

**Adapter et optimiser des stratégies de lutte contre la tache angulaire  
(*Xanthomonas fragariae*) du fraisier**

NUMÉRO DU PROJET :  
7025693

DURÉE DU PROJET : 2 ANS  
(AVRIL 2022 À MARS 2024)

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :

François Demers, agr., Club Les Productions Écolo-Max  
Maxime Delisle-Houde, Ph. D., agr., Club Les Productions Écolo-Max/Université Laval  
Valérie Tremblay, agr., Club Les Productions Écolo-Max/Université Laval  
Gabrielle Labrie, Étudiante en agronomie, Club Les Productions Écolo-Max  
Russell Tweddell, Professeur titulaire, Université Laval

Collaborateurs/Collaboratrices :

Israël Faucher, Producteur de fraise, Fraisière Faucher Inc.  
Stéphanie Tellier, agr., M. Sc., MAPAQ  
Nicholas Lefebvre, Professeur adjoint, Université Laval  
Valérie Fournier, Professeure titulaire, Université Laval  
Virginie Bernier, Coordinatrice d'activités, Université Laval

16 janvier 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.

**Adapter et optimiser des stratégies de lutte contre la tache angulaire  
(*Xanthomonas fragariae*) du fraisier**

**NUMÉRO DU PROJET : 7025693**

**RÉSUMÉ DU PROJET**

Différentes stratégies de lutte contre la tache angulaire du fraisier (*Fragaria × ananassa* Duch.) causée par la bactérie phytopathogène *Xanthomonas fragariae* ont été évaluées au cours des saisons estivales 2022 et 2023. Dans le cadre de cette étude, les stratégies évaluées ont été les suivantes : (1) le retrait des vieilles feuilles les plus affectées à la base des plants (effeuillage) à la mi-août, (2) l'application de Tivano, un produit phytosanitaire homologué au Canada chez le fraisier contre ce pathogène et (3) un traitement à la vapeur chaude de plants à racines nues frigo à l'aide d'une caisse-palette en plastique hermétique développée à l'Université Laval. Une combinaison du traitement à la vapeur chaude et de l'application de Tivano a également été évalué en 2023. En 2022, le traitement à la vapeur chaude fut réalisé en deux étapes [(1) 2 jours à 35 °C; (2) plants humidifiés et conservés à 4 °C durant 12 h avant la plantation sur paillis de plastique noir]. En raison de la forte phytotoxicité observée en 2022, les conditions du traitement à la vapeur chaude furent modifiées en 2023. En 2023, le traitement à la vapeur chaude fut réalisé en quatre étapes [(1) 1 h à 37 °C; (2) plants humidifiés et conservés 1 h à 4 °C; (3) 1 h à 42 °C; (4) plants humidifiés et conservés at 4 °C durant 12 h avant la plantation sur paillis de plastique noir]. L'essai au champ s'est déroulé chez Fraisière Faucher Inc. avec la variété 'AAC Lila' en 2022 et la variété 'Sonata' en 2023. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont permis l'avancement des connaissances en ce qui a trait aux conditions nécessaires afin de traiter des fraisiers à la vapeur chaude. À la lumière des résultats obtenus, le traitement à la vapeur chaude s'avère une alternative potentielle qui mérite d'être étudiée davantage. En 2022, le traitement à la vapeur chaude à permis de réduire significativement la sévérité de la maladie en comparaison avec le traitement témoin, mais les conditions utilisées pour le traitement ont mené à un taux de mortalité des plants (phytotoxicité) très élevé. En 2023, la pression de la maladie s'est avérée plus faible et aucun traitement n'a permis une réduction significative de la sévérité de la tache angulaire en comparaison avec le témoin.

## OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

### Objectifs

- 1- Identifier une méthode de lutte efficace contre la tache angulaire du fraisier
- 2- Permettre l'avancement des connaissances sur le traitement à la vapeur chaude des fraisiers
- 3- Permettre l'avancement des connaissances en ce qui a trait aux conditions météorologiques favorisant l'apparition des symptômes de la tache angulaire du fraisier

### Méthodologie

#### *Site expérimental*

Le projet s'est déroulé chez un producteur de fraise situé dans la région de la Capitale-Nationale (Pont-Rouge, QC, Canada) dans la variété 'AAC Lila' en 2022 et la variété 'Sonata' en 2023. Les fraisiers ont été cultivés sur paillis de plastique noir selon la régie (conventionnelle) du producteur.

#### *Suivi des conditions météorologiques*

Les conditions météorologiques (température et pluviométrie) ont été suivies à l'aide d'une station météorologique Davis disposée à proximité du champ où l'essai s'est déroulé. Les données ont été compilées et visualisées sur le site Web de la compagnie WeatherLink (<https://www.weatherlink.com/>).

#### *Traitement à la vapeur chaude*

Des plants à racines nues frigo ont été traités à la vapeur chaude à l'aide d'une caisse-palette en plastique hermétique (610 L) développée à l'Université Laval par les équipes de Dre Valérie Fournier et de Dr Nicholas Lefebvre afin de lutter contre le tarsonème (*Phytonemus pallidus*) du fraisier (Bernier et al., 2023; Figure S1). La caisse-palette en plastique hermétique construite à partir d'un module Janny MT CA (Janny MT, Péronne, France) était isolée avec des panneaux en styromousse (5 cm) et équipée d'une source d'alimentation standard (12 V), d'une chaufferette d'appoint à céramique (1500 W), de deux ventilateurs axiaux (Mechatronics Fan Group, Model MS1238E-H) et d'un système de nébulisation fait maison. La température et l'humidité relative (~95%) ont été ajustés avec un psychromètre maison constitué de deux capteurs de thermistance (10 k $\Omega$ ; Vishay, NTCLP100E3103H) et d'un contrôleur Omega (model: HE-XE102; Omega Engineering, Inc., Norwalk, CT, USA). En 2022, le traitement à la vapeur chaude fut réalisé en deux étapes [(1) 2 jours à 35 °C; (2) plants humidifiés et conservés à 4 °C durant 12 h avant la plantation sur paillis de plastique noir]. En raison de la forte phytotoxicité observée en 2022 (Figure S3), les conditions du traitement à la vapeur chaude furent modifiées en 2023. En 2023, le traitement à la vapeur chaude fut réalisé en quatre étapes [(1) 1 h à 37 °C; (2) plants humidifiés et conservés 1 h à 4 °C; (3) 1 h à 42 °C; (4) plants humidifiés et conservés at 4 °C durant 12 h avant la plantation sur paillis de plastique noir].

**Référence :** Bernier, V., Lefebvre, N., Khelifi, M., Renkema, J., Fournier, V. 2023. Control of *Phytonemus pallidus* (Acari: Tarsonemidae) from strawberry transplants using controlled atmosphere temperature treatment. *Journal of Economic Entomology* 116: 1560-1566.

### *Essais au champ*

Les essais au champ (2022 et 2023) se sont déroulés chez Fraisière Faucher Inc. (MRC de Portneuf, Québec, QC, Canada). Le dispositif expérimental fut un plan aléatoire complet avec trois répétitions. Les parcelles expérimentales étaient d'une dimension de 3 m × 1,5 m et consistaient en un rang de fraisiers cultivés sur paillis de plastique. Les plants ont été implantés le 7 juin en 2022 et le 8 juin en 2023. Trois stratégies visant à limiter le développement de la tache angulaire sont évaluées : (1) retrait des vieilles feuilles les plus affectées à la base des plants (effeuillage) à la mi-août, (2) pulvérisation de Tivano [17 mL/L appliqué jusqu'à ruissellement tôt le matin lorsque les conditions climatiques étaient propices (vents faibles, peu de rosée, aucune précipitation à venir) à l'aide d'un pulvérisateur portatif] et (3) traitement à la vapeur chaude de plants à racines nues frigo avant la plantation. En 2023, la combinaison entre le traitement à la vapeur chaude et l'application de Tivano a également été évaluée. Le calendrier précisant les dates d'application des différents traitements est présenté au tableau 1. La sévérité de la maladie a été évaluée entre le 29 juillet et le 10 septembre en 2022 et entre le 21 août et le 29 septembre en 2023 selon l'échelle de sévérité présentée dans la publication scientifique de Kim et al. (2016) où : 0 = aucun symptôme, 1 = taches suintantes sur une feuille, 2 = petites chloroses ou nécroses sur une feuille, 3 = taches suintantes sur trois à cinq feuilles, 4 = chloroses ou nécroses sur trois à cinq feuilles ou symptômes d'infections secondaires évidents et 5 = nécroses et coloration chlorotique jaunâtre à brun rougeâtre.

**Référence :** Kim, D.-R., Gang, G.-h., Jeon, C.W., Kang, N.J., Lee, S.-w., Kwak, Y.-S. 2016. Epidemiology and control of strawberry bacterial angular leaf spot disease caused by *Xanthomonas fragariae*. The plant pathology journal 32: 290-299.

**Tableau 1.** Période(s) d'application(s) des traitements réalisés au champ chez Fraisière Faucher Inc. en 2022 et 2023

Traitement	Application							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>2022</b>								
Effeuilage <sup>a</sup>	17 août							
Tivano (17 mL/L)	20 juillet	26 juillet	03 août	10 août	17 août	24 août	31 août	7 septembre
Traitement à la vapeur	12 juin							
<b>2023</b>								
Effeuilage <sup>a</sup>	16 août							
Tivano (17 mL/L)	18 juillet	25 juillet	1 août	8 août	15 août	22 août	29 août	9 septembre
Traitement à la vapeur	07 juin							

<sup>a</sup> L'effeuillage, réalisé plus tard en saison, avait comme objectif de diminuer la pression de la maladie avant la hausse importante des infections secondaires.

### *Analyses de variance*

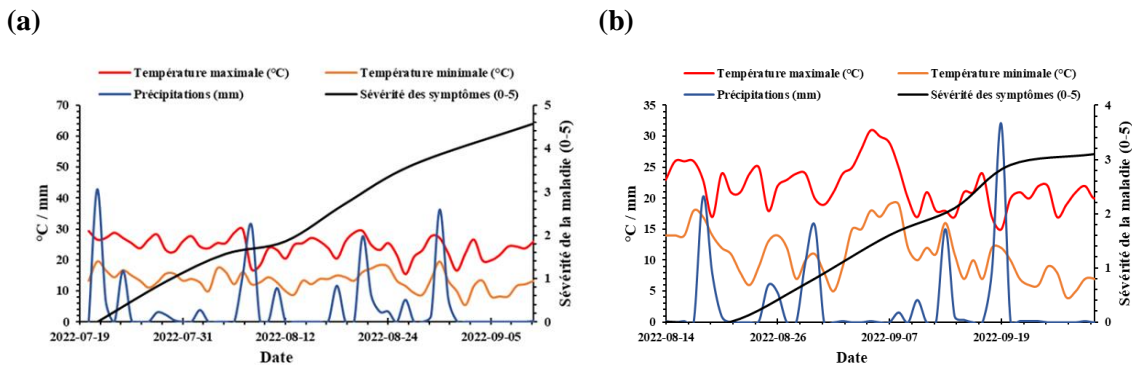
Les analyses de variance (ANOVAs) et de Kruskal-Wallis (une analyse non paramétrique) ont été réalisées sur les données de la sévérité de la maladie à l'aide du logiciel R (R-4.1.1, R Core Team, 2021, Vienna, Austria). Les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## **RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS**

### *Relation entre la sévérité de la maladie et les conditions climatiques*

En 2022, les températures ont oscillé entre  $\sim 5$  °C et  $\sim 30$  °C et quatre épisodes de précipitations très importants (21 juillet, 8 août, 21 août, 30 août) ont été observés (Figure 1a). Il est difficile d'établir des relations très évidentes entre la hausse de la sévérité de la maladie et les conditions climatiques puisque l'évolution de la maladie a été relativement constant, mais il est possible de mentionner que les hausses les plus importantes de la sévérité de la maladie sont survenues à la suite de précipitations élevées et/ou de nuits plus froides (Figure 1a).

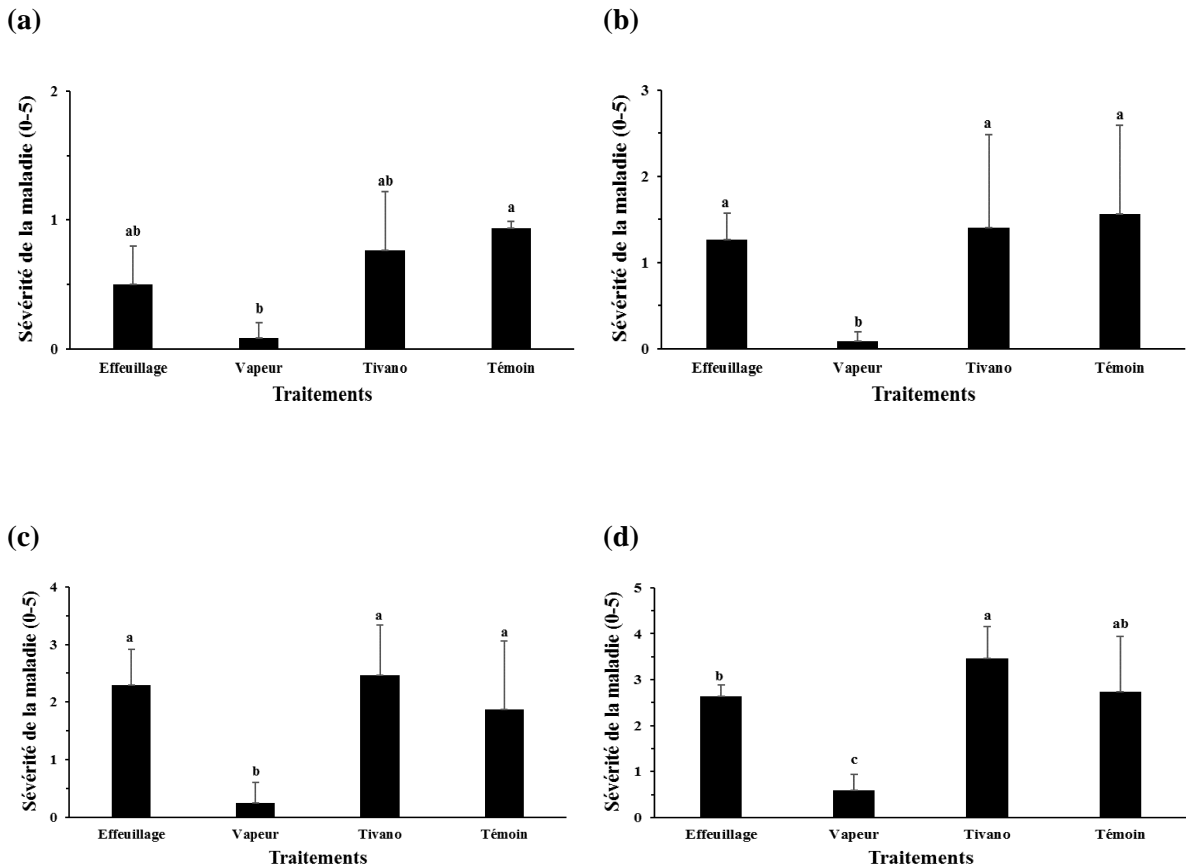
En 2023, les températures minimales et maximales observées sont très similaires à celles de 2022 et quatre périodes de précipitations très importantes (18 août, 30 août, 13 septembre, 19 septembre) ont également été observées (Figure 1b). En ce qui a trait aux hausses considérables de la sévérité de la maladie observées à la fin du mois d'août et au début du mois de septembre, il est possible de tirer des conclusions similaires à celles émises en 2022. En effet, ces hausses ont été observées à la suite de températures plus faibles observées la nuit et de précipitations élevées (Figure 1b). Dans ce contexte, il est possible de supposer que la durée de la période de mouillure au niveau du feuillage est un aspect critique favorisant le développement de la maladie.

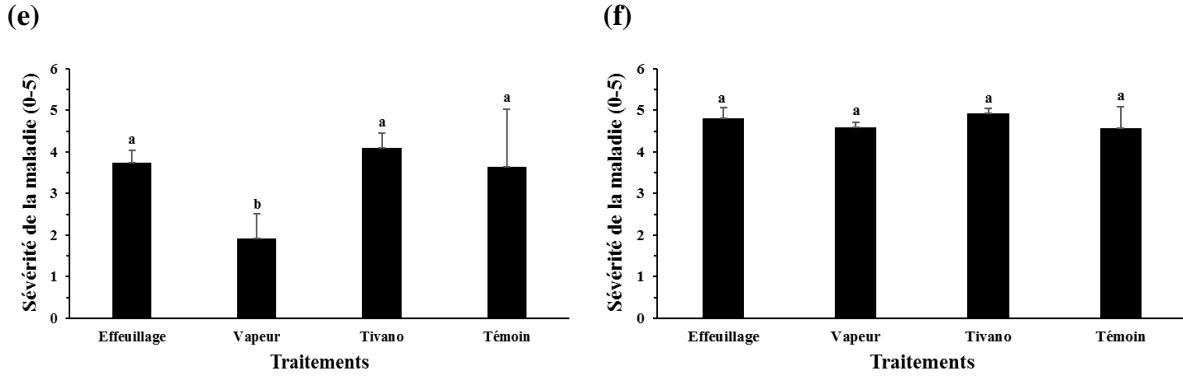


**Figure 1.** Relation entre l'évolution de la sévérité de la tache angulaire chez le fraisier et les conditions climatiques enregistrées en (a) 2022 (cultivar 'ACC Lila') et (b) 2023 (cultivar 'Sonata') à proximité du champ (Pont-Rouge, QC, Canada).

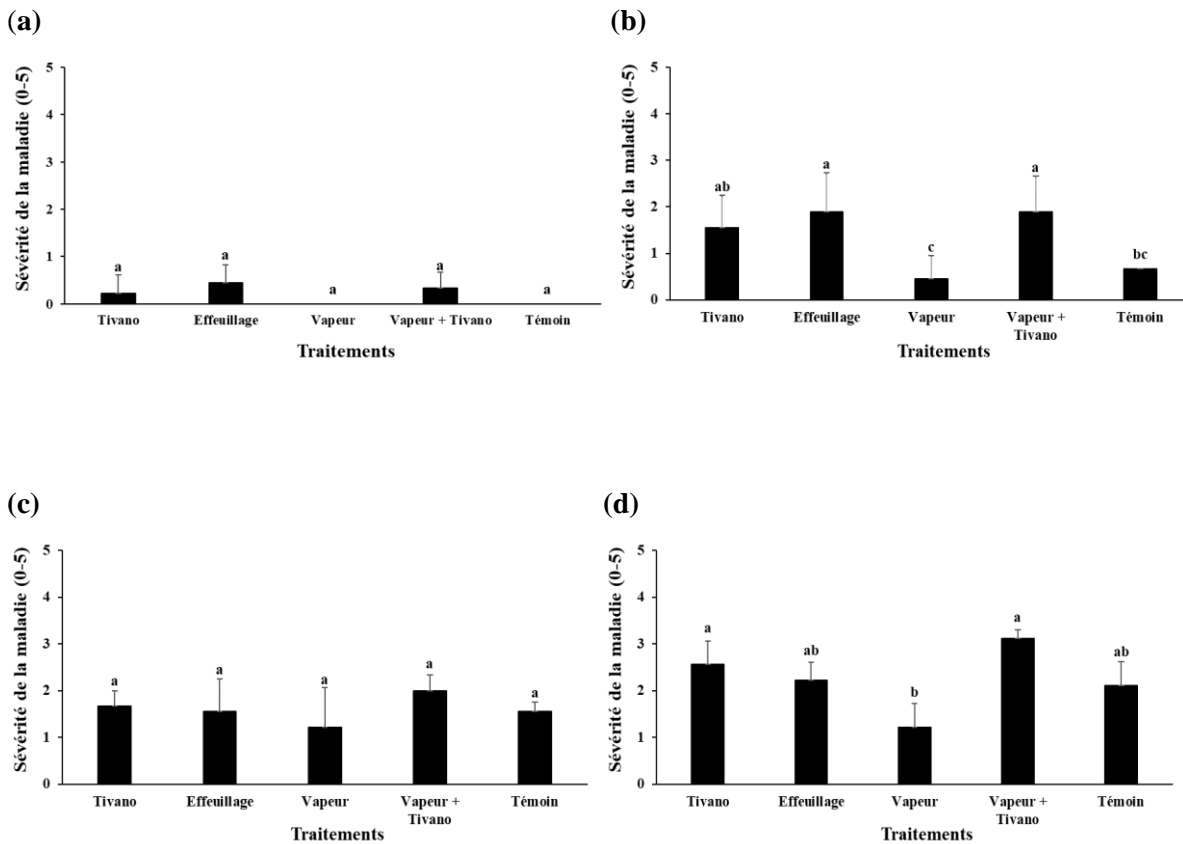
### *Effet des différentes stratégies de lutte à l'étude sur le développement de la maladie*

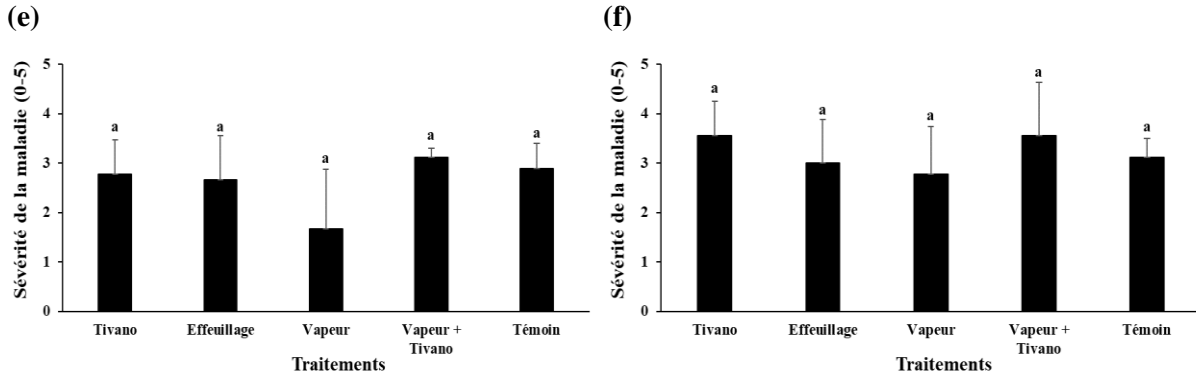
En 2022, mis à part la réduction significative de la sévérité de la maladie observée immédiatement après l'effeuillage le 19 août (Figure 2d), seul le traitement à la vapeur chaude a permis de réduire significativement la sévérité de la maladie en comparaison avec le traitement témoin (Figure 2a-e). L'effet du traitement a perduré jusqu'à la fin du mois d'août, mais s'est estompé au début du mois de septembre (Figure 2f). En raison de la phytotoxicité observée en 2022, les paramètres utilisés pour le traitement à la vapeur chaude ont été modifiés (voir la section précédente) en 2023. Sous ces conditions, malgré une certaine tendance à la baisse, le traitement à la vapeur chaude n'a pas permis de réduire significativement la sévérité de la maladie en comparaison au traitement témoin (Figure 3a-e). Les deux autres traitements (effeuillage et Tivano) n'ont également pas eu d'effet significatif sur la sévérité de la tache angulaire (Figure 3a-e). Il est important de noter que la pression de la maladie s'est avérée plus faible en 2023. En effet, les premiers symptômes ont été observés plus tardivement en 2023 (21 août; Figure 3a) qu'en 2022 (29 juillet; Figure 2a) et, par conséquent, il est fort probable que le traitement à la vapeur chaude n'ait pas eu d'impact en 2023 puisque l'infection était de nature secondaire. Les symptômes de la maladie sont présentés à la Figure S2.





**Figure 2.** Effet des stratégies [effeuillage, Tivano (17 mL/L), traitement à la vapeur chaude] à l'étude sur la sévérité de la tache angulaire chez le fraisier (cultivar 'ACC Lila') en 2022. Le témoin n'a reçu aucun traitement. Les symptômes de la maladie ont été notés le (a) 29 juillet 2022, (b) 5 août 2022, (c) 12 août 2022, (d) 19 août 2022, (e) 27 août 2022 et (f) 10 septembre 2022. Chaque valeur représente la moyenne de trois répétitions  $\pm$  l'écart-type. Les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de Tukey. Les moyennes avec une lettre similaire ne sont pas significativement différentes ( $p \leq 0,05$ ).





**Figure 3.** Effet des stratégies [effeuillage, Tivano (17 mL/L), traitement à la vapeur chaude, Tivano (17 mL/L) + traitement à la vapeur chaude] à l'étude sur la sévérité de la tache angulaire chez le fraisier (cultivar 'Sonata') en 2023. Le témoin n'a reçu aucun traitement. Les symptômes de la maladie ont été notés le (a) 21 août 2023, (b) 21 août 2023, (c) 7 septembre 2023, (d) 14 septembre 2023, (e) 20 septembre 2023 et (f) 29 septembre 2023. Chaque valeur représente la moyenne de trois répétitions  $\pm$  l'écart-type. Les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de Tukey. Les moyennes avec une lettre similaire ne sont pas significativement différentes ( $p \leq 0,05$ ).

### APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet de recherche ont mis évidence l'efficacité potentielle du traitement à la vapeur chaude pour limiter le développement de la tache angulaire chez le fraisier. Il a également été démontré que ce type de traitement peut entraîner des conséquences importantes sur la croissance des végétaux si les conditions d'utilisation ne sont pas optimales. À la lumière des résultats obtenus, des travaux supplémentaires seraient toutefois nécessaires afin d'optimiser les paramètres optimaux pour le traitement des fraisiers à la vapeur chaude. Il serait intéressant de poursuivre les travaux une ou deux années supplémentaires afin de valider certains questionnements relatifs aux paramètres d'utilisation. Le traitement à la vapeur chaude est davantage destiné aux pépiniéristes, mais il pourrait tout de même être appliquée par des producteurs de fraise partageant les coûts de l'achat ou de la location d'un dispositif permettant d'effectuer le traitement.



## **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

François Demers, agr., Club Les Productions Écolo-Max  
ecolo-max@hotmail.com  
418-563-0385

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Les auteurs remercient le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec pour le support financier et les nombreux collaborateurs pour leur précieuse aide à la réalisation du projet. Un merci spécial à Fraisière Faucher Inc. pour avoir fourni le terrain nécessaire à la réalisation des essais ainsi que les fraisiers.

## ANNEXE



**Figure S1.** Caisse-palette en plastique hermétique (610 L) développée à l'Université Laval afin de lutter contre le tarsonème (*Phytonemus pallidus*) du fraisier.





**Figure S2.** Symptômes de la tache angulaire observés au champ.



**Figure S3.** Phytotoxicité observée en 2022.