

Rapport annuel 2025

Sommaire des résultats des projets de
recherche exploratoire du RAP Crucifères



CIEL

Centre de recherche
en agriculture

TABLE DES MATIERES

Contexte et enjeux	3
Projets exploratoires 2025.....	5
1. Évaluation d'un cultivar de chou sensible comme plante-piège pour la gestion des thrips au champ.....	7
Équipe de réalisation	7
Aperçu de la méthodologie	7
Principaux résultats	8
2. Stratégie de lutte intégrée contre les thrips dans le chou pommé : Dépistage innovant et optimisation des interventions	11
Équipe de réalisation	11
Aperçu de la méthodologie	11
Principaux résultats	11
Perspectives pour 2026	16
3. Évaluation de la tolérance ou de la sensibilité des cultivars de brocoli et de chou-fleur contre l'Alternariose causée par <i>Alternaria brassicicola</i> en conditions contrôlées.	18
Équipe de réalisation	18
Note préliminaire	18
Projet principal.....	19
Résumé du projet.....	19
Objectifs et aperçu de la méthodologie	19
Résultats significatifs obtenus et discussion.....	24
Conclusion	32
Personne-ressource pour information	33
Annexe.....	33

Approbation du rapport : juillet 2026

Ce projet est financé par l'entremise du programme Innovation bioalimentaire 2023-2028, en vertu du Partenariat canadien pour une agriculture durable, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.

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

Contexte et enjeux

Dans le cadre de son mandat de coordination du Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) Crucifères, le CIEL réalise depuis 2022 des activités de recherche exploratoire visant à améliorer les connaissances en phytoprotection dans les cultures de crucifères. Ces travaux sont réalisés en collaboration avec différents acteurs de la recherche et du milieu agricole au Québec comme ailleurs, selon les expertises et les maillages pertinents aux problématiques étudiées.

Les activités de recherche exploratoire répondent à des enjeux en constante évolution dans les productions de crucifères. La diversification des cultures maraîchères, l'évolution des marchés, les changements climatiques ainsi que l'intensification ou l'émergence de certains ennemis des cultures sont parmi les facteurs qui modifient continuellement le contexte de production et les problématiques phytosanitaires observées sur le terrain. Les besoins de recherche évoluent donc rapidement et nécessitent une mise à jour continue des connaissances afin d'adapter les stratégies de gestion aux réalités actuelles des entreprises agricoles.

Dans plusieurs cas, les connaissances disponibles sur les ennemis des cultures demeurent partielles ou nécessitent d'être actualisées afin de tenir compte de l'évolution des contextes de production, et les stratégies développées dans d'autres productions ne sont pas toujours transférables ou adaptées aux réalités des crucifères produites au Québec. Les projets de recherche exploratoire permettent donc de documenter rapidement certaines problématiques prioritaires et de générer des données utiles pour orienter la gestion des ennemis des cultures. Réalisés sur une période d'environ un an, ces projets offrent également la possibilité d'adapter annuellement le programme de recherche selon les résultats obtenus et les nouveaux besoins observés sur le terrain. Cette approche favorise une amélioration continue des connaissances et peut également servir de point de départ à des projets de plus grande envergure lorsque pertinent.

Les priorités de recherche sont alimentées par différents lieux d'échange et de concertation réunissant les conseillers agricoles, les chercheurs et les acteurs du milieu. Parmi ceux-ci figurent notamment la Journée bilan crucifères, qui rassemble annuellement près de 50 conseillers agricoles de différents secteurs ainsi que des acteurs de la recherche, les ateliers de priorisation des pesticides à usage limité ainsi que les travaux liés à la mise à jour du profil de culture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), auxquels participe l'équipe

du RAP Crucifères. Bien que plusieurs idées de projets soient soulevées chaque année, les travaux retenus ciblent des problématiques pour lesquelles des pistes de solution réalistes ou des protocoles adaptés permettent de générer des résultats concrets à court terme. Les projets sélectionnés sont également discutés avec les membres du comité de recherche exploratoire du RAP Crucifères, formé de conseillers agricoles, d'experts du Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP) ainsi que d'acteurs de la recherche, qui contribuent à l'évaluation des priorités, des objectifs et des approches méthodologiques proposées, en tenant compte des ressources disponibles dans le cadre du mandat.

Depuis 2022, plusieurs travaux ont porté sur des problématiques phytosanitaires touchant différentes cultures de crucifères. Certains projets visaient à mieux documenter la dynamique des ennemis des cultures afin d'améliorer la compréhension des problématiques observées en production. C'est le cas des travaux sur la tache noire alternarienne, une problématique ayant pris davantage d'importance depuis 2018, principalement dans le brocoli et le chou-fleur. Les travaux ont aussi porté sur les thrips dans le chou pommé, une culture historiquement importante au Québec pour laquelle plusieurs aspects demeurent peu documentés à l'échelle internationale. Dans ce dernier cas, les symptômes associés aux thrips demeurent partiellement méconnus, entre autres parce qu'ils ont historiquement été confondus avec certains désordres physiologiques, comme l'œdème (ou intumescence), et que peu de données phytosanitaires sont disponibles concernant l'état des choux en entrepôt. D'autres travaux ont porté sur la dynamique des altises afin de vérifier si ces ravageurs ont tendance à hiberner dans les résidus de culture plutôt qu'en bordure des champs, comme c'est généralement décrit dans la littérature entomologique. Cette information est particulièrement importante pour la gestion des rotations dans les productions maraîchères diversifiées de petite surface.

Ainsi, les projets exploratoires du RAP Crucifères visent à améliorer la compréhension des ennemis des cultures et à développer des outils ou des approches permettant d'en améliorer la gestion des ennemis des cultures.

Projets exploratoires 2025

Dans le cadre des activités de recherche exploratoire du RAP Crucifères, cinq projets avaient été retenus pour l'année 2025. Le présent rapport présente uniquement les projets ayant été réalisés en totalité au cours de la saison 2025. Certains projets prévus n'ont pu être complétés comme il avait été planifié initialement en raison de contraintes techniques ou de conditions phytosanitaires ne permettant pas la réalisation d'essais représentatifs. Les sections suivantes présentent donc les projets réalisés ainsi qu'un résumé des circonstances ayant limité la réalisation de certains travaux.

Projets retenus pour 2025

1. Évaluation d'un cultivar de chou sensible comme plante-piège pour la gestion des thrips au champ, en collaboration avec le RLIO.
2. Stratégie de lutte intégrée contre les thrips dans le chou pommé : Dépistage innovant et optimisation des interventions (PIB 2025-2029), en collaboration avec le RLIO.
3. Évaluation de la tolérance ou de la sensibilité des cultivars de brocoli et de chou-fleur contre l'Alternariose causée par *Alternaria brassicicola* en conditions contrôlées, en collaboration avec Phytodata et le LEDP.
4. Échantillonnage exploratoire des sols post-récolte pour la détection d'*Alternaria brassicicola*, en collaboration avec Spornado.
5. Documenter la durée d'efficacité des traitements dans le sillon contre la mouche du chou dans les rutabagas, en collaboration avec le RLIB.

Les projets 1 à 3 sont détaillés dans le présent rapport. Cependant, les projets 4 et 5 ne se sont pas déroulés comme prévu pour les raisons suivantes :

4. Échantillonnage exploratoire des sols post-récolte pour la détection d'*Alternaria brassicicola*

Quelques essais de détection d'ADN avaient été réalisés dans le cadre des initiatives de recherche du RAP en 2024, mais les résultats obtenus demeuraient fragmentaires. Le projet 2025 visait à approfondir ces premières observations en explorant le potentiel de survie de *A. brassicicola* dans le sol après la récolte, notamment en lien avec la présence de résidus de culture et la sévérité des symptômes observés en saison.

Le projet n'a finalement pas été réalisé, puisque la pression de la maladie a été exceptionnellement faible à l'échelle du Québec en 2025, comparativement aux saisons observées depuis 2018. Dans ce contexte, les conditions ne permettaient pas de réaliser une

analyse représentative. Le projet pourrait être repris lors d'une saison présentant une pression de maladie plus favorable à ce type d'évaluation.

5. Documentation de la durée d'efficacité des traitements dans le sillon contre la mouche du chou dans les rutabagas

Le présent projet visait à documenter la durée d'efficacité du traitement Verimark® appliqué dans le sillon, afin d'optimiser les stratégies de lutte intégrée dans les crucifères racines.

Les objectifs spécifiques du projet étaient d'améliorer la gestion phytosanitaire de la mouche du chou dans les crucifères racines ; de documenter la durée d'efficacité (rémanence) du Verimark® appliqué dans le sillon, spécifiquement contre la mouche du chou, afin d'optimiser le « timing » d'applications en post-levée ; de déterminer la nécessité d'une application post-levée pour contrôler la première génération de mouches du chou qui affecte la culture après le stade 2 feuilles, en plus de l'application dans le sillon au semis.

En raison des contraintes techniques associées à l'application de traitements dans le sillon en petites parcelles, le traitement initial a été réalisé par le producteur dans un champ de rutabaga mis à disposition pour différents essais portant sur la mouche du chou, incluant notamment des travaux de tamisage d'insecticides. Le projet ne s'est toutefois pas déroulé comme prévu puisqu'un traitement post-levée a été appliqué par erreur par le producteur sur l'ensemble du champ, incluant les parcelles de l'essai.

1. Évaluation d'un cultivar de chou sensible comme plante-piège pour la gestion des thrips au champ.

ÉQUIPE DE REALISATION

Projet réalisé par le CIEL, en collaboration avec le Réseau de lutte intégrée Orléans (RLIO), sur une entreprise agricole de la Capitale-Nationale.

APERÇU DE LA METHODOLOGIE

Ce projet visait à évaluer le potentiel d'une bande-piège constituée d'un cultivar de chou reconnu pour sa sensibilité aux thrips afin de réduire la pression du ravageur dans une culture commerciale adjacente. L'hypothèse était qu'un cultivar plus attractif ou plus sensible pourrait concentrer l'activité des thrips en périphérie du champ et ainsi limiter les dommages dans la culture principale.

L'essai a été réalisé sur une ferme de l'Île d'Orléans dans un champ de chou de 0,84 ha. Une bande-piège composée de quatre rangs du cultivar Sherrington, reconnu pour sa vulnérabilité aux thrips, a été implantée en bordure du champ. Le reste de la parcelle a été planté avec le cultivar Missouriima, destiné à la production commerciale. La régie de culture a été assurée par le producteur selon les recommandations de l'équipe du RLIO.

Le dispositif expérimental comprenait cinq transects perpendiculaires à la bande-piège (Figure 1). Chaque transect comportait cinq zones d'échantillonnage réparties à intervalles de 12 mètres, la première étant située directement dans la bande-piège (distance 0 m). Cette disposition permettait d'évaluer l'évolution de l'activité des thrips en fonction de la distance par rapport à la bande-piège.

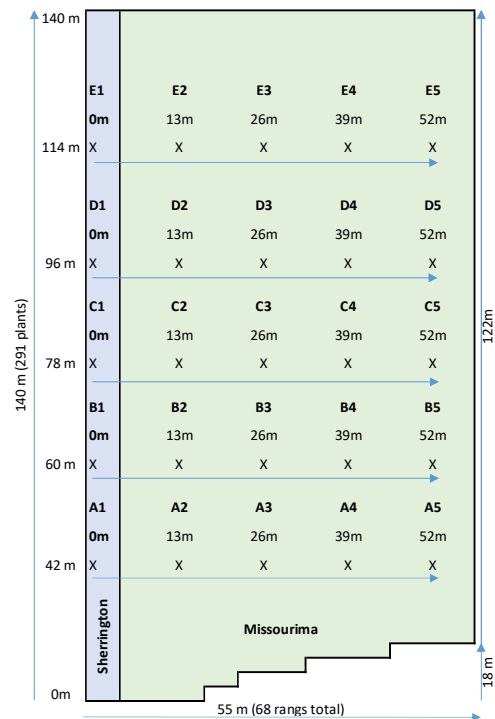


Figure 1. Schéma du dispositif expérimental en mesures répétées.

Des observations hebdomadaires ont été réalisées à partir du début de la pommaison. Dans chaque zone, trois choux ont été inspectés visuellement pour détecter la présence de thrips et un chou a été évalué par dépistage destructif afin de mesurer l'abondance du ravageur et les dommages observés sur les feuilles. À la récolte, cinq choux par zone ont également été évalués afin de documenter les dommages finaux.

PRINCIPAUX RESULTATS

Le dépistage a débuté le 31 juillet, alors que les deux variétés de chou étaient aux premiers stades de développement de la pomme. La pression de thrips est demeurée faible tout au long de la saison. Les premiers individus ont été observés au début d'août lors des dépistages destructifs et les dommages sont restés limités, avec moins de deux feuilles affectées en moyenne par plant durant la saison.

À la récolte, le 17 octobre, entre 12 et 44 % des choux présentaient des thrips actifs dans l'ensemble du champ (Tableau 1. Valeurs moyennes des variables associées aux thrips et aux dommages observées à la récolte selon la distance d'échantillonnage (1 : Sherrington ; 2-5 = Missourima). De plus, entre 32 et 80 % des choux présentaient des dommages attribuables aux thrips, selon les points d'échantillonnage, avec généralement moins de quatre feuilles affectées par chou.

Tableau 1. Valeurs moyennes des variables associées aux thrips et aux dommages observées à la récolte selon la distance d'échantillonnage (1 : Sherrington ; 2-5 = Missourima).

Distance	Incidence de thrips (%)	Incidence de dommages (%)	Nb feuilles affectées	Nb feuilles porteuses de thrips par plant	Sévérité des dommages (%)
1	44,0	60,0	3,16	1,12	2,91
2	24,0	52,0	1,96	0,24	0,98
3	40,0	80,0	2,76	0,72	2,11
4	12,0	32,0	0,80	0,16	0,40
5	16,0	48,0	1,12	0,16	0,56

Les thrips et les dommages associés ont été observés à la fois dans la bande de chou Sherrington et dans l'ensemble du champ. Les surfaces interpolées réalisées à partir des données recueillies à la récolte indiquent que la pression de thrips ne semble pas plus élevée dans la bande-piège que dans les autres secteurs du champ (Figure 2). Certaines zones de plus forte activité sont plutôt observées au centre ou en périphérie de la parcelle.

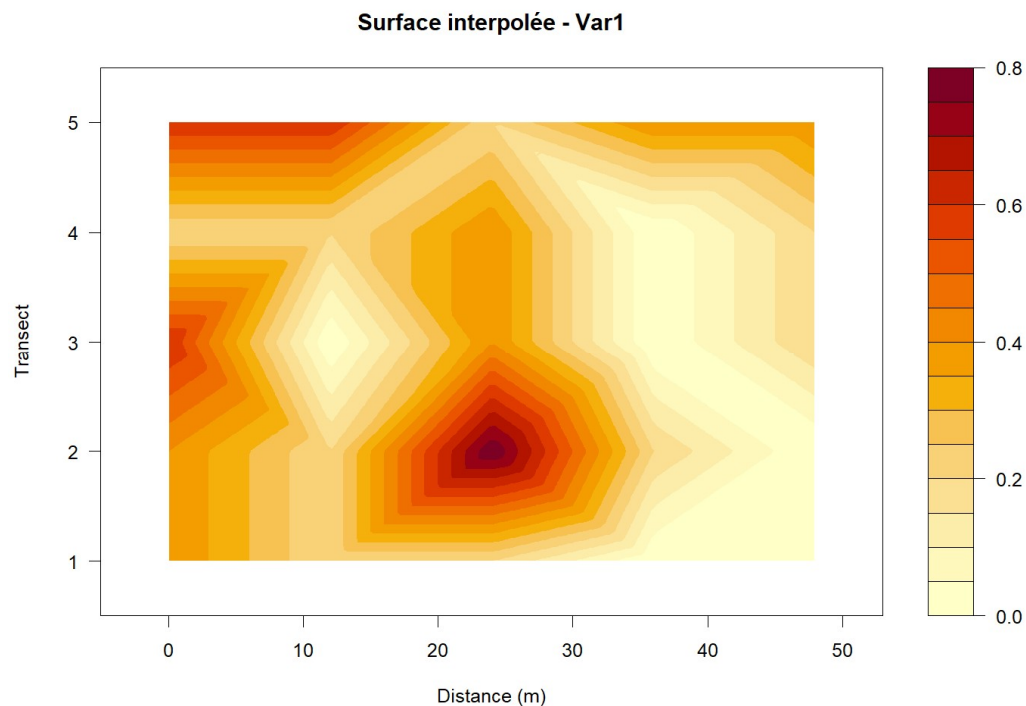


Figure 2. Distribution spatiale des populations de thrips estimée par interpolation des données.

La répartition du nombre moyen de feuilles affectées par plant présente toutefois un patron différent (Figure 3). Les valeurs les plus élevées sont principalement observées dans la portion de la parcelle située le long de la diagonale reliant le coin inférieur gauche au coin supérieur droit du dispositif (portion ouest du champ). Bien que cette tendance ne puisse être expliquée avec certitude, elle pourrait refléter des différences locales dans le développement des plants. Par exemple, des variations de croissance entre les cultivars ou des conditions de croissance moins favorables dans certains secteurs de la parcelle pourraient avoir influencé la susceptibilité des plants aux dommages ou la capacité des thrips à pénétrer plus profondément dans les pommes.

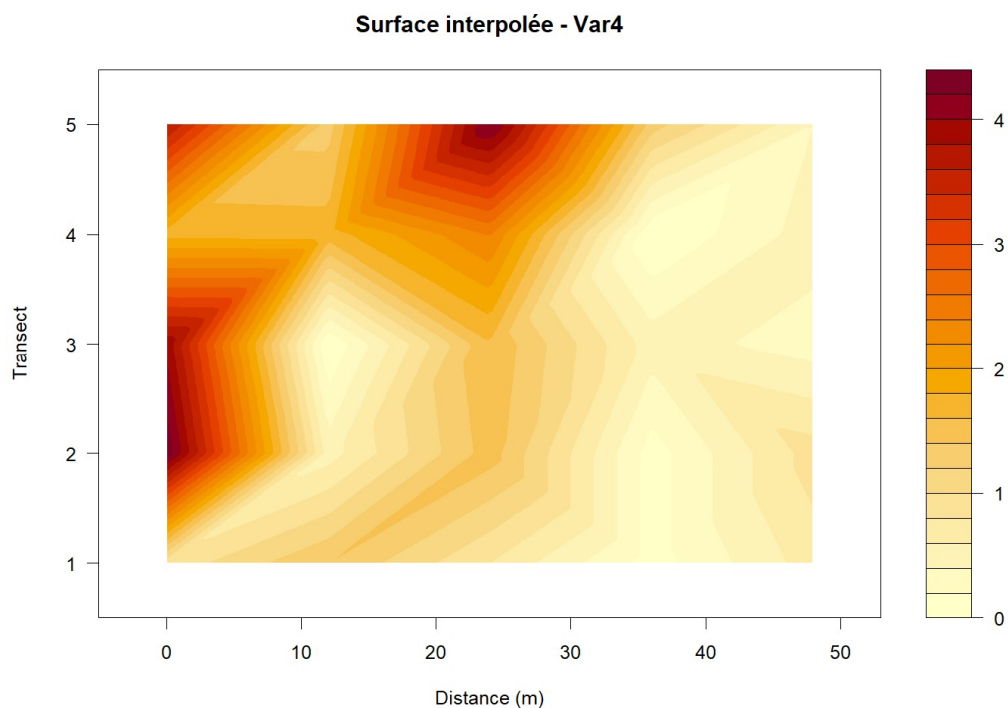


Figure 3. Surface interpolée du nombre moyen de feuilles affectées par les thrips à la récolte.

Bien que le nombre moyen de feuilles affectées et le nombre moyen de feuilles porteuses de thrips soient parfois plus élevés dans la bande de chou Sherrington, des niveaux comparables ont également été observés dans certaines zones du champ. Les analyses statistiques montrent certaines relations avec la distance à la bande-piège, mais celles-ci apparaissent d'une portée limitée pour l'interprétation des résultats puisqu'aucune concentration accrue de thrips n'a été observée dans le cultivar supposé attractif.

Dans l'ensemble, les résultats ne démontrent pas un effet attractif du cultivar Sherrington sur les thrips. Les observations suggèrent plutôt une sensibilité potentiellement plus élevée de ce cultivar aux dommages causés par le ravageur qu'une capacité à attirer ou concentrer les populations.

Compte tenu du caractère exploratoire de l'essai, de l'effort d'échantillonnage limité et de la faible pression de thrips observée durant la saison, ces résultats doivent être interprétés avec prudence. Néanmoins, les données recueillies ne permettent pas de conclure à l'efficacité d'une bande-piège de chou Sherrington pour concentrer les populations de thrips ou réduire leur activité dans la culture principale.

2. Stratégie de lutte intégrée contre les thrips dans le chou pommé : Dépistage innovant et optimisation des interventions

Le présent projet visait à bonifier un projet accepté par le volet 2 du PIB avec l'ajout d'un site.

ÉQUIPE DE REALISATION

Projet réalisé par le CIEL. La réalisation du projet sur le site additionnel a été faite en collaboration avec le Réseau de lutte intégrée Orléans (RLIO), sur une entreprise agricole de la Capitale-Nationale.

APERÇU DE LA METHODOLOGIE

En 2025, cinq champs de chou ont été suivis selon un dispositif expérimental identique, soit quatre sites dans Lanaudière et un site dans la région de la Capitale-Nationale. Selon la date de plantation, l'installation des choux-pièges a débuté entre le 15 juillet et le 19 août. Le suivi s'est poursuivi jusqu'à la récolte, soit le 8 septembre sur un site, et entre le 8 et le 21 octobre pour les autres sites.

À partir de la formation de la pomme, un dépistage hebdomadaire a été réalisé sur une superficie d'environ 1 ha selon deux méthodes distinctes :

- Choux-pièges (méthode innovante) : installation d'un autocollant bleu amovible à l'intérieur des feuilles sur 100 choux afin de capturer les thrips ;
- Dépistage visuel (pratique courante au Québec) : observation hebdomadaire non destructive de 25 choux répartis dans cinq zones du champ afin de détecter les thrips et leurs dommages.

Des plaquettes collantes bleues étaient également relevées chaque semaine en bordure du champ, à titre indicatif.



PRINCIPAUX RESULTATS

Au total, plus de 12 000 pièges collants ont été analysés par l'équipe du CIEL durant l'hiver 2025-2026 pour l'ensemble des sites du projet. En collaboration avec le Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP), les captures ont été regroupées en deux catégories :

- les thrips ravageurs connus du chou, soit le thrips de l'oignon (*Thrips tabaci*) et le thrips des petits fruits (*Frankliniella occidentalis*) ;

- les autres thrips (*Thrips* spp.), incluant les espèces dont le potentiel de dommage sur le chou est inconnu, les individus trop endommagés pour être identifiés ainsi que les larves.

De manière générale, des thrips ravageurs ont été observés dès les premiers relevés et jusqu'à la récolte. La majorité des captures sur les choux-pièges a été observée entre la fin août et la mi-septembre. Bien que certains sites aient présenté moins de dommages à la récolte, l'incidence et la sévérité des dommages observés étaient généralement comparables entre les deux méthodes de dépistage.

Les données recueillies sur les choux-pièges ont également permis d'observer une présence faible, mais continue, de larves de thrips à partir de la mi-août. Bien qu'il n'ait pas été possible d'identifier précisément les espèces associées à ces larves, cette information demeure importante pour le développement de stratégies d'intervention, puisque plusieurs insecticides systémiques homologués contre les thrips dans le chou pommé agissent principalement sur les stades larvaires. Le dépistage visuel ne permet pas facilement de distinguer les différents stades des thrips observés.

Le projet a aussi permis de confirmer certaines limites du dépistage visuel non destructif. À plusieurs reprises, des thrips ont été détectés sur les choux-pièges alors qu'aucune activité n'était observée lors du dépistage visuel effectué au même moment, autant par notre équipe que par les conseillers agricoles impliqués dans le suivi des entreprises participantes. Cette situation était particulièrement fréquente au début de la formation de la pomme. Ces observations confirment l'intérêt des choux-pièges comme outil complémentaire pour détecter précocement la présence du ravageur lorsque les populations sont encore faibles et difficiles à observer directement dans le feuillage.

Répartition spatiale des thrips dans les champs

À partir des données recueillies en 2025, chaque site a été analysé séparément afin d'évaluer la répartition spatiale des thrips ravageurs dans les champs. Comme le piégeage débute à partir des premiers stades de formation de la pomme, les analyses ne permettent pas d'étudier la migration initiale des thrips dans le champ, mais plutôt leur répartition spatiale durant les premiers stades de développement du légume.

Les résultats montrent que les thrips ravageurs ne semblent pas répartis de façon homogène dans les champs. Les captures suggèrent une distribution aléatoire des populations à l'échelle des superficies suivies, sans progression spatiale clairement définie à partir d'un foyer précis.

Les figures ci-dessous présentent la répartition spatiale des thrips sur les sites ayant respectivement la plus faible et la plus forte pression de thrips ravageurs en 2025. Malgré des niveaux d'activité très différents entre les sites, les captures variaient d'une semaine à l'autre et demeuraient distribuées de façon aléatoire dans les champs.

Sur le site ayant subi la plus faible pression de thrips (Figure 4), les choux-pièges ont permis de détecter des thrips, toutes espèces confondues, chaque semaine de relevé, du 12 août au 8 octobre. Généralement, entre 4 et 15 choux-pièges portaient des thrips lors de chaque relevé, avec un maximum de 48 % des choux-pièges porteurs de thrips le 29 août. À cette même date, aucun thrips n'avait été observé lors du dépistage visuel. Cette différence pourrait s'expliquer par une forte présence de pucerons sur les pommes de chou au même moment, compliquant l'observation des thrips. Le dépistage visuel s'est toutefois avéré efficace pour détecter les thrips lors des autres semaines de suivi. D'ailleurs, une incidence plus élevée a été observée en septembre, ce qui laisse supposer une évolution de la dynamique des populations de thrips au cours du développement de la culture, notamment quant à leur positionnement sur le chou à mesure que la pomme se développe.

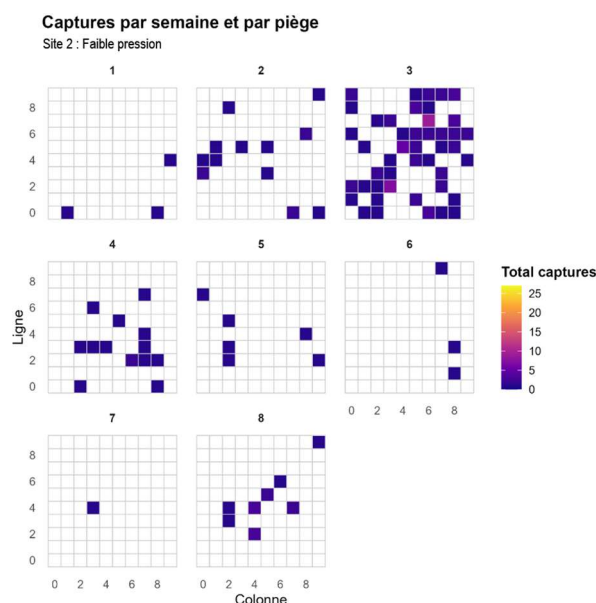


Figure 4. Répartition spatiale des thrips ravageurs des crucifères sur le site ayant présenté la plus faible pression d'infestation du projet pour la saison 2025. Relevé hebdomadaire des choux-pièges du 12 août (1) au 8 octobre (8).

Sur le site ayant subi la plus forte pression de thrips (Figure 5), les choux-pièges ont permis de détecter des thrips sur plus de 25 choux entre le 19 août et le 22 septembre, soit entre 36 et 84 % de plants porteurs de thrips selon les relevés. Une très faible activité a ensuite été observée entre le 29 septembre et le 15 octobre, avec moins de 15 % de plants porteurs, pour finalement atteindre une activité nulle le 21 octobre.

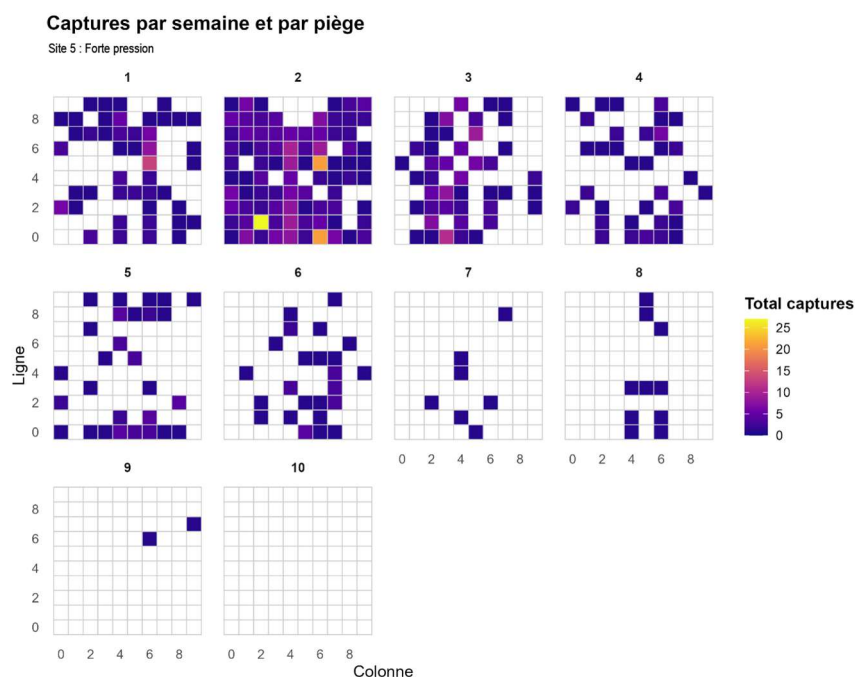


Figure 5. Répartition spatiale des thrips ravageurs des crucifères sur le site ayant présenté la plus forte pression d'infestation du projet pour la saison 2025. Relevé hebdomadaire des choux-pièges du 19 août (1) au 21 octobre (10).

Par dépistage visuel (25 plants), les thrips ont généralement été observés sur moins de 25 % des plants dépistés, à l'exception des relevés du 22 septembre et du 6 octobre, où près de 40 % des plants présentaient des thrips visibles à l'œil nu. À nouveau, les données de piégeage et de dépistage semblent indiquer une présence plus importante de thrips dans les parties visibles du chou à l'approche de la récolte.

Détermination du nombre minimal de choux-pièges

Des analyses de rééchantillonnage ont également été réalisées afin d'estimer le nombre minimal de choux-pièges requis pour assurer la détection des thrips ravageurs lorsqu'ils sont présents dans le champ.

Les résultats (Figure 6Figure 5) présentent le risque de ne pas détecter de thrips en relevant 2, 5, 10, 15, 20 et 50 choux-pièges dans les cinq champs à l'essai. Les analyses suggèrent

qu'un minimum de 15 choux-pièges relevés chaque semaine est nécessaire pour obtenir une probabilité élevée de détecter au moins un thrips ravageur. L'utilisation d'un nombre plus faible de pièges augmente considérablement le risque de non-détection, particulièrement lorsque les populations sont faibles, notamment au début de l'infestation et tard à l'automne.



Figure 6. Risque de non-détection des thrips ravageurs selon le nombre de choux-pièges relevés hebdomadairement dans les cinq sites à l'étude durant la saison 2025. Les couleurs représentent la probabilité de ne pas détecter de thrips lorsqu'ils sont présents dans le champ, selon différents efforts d'échantillonnage (2 à 50 pièges).

La période la plus importante pour la détection correspond au début de l'infestation, lorsque la pomme est en formation et que les thrips sont encore accessibles. Par la suite, les données de capture permettent surtout d'évaluer l'efficacité des stratégies d'intervention visant à limiter les populations établies dans la culture. L'utilisation de 15 choux-pièges apparaît réaliste dans

un contexte de production commerciale, considérant qu'il est déjà recommandé de dépister un minimum de 25 plants par champ dans les crucifères.

Plaquettes collantes bleues en bordure de champ

En parallèle aux autres méthodes de suivi, 10 pièges collants bleus ont été installés en bordure des champs afin de couvrir la longueur ou la largeur des parcelles, selon la disposition la plus appropriée pour éviter leur destruction lors du passage de la machinerie.

Sur certains sites, les pièges ont pu être installés avant la formation de la pomme. Les observations du projet confirment toutefois que les pièges collants bleus en bordure de champ ne permettent pas d'anticiper efficacement la migration des thrips vers la culture.

En effet, des niveaux très élevés de captures ont été observés sur les plaquettes bleues, atteignant parfois près de 1 500 thrips par relevé. Avant même la formation de la pomme, ces pièges indiquaient déjà la présence de thrips dans l'environnement du site, sans toutefois permettre d'évaluer l'implantation réelle des populations à l'intérieur du champ ni de quantifier précisément le niveau d'infestation.

Par ailleurs, les pics d'activité observés sur les plaquettes bleues ne semblaient pas synchronisés avec les pics de capture enregistrés sur les choux-pièges.

L'ensemble des observations demeure préliminaire, mais les résultats obtenus sont néanmoins prometteurs pour mieux comprendre le comportement des thrips dans le chou et améliorer les stratégies de lutte contre cet ennemi important de la culture du chou pommé.

PERSPECTIVES POUR 2026

Les observations réalisées en 2025 suggèrent que le dépistage devrait débuter plus tôt en saison. Toutefois, différentes approches devront être évaluées afin de déterminer à quel stade les plants possèdent une surface foliaire suffisante pour accueillir un piège collant sans causer de dommages à la culture.

Par ailleurs, certaines observations effectuées en fin de saison laissent croire que le positionnement optimal des choux-pièges pourrait varier selon le développement de la pomme. Après le pic d'activité des thrips, une activité parfois plus importante a été observée par dépistage visuel plutôt que sur chou-piège, ce qui pourrait indiquer un déplacement des thrips vers d'autres zones du chou à mesure que la pomme se développe.

Des essais complémentaires seront donc réalisés en 2026 afin d'évaluer un dépistage plus précoce, d'optimiser le positionnement des choux-pièges et de valider la répartition des pièges sur des superficies représentatives des champs commerciaux.

Les observations du projet ont permis de mieux comprendre la dynamique des thrips au champ dans différents contextes d'infestation. Elles appuient également la nécessité d'évaluer, en 2026, la répartition des choux-pièges sur des superficies plus grandes que 1 ha, considérant que les champs commerciaux de chou dépassent fréquemment 10 ha.

Il sera particulièrement intéressant d'observer la dynamique des thrips sur de plus grandes superficies, malgré l'effort supplémentaire requis pour effectuer ces suivis hebdomadaires en saison.

PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION

Isabel Lefebvre
CIEL
i.lefebvre@ciel-cvp.ca

3. Évaluation de la tolérance ou de la sensibilité des cultivars de brocoli et de chou-fleur contre l'Alternariose causée par *Alternaria brassicicola* en conditions contrôlées.

ÉQUIPE DE REALISATION

Projet réalisé par la Compagnie de recherche Phytodata, en collaboration avec le Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP) et le CIEL. Nous tenons à souligner la collaboration de Norseco, de Stoke seeds, d'Agrocentre et de Seminova dans le cadre du projet.

NOTE PRELIMINAIRE

En parallèle à ce projet, deux volets complémentaires ont été réalisés afin d'approfondir l'évaluation des lots de semences étudiés :

Volet complémentaire No 1 – Analyse de détection d'*Alternaria brassicicola* sur les semences - Réalisé par l'équipe du LEDP

Une partie des lots de semences utilisés dans le cadre du projet a été envoyée au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP) afin de réaliser des analyses de détection d'*Alternaria brassicicola*. Cette démarche visait à compléter les données obtenues dans le cadre du projet principal et à documenter l'état phytosanitaire des lots évalués. Les résultats sont présentés au Tableau 8.

Volet complémentaire No 2 – Volet exploratoire en serre sous conditions de stress - Réalisé par l'équipe du CIEL

En cours de projet, la détection d'*Alternaria brassicicola* sur certains lots de semences a soulevé des questions quant au potentiel d'expression de la maladie en conditions contrôlées, aucune manifestation symptomatique n'ayant été observée sur les plants issus de ces lots en chambre de croissance. En raison de la disponibilité de semences résiduelles, le comité de suivi a convenu de réaliser un volet exploratoire complémentaire en serre. Les plants ont été soumis à différents épisodes de stress dans des conditions semi-contrôlées afin d'évaluer si ces facteurs pouvaient favoriser le développement de symptômes chez les cultivars associés à des lots présentant une contamination détectée en laboratoire.

Entre le 16 septembre (semis) et le 17 décembre, aucun symptôme attribuable à la maladie n'a été observé en serre, tant pour les lots ayant obtenu un résultat positif que pour ceux ayant obtenu un résultat négatif dans le cadre du volet complémentaire No 1.

PROJET PRINCIPAL

Réalisé et rédigé par : Mélanie Gobeil-Richard, Phytodata inc.

Résumé du projet

Dans un précédent projet de recherche (20-013-PHYD), la contamination des lots de semences par *A. brassicicola* et *A. brassicae* a été évaluée, ce qui a permis de développer une méthode de quantification de l'inoculum provenant de la semence. Toutefois, le niveau de tolérance ou de sensibilité des différents cultivars à l'*alternariose* demeure peu documenté. Un projet exploratoire réalisé par l'équipe du CIEL ([2025](#)) visait à évaluer la sensibilité de dix cultivars de brocoli au champ. Cependant, l'obtention de résultats robustes dans ce type d'essai est souvent limitée par la variabilité des conditions environnementales et agronomiques (conditions d'infection, pression de la maladie, co-infection, santé du sol, etc.). Le présent projet avait donc pour objectif d'évaluer la sensibilité ou la tolérance de cultivars de brocoli et de chou-fleur à *Alternaria brassicicola* en conditions contrôlées. Dans un premier temps, la pathogénicité et l'agressivité de plusieurs souches d'*Alternaria brassicicola* disponibles au laboratoire de Phytodata ont été évaluées sur un cultivar sensible. Par la suite, la sensibilité de 16 cultivars de brocoli et de 18 cultivars de chou-fleur a été évaluée.

Objectifs et aperçu de la méthodologie

Cette étape du projet visait à évaluer la pathogénicité et l'agressivité de différentes souches d'*Alternaria brassicicola*, à valider un protocole d'inoculation et, pour terminer, à évaluer la sensibilité de différents cultivars à la tache alternarienne. Afin d'obtenir des résultats rapidement et de pouvoir inclure une plus grande sélection de cultivars, le projet a été réalisé en conditions contrôlées au laboratoire. L'objectif général a ainsi été subdivisé en trois sous-objectifs :

- Objectif 1.1 : Évaluer le potentiel infectieux de différentes souches d'*Alternaria brassicicola*
- Objectif 1.2 : Valider le protocole d'inoculation en conditions contrôlées
- Objectif 1.3 : Évaluer la sensibilité de 34 cultivars de brocoli et de chou-fleur à la tache alternarienne.

Objectif 1.1 : Évaluer le potentiel infectieux de différentes souches d'*Alternaria brassicicola*

Afin d'évaluer la pathogénicité et l'agressivité d'*Alternaria brassicicola*, huit souches disponibles au laboratoire de Phytodata ont été sélectionnées (Tableau 2). L'ensemble des essais a été réalisé sur un cultivar de brocoli non traité sensible, « Impérial ».

Tableau 2. Isolats d'*Alternaria brassicicola* utilisés pour les tests de pathogénicité et d'agressivité

NUMÉRO D'ISOLAT	PROVENANCE	ANNÉE
762,5	Brocoli	2019
763,2	Brocoli	2019
1387,01	Brocoli	2021
1411,03	Brocoli	2022
1411,04	Brocoli	2022
1412,01	Brocoli	2022
1446,02	Semence brocoli	2022
1470,01	Brocoli	2022

Le protocole d'inoculation a été adapté de Nowakowska et al. (2018). Afin de favoriser la sporulation, les huit souches ont été cultivées sur milieu PDA (potato dextrose agar) et sur milieu V8 agar pendant 10 jours à 25 °C dans l'obscurité. À l'issue de cette période d'incubation, les spores ont été récoltées, mises en suspension dans une solution d'eau distillée, puis dénombrées à l'aide d'un hémacytomètre. La concentration de chaque suspension a été ajustée à 1×10^5 spores·mL⁻¹. Les essais ont été réalisés sur des plants de brocoli âgés de 45 jours.

La troisième feuille la plus âgée de chaque plant a été prélevée. À l'aide d'un emporte-pièce, un disque foliaire de 90 mm de diamètre a été découpé au centre de la feuille et placé dans une boîte de Pétri (90 mm) contenant un papier filtre humidifié afin de maintenir une humidité élevée. Pour chaque souche, une quantité de 40 µl de la suspension de spores a été déposée au centre de la feuille. Les boîtes ont été scellées avec du parafilm et incubées en chambre de croissance à 25 °C dans l'obscurité. Pour chaque souche, trois feuilles provenant de trois plants distincts ont été inoculées, pour un total de 24 unités expérimentales. La taille des lésions a été mesurée trois et sept jours après l'inoculation. Les souches présentant les lésions les plus importantes et un niveau d'agressivité comparable ont été sélectionnées pour constituer un inoculum composite utilisé dans les expériences subséquentes.

Objectif 1.2 : Valider le protocole d'inoculation en conditions contrôlées

Le protocole décrit par Nowakowska et al. (2018) a été adapté et validé dans le cadre de cette étude. Dans un premier temps, un test préliminaire a été réalisé sur la variété de brocoli « Impérial » à l'aide d'un mélange des trois souches sélectionnées à l'étape précédente.

Les plants de brocoli ont été cultivés en chambre de croissance pendant 45 jours sous des conditions contrôlées : température de 22 °C et 10 heures de lumière par jour. Comme pour l'objectif 1.1, les souches d'*Alternaria brassicicola* ont été cultivées sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar) pendant 10 jours à 25 °C dans l'obscurité. Après incubation, les spores ont été récoltées, mises en suspension dans de l'eau distillée et dénombrées à l'aide d'un hémacytomètre. La concentration de chaque suspension a été ajustée à 1×10^5 spores·mL⁻¹. Les trois suspensions de spores ont ensuite été mélangées pour former une solution composite. Cette solution a été recomptée et ajustée, si nécessaire, afin de garantir une concentration finale de 1×10^5 spores·mL⁻¹.

Pour la validation du protocole d'inoculation, la troisième feuille la plus âgée des plants de brocoli a été utilisée. Un disque de 90 mm de diamètre a été découpé au centre de chaque feuille à l'aide d'un emporte-pièce, puis placé dans une boîte de Pétri (90 mm) contenant un papier filtre humidifié pour maintenir une humidité optimale. Un total de 10 répliques (chaque réplique étant une feuille) a été inclus dans l'expérience. Selon le protocole décrit par Nowakowska et al. (2018), une inoculation par aspersion a été réalisée à cette étape. Pour assurer une inoculation homogène sur toutes les feuilles, celles-ci ont été placées de manière aléatoire au fond d'une enceinte d'inoculation fermée. L'aspersion a été effectuée par le haut de l'enceinte à l'aide d'un pistolet à peinture pneumatique. Avant l'inoculation, 100 µL de Tween 20 ont été ajoutés à 10 mL de suspension de spores pour améliorer l'adhésion des spores aux feuilles. Un volume de 10 mL a ensuite été vaporisé dans l'enceinte. Après 15 minutes d'incubation, l'enceinte a été ouverte, les boîtes de Pétri ont été fermées et scellées avec du parafilm, puis incubées à 25 °C dans l'obscurité. L'expérience a été répétée à trois reprises. Des feuilles non inoculées ont également été ajoutées pour servir de témoins dans l'expérience. L'évaluation des symptômes a été réalisée trois et sept jours après inoculation. Le nombre de lésions a été compté sur chaque feuille, et un indice de sévérité a été attribué pour quantifier l'infection. Le Tableau 3 présente l'échelle des indices de sévérité utilisée à cette étape.

Tableau 3. Échelle du pourcentage de la surface foliaire affectée

Indice	Pourcentage de la surface foliaire affectée
0	0 %
1	1-10 %
2	11-25 %
3	26-50 %
4	51-75 %
5	76 % et plus

Objectif 1.3 : Évaluer la sensibilité de 34 cultivars de brocoli et de chou-fleur à la tache alternarienne.

Pour l'évaluation de la sensibilité des différents cultivars, 16 cultivars de brocoli et 18 cultivars de chou-fleur ont été sélectionnés (Tableau 4). Le choix final des variétés à tester s'est fait en collaboration avec les experts du RAP crucifères et les fournisseurs impliqués.

Tableau 4. Cultivars évalués pour la sensibilité à la tache alternarienne

Variétés brocoli	Variétés brocoli	Variétés chou-fleur	Variétés chou-fleur
Asteroid	Imperial	Aquarius	Lucex
Castle Dome	Kingdom	Cantoria	Marmonex
Dynasty	Millenium	Carlota	Minute Man
Eastern Crown	Super diamante	Casper	Twister
Eastern Magic	Commonwealth	Clarify	Paxton K2
Emerald Crown	Lieutenant	Florence	Prestige F1
Emerald Star	Appalachian	Francesca	Corbin
Fortress		Freedom	Flortress
Green Magic		Moonshine F1	Melrose

Pour la réalisation des tests de sensibilité, les cultivars ont été répartis en trois groupes en raison de limitations d'espace dans la chambre de croissance. Dans un premier temps, 12 variétés de brocolis ont été testées, suivies de 12 variétés de chou-fleur, et enfin, les six variétés de chou-fleur restantes ainsi que les quatre dernières variétés de brocoli ont été

évaluées. Les plants ont été cultivés en chambre de croissance pendant 45 jours sous des conditions de température de 22 °C et 10 heures de luminosité par jour.

Les souches d'*A. brassicicola* préalablement sélectionnées pour les tests de sensibilité des cultivars ont été cultivées sur milieux de culture PDA pendant 10 jours à 25 °C dans l'obscurité. Les spores ont ensuite été délicatement détachées du mycélium à l'aide d'une boucle d'inoculation stérile, en ajoutant 10 ml d'eau distillée au pétri. La suspension a été filtrée avec des couches d'étamine stérile et transférée dans un flacon de 50 ml. La concentration de spores d'*A. brassicicola* a été mesurée à l'aide d'un hémacytomètre INCYTO C-Chip. Les suspensions obtenues pour chacune des trois souches ont été diluées afin d'atteindre une concentration de 10^5 spores $\cdot$ ml⁻¹, puis mélangées pour constituer une solution composite. La concentration finale a été vérifiée et ajustée, au besoin, pour maintenir cette valeur.

Pour chaque cultivar, les troisièmes et quatrièmes plus vieilles feuilles ont été prélevées sur les plants. Un disque de 90 mm de diamètre a été découpé au centre de chaque feuille à l'aide d'un emporte-pièce et placé dans une boîte de Pétri de 90 mm de diamètre, contenant un papier filtre humidifié pour maintenir une humidité optimale. Trois répliques des troisième et quatrième feuilles par variété, provenant de trois plants différents, ont été utilisées. Une feuille provenant d'un quatrième plant a été incluse comme témoin négatif. Comme spécifié dans l'objectif 1.2, une inoculation par aspersion a été réalisée. Les feuilles des plants #1 de chaque cultivar ont été placées de manière aléatoire au fond d'une enceinte d'inoculation fermée. L'aspersion a été effectuée par le haut de l'enceinte à l'aide d'un pistolet à peinture pneumatique. Avant l'inoculation, 100 µL de Tween 20 ont été ajoutés à 10 mL de suspension de spores pour améliorer l'adhésion des spores aux feuilles. Les 10 mL de suspension ont ensuite été vaporisés dans l'enceinte. Après 15 minutes d'incubation, l'enceinte a été ouverte, les boîtes de Pétri ont été fermées et scellées avec du parafilm, puis incubées à 25 °C dans l'obscurité. La procédure a été répétée pour les plants #2 et 3 de chaque cultivar. L'expérience a été réalisée deux fois pour chaque cultivar, pour un total de six essais par cultivar.

La prise de données a été effectuée trois et sept jours après l'inoculation. La sévérité des symptômes a été évaluée en fonction du pourcentage de surface foliaire affectée selon l'échelle présentée au Tableau 5. De plus, des photographies ont été prises pour chaque feuille testée.

Tableau 5. Échelle du pourcentage de la surface foliaire affectée

Indice	Pourcentage de la surface foliaire affectée
0	0 %
1	1-10 %
2	11-20 %
3	21-30 %
4	31-40 %
5	41-50 %
6	51-60 %
7	61-70 %
8	71-80 %
9	81-90 %
10	91-100 %

Afin de comparer la sensibilité des différents cultivars, les données ont été utilisées pour calculer un indice de sévérité de la maladie (ISM) selon la formule suivante :

$$\text{ISM (\%)} = [\sum (\text{Fréquence de classe} \times \text{Score de classe})] /$$

$$[(\text{Nombre total de plantes [N]}) \times (\text{Score maximum de l'échelle})] \times 100.$$

Les données d'indice de sévérité ont ensuite été soumises à une analyse de variance (ANOVA) afin de déterminer l'effet du cultivar. Lorsque l'effet était significatif, les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Tukey au seuil de 5 %. Lorsque les données ne respectaient pas les conditions de normalité ou d'homogénéité des variances, les comparaisons entre plusieurs groupes ont été réalisées à l'aide du test non paramétrique de Kruskal–Wallis. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique XLSTAT.

Résultats significatifs obtenus et discussion

Objectif 1.1 : Évaluer le potentiel infectieux de différentes souches d'*Alternaria brassicicola*

Dans un premier temps, huit souches d'*Alternaria brassicicola* ont été testées pour leur capacité à produire des spores sur milieu de culture PDA (potato dextrose agar) et sur milieu V8 agar. Toutes les souches ont été incubées dans le noir à 25 °C pendant 10 jours. Le Tableau 6 présente les résultats des concentrations de spores obtenues pour chacune des souches et pour chacun des milieux testés. Toutes les souches utilisées ont été isolées à partir de brocoli ou de semences de brocoli provenant de la région de la Montérégie.

Tableau 6. Résultats du test de sporulation des souches d'*Alternaria brassicicola*

Numéro souche	Nombre jours après repiquage	PDA (spores/ml)	V8 (spores/ml)
762,5	10	857 500	.
763,2	10	4 377 500	1 232 500
1387,01	10	3 800 000	1 092 500
1411,03	10	4 545 000	2 650 000
1411,04	10	3 150 000	2 615 000
1412,01	10	1 590 000	1 935 000
1446,02	10	2 955 000	827 500
1470,01	10	157 500	1 447 500

Les résultats montrent que la production de spores est généralement plus élevée chez les souches cultivées sur le milieu PDA comparativement au milieu V8. Le milieu PDA a donc été retenu pour la suite des expériences afin d'optimiser la production de spores nécessaires aux essais. Par la suite, toutes les souches ont été évaluées pour leur capacité à induire des lésions sur le cultivar sensible Impérial. Les observations ont montré qu'aucune différence significative n'a été détectée entre les souches, tant en ce qui concerne le nombre de taches produites que le diamètre des lésions (résultats non présentés). Le choix des souches pour les expériences subséquentes a donc été basé principalement sur leur capacité de sporulation, tout en tenant compte de leur provenance afin d'inclure des isolats issus de milieux différents. Sur cette base, les souches 763.2, 1387.01 et 1446.02 ont été sélectionnées pour la poursuite de l'étude

Objectif 1.2 : Valider le protocole d'inoculation en conditions contrôlées

Avant de procéder à l'évaluation complète des cultivars, une expérience préliminaire a été réalisée pour valider le protocole expérimental. Trois essais, chacun avec 10 réplicas, ont été conduits pour mesurer le nombre de taches par feuille et l'indice de sévérité de la maladie aux jours 3 et 7 après l'inoculation (Tableau 7). L'indice de sévérité a été évalué sur une échelle de 0 à 5. Ces observations ont permis de confirmer la faisabilité du protocole d'inoculation et de suivi de la maladie. De plus, cette étape préliminaire a permis de définir les paramètres pour l'évaluation sur l'ensemble des cultivars. En effet, le comptage du nombre de taches a été

abandonné en raison de sa complexité, et l'indice de sévérité a été réévalué sur une échelle de 0 à 10, offrant ainsi une résolution plus fine pour suivre la progression de la maladie.

Tableau 7. Résultats des essais du protocole d'inoculation

Essai	Nb de répliques	Moyenne taches jour 3	Erreur type	Moyenne taches jour 7	Erreur type	Moyenne sévérité jour 3	Moyenne sévérité jour 7
1	10	103,6	22,67	184	30,48	1,8	2,9
2	10	192,2	34,28	246,7	53,33	1,5	2,5
3	10	137,9	21,17	138,6	18,36	1,3	2,3

Objectif 1.3 : Évaluer la sensibilité de 34 cultivars de brocoli et de chou-fleur à la tache alternarienne.

Toutes les semences utilisées pour les expériences d'inoculation ont été préalablement testées pour la présence d'*A. brassicicola* par PCR quantitative. Les analyses ont été réalisées par le Laboratoire d'Expertise et de Diagnostic en Phytoprotection (LEDP). Parmi les 16 variétés de brocoli, 6 ont donné un résultat positif lors de l'analyse des semences (Tableau 8). Pour les 18 variétés de chou-fleur testées, seulement 3 se sont révélées positives. Lors de la croissance des plants destinés aux expériences d'inoculation, aucune tache alternarienne n'a été observée avant l'inoculation. Des exemples d'expression des symptômes d'*A. brassicicola* sur les feuilles de brocoli et de chou-fleur inoculées en boîte de Pétri sont présentés à l'Annexe 1.

Tableau 8. Résultats de la quantification des semences de brocoli et chou-fleur (tests réalisés par le LEDP)

variété	culture	Résultats PCR quantitatif	variété	culture	Résultats PCR quantitatif
Appalachian	brocoli	Négatif	Cantoria	chou-fleur	Négatif
Asteroid	brocoli	Positif <i>A. brassicicola</i>	Carlota	chou-fleur	Négatif
Castle Dome	brocoli	Négatif	Casper	chou-fleur	Positif <i>A. brassicicola</i>
Commonwealth	brocoli	Négatif	Clarify	chou-fleur	Négatif
Dynasty	brocoli	Positif <i>A. brassicicola</i>	Corbin	chou-fleur	Négatif
Eastern Crown	brocoli	Négatif	Florence	chou-fleur	Positif <i>A. brassicicola</i>
Eastern Magic	brocoli	Négatif	Flortress	chou-fleur	Négatif
Emerald Crown	brocoli	Positif <i>A. brassicicola</i>	Francesca	chou-fleur	Négatif
Emerald Star	brocoli	Positif <i>A. brassicicola</i>	Freedom	chou-fleur	Négatif
Fortress	brocoli	Négatif	LUCEX	chou-fleur	Positif <i>A. brassicicola</i>
Green Magic	brocoli	Positif <i>A. brassicicola</i>	Marmorex	chou-fleur	Négatif
Impérial	brocoli	Négatif	Melrose	chou-fleur	Négatif
Kingdom	brocoli	Négatif	Minute man	chou-fleur	Négatif
Lieutenant	brocoli	Négatif	Moonshine F1	chou-fleur	Négatif
Millenium	brocoli	Positif <i>A. brassicicola</i>	Paxton K2	chou-fleur	Négatif
Super diamante	brocoli	Négatif	Prestige F1	chou-fleur	Négatif
Aquarius	chou-fleur	Négatif	Twister	chou-fleur	Négatif

Pour l'évaluation de la sensibilité des cultivars de brocoli, l'indice de sévérité de la maladie (ISM) a varié significativement entre les 16 cultivars évalués au jour 3 (ANOVA, $p < 0,05$), indiquant que la réaction des plantes à l'agent pathogène diffère fortement selon le cultivar (Tableau 8). Les cultivars **Dynasty** et **Emerald Crown** ont présenté les valeurs d'ISM les plus élevées, ce qui permet de les classer parmi les plus sensibles. Les cultivars **Fortress** et **Green Magic** ont montré des valeurs légèrement inférieures mais restent significativement plus sensibles que les autres cultivars (Tableau 8). La sensibilité relativement plus élevée observée chez trois de ces cultivars pourrait être liée à la contamination des semences détectée par

qPCR, favorisant l'établissement précoce du pathogène et contribuant ainsi à l'augmentation de l'ISM.

Les cultivars **Castle Dome**, **Eastern Crown** et **Emerald Star** présentent un niveau de sévérité modéré (Tableau 8). Les cultivars **Imperial**, **Appalachian**, **Kingdom** et **Asteroid** ont un ISM légèrement plus faible, sans différence significative selon le test de Tukey, et peuvent être considérés comme modérément tolérants.

Enfin, les cultivars **Eastern Magic**, **Commonwealth** et **Millennium**, ainsi que **Lieutenant** et **Super Diamante** présentent les niveaux d'ISM les plus faibles et peuvent être classés parmi les cultivars tolérants (Tableau 9).

Tableau 9. Indice de sévérité de la maladie observé chez les différents cultivars de brocoli au jour 3 suivant l'inoculation.

Cultivars	Indice sévérité (%)
Dynasty	31,7 ± 5,9 a
Emerald Crown	31,7 ± 2,9 a
Fortress	30,0 ± 3,6 ab
Green Magic	28,3 ± 1,7 ab
Castle Dome	20,8 ± 5,2 abc
Eastern Crown	20,0 ± 2,4 abc
Emerald Star	19,2 ± 0,8 abc
Imperial	17,5 ± 4,4 abc
Appalachian	17,5 ± 5,2 abc
Kingdom	16,7 ± 1,4 abc
Asteroid	15,0 ± 1,0 abc
Eastern Magic	13,3 ± 4,3 bc
Commonwealth	13,3 ± 1,4 bc
Millenium	13,3 ± 1,9 bc
Lieutenant	8,3 ± 2,2 c
Super Diamante	6,7 ± 1,4 c

Les valeurs représentent la moyenne ± erreur-type. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes selon le test de comparaison multiple (Tukey) au seuil de $p \leq 0,05$.

L'évaluation de l'indice de sévérité de la maladie (ISM) au jour 7 a de nouveau montré des différences significatives entre les 16 cultivars évalués (ANOVA, $p < 0,05$) (Tableau 10). Les cultivars **Green Magic** et **Emerald Crown** ont présenté les niveaux de sévérité les plus élevés, avec des valeurs respectives de $59,2 \pm 9,6 \%$ et $58,3 \pm 11,4 \%$, et appartiennent au même groupe statistique, les classant parmi les cultivars les plus sensibles. Les cultivars **Dynasty**,

Fortress et **Castle Dome** montrent également une forte susceptibilité, mais légèrement inférieure à celle des deux premiers (Tableau 10). Il est à noter que le cultivar **Castle Dome** présente une erreur-type élevée, reflétant une grande variabilité de la réaction des plants au sein des répétitions. Cette variabilité suggère qu'une troisième répétition de l'expérience serait nécessaire pour confirmer la tendance observée et réduire l'incertitude associée aux résultats. Les cultivars **Emerald Star** et **Millennium** appartiennent à un groupe intermédiaire à modéré, tandis que **Eastern Crown**, **Appalachian**, **Kingdom**, **Asteroid** et **Eastern Magic** forment un groupe légèrement plus tolérant, avec une progression modérée de la maladie (Tableau 10).

Enfin, les cultivars **Imperial**, **Lieutenant**, **Commonwealth** et **Super Diamante** présentent les ISM les plus faibles (Tableau 10), indiquant une tolérance élevée à la maladie. Ces cultivars pourraient constituer des choix prioritaires pour l'introduction dans des zones à forte pression du pathogène.

Tableau 10. Indice de sévérité de la maladie observé chez les différents cultivars de brocoli au jour 7 suivant l'inoculation.

Cultivars	Indice sévérité (%)
Green Magic	59,2 ± 4,8 a
Emerald Crown	58,3 ± 5,7 a
Dynasty	51,7 ± 6,2 ab
Fortress	48,3 ± 2,2 abc
Castle Dome	47,5 ± 12,1 abc
Emerald Star	40,8 ± 4,8 abcd
Millenium	31,7 ± 4,8 abcde
Eastern Crown	30,0 ± 3,6 bcde
Appalachian	29,2 ± 7,1 bcde
Kingdom	29,2 ± 6,4 bcde
Asteroid	26,7 ± 3,6 bcde
Eastern Magic	26,7 ± 5,3 bcde
Imperial	20,8 ± 3,2 cde
Lieutenant	15,8 ± 5,8 de
Commonwealth	15,0 ± 2,2 de
Super Diamante	12,5 ± 0,8 e

Les valeurs représentent la moyenne ± erreur-type. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes selon le test de comparaison multiple (Tukey) au seuil de $p \leq 0,05$.

Les conditions d'application de l'analyse de variance n'étant pas entièrement satisfaites pour l'évaluation de la sensibilité des cultivars de chou-fleur, un test non paramétrique de Kruskal–Wallis a été utilisé pour comparer les valeurs de l'indice de sévérité entre les cultivars. Pour l'évaluation au jour 3, cette analyse n'a révélé aucune différence significative entre les cultivars ($p > 0,05$) (Tableau 11). Les valeurs moyennes de l'indice de sévérité variaient de 4,2 % pour le cultivar **Paxton K2** à 29,2 % pour le cultivar **Marmonex**, indiquant une certaine variabilité entre les cultivars. Ces résultats suggèrent que, dans les conditions expérimentales de l'étude, les cultivars évalués ont présenté des niveaux de sévérité comparables face à la tache alternarienne. Par ailleurs, les erreurs-types relativement élevées observées pour certains cultivars indiquent une variabilité intra-cultivar importante, ce qui pourrait contribuer à l'absence de différences significatives entre les groupes. Comme pour les cultivars de brocoli, une troisième répétition de l'expérience serait nécessaire pour confirmer la tendance observée et réduire l'incertitude associée aux résultats.

Tableau 11. Indice de sévérité de la maladie observée chez les différents cultivars de chou-fleur au jour 3 suivant l'inoculation

Cultivars	Indice sévérité (%)
Marmonex	29,2 ± 6,4 a
Cantoria	22,5 ± 6,7 a
Casper	18,3 ± 10,8 a
Lucex	17,5 ± 7,9 a
Aquarius	16,7 ± 9,1 a
Carlota	16,7 ± 8,2 a
Freedom	15,0 ± 10,6 a
Twister	13,3 ± 5,6 a
Francesca	12,5 ± 4,2 a
Flortress	12,5 ± 2,5 a
Melrose	10,8 ± 2,1 a
Clarify	10,0 ± 3,6 a
Moonshine F1	9,2 ± 2,1 a
Corbin	7,5 ± 0,8 a
Florence	7,5 ± 4,4 a
Prestige	6,7 ± 2,4 a
Minute Man	4,2 ± 2,1 a
Paxton K2	4,2 ± 1,6 a

Les valeurs sont présentées sous forme de moyenne ± erreur-type. Les lettres identiques (a) indiquent qu'aucune différence significative n'a été détectée entre les cultivars selon le test de Kruskal–Wallis ($p > 0,05$).

Comme pour le jour 3, l'évaluation de la sévérité au jour 7 a été réalisée à l'aide du test non paramétrique de Kruskal–Wallis. Les résultats n'ont révélé aucune différence significative entre les cultivars pour l'indice de sévérité de la maladie ($p > 0,05$) (Tableau 11). Les valeurs moyennes observées variaient de 11,7 % pour les cultivars **Florence** et **Minute Man** à 36,7 % pour le cultivar **Marmonex**, indiquant une certaine variabilité entre les cultivars évalués. Toutefois, malgré ces différences numériques, tous les cultivars appartenaient au même groupe statistique (Tableau 11).

Ces résultats suggèrent que, dans les conditions expérimentales de l'étude, les cultivars évalués présentent des niveaux de sensibilité comparables à la tache alternarienne. Par ailleurs, les erreurs-types relativement élevées observées pour certains cultivars, notamment **Casper** et **Aquarius**, reflètent une variabilité intra-cultivar importante, ce qui pourrait contribuer à l'absence de différences statistiquement significatives entre les cultivars. Encore une fois, une troisième répétition de l'expérience serait nécessaire pour confirmer la tendance observée et réduire l'incertitude.

Tableau 12. Indice de sévérité de la maladie observé chez les différents cultivars de chou-fleur au jour 7 suivant l'inoculation.

Cultivars	Indice sévérité (%)
Marmonex	36,7 ± 4,1 a
Cantoria	31,2 ± 6,7 a
Carlota	31,2 ± 5,2 a
Casper	29,2 ± 10,3 a
Lucex	28,3 ± 6,2 a
Francesca	25,0 ± 9,7 a
Freedom	24,2 ± 8,0 a
Aquarius	21,7 ± 9,9 a
Twister	21,7 ± 5,0 a
Flortress	18,3 ± 5,0 a
Clarify	17,5 ± 3,7 a
Moonshine F1	16,7 ± 3,0 a
Prestige	15,8 ± 2,1 a
Corbin	14,2 ± 3,2 a
Melrose	13,3 ± 2,4 a
Paxton K2	12,5 ± 1,6 a
Florence	11,7 ± 4,2 a
Minute Man	11,7 ± 2,2 a

Les valeurs sont présentées sous forme de moyenne ± erreur-type. Les lettres identiques (a) indiquent qu'aucune différence significative n'a été détectée entre les cultivars selon le test de Kruskal–Wallis ($p > 0,05$).

Conclusion

En conclusion, l'évaluation de 16 cultivars de brocoli a révélé une variation significative de la tolérance à la tache alternarienne. Les cultivars **Green Magic**, **Dynasty** et **Emerald Crown** se sont révélés les plus sensibles, tandis que **Super Diamante**, **Commonwealth**, **Lieutenant** et **Imperial** figuraient parmi les plus tolérants. Les indices de sévérité ont varié de 6,7 % à 59,2 % aux jours 3 et 7. Bien que le cultivar **Imperial** soit généralement reconnu comme sensible dans la littérature, il a montré dans cet essai une performance relativement meilleure que certains autres cultivars, ce qui le place parmi les plus tolérants dans les conditions de cette étude. Certains cultivars, notamment **Castle Dome**, **Dynasty** et **Appalachian**, ont présenté une variabilité élevée entre répétitions, suggérant des interactions avec les conditions expérimentales ou une variabilité naturelle de la réponse à la maladie. Ces résultats permettent d'identifier des cultivars prometteurs pour la culture et la sélection dans des zones à forte pression pathogène.

Concernant l'évaluation des 18 cultivars de chou-fleur, l'analyse statistique réalisée à l'aide du test non paramétrique de Kruskal–Wallis n'a révélé aucune différence significative entre les cultivars pour l'indice de sévérité ($p > 0,05$). Bien que certaines variations numériques aient été observées, elles n'étaient pas statistiquement significatives, indiquant que les cultivars évalués présentent globalement des niveaux de sévérité comparables dans les conditions expérimentales de l'étude. La variabilité intra-cultivar, reflétée par des erreurs-types relativement élevées, pourrait avoir contribué à l'absence de différences significatives. Ces résultats suggèrent qu'aucun cultivar ne s'est distingué de manière notable en termes de tolérance ou de sensibilité à la maladie dans les conditions de l'essai. Des études complémentaires, incluant un plus grand nombre de répétitions ou plusieurs cycles expérimentaux, pourraient toutefois permettre de mieux caractériser le comportement des cultivars de chou-fleur et de détecter d'éventuelles différences de sensibilité ou de tolérance.

La réalisation d'essais au champ et sur plusieurs saisons est également essentielle pour valider la performance des cultivars dans des conditions réelles de culture, évaluer la stabilité de leur tolérance face aux facteurs biotiques et abiotiques, et identifier les variétés les plus prometteuses pour la production commerciale. Les résultats de ces essais contribueraient également à améliorer les stratégies de gestion intégrée des maladies.

Personne-ressource pour information

Mélanie Gobeil-Richard
Cie de Recherche Phytodata
mgobeil@phytodata.ca

Annexe

Annexe 1. Expression des symptômes d'*A. brassicicola* sur les feuilles de brocoli et de chou-fleur inoculées en boîte de Pétri (photos : Phytodata inc.).

Brocoli		Témoin négatif	3 jours après inoculation	7 jours après inoculation
Plus faible sévérité	Super Diamante			
	Emerald crown			

Chou-Fleur

		Témoin négatif	3 jours après inoculation	7 jours après inoculation
Plus faible sévérité	Paxton K2			
	Marmorex			