DIFFUSION DES RÉSULTATS

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

Lefebvre, M., Jochems-Tanguay, L. 2022. Piégeage de masse contre les altises en culture de crucifères sur les fermes biologiques diversifiées. Conférences Scientifiques en phytoprotection, Webinaire CRAAQ. <https://www.youtube.com/watch?v=HwliTtM9Lfg>

Lefebvre, M., Jochems-Tanguay, L., Mougeot, S. (2022, November 16). Overwintering sites and spring emergence patterns of flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in organic vegetable farms in Québec. [Poster Presentation]. ESA, ESC, and ESBC Annual Meeting. Vancouver. Canada.

Lefebvre, M., Jochems-Tanguay, L. 2022. Sites d'hibernation et piégeage de masse des altises en culture de crucifères biologiques sous filet. Journée horticole de St-Rémi.

Lefebvre, M., Jochems-Tanguay, L. Mougeot, S. 2022. Émergence printanière et piégeage de masse des altises (Coleoptera: Chrysomelidae) en culture de crucifères biologiques sous filet. Réunion annuelle de la société entomologie du Québec.

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

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Ce projet touche les agronomes, les intervenants de la recherche, les producteurs et les compagnies fournissant des services au secteur. Elle vise plus spécifiquement le secteur horticole biologique qui représentait en 2021, 571 entreprises cultivant des légumes de champ sur 3 998 ha (Québec, 2024). Les producteurs québécois se démarquent en termes de productivité pour les cultures qui préfèrent les climats frais, dont les crucifères (brocoli, chou, chou-fleur, rutabaga, radis, etc.) (MAPAQ, 2017). Les cultures de crucifères sont très populaires auprès des consommateurs et les espèces cultivées se diversifient (radis noir, radis melon d'eau, feuillages asiatiques, etc.), et permettent aux entreprises d'augmenter leur offre de légumes tôt et tard en saison, et ainsi d'augmenter leur rentabilité. Par contre, toutes ses espèces sont sensibles aux altises. En culture biologique, seulement les insecticides à base de spinosad (Entrust et Success) sont actuellement homologués pour combattre les altises qui sont de plus limitées à 3 applications par saison et qui présentent de hauts risques de développement de résistance (Lefebvre et Gagnon, 2020). Les producteurs en régie biologique sont actuellement à court de solutions. Malgré une utilisation des filets anti-insecte généralisée chez les producteurs, plusieurs se retrouvent avec des populations d'altises problématiques sous les filets protégeant leurs crucifères. Au Québec, aucun projet de recherche ne s'était attardé jusqu'à aujourd'hui, au site d'hibernation des altises s'attaquant aux crucifères. Une confusion persistait sur le fait que les altises pouvaient émerger tôt au printemps du sol des planches cultivées et se retrouver enfermées sous les filets. Nos observations à propos des sites préférentiels d'hibernation des altises nous permettent de croire que les adultes piégées sous les filets au printemps ou en début d'été arrivent des milieux boisés où elles hibernent, que celles-ci n'arrivent pas directement du sol des planches de culture. Cette meilleure compréhension de la biologie des altises permettra dans le futur d'explorer de nouvelle stratégie de gestion de ces ravageurs. Elle supporte également l'importance d'avoir des filets adéquats, de qualité et bien installés pour minimiser la colonisation des altises sur les cultures. Malheureusement, ce projet de recherche n'a pas permis de démontrer l'efficacité du piégeage massif des altises sous filet.

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

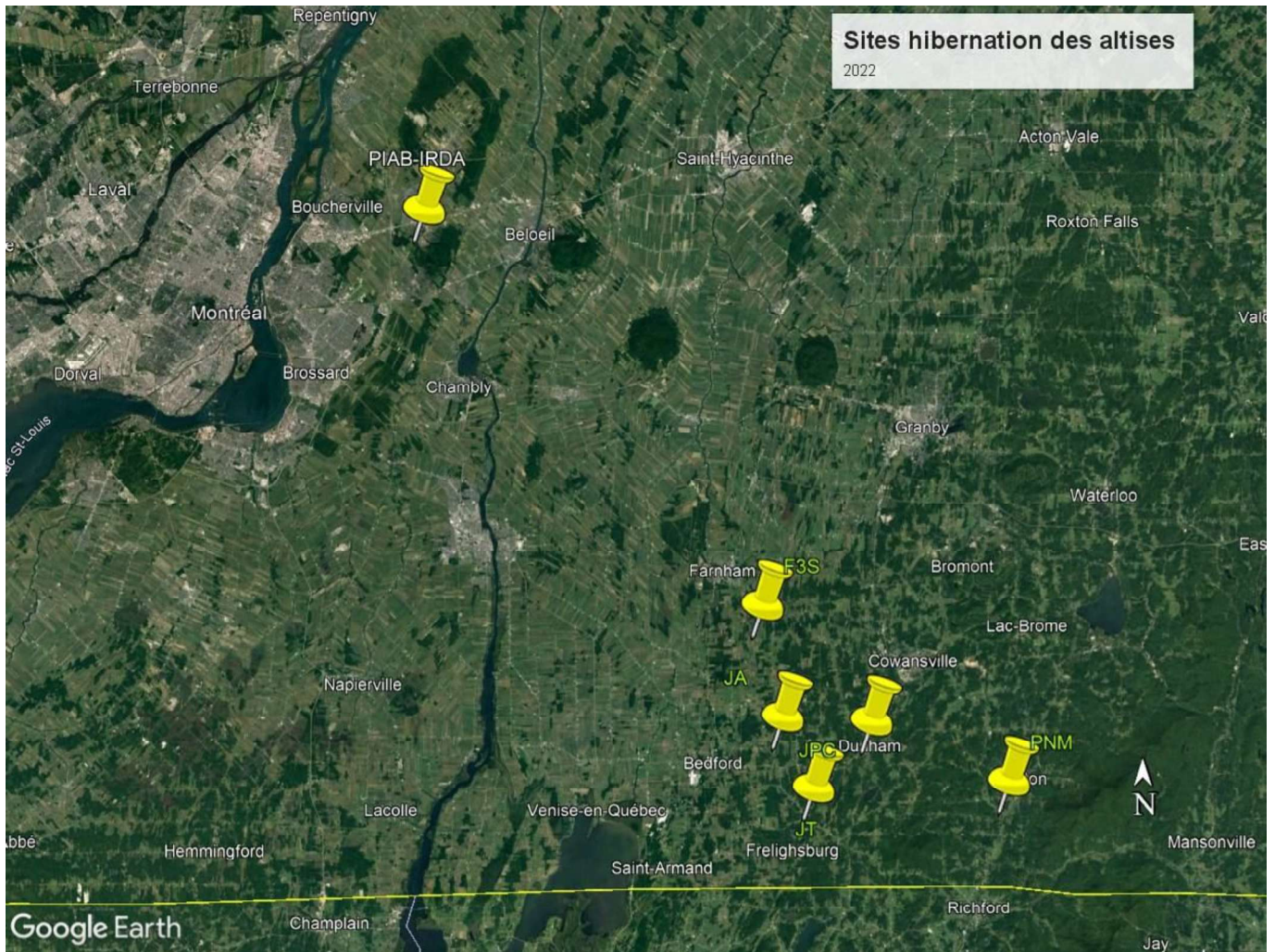
Courriel : maxime.lefebvre@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

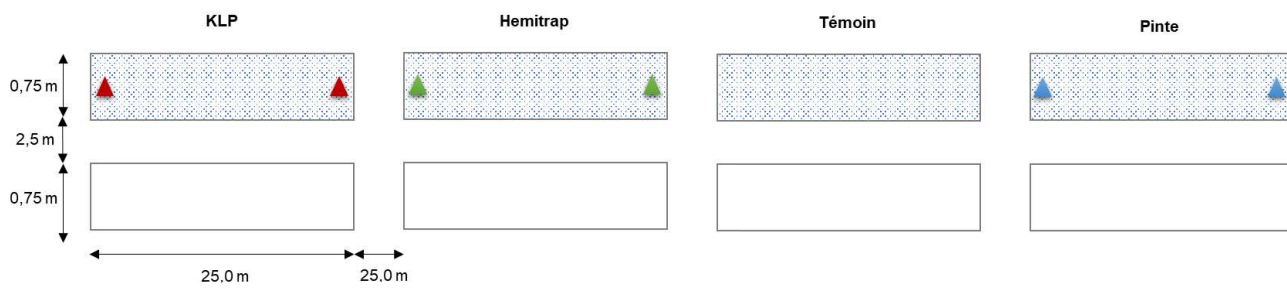
Ce projet a été réalisé dans le cadre du sous-volet 3.1 du programme Prime-Vert – Appui au développement expérimental, à l'adaptation technologique et au transfert technologique des connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

Les auteurs aimeraient souligner l'aide généreuse et essentielle de l'ensemble des membres de l'équipe de réalisation et de collaboration. Un merci particulier est également adressé à l'équipe des étudiants de l'IRDA et du MAPAQ. Enfin, un sincère remerciement est adressé à toutes les entreprises qui ont participé à cette étude : Les Jardins Fraisdell, Les Jardins d'Arlington, Aux Jardins de la Bergère, Les Jardins du Pied de Céleri, la ferme Ô Saine Terre, Les Jardins Glenelm, la Ferme des 3 Samson, Les Jardins de Tessa et Les potagers des nues mains.

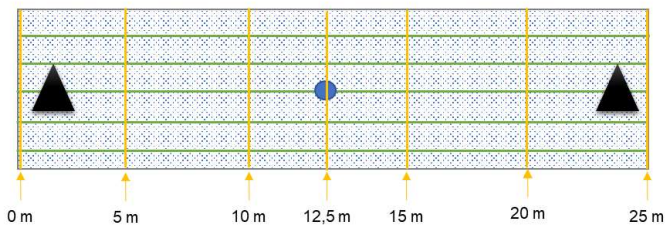
ANNEXE 1 : Localisation des fermes pour l'étude de la validation des sites d'hibernation de l'altise des crucifères et des navets sur les fermes maraîchères biologiques du Québec (volet 1)




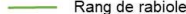




ANNEXE 2 : Plan du dispositif expérimental volet 2 (2021)



Plan d'une parcelle



-  Planche avec filet
-  Planche sans filet
-  Piège (Rouge = KLP; Vert = Hemitrap; Bleu = Pinte)
-  Rang de rabiols
-  Point d'introduction des altises (planches avec filet)
-  Station d'évaluation des dommages

ANNEXE 3 : Pièges comparés à l'étude du volet 2.1

KLP



Hemitrap



Pinte



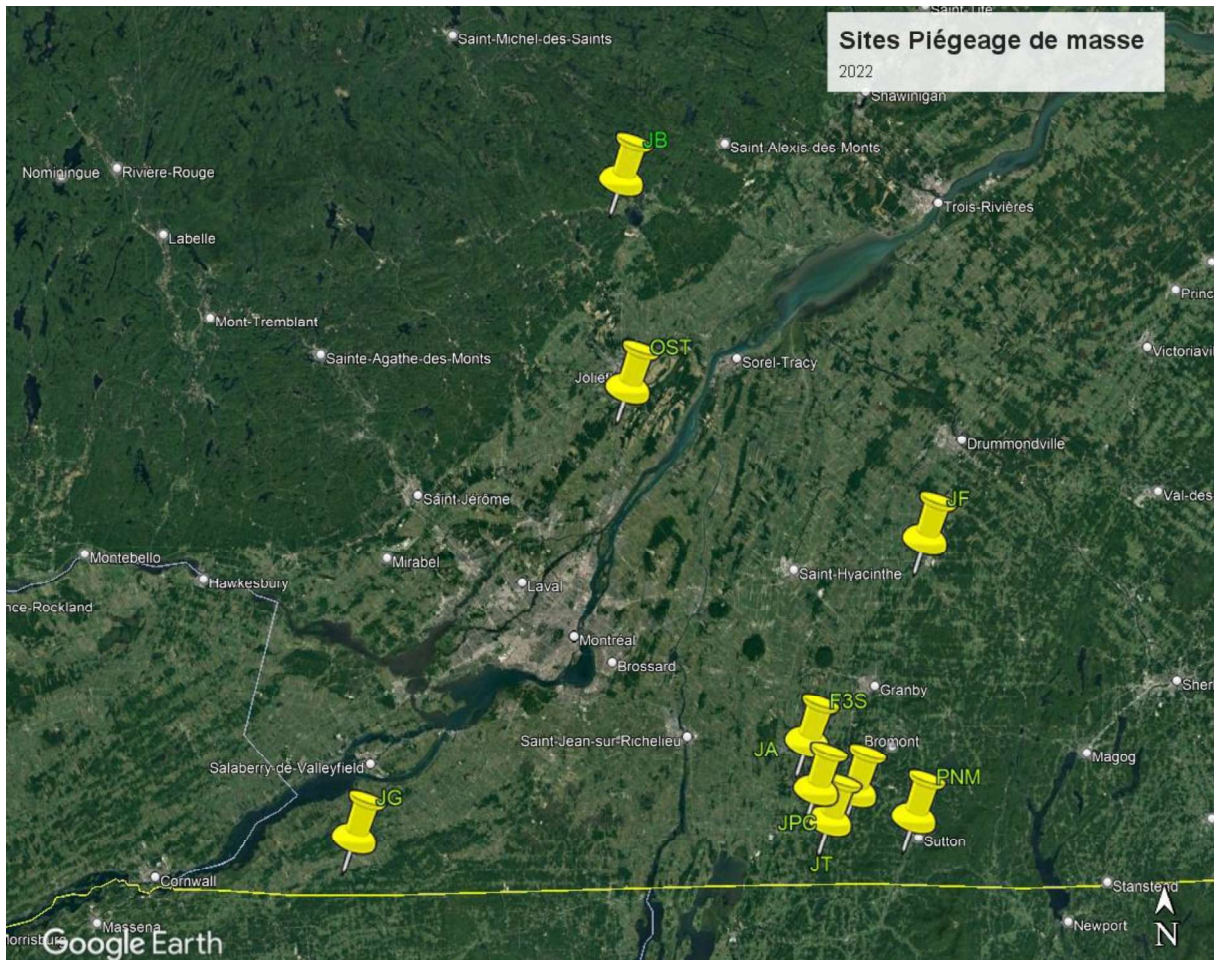
ANNEXE 4 : Pourcentage (% ± écart-type) de tubercules de rabioles endommagés par les altises lors des évaluations dans la saison 2021

Cycle	Planche	Stade	Traitement	Station						
				0	5	10	12,5	15	20	25
1	Filet	8-10F	T1	16,7 (25,9)	10,4 (20,6)	12,8 (25,8)	6,8 (12,4)	13,0 (18,4)	14,4 (19,2)	9,4 (9,3)
			T2	12,8 (19,4)	13,9 (25,5)	8,2 (13,1)	2,2 (3,0)	2,2 (5,0)	7,8 (7,7)	4,4 (9,9)
			T3	11,8 (8,9)	14,0 (4,8)	6,6 (7,0)	6,1 (6,4)	3,3 (5,0)	4,4 (4,8)	6,1 (10,8)
			T4	2,1 (4,7)	2,2 (3,0)	2,2 (3,1)	1,0 (2,2)	5,2 (3,7)	1,1 (2,5)	1,0 (2,2)
		Récolte	T1	35 (24,2)	24,0 (12,9)	24,9 (18,0)	19,6 (13,3)	24,9 (15,0)	20,0 (13,7)	29,3 (11,8)
			T2	30,9 (15,9)	48,2 (20,2)	31,8 (16,2)	28,3 (14,3)	24,4 (12,5)	34,0 (14,7)	26,4 (9,8)
			T3	26,4 (17,3)	22,1 (14,3)	19,5 (16,4)	27,5 (12,6)	21,0 (8,5)	18,0 (12,0)	19,5 (11,8)
			T4	22,9 (13,3)	23,2 (15,0)	25,5 (15,5)	27,3 (25,0)	22,5 (26,8)	22,0 (17,2)	31,0 (15,6)
	Sans	8-10F	T1	0	16,7 (23,6)	44,4 (50,9)	83,3 (23,6)	25,0 (35,4)	0 (0)	0
			T2	7,1 (10,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6,3 (8,8)	7,1 (10,1)	0
			T3	50 (70,7)	5,6 (9,6)	50,0 (70,7)	0 (0)	0	0 (0)	16,7 (23,6)
			T4	0	0 (0)	14,3 (20,2)	13,9 (27,8)	15,0 (30,0)	41,7 (58,9)	14,3 (28,6)
		Récolte	T1	65,0 (30,5)	42,1 (33,1)	62,2 (33,9)	49,1 (23,4)	42,8 (14,9)	50,5 (25,2)	46,3 (43,5)
			T2	56,5 (32,9)	62,2 (41,1)	66,2 (39,9)	85,5 (14,6)	70,8 (32,3)	68,3 (29,9)	70,0 (26,3)
			T3	66,9 (34,7)	64,9 (31,3)	63,3 (26,3)	85,6 (19,2)	76,5 (7,8)	73,7 (20,5)	23,6 (27,4)
			T4	35,0 (33,5)	47,5 (37,7)	79,7 (21,4)	52,0 (42,7)	44,1 (40,8)	63,0 (38,0)	47,3 (36,0)
2	Filet	8-10F	T1	42,5 (37,7)	40,0 (11,5)	60,0 (24,5)	42,5 (25,0)	50,0 (21,6)	57,5 (27,5)	52,5 (22,2)
			T2	60,0 (21,2)	50,0 (18,7)	54,0 (20,7)	36,0 (20,7)	54,0 (16,7)	60,0 (24,5)	64,0 (15,2)
			T3	78,0 (14,8)	66,0 (25,1)	56,0 (21,9)	72,0 (14,8)	66,0 (28,8)	64,0 (25,1)	57,5 (38,6)
			T4	56,0 (15,2)	48,0 (16,4)	48,0 (21,7)	64,0 (18,2)	68,0 (14,8)	66,0 (25,1)	60,0 (20,0)
		Récolte	T1	80,0 (8,2)	80,0 (14,1)	80,0 (8,2)	67,5 (25,0)	72,5 (22,2)	77,5 (17,1)	52,5 (9,6)
			T2	68,0 (21,7)	69,6 (11,8)	76,0 (16,7)	62,0 (22,8)	86,0 (13,4)	82,0 (13,0)	68,0 (23,9)
			T3	74,0 (15,2)	76,0 (18,2)	68,0 (8,4)	78,0 (14,8)	70,0 (18,7)	78,0 (8,4)	68,0 (16,4)
			T4	68,0 (16,4)	66,0 (23,0)	76,0 (16,7)	68,0 (13,0)	78,0 (14,8)	54,0 (5,5)	60,0 (14,1)

ANNEXE 5 : Pourcentage (% ± écart-type) de feuilles de rabioles endommagées par les altises lors des évaluations dans la saison 2021

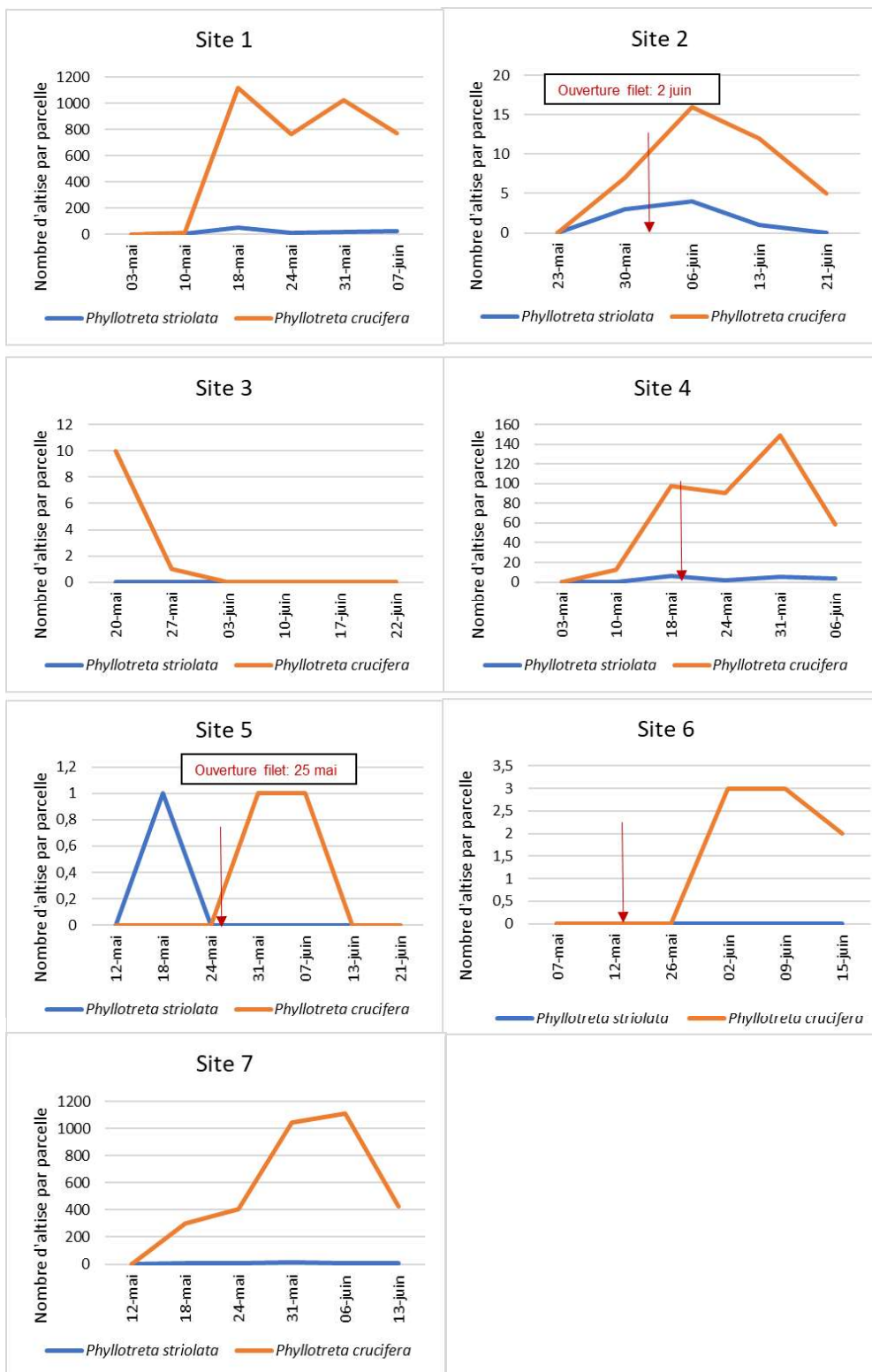
Cycle	Planche	Stade	Traitement	Station (m)						
				0	5	10	12,5	15	20	25
1	Filet	2F	T1	92,0 (2,3)	90,0 (6,8)	86,4 (3,4)	89,5 (2,8)	87,1 (2,6)	91,4 (7,0)	92,1 (2,6)
			T2	91,6 (5,1)	91,5 (5,7)	90,6 (5,1)	91,4 (6,6)	90,4 (5,4)	92,6 (4,0)	92,3 (2,9)
			T3	93,2 (5,1)	93,6 (7,1)	92,1 (3,6)	92,2 (4,3)	96,8 (2,7)	92,3 (5,2)	93,9 (3,9)
			T4	91,2 (7,3)	93,4 (2,5)	86,5 (10,4)	92,8 (5,9)	90,8 (6,5)	89,0 (9,6)	89,6 (10,3)
		8-10F	T1	81,1 (3,1)	80,3 (5,1)	83,5 (6,4)	84,3 (3,5)	83,7 (3,0)	79,6 (4,0)	78,4 (2,4)
			T2	80,7 (4,3)	79,1 (5,3)	80,8 (3,9)	81,6 (3,9)	82,6 (5,2)	81,0 (3,7)	80,4 (5,7)
			T3	82,2 (4,9)	78,8 (8,6)	81,2 (3,2)	83,5 (4,0)	81,7 (5,0)	80,2 (3,5)	81,4 (3,8)
			T4	83,7 (10,2)	80,7 (5,3)	80,6 (2,3)	81,4 (2,8)	80,2 (2,1)	76,7 (3,6)	78,7 (4,3)
	Récolte	T1	77,2 (3,9)	78,0 (1,5)	72,0 (6,1)	76,4 (5,0)	73,0 (4,5)	72,6 (4,5)	73,8 (3,8)	
		T2	78,7 (8,1)	74,0 (10,8)	74,6 (7,1)	74,4 (7,1)	76,2 (4,7)	73,0 (3,7)	79,1 (3,1)	
		T3	79,2 (7,1)	70,2 (9,6)	71,7 (7,1)	72,7 (8,8)	71,4 (6,4)	69,0 (9,6)	81,6 (5,0)	
		T4	79,6 (4,6)	74,2 (7,2)	71,5 (5,5)	74,2 (4,4)	72,6 (7,0)	75,7 (4,6)	76,0 (8,7)	
	Sans	2F	T1	98,7 (2,9)	99,2 (1,1)	99,2 (1,1)	98,8 (2,7)	98,1 (2,7)	96,6 (4,6)	98,0 (2,9)
			T2	98,3 (2,8)	99,1 (1,2)	100,0 (0,0)	98,4 (2,6)	97,0 (3,4)	98,3 (2,4)	98,7 (1,9)
			T3	98,7 (2,0)	97,5 (3,7)	95,9 (4,7)	97,9 (2,5)	98,1 (2,6)	98,4 (1,6)	98,3 (2,3)
			T4	99,6 (1,0)	98,8 (1,7)	97,2 (3,2)	96,8 (2,8)	97,7 (2,4)	96,3 (5,0)	97,2 (3,2)
8-10F		T1	98,2 (1,9)	97,1 (1,9)	97,4 (1,5)	98,2 (1,2)	98,6 (1,1)	98,1 (1,4)	97,4 (1,4)	
		T2	97,3 (1,2)	97,7 (2,5)	97,9 (1,5)	98,0 (2,2)	97,5 (2,1)	97,7 (1,4)	97,9 (2,2)	
		T3	96,5 (1,6)	97 (1,8)	97,5 (1,6)	97,6 (1,3)	96,5 (1,9)	96,0 (2,9)	96,8 (2,6)	
		T4	97,4 (2,3)	97,8 (1,2)	97,3 (1,5)	96,8 (1,7)	98,3 (0,7)	98,1 (1,4)	98,8 (0,9)	
Récolte		T1	98,3 (1,3)	98,8 (1,0)	97,5 (1,3)	98,3 (1,2)	97,5 (2,1)	96,8 (2,5)	97,6 (2,3)	
		T2	95,6 (1,6)	96,4 (2,3)	96,7 (0,7)	97,4 (1,5)	96,0 (3,4)	98,8 (1,0)	98,0 (3,0)	
		T3	97,3 (2,1)	96,2 (2,6)	98,5 (0,8)	97,0 (1,5)	96,7 (2,0)	97,2 (0,9)	98,2 (2,2)	
		T4	95,4 (3,5)	95,6 (2,2)	95,5 (4,2)	95,1 (3,4)	95,2 (4,0)	96,6 (2,8)	98,7 (1,8)	
2	Filet	2F	T1	77,8 (13,5)	59,0 (27,6)	89,0 (4,4)	93,2 (4,2)	91,5 (3,6)	89,4 (11,1)	91,0 (5,3)
			T2	74,7 (30,6)	79,7 (21,1)	92,3 (7,3)	89,1 (8,1)	92,6 (3,3)	94,2 (5,3)	89,6 (13,4)
			T3	94,3 (4,6)	86,1 (8,1)	88,0 (8,8)	88,8 (6,9)	91,1 (6,2)	88,5 (13,2)	94,5 (4,4)
			T4	81,6 (14,7)	75,4 (30,1)	89,4 (3,8)	90,0 (4,4)	91,6 (5,2)	86,7 (11,3)	77,4 (26,8)
		8-10F	T1	74,8 (8,9)	72,4 (8,5)	68,9 (8,7)	72,2 (12,7)	69,4 (13,7)	72,5 (5,7)	84,2 (3,8)
			T2	74,4 (9,3)	72,4 (10,7)	73,2 (8,7)	70,9 (9,5)	72,0 (10,0)	75,9 (10,3)	81,2 (13,6)
			T3	77,6 (5,0)	71,8 (6,1)	69,6 (7,5)	68,1 (9,6)	73,4 (4,8)	72,3 (8,5)	80,2 (9,4)
			T4	80,4 (5,4)	74,2 (7,0)	72,0 (7,3)	70,4 (5,2)	67,9 (10,8)	76,4 (2,1)	76,9 (7,2)
	Récolte	T1	82,0 (7,0)	73,4 (3,4)	74,5 (8,0)	73,8 (2,1)	76,2 (4,4)	73,4 (6,3)	80,1 (4,1)	
		T2	83,3 (7,8)	75,4 (11,5)	74,3 (11,7)	73,1 (10,8)	75,1 (10,8)	79,8 (12,0)	82,0 (5,5)	
		T3	80,6 (2,7)	73,0 (9,0)	73,6 (5,4)	72,9 (6,5)	74,8 (8,5)	77,5 (7,3)	84,8 (4,6)	
		T4	81,2 (5,8)	73,6 (7,1)	71,6 (5,6)	73,5 (7,5)	69,6 (7,8)	75,6 (5,1)	77,7 (6,3)	

ANNEXE 6. Localisation des fermes participantes au volet 2.3 tester le piégeage de masse dans un contexte producteur de fermes biologiques diversifiées



ANNEXE 7 : Captures d'altises dans les pièges Hemitrap par site d'étude

Les épisodes d'ouverture de filets rapportés par les producteurs sont indiqués en rouge.



ANNEXE 8 : Nombre moyen de rabioles par parcelle catégorisées comme non-vendables en fonction de la distance et de la raison du déclassement. Les barres d'erreur représentent l'écart-type

