

**ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE BIOFONGICIDES POUR LUTTER CONTRE DIFFÉRENTES
MALADIES FONGIQUES DANS LA VIGNE.**

CRAM-1-17-1853

DURÉE DU PROJET : MAI 2018 / FÉVRIER 2021

RAPPORT FINAL

Odile Carisse, Ph.D,
Annie Lefebvre,
Caroline Provost, Ph.D.



1^{er} février 2021

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.

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE BIOFONGICIDES POUR LUTTER CONTRE DIFFÉRENTES MALADIES FONGIQUES DANS LA VIGNE.

CRAM-1-17-1853

RÉSUMÉ DU PROJET

Les producteurs canadiens sont constamment sous pression pour réduire leur utilisation de pesticides. Cependant, pour assurer la compétitivité de l'industrie, il est essentiel de sécuriser les rendements en améliorant la gestion des maladies. Les viticulteurs sont menacés par plusieurs maladies foliaires et des baies, dont la pourriture de la grappe (*Botrytis cinerea*), le mildiou (*Plasmopara viticola*), le blanc (*Erysiphe necator*), l'antracnose (*Elsinoe ampelina*) et la pourriture noire (*Guignardia bidwellii*). Par conséquent, prévenir et retarder le développement de ces maladies avec un minimum d'utilisation de fongicides est un défi quotidien pour les viticulteurs et les conseillers viticoles. La lutte contre ces maladies repose sur l'utilisation de plusieurs méthodes de lutte, dont l'utilisation de fongicides de synthèse. Or, la résistance à ces produits est élevée ce qui se traduit par une perte d'efficacité. De plus, à court terme, certains fongicides moins sujets à la résistance perdront leur homologation. Dans ce contexte, il devient important d'encourager l'utilisation de biofongicides. Toutefois, il faut d'abord évaluer leur efficacité et déterminer la meilleure stratégie d'utilisation afin de fournir aux vigneronnes une information précise qui leur permettra d'intégrer ces produits dans leur régime de lutte aux maladies. L'objectif principal de ce projet était d'évaluer l'efficacité de biofongicides homologués pour lutter contre les principales maladies de la vigne et de proposer des stratégies d'application dans un cadre de lutte intégrée. Dans le cadre de ce projet, quelques fongicides biologiques ont permis un bon contrôle des maladies. On pouvait observer des baisses significatives des maladies comparativement à un traitement avec de l'eau, mais les seuils de maladie restaient très élevés, démontrant que les produits n'effectuaient pas un contrôle très efficace des maladies. Ces résultats appuient l'importance de développer une approche intégrée basée sur les meilleures pratiques culturales, le dépistage, et l'estimation des risques. Des stratégies de lutte ont été établies pour les trois principales maladies retrouvées en vignoble, soit la pourriture de la grappe (moisissure grise), le blanc et le mildiou.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal de ce projet était d'évaluer l'efficacité de biofongicides homologués pour lutter contre les principales maladies de la vigne et de proposer des stratégies d'application dans un cadre de lutte intégrée. Les objectifs secondaires étaient:

1. Déterminer l'efficacité des biofongicides homologués contre les principales maladies de la vigne
2. Caractériser l'effet des biofongicides sur les principales maladies
3. Proposer des stratégies de lutte contre les maladies de la vigne sous régie conventionnelle, intégrée et biologique.

Ces objectifs ont été atteints en effectuant des essais en serre, en conditions de vignoble avec des plants en pots et sur des vignes en conditions de vignoble, et en effectuant des revues de littérature.

Objectif 1 et 2. Déterminer l'efficacité des biofongicides homologués contre les principales maladies de la vigne et caractériser l'effet des biofongicides sur les principales maladies.

Une liste des différents produits biologiques homologués pour lutter contre les principales maladies de la vigne a été extraite du site SAgE pesticides. Les critères de sélection des produits testés sont les suivants:

- 1) la principale maladie qui a dirigé la sélection des biofongicides est le *Botrytis* car il y a une résistance importante aux fongicides de synthèse pour cette maladie. En effet, on peut observer un taux de résistance du *Botrytis* à certains produits allant jusqu'à 80% dans les vignobles québécois (Carisse et Van der Heyden 2013).
- 2) la seconde maladie qui a dirigé la sélection est le blanc. Le contrôle du blanc nécessite plusieurs traitements durant la saison et il est important de proposer des alternatives aux produits de synthèse.
- 3) la sélection des produits a été faite suite à une consultation avec des agronomes avant le dépôt de ce projet. Ainsi, des agronomes spécialistes de la vigne ont été interrogés afin de connaître leurs besoins en recherche et pour identifier les produits à évaluer. Une considération pour la disponibilité des produits ainsi que les coûts a été retenue.

Donc, en tenant compte des critères énumérés ci-haut, les biofongicides retenus dans le cadre de ce projet sont présentés dans le Tableau 1. L'efficacité des biofongicides sélectionnés a été déterminée suite à une série de six essais conduits en serre ou en vignoble. Les produits ont été appliqués avec un pulvérisateur à main pour les essais en serres puis un pulvérisateur à dos pour les essais au champ. Un sommaire de ces essais est présenté dans le Tableau 2.

Tableau 1. Liste des biofongicides préalablement sélectionnés

Traitement	Pathogènes ciblés	Dose
Témoin eau		
Cuivre 53W (m.a. cuivre)	mildiou et pourriture noire (le cuivre affecte aussi le blanc)	3,0 kg/1 000 L d'eau
Soufre	blanc	4,5kg/1000L
Double nickel 55 (m.a. <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (souche D747)	blanc et pourriture de la grappe	0,6 à 5,0 kg/ha
Serenade Max (m.a. <i>Bacillus subtilis</i>)	blanc et pourriture de la grappe	3,0 à 6,0 kg/ha
Actinovate (m.a. <i>Streptomyces lydicus</i>)	blanc	425 à 840g/ha
Regalia Maxx (m.a. <i>Reynoutria sachalinensis</i>)	blanc et pourriture de la grappe	0,6 à 3,8 L/ha
Botector (m.a. <i>Aureobasidium pullulans</i> (souche DMS 14940 et DMS 14941))	pourriture de la grappe	1,0 kg/ha
Oxidate (m.a. peroxyde d'oxygène)	Mildiou et pourriture noire	2,5L/600L

Tableau 2. Sommaire des essais effectués de 2018 à 2020

Essai	Maladie ciblée	Produits testés	Type d'essais	Année	Résultats
Essai 1	Mildiou	Serenade, cuivre, Revus	Serre	2018	Figure 1
Essai 2	Blanc et Pourriture de la grappe	Soufre, Regalia, Botector, Double Nickel, Actinovate	Vignoble	2018	Figure 2 Figure 3
Essai 3	Mildiou et Pourriture noire	Revus (mildiou), Pristine (P noire), Cuivre, Serenade, Oxidate, Parasol	Serre	2019	Figure 4 Figure 5
Essai 4	Blanc et Pourriture de la grappe	Actinovate, Double Nickel, Botector, Regalia, Serenade, Soufre/cuivre,	Vignoble	2019	Figure 6 Figure 7
Essai 5	Mildiou et Pourriture noire	Revus (mildiou), Pristine (P. noire), Cuivre, Serenade, Oxidate, Parasol	Vignoble (plants en pots)	2020	Figure 8 Figure 9
Essai 6	Blanc et Pourriture de la grappe	Soufre, Regalia, Botector, Double Nickel, Actinovate	Vignoble	2020	Figure 10 Figure 11

Essais 1 en serre (2018). Efficacité du cuivre et de Serenade contre le mildiou (*Plasmopara viticola*). Des plants de vigne (cépage Vidal) ont été produits en serre à partir de boutures de 2 ans enracinées. Les plants ont été cultivés dans une serre maintenue à 20°C pendant la journée et à 18°C pendant la nuit (photopériode de 16 h). Les plants ont été taillés afin de garder 2 tiges par plant et maintenus en serre jusqu'à ce que chaque tige ait au moins 5 feuilles complètement déployées. Le jour précédant le traitement, les 5 plus jeunes feuilles déployées de chaque tige ont été étiquetées. Puisque *Plasmopara viticola* est un parasite obligatoire, les suspensions de sporanges ont été produites à partir de plants inoculés en serre avec des sporanges provenant de feuilles infectées naturellement. Un mélange (50/50) de *Plasmopara viticola* f.sp *riparia*, et de *P. v.* f.sp *aestivalis* a été utilisé. Les suspensions de sporanges ont été ajustées à 2×10^4 sporanges/ml. Les produits phytosanitaires ont été appliqués 24 heures avant l'inoculation avec *Plasmopara viticola*. Les produits évalués sont le Revus (500 ml/ha) (m.a. Mandipropamide, produit conventionnel) (500 ml/ha), Cuivre (3 kg/1000L) et Serenade (3 kg/ha). Les surfaces adaxiales et abaxiales de chaque feuille étiquetée ont été inoculées et traitées avec la bouillie de produits fongicides sous la forme d'une couche uniforme de fines gouttelettes. Immédiatement après l'inoculation, les plants ont été recouverts d'un sac de plastique puis placés dans une chambre de croissance (24°C, 60% HR, 16 :8) pour une période de 24 heures. Les plants ont ensuite été placés dans une serre (feuillage sec) jusqu'à l'évaluation de la sévérité des symptômes. Après 14 jours d'incubation, le pourcentage de la surface foliaire infectée par *P. viticola* a été mesuré avec le logiciel ASSES. Le dispositif expérimental utilisé était en blocs complets avec 3 répétitions (5 plants par répétitions x 3 blocs = 15 plants).

Essais 2 en vignoble (2018). Efficacité du soufre, Regalia, Botector, D-Nickel, et Actinovate contre le blanc et la pourriture de la grappe. L'essai a été fait dans une parcelle de vigne (cépage Chancellor) subdivisée en 16 sous-parcelles. Chaque sous-parcelle comprenait 32 plants de vigne. La sévérité du blanc a été évaluée une fois semaine sur 8 plants, 2 sarments par plant et pour les deux maladies à la récolte sur toutes les grappes des plants sélectionnés. La sévérité des maladies a été estimée visuellement à l'aide de diagrammes. Le dispositif expérimental était complètement randomisé avec cinq traitements: Soufre (4,5Kg/ha), Regalia Max (2,2L/ha), Botector 1,0 kg/ha, Actinovate (630g/ha), et Double Nickel 55 (2,0kg/ha), avec trois répétitions par produit. La dernière (16ème) parcelle a été utilisée pour estimer la pression de maladie et n'a pas été traitée contre le blanc ou la pourriture de la grappe. Les produits phytosanitaires ont été appliqués à intervalle de 7-14 jours selon les conditions météorologiques pour un total de 7 traitements.

Essais 3 en serre (2019). Efficacité du Cuivre, Serenade, Oxidate, Parasol contre le mildiou (*Plasmopara viticola*) et la pourriture noire (*Guignardia bidwellii*). Compte tenu d'une longue période sèche en 2019 durant la période propice au développement du mildiou et de la pourriture noire, ces maladies ne se sont pas développées suffisamment dans les vignobles expérimentaux pour permettre de faire un essai d'efficacité de biofongicides. En

d'autres termes, la pression de maladie était si faible que des essais en serre nous ont semblé essentiels.

Des plants de vigne à racines nues (Vidal/Seyval) ont été cultivés et le même dispositif que décrit pour les essais 1 a été appliqué. Un mélange (50/50) de *Plasmopara viticola* f.sp *riparia*, et de *P. v. f.sp aestivalis* a été utilisé (préparé comme pour l'essai 1). Les suspensions de sporanges ont été ajustées à 2×10^4 sporanges/ml. Les suspensions de conidies de *Guignardia bidwellii* ont été préparées à partir de feuilles de vigne présentant des symptômes provenant de vignobles de la Montérégie. Les feuilles infectées ont été incubées en chambre humide (100%) pendant 24-48 h à une température de 20-23°C. Les conidies ont été recueillies en plaçant les pycnides matures (produites sur le pourtour des lésions) dans des tubes de 1 ml contenant de l'eau distillée, puis en agitant quelques minutes. Les suspensions de conidies de *Guignardia bidwellii* ont été ajustées à 1×10^5 conidies/ml.

Les produits phytosanitaires ont été appliqués 24 heures avant l'inoculation des feuilles avec *P. viticola* ou *Guignardia bidwellii*. Les produits évalués contre le mildiou étaient : Revus (500 ml/600L), Cuivre 53W (3 kg/600L), Serenade (3 kg/600L), Oxidate 2,0 (peroxyde d'hydrogène) (2,5L/600L), et Parasol WG (hydroxyde de cuivre) (4,5kg/600L). Les produits évalués contre la pourriture noire étaient : Pristine (Boscalide/Pyraclostrobin), 0.732kg/600L, Cuivre 53W (3 kg/600L), Oxidate 2,0 (2,5L/600L), et Parasol WG (4,5kg/600L). Le témoin a été pulvérisé avec de l'eau seulement. Les surfaces adaxiales et abaxiales de chaque feuille étiquetée ont été inoculées et traitées avec la bouillie de produits fongicides sous la forme d'une couche uniforme de fines gouttelettes. Les plants inoculés ont été recouverts de sacs en plastique transparent dont la surface intérieure a été aspergée d'eau pour créer de la mouillure sur les feuilles et placée immédiatement dans une serre maintenue à 20°C pendant la journée et à 18°C pendant la nuit (photopériode de 16 heures). Après une période de 18 h, les sacs en plastique ont été retirés. La sévérité du mildiou et de la pourriture noire (pourcentage de la surface foliaire infectée), a été évaluée 14 et 21 après l'inoculation, respectivement, avec le logiciel ASSES. Les essais ont été effectués séparément pour le mildiou et la pourriture noire et le dispositif expérimental utilisé était en blocs complets avec 3 répétitions. Donc, pour le mildiou, 6 traitements (4 biofongicides + 1 fongicide de synthèse + 1 témoin) x 3 plants x 3 essais ont été effectués. Pour la pourriture noire, 5 traitements (3 biofongicides + 1 fongicide de synthèse + 1 témoin) x 3 plants x 3 essais ont été réalisés.

Essais 4 en vignoble (2019). Efficacité du soufre, Serenade, Regalia, Botector, D-Nickel, et Actinovate contre le blanc et la pourriture de la grappe. L'essai a été fait dans trois parcelles de vigne plantées avec les cépages Chancellor, Geisemheim, et Seyval. Chaque parcelle de vigne était divisée en 12, 12, et 9 sections composées de 5 rangs de 12 plants de vigne, pour les parcelles de Chancellor, Geisemheim et Seyval, respectivement. Dans chaque section, la sévérité du blanc (% de la surface foliaire infectée) a été évaluée une fois semaine sur toutes les feuilles de 8 plants, 2 sarments par plant. À la récolte, toutes les grappes des plants sélectionnés ont été évaluées pour la sévérité du blanc et de la pourriture grise en

termes de % de la surface de la grappe infectée. La sévérité des maladies a été estimée visuellement à l'aide de diagrammes. Le dispositif expérimental était complètement randomisé avec quatre traitements dans la parcelle de Chancellor: Actinovate, D-Nickel 55, Soufre (Témoin positif-blanc), et Botector. Dans la parcelle de Geisemheim : Regalia Maxx, Serenade, Soufre (Témoin positif-blanc), et Botector. Dans la parcelle de Seyval : Botector, et Double Nickel 55. Les produits phytosanitaires ont été appliqués à intervalle de 7-14 jours selon les conditions météorologiques pour un total de 7 traitements. Les fongicides ont été appliqués à la dose recommandée (Tableau 1).

Essais 5 plants en pots en vignoble (2020). Efficacité du Cuivre, Serenade, Oxidate, Parasol contre le mildiou (*Plasmopara viticola*) et la pourriture noire (*Guignardia bidwellii*). Compte tenu d'une longue période sèche en début de saison 2020, le mildiou et de la pourriture noire ne se sont pas développés suffisamment dans les vignobles expérimentaux pour permettre de faire un essai d'efficacité de biofongicides. De plus, l'accès aux installations d'AAC étant restreint à cause de la Covid-19, il était pratiquement impossible d'effectuer les essais en serre comme en 2019. Nous avons donc effectué les essais avec des plants de vigne en pots exposés aux conditions de vignoble après l'inoculation. L'essai a été réalisé selon le protocole utilisé en 2019 à l'exception des éléments suivants : les plants ont été cultivés dans un grand tunnel situé sur la ferme; les plants inoculés, après une période de mouillure de 24h, ont été placés à l'extérieur dans le vignoble.

Essais 6 en vignoble (2020). Efficacité du soufre, Regalia, Botector, D-Nickel, et Actinovate contre le blanc et la pourriture de la grappe. L'essai a été fait dans une parcelle de vigne (cépage Chancellor) subdivisée en 16 sous-parcelles. Chaque sous-parcelle comprenait 32 plants de vigne. La sévérité du blanc et de la pourriture grise a été évaluée une fois semaine sur 8 plants, 2 sarments par plant et à la récolte sur toutes les grappes des plants sélectionnés. La sévérité des maladies a été estimée visuellement à l'aide de diagrammes. Le dispositif expérimental était complètement randomisé avec 5 traitements (Soufre, Regalia Max, Botector, Actinovate, D-Nickel 55) et 3 répétitions par traitement. Les produits phytosanitaires ont été appliqués à intervalle de 7-14 jours selon les conditions météorologiques pour un total de 6 traitements.

Pour tous les essais, des analyses de variance ont été utilisées pour déterminer l'effet des traitements (produits phytosanitaires) sur la sévérité moyenne des maladies. Par la suite, des tests de comparaison de moyennes (Tukey, $\alpha=0.05$) ont été utilisés pour comparer l'efficacité des produits évalués en eux. Finalement, des analyses de contraste ont été utilisées pour comparer les moyennes de sévérité avec un témoin négatif (eau) ou positif (soufre) selon l'essai.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Essais 1 en serre (2018). Efficacité du cuivre et de Serenade contre le mildiou. Tous les produits ont permis de réduire significativement la sévérité du mildiou par rapport au témoin négatif (eau) (Figure 1). En moyenne, la sévérité du mildiou sur feuille était de 70.6%, 39.1%, 6.0% et 3.0% pour le traitement témoin (eau), Serenade, cuivre et Revus, respectivement. En d'autres termes, en conditions contrôlées, nous avons observé une réduction de la sévérité du mildiou (efficacité du produit) de 45%, 92% et 96% pour les traitements Serenade, cuivre et Revus, respectivement (Figure 1).

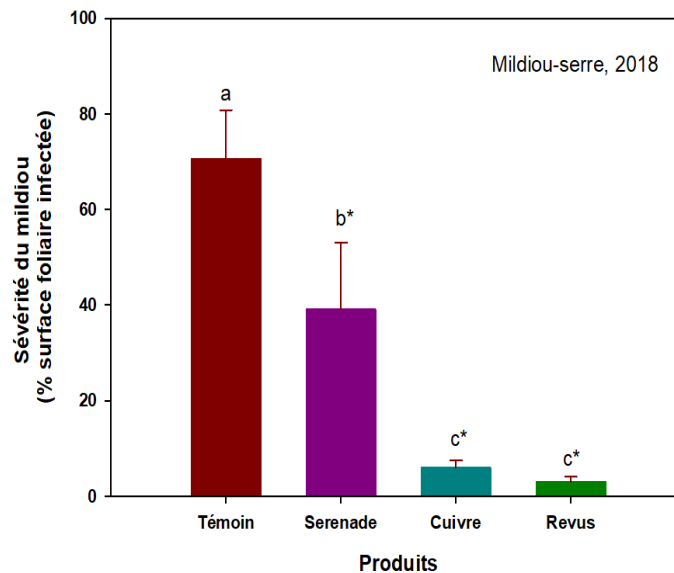


Figure 1. Sévérité du mildiou (*Plasmopara viticola*) sur le feuillage de vigne (cv Vidal) en serre. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey et celles avec une *sont significativement différentes du témoin négatif (eau) ($\alpha=0.05$).

Essais 2 en vignoble (2018). Efficacité du soufre, Regalia, Botector, D-Nickel, et Actinovate contre le blanc et la pourriture de la grappe. Globalement, la saison 2018 a été chaude et sèche, peu propice au développement du mildiou et de la pourriture noire. Toutefois, les conditions ont favorisé le développement du blanc sur le feuillage et les grappes et le développement en fin de saison de la pourriture grise sur grappes. Les premiers symptômes de blanc sur le feuillage ont apparu vers la mi-juillet dans toutes les parcelles sauf celles traitées avec le soufre. Le blanc sur feuillage a progressé de façon linéaire avec une sévérité moyenne sur le feuillage de 5.7%, 5.2%, 3.5% et 0.4% pour les traitements avec D-Nickel, Actinovate, Regalia Max et le soufre, respectivement (Figure 2). Cette progression du blanc sur feuillage s'est traduite par une sévérité sur grappe à la récolte de 30.8%, 23.5%, 22.6%, et 1.4%, pour les traitements avec D-Nickel, Actinovate, Regalia, et Soufre, respectivement (Figure 2). Dans les analyses, lorsque le

soufre a été considéré comme témoin positif, la sévérité moyenne du blanc sur le feuillage et sur les grappes à la récolte était significativement plus élevée pour tous les produits (Figure 2).

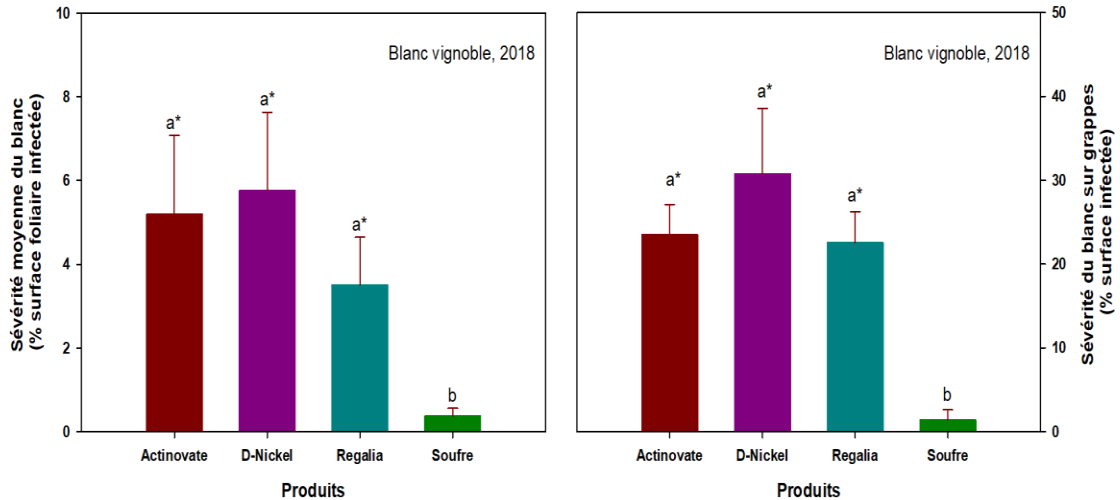


Figure 2. Sévérité du blanc (*E. necator*) sur le feuillage (gauche) et sur les grappes (droite) en vignoble 2018. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey et celles avec une * sont significativement différentes du traitement au soufre. (alpha=0.05).

Les résultats les plus encourageants ont été obtenus contre la pourriture de la grappe. En effet, la sévérité de la pourriture de la grappe à la récolte était seulement de 3.7% et 5.5 % dans les parcelles traitées avec Botector et Actinovate, respectivement, comparativement à 16.5% et 23.8% dans les parcelles traitées avec le D-Nickel et Regalia, respectivement (Figure 3).

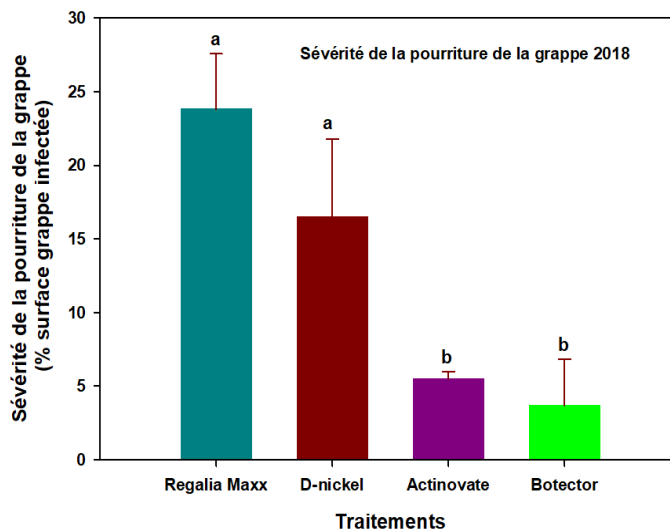


Figure 3. Sévérité de la pourriture de la grappe (*Botrytis cinerea*) en vignoble, suite à des traitements aux 7-14 jours avec Regalia, D-Nickel, Actinovate et Botector en vignoble 2018. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey (alpha=0.05).

Essais 3 en serre (2019). Efficacité du Cuivre, Serenade, Oxydate, Parasol contre le mildiou (*Plasmopara viticola*) et la pourriture noire (*Guignardia bidwellii*).

En moyenne, la sévérité du mildiou sur feuille était de 64.5%, 46.5%, 43.7%, 21.41%, 7.4%, et 4.4% pour le témoin eau, Oxydate, Serenade, Parasol, Cuivre 53W et Revus, respectivement (Figure 3). En d'autres termes, en conditions contrôlées, nous avons observé une réduction de la sévérité du mildiou (efficacité du produit) de 27.8%, 32.2%, 66.8%, 88.5%, et 93.2% pour les traitements Oxydate, Serenade, Parasol, Cuivre 53W et Revus, respectivement. Bien que tous les traitements fongicides aient permis de réduire significativement la sévérité du mildiou, les traitements fongicides les plus efficaces ont été Parasol, Cuivre et Revus (Figure 4).

En moyenne, la sévérité de la pourriture noire sur feuille était de 32.5%, 27.4%, 16.9%, 14.4%, et 2.5% pour le témoin eau, Oxydate, Parasol, Cuivre 53W et Pristine, respectivement (Figure 5). En d'autres termes, en conditions contrôlées, nous avons observé une réduction de la sévérité de la pourriture noire (efficacité du produit) de 15.5%, 47.9%, 55.7%, et 92.2% pour les traitements Oxydate, Parasol, Cuivre 53W et Pristine, respectivement (Figure 5). Les traitements fongicides les plus efficaces ont été le Cuivre 53W et Pristine (Figure 5).

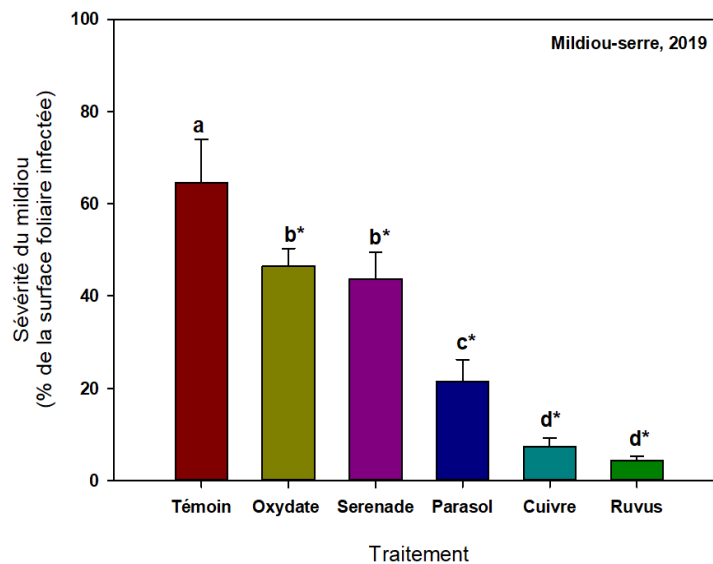


Figure 4. Sévérité du mildiou (*Plasmopara viticola*) sur le feuillage de vigne (cv Vidal) en serre. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey et celles avec une * sont significativement différentes du témoin négatif (eau) (alpha=0.05).

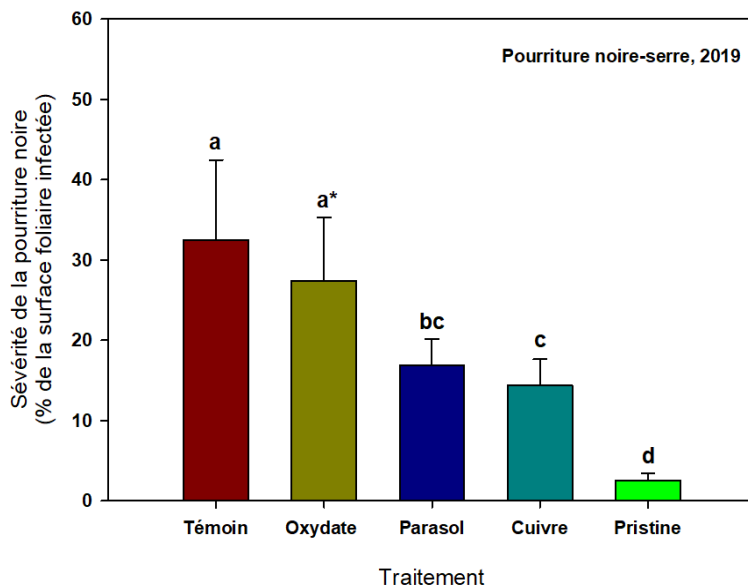


Figure 5. Sévérité de la pourriture noire (*Guignardia bidwellii*) sur le feuillage de vigne (cv Seyval blanc) en serre. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey ($\alpha=0.05$). Les valeurs avec une* ne sont pas significativement différentes du témoin négatif (eau) ($\alpha=0.05$).

Essais 4 en vignoble (2019). Efficacité du soufre, Serenade, Regalia, Botector, D-Nickel, et Actinovate contre le blanc et la pourriture de la grappe. La saison 2019 a été caractérisée par un printemps pluvieux suivi d'une longue période chaude et sèche. Toutefois, les conditions ont favorisé le développement du blanc sur le feuillage et les grappes. Les premiers symptômes de blanc sur le feuillage ont apparu début juillet dans toutes les parcelles sauf celles traitées avec le soufre. Par la suite, le blanc sur feuillage a progressé rapidement. La sévérité moyenne du blanc sur le feuillage était de 37.2%, 33.6, et 0.01% dans la parcelle de Chancellor, respectivement et de 36.7, 40.42, et 0.03% dans la parcelle de Geinsenheim pour les traitements avec Actinovate, Double Nickel, et soufre, respectivement (Figure 6). La progression du blanc sur le feuillage s'est traduite par une sévérité sur grappe à la récolte de 20.97%, 13.5%, et 0.6% dans la parcelle de Chancellor et de 62.7%, 58.7%, et 4.9% dans la Geinsenheim pour les traitements avec Actinovate, Double Nickel, et soufre, respectivement (Figure 6). Globalement, la sévérité du blanc sur le feuillage et sur les grappes était significativement plus élevée dans les parcelles traitées avec Actinovate et Double Nickel comparativement aux traitements avec le soufre (Figure 6).

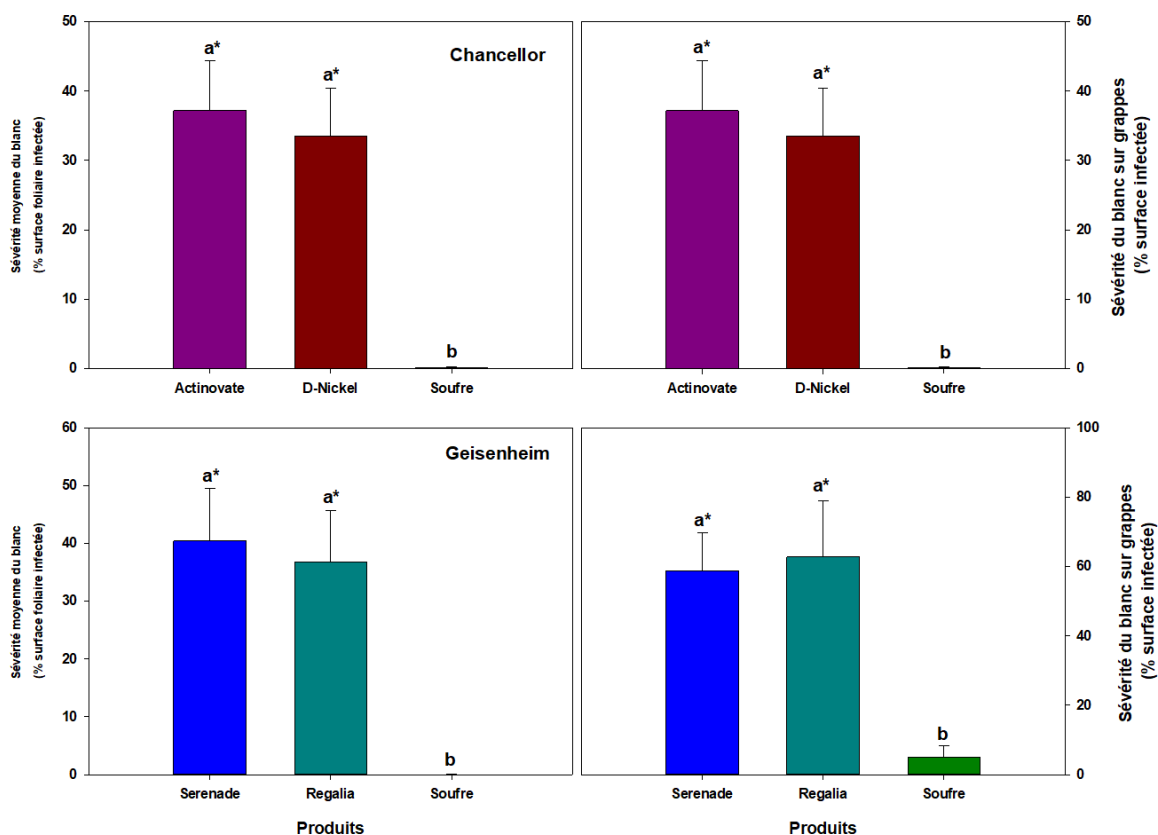


Figure 6. Développement de la sévérité du blanc (*E. necator*) sur le feuillage (gauche) et les grappes (droite) en 2019 dans la parcelle Chancellor (haut) et Geisenheim (droite). Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey ($\alpha=0.05$). Les valeurs avec une* sont significativement différentes du témoin positif avec le soufre ($\alpha=0.05$).

En 2019, les résultats les plus encourageants ont été obtenus contre la pourriture grise. En effet, la sévérité de la pourriture de la grappe à la récolte dans les parcelles traitées avec le Botector était très faible avec 0.0%, 3.3% et 1.0% dans les parcelles de Chancellor, Geisenheim, et Seyval, respectivement (Figure 7). La sévérité de la pourriture de la grappe à la récolte dans les parcelles traitées avec Actinovate était 30.0%, 13.9% et 5.8% dans les parcelles de Chancellor, Geisenheim, et Seyval, respectivement (Figure 7). Le Double Nickel n'a pas permis de contrôler la pourriture de la grappe avec une sévérité de 31.2%, 38.8%, et 13.6%, dans les parcelles de Chancellor, Geisenheim, et Seyval, respectivement (Figure 7).

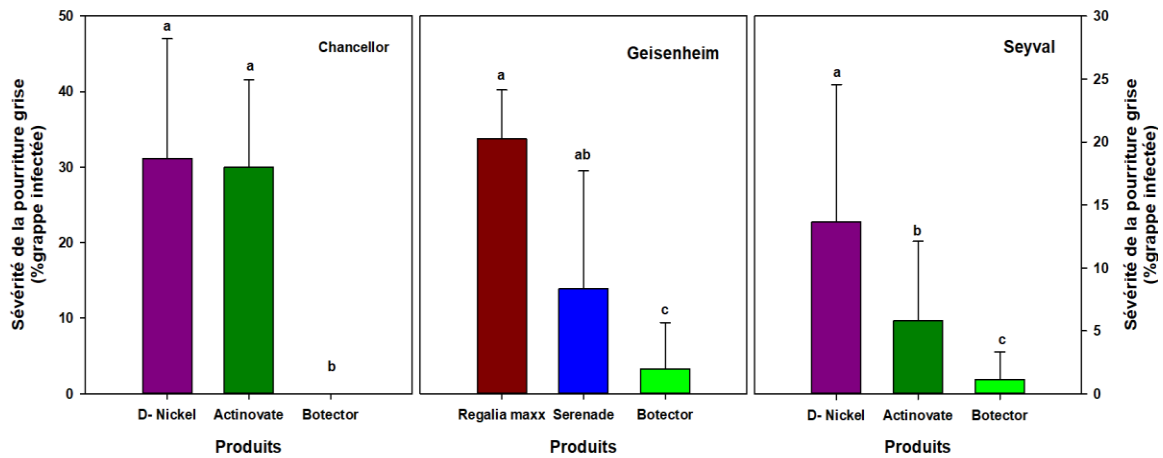


Figure 7. Sévérité de la pourriture grise sur grappe (*Botrytis cinerea*) en vignoble, suite à des traitements aux 7-14 jours avec les différents fongicides en vignoble. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey ($\alpha=0.05$).

Essais 5 plants en pots en vignoble (2020). Efficacité du Cuivre, Serenade, Oxidate, Parasol contre le mildiou (*Plasmopara viticola*) et la pourriture noire (*Guignardia bidwellii*).

Les essais avec plants en pot artificiellement inoculés, mais maintenus en conditions de vignoble représentent un bon compromis dans la mesure où cette méthode assure la présence des maladies tout en se rapprochant des conditions de vignoble. Globalement, les résultats obtenus avec cette méthode sont semblables à ceux obtenus en serre. Pour le mildiou, après un cycle d'infection, la sévérité moyenne sur feuille était de 68.16% sur les plants traités avec de l'eau (témoins négatifs) (Figure 8). Tous les produits ont permis de réduire la sévérité de façon significative comparativement au témoin négatif (eau). Sur les plants traités avec Serenade, Oxydate, et Parasol, la sévérité moyenne sur feuille était de 42.6, 36.8, et 23.1%, respectivement (Figure 8). Les deux meilleurs produits étaient le cuivre et le Revus avec une sévérité moyenne sur feuille de 6.1 et 3.2%, respectivement (Figure 8).

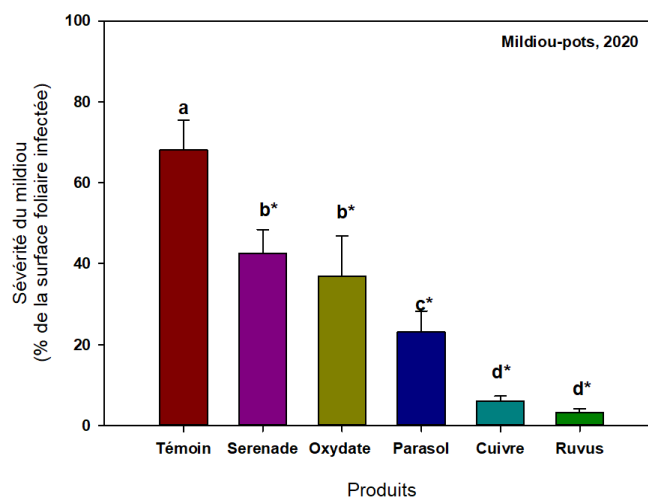


Figure 8. Sévérité du mildiou (*Plasmopara viticola*) sur le feuillage de vigne (cv Vidal) en pots en vignoble 2020. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey et celles avec une * sont significativement différentes du témoin négatif (eau) ($\alpha=0.05$).

Peu importe le traitement, la pourriture noire s'est peu développée. Sur les plants traités avec de l'eau (témoin), après un cycle d'infection, la sévérité moyenne sur feuille n'était que de 12.4% (Figure 9). Les traitements avec l'Oxydate et le Parasol n'ont pas permis de réduire significativement la pourriture noire par rapport au témoin négatif (eau) avec une sévérité moyenne sur feuille de 13.1% et 12.0%, respectivement (Figure 9). Par contre, les traitements avec le cuivre et le Pristine ont permis de réduire significativement la maladie avec une sévérité moyenne sur feuille de 4.7% et 2.5%, respectivement (Figure 9).

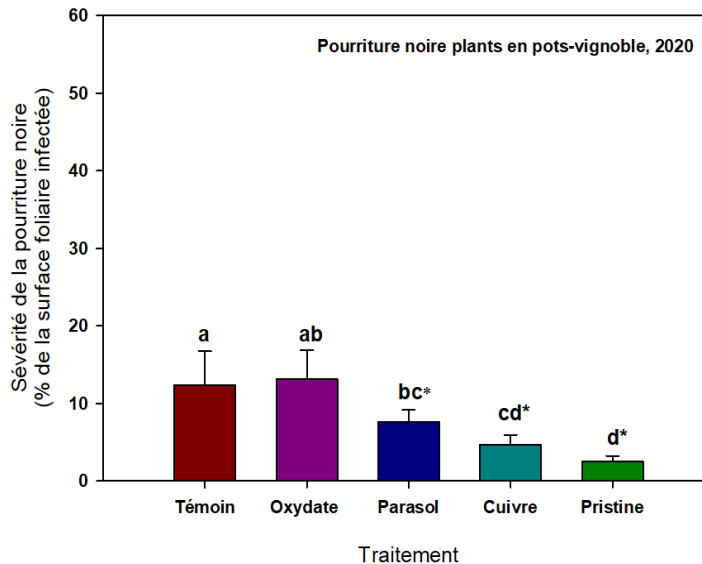


Figure 9. Sévérité de la pourriture noire (*Guignardia bidwellii*) sur le feuillage de vigne (cv Seyval blanc) en serre. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey ($\alpha=0.05$). Les valeurs avec une* sont significativement différentes du témoin négatif (eau) ($\alpha=0.05$).

Essais 6 en vignoble (2020). Efficacité du soufre, Regalia, Botector, D-Nickel, et Actinovate contre le blanc et la pourriture de la grappe.

La saison 2020 s'est démarquée par de longues périodes de sécheresse et des températures élevées. Les températures moyennes en juin, juillet, août et septembre étaient de 19.2, 23.0, 19.7, et 14.9°C, respectivement. La quantité totale de pluie en juin, juillet, août et septembre était de 45.6, 62.4, 178.6, et 85.9 mm, respectivement. Ces conditions ont fait en sorte que le blanc a très peu progressé sur les feuilles. Par contre, il était présent à la récolte sur les grappes (Figure 10). Les traitements qui se sont démarqués sont le soufre et Regalia Maxx avec une sévérité sur grappe de 0.9% et 4.9%, respectivement (Figure 10). Pour les autres traitements soit Double-Nickel et Actinovate, la sévérité sur grappe à la récolte était de 10.5% et 10.9% respectivement (Figure 10).

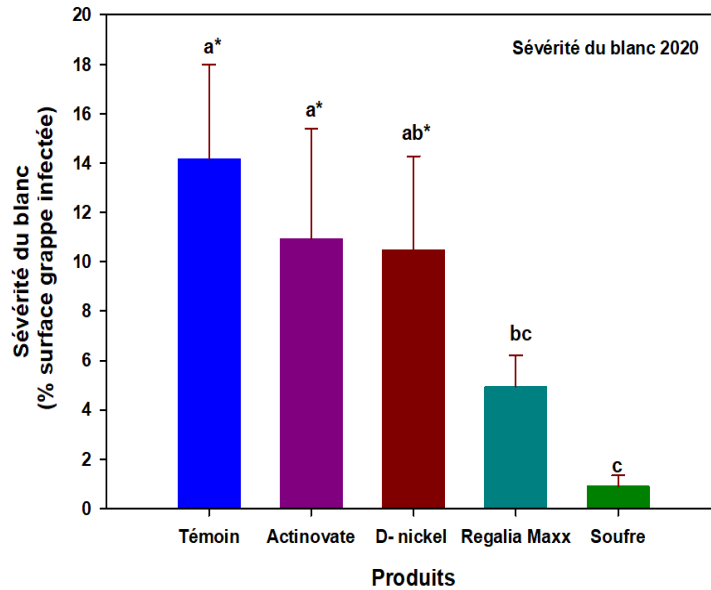


Figure 10 Sévérité du blanc sur grappe (*E. necator*) en vignoble, suite à des traitements aux 7-14 jours avec Regalia, D-Nickel, soufre, et Actinovate. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey ($\alpha=0.05$). Les valeurs avec une* sont significativement différentes du témoin positif avec le soufre ($\alpha=0.05$).

Suite aux pluies du mois d'août et septembre, la pourriture de la grappe s'est développée de façon importante dans toutes les parcelles, peu importe le traitement (Figure 11). La sévérité à la récolte était de 31.1%, 22.3%, 14.7%, et 11.6% dans les parcelles traitées avec le Double Nickel, Regalia Max, Actinovate, et Botector, respectivement (Figure 11).

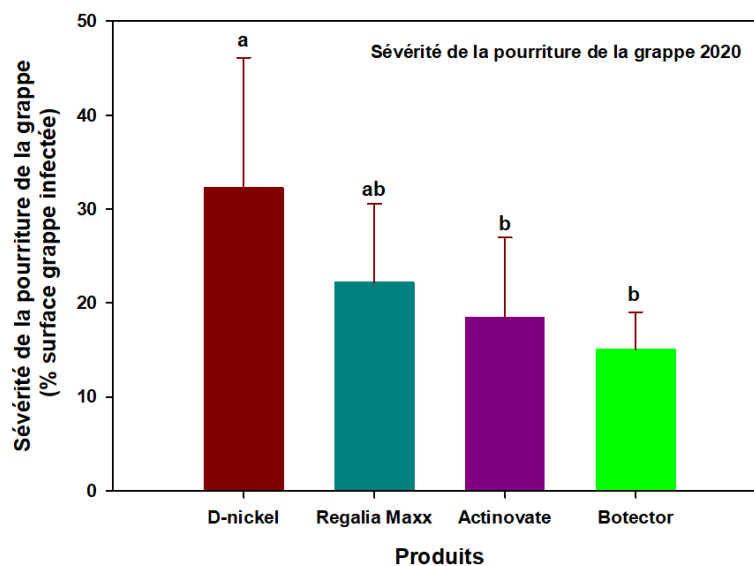


Figure 11. Sévérité de la pourriture grise sur grappe (*Botrytis cinerea*) en vignoble, suite à des traitements aux 7-14 jours avec Regalia, D-Nickel, soufre, Actinovate et Botector. Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey ($\alpha=0.05$).

Conclusion sur l'efficacité des produits

Les divers essais ont permis d'évaluer les produits sur plus d'une année et autant en conditions de serre qu'en condition de vignoble. De façon synthétisée, voici l'efficacité des divers produits pour les diverses maladies pour les divers essais combinés :

Maladie	Produit	Efficacité	
Mildiou	Serenade	Faible : 38%	
	Oxydate	Moyenne : 59%	
	Parasol	Moyenne : 78%	
	Cuivre	Élevée : 90%	
	Revus (témoin conventionnel)	Élevée 95%	
Pourriture noire	Oxydate	Faible : 10%	
	Parasol	Moyenne : 45%	
	Cuivre	Élevée : 57%	
	Pristine(témoin conventionnel)	Élevée : 89%	
Blanc	Serenade	Feuille : faible :17%	Grappe : faible : 0%
	Actinovate	Feuille : moyen : 50%	Grappe : moyen :62%
	D-Nickel	Feuille : moyen : 53%	Grappe : moyen :62%
	Regalia	Feuille : moyen : 54%	Grappe : faible : 37%
	Soufre	Feuille : élevée : 95%	Grappe : élevée : 96%
Moisissure grise	Regalia	Faible : 22%	
	Double Nickel	Faible :31%	
	Actinovate	Moyenne : 56%	
	Serenade	Moyenne : 59%	
	Botector	Élevée : 86%	

Il est certain qu'il reste encore certains points à évaluer pour utiliser de façon optimale ces produits en vignoble, comme :

- Évaluer différentes stratégies en vignobles pour les produits les plus prometteurs
- Déterminer des seuils et plafonds d'intervention pour les biofongicides
- Étudier la persistance selon les conditions
- Déterminer l'intervalle nécessaire entre l'application et l'infection (pluie)
- Développer des outils d'aide à la décision

Stratégies de lutte contre les maladies de la vigne

Objectif 3. Proposer des stratégies de lutte contre les maladies de la vigne sous régie conventionnelle, intégrée et biologique.

Dans le contexte de ce projet de recherche, nous considérons que la lutte intégrée devrait faire partie de tout programme de lutte aux maladies de la vigne. Peu importe le type de produits choisis, qu'ils soient des fongicides de synthèse ou biologiques, un certain nombre d'actions doivent être intégrées dans le plan de lutte. Ces actions visent à réduire la 'pression' des maladies en diminuant la population (inoculum) des agents pathogènes présents dans le vignoble ainsi que la fréquence et la durée des périodes favorables aux infections par ces derniers. Ces actions sont d'autant plus importantes que les fongicides de synthèse perdent de leur efficacité avec le développement de la résistance dans les populations d'agents pathogènes et que les biofongicides sont généralement moins efficaces. Ces actions sont présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Éléments essentiels de tout programme de lutte aux principales maladies de la vigne

Élément	Mode d'action
Choix du site	Favorise l'aération et un microclimat peu favorables au développement des maladies et à la survie des populations d'agents pathogènes
Choix du cépage	Réduis les risques d'infection et la capacité de la population d'agents pathogènes à se maintenir dans le vignoble
Prophylaxie	Réduis la population des agents pathogènes par l'élimination des structures de survie à l'hiver et les sources de contamination
Mode d'entraînement et la taille	Réduis au minimum l'humidité et la durée de mouillure du feuillage et des grappes ce qui diminue les risques d'infection
Fertilisation et santé des vignes	Favorise une vigueur optimale des vignes
Dépistage	Permet de déterminer l'apparition des premiers symptômes et des premières spores (inoculum aérien) et de déterminer si les seuils d'avertissement ou d'intervention sont atteints.
Suivi météo et outils d'aide à la décision	Les modèles prévisionnels permettent de prédire les risques de maladies (pertes) et l'importance d'intervenir.
Seuils de traitement	Permet de cibler le meilleur moment pour intervenir et, pour certain, le choix des actions à prendre

La principale différence entre un programme de lutte avec fongicides de synthèse et avec biofongicides réside dans le mode d'action des produits et de leur caractéristique dont

l'absorption par la plante, leur mobilité dans la plante, la résistance au lessivage et la dégradation. En ce qui concerne les fongicides de synthèse, ils peuvent être absorbés ou non par la plante. Ceux qui sont absorbés par la plante peuvent être redistribués localement (translaminaire) ou circuler dans le système vasculaire de la plante (mobilité dans le xylème/phloème). Selon ces caractéristiques les fongicides de synthèse seront utilisés en prévention avant une infection prévue; de façon curative après une infection pour ralentir la progression de la maladie; ou en éradication dans le but d'arrêter complètement la progression de la maladie. (Figure 12).

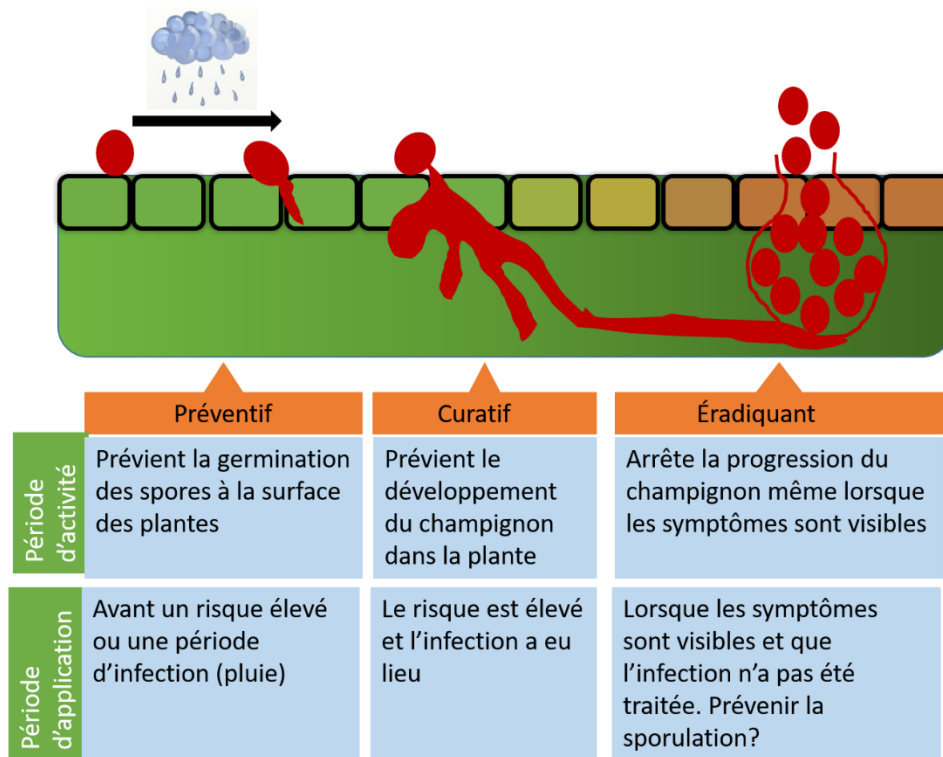


Figure 12. Schéma représentant l'utilisation des fongicides de synthèse selon leur absorption par la plante (Source : Odile Carisse)

Quant à eux, les biofongicides agissent essentiellement en prévention puisqu'en général ils ne sont pas absorbés par la plante, donc tout nouveau feuillage qui se développe après l'application n'est pas protégé. Pour les biofongicides composés de microorganismes vivants, ils agissent suivant différents modes d'action, dont l'antibiose (production de produits toxiques pour l'agent phytopathogène), en induisant une résistance systémique chez la plante, en parasitant l'agent phytopathogène, ou par compétition pour les nutriments et/ou l'espace. L'efficacité des biofongicides est généralement influencée par les conditions météorologiques. Les biofongicides sont généralement sujets au lessivage par la pluie. L'établissement et la prolifération des produits à base de microorganismes sont généralement favorisés par des conditions humides.

Stratégie de lutte contre la pourriture de la grappe (moisissure grise)

La pourriture de la grappe (moisissure grise) est causée par *Botrytis cinerea*, un champignon polyphage qui attaque une multitude de plantes d'importance économique dont la vigne. Son développement rapide lors de conditions favorables durant la maturation du raisin cause une dépréciation de la récolte et une diminution de la qualité du vin. *Botrytis cinerea* peut être difficile à réprimer à cause de sa capacité d'adaptation aux fongicides (développement de résistance) (Gossen et al. 2014). Plusieurs biofongicides sont disponibles pour lutter contre la moisissure grise (SAGe pesticides), et si combinés avec l'élimination des feuilles autour des grappes et d'autres pratiques, ils peuvent contrôler la maladie à un niveau comparable à fongicides de synthèse.

Mesures préventives :

- ✓ Maintenir une bonne aération dans le vignoble
- ✓ Éliminer les rafles et grappes non récoltées
- ✓ Favoriser une bonne activité microbienne dans le sol (décomposition des feuilles et débris infectés, sclérotés)
- ✓ Effectuer une gestion optimale du couvert végétal (effeuillage autour des grappes, Épamprage, positionnement des tiges, et rognage)
- ✓ Éviter une vigueur excessive
- ✓ Maintenir une densité de grappes optimale et bien positionnées
- ✓ Éviter d'endommager le feuillage et les baies
- ✓ Contrôler les insectes porteurs de spores/causent des dommages aux baies
- ✓ Bien contrôler le blanc pour éviter les baies craquées

Estimation des risques :

- ✓ Compaction des grappes (+ compacte=+risque)
- ✓ Historique de pourriture dans la parcelle
- ✓ Température et humidité (min 15h HR>90% à 15°C)
- ✓ Population inoculum aérien (capteurs de spores)

Stades critiques :

- ✓ Début de la floraison : 10 % des capuchons floraux sont tombés (BBCH=61)
- ✓ Fin floraison 100 % des capuchons floraux sont tombés (BBCH=69)
- ✓ Début de la fermeture de la grappe, les baies commencent à se toucher (BBCH=77)
- ✓ Début de la maturation : les baies commencent à s'éclaircir et/ou à changer de couleur (BBCH=81)
- ✓ 21 jours avant la récolte (BBCH=85)

Stratégies de traitement phytosanitaires :

- ✓ Limiter les infections des fleurs et des baies
- ✓ Fermeture de la grappe = dernière chance de traiter les sites d'infection (inoculum) à l'intérieur des grappes
- ✓ Traiter si l'incidence des baies infectées est élevée au stade BBCH=85 (21 jours avant récolte)
- ✓ Devancer la date de récolte si l'incidence des baies infectées est élevée

Parmi les biofongicides évalués dans le cadre de ce projet, seul le Botector a permis de réduire significativement la pourriture de la grappe et de maintenir les dommages sous le seuil économique de 5% des baies infectées. De plus, Serenade et Actinovate ont aussi permis de réduire de plus de 50% l'infection des grappes par le *Botrytis*. Toutefois, il faut mentionner que le Botector agit par compétition, ainsi il serait intéressant d'évaluer des stratégies basées sur des biofongicides ayant différents modes d'action.

Stratégie de lutte contre le blanc

Le blanc (oïdium), causé par le champignon *Erysiphe necator*, est présent dans la majorité des vignobles à des niveaux pouvant limiter la quantité et la qualité de la récolte. La sensibilité au blanc varie selon le cépage. Cependant, les principaux cépages cultivés au Québec sont pour la plupart sensibles. Une infection grave peut entraîner la mort des pousses. L'infection des fleurs et des jeunes grappes peut affecter le développement des baies et des grappes, entraînant une perte de récolte importante. Les baies infectées peuvent se fendre créant des portes d'entrée pour divers champignons, dont le champignon *B. cinerea*. Lorsque la sévérité du blanc sur le feuillage est importante, l'efficacité photosynthétique des feuilles est réduite ce qui peut retarder l'accumulation de sucre dans les baies, réduire la vigueur et la survie des vignes. La qualité du vin est affectée lorsque la sévérité du blanc est de 3-5% sur les grappes au moment de la récolte. En termes d'alternatives aux fongicides de synthèse, plusieurs options sont disponibles contre le blanc (SAGÉ pesticides). Les produits homologués au Canada représentent une gamme de modes d'action ce qui permet d'envisager une lutte efficace et durable.

La stratégie de lutte contre le blanc vise à aplatir et/ou à décaler la courbe de progression de la maladie de façon éviter d'avoir un inoculum élevé durant la période critique d'environ trois semaines débutant au début de la floraison (Figure 13). Après cette période, les baies sont peu sensibles, mais il faut tout de même éviter que le feuillage soit très infecté et que la production de structures de survie soit importante sur le feuillage en fin de saison.

Mesures préventives :

- ✓ Maintenir une bonne aération dans le vignoble
- ✓ Effectuer une gestion optimale du couvert végétal afin de favoriser la pénétration de la lumière (effeuillage autour des grappes, épamprage, positionnement des tiges, et rognage)
- ✓ Éviter une vigueur excessive
- ✓ Maintenir une densité de grappes optimale et bien positionnées

Estimation des risques :

- ✓ Sensibilité du cépage
- ✓ Historique de blanc dans la parcelle
- ✓ Sévérité du blanc l'année précédente
- ✓ Température et humidité (optimale HR80-90% à 20-28°C)
- ✓ Quantité de jeunes tissus en pleine croissance
- ✓ Population inoculum aérien (capteurs de spores)
- ✓ Moment de l'apparition des premiers symptômes sur feuille (+ tôt=+risque)

Stades critiques :

- ✓ Du débourrement à la nouaison
- ✓ Particulièrement du début de la floraison, durant une période de 3-4 semaines
- ✓ Fin de saison afin de réduire la production de structures de survie (cléistothèces)

Stratégies de traitement phytosanitaires :

- ✓ Contrôler les infections en début de saison
- ✓ Contrôler les infections des fleurs et des baies
- ✓ Limiter les infections en fin de saison

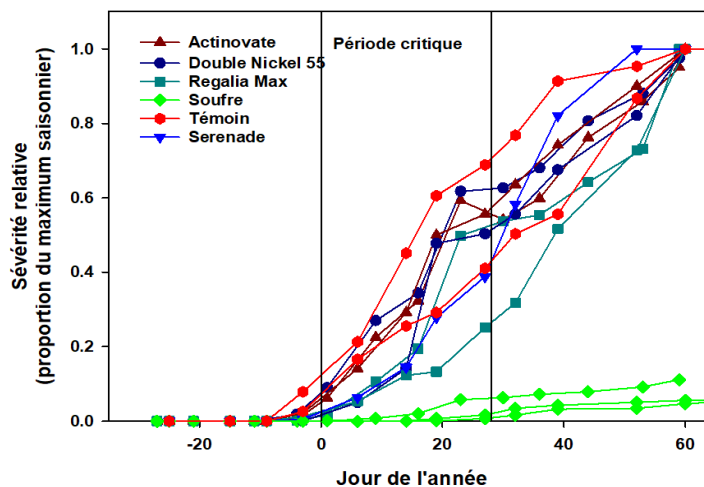


Figure 13. Progression du blanc exprimée en proportion de la sévérité maximum observée durant les saisons 2018 et 2019.

Dans les conditions de ce projet, malgré des applications répétées, aucun des biofongicides, à l'exception du soufre, n'a permis d'aplatir la courbe de progression du blanc (Figure 13) et donc de diminuer la pression de maladie durant la floraison (période critique). Certains produits permettent un certain contrôle du blanc autant sur feuille que sur grappe, comme Actinovate et Double Nickel, mais il est peu envisageable de les utiliser seuls pour lutter contre le blanc. Ces résultats suggèrent qu'à l'exception du soufre, l'utilisation de biofongicides comme seule méthode de lutte n'est pas efficace. Puisque la stratégie consiste à ralentir la progression du blanc, il serait intéressant d'évaluer l'effet combiné de méthodes permettant de réduire ou éliminer les structures de survie (cléistothèces) produites à l'automne avec une gestion minutieuse du couvert végétal et des applications de soufre (pleine dose ou doses réduites).

Stratégie de lutte contre le mildiou

Le mildiou de la vigne, causée par *Plasmopara viticola*, est une maladie indigène de l'Amérique du Nord qui affecte la plupart des espèces du genre *Vitis*. La sensibilité au mildiou varie considérablement d'un cépage à l'autre. Le mildiou affecte toutes les parties aériennes, il peut causer une déformation des pousses, des vrilles et des grappes et une chute prématurée des feuilles, ce qui retarde le mûrissement des baies et augmente la vulnérabilité de la vigne aux rigueurs de l'hiver. Malgré d'importants efforts de recherche au cours des dernières décennies, peu des biofongicides commercialement disponibles (SAGe pesticides) présentent une efficacité comparable aux fongicides de synthèse et au cuivre (Figure 14; Dagostin et al., 2011).

Si les conditions sont favorables (météo, inoculum, et cépage sensible), le mildiou peut se développer très rapidement et entraîner des pertes importantes. La stratégie de lutte vise donc à contrôler les premières infections (infections primaires) afin d'éviter un développement rapide du mildiou, particulièrement durant la floraison. La période à surveiller s'échelonne du débourrement à la nouaison.

Mesures préventives :

- ✓ Enlever, broyer les feuilles et les incorporer au sol afin de limiter la survie des oospores dans les feuilles infectées.
- ✓ Éliminer les baissières et assurer un bon drainage dans le vignoble
- ✓ Effectuer une gestion optimale du couvert végétal afin de diminuer le plus possible la durée des périodes de mouillure du feuillage, inflorescences et baies (effeuillage autour des grappes)
- ✓ Les rameaux situés près du sol sont très susceptibles d'être infectés en début de saison donc enlever les pampres sur le tronc (épamprage) et les gourmands situés près du sol

- ✓ Éviter une vigueur excessive
- ✓ Maintenir une hauteur et une densité de grappes optimale et bien positionnées

Estimation des risques :

- ✓ Sensibilité du cépage
- ✓ Historique de mildiou dans la parcelle
- ✓ Sévérité du mildiou l'année précédente
- ✓ Durée (heures) de mouillure et température pour l'infection : 16h à 10°C; 6h à 18°C, et 4h \geq 20°C
- ✓ Durée (jours) cycle infection/sporulation : 13-16j à 12-16°C; 12j à 16-20°C; 10j à 20-24 °C; et 7j à \geq 24 °C.
- ✓ Quantité de jeunes tissus en pleine croissance
- ✓ Population inoculum aérien (capteurs de spores)
- ✓ Moment de l'apparition des premiers symptômes sur feuille (+ tôt=+risque)

Stades critiques :

- ✓ Cépages sensibles : du débourrement à la nouaison
- ✓ Particulièrement du début de la floraison, durant une période de 2-3 semaines
- ✓ Fin de saison afin de réduire la production de structures de survie (oospores)

Stratégies de traitement phytosanitaires :

- ✓ Contrôler les infections en début de saison
- ✓ Contrôler les infections des fleurs et des baies
- ✓ Limiter les infections en fin de saison

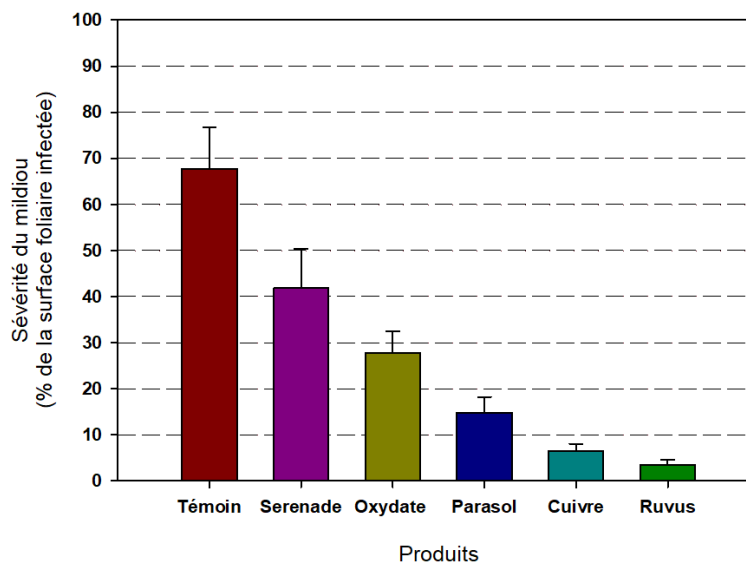


Figure 14. Sévérité du mildiou (*Plasmopara viticola*) sur le feuillage de vigne (cv Vidal). Moyenne des essais de 2018, 2019, et 2020.

Les biofongicides Oxydate et Parasol permettent un contrôle moyen du blanc sur le feuillage, mais le cuivre s'avère très efficace. La faible efficacité de certains biofongicides s'explique en partie par la nature même de *P. viticola* et des conditions permettant l'infection. En effet, les spores de *P. viticola* pénètrent les feuilles, et autres tissus, très rapidement en seulement quelques heures en présence de mouillure. En conséquence, un fongicide doit prévenir la germination des spores à la surface des tissus. Après la pénétration des spores uniquement les produits absorbés par la plante (translaminaire ou systémique) peuvent arrêter ou ralentir le développement du mildiou. De plus, une seule période d'infection peut détruire les inflorescences entraînant des pertes élevées. Durant les périodes de pluie fréquentes, lorsque des infections secondaires peuvent survenir presque quotidiennement, les biofongicides, contrairement aux fongicides de synthèse systémiques, peuvent être insuffisants pour contrôler le mildiou parce qu'ils sont facilement délavés par les précipitations et ont une faible persistance.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Les résultats du projet ont été présentés dans divers évènements:

- 1) Une affiche scientifique lors du congrès conjoint de la Société canadienne de phytopathologie, de la Société canadienne de science horticole et la Société canadienne d'agronomie 2021, 14-18 juin 2021.
 - a. Carisse, O. A. Lefebvre et C. Provost. 2021. Effectiveness of biofongicides to control several fungal diseases in vineyard
- 2) Les résultats du projet ont été présentés dans le cadre d'une journée spécifiquement pour les agronomes et intervenants dans la vigne au Québec, soit les séances d'échanges sur la recherche en viticulture et œnologie (SERVO), tenues le 2-3 avril 2019 à Oka.
 - a. A.Lefebvre , et O. Carisse. 2019. Biopesticides résultats des essais réalisés à la ferme expérimentale de Frelighsburg. Comment bien les utiliser et les intégrer au maximum dans les stratégies d'intervention. SERVO 2-3 avril 2019, Oka.
- 3) Le projet a été présenté lors d'un webinaire de la série Vigne et vin du CRAAQ le 22 mars 2021.
 - a. Carisse, O. et A. Lefebvre. 2021. Utilisation des biofongicides pour la gestion des maladies en vignoble.
- 4) Le projet a été présenté et discuté avec les agronomes lors des rencontres bilan fin de saison du réseau d'avertissement phytosanitaire (RAP vigne en 2019, 2020), dont le CRAM fait partie.
- 5) La fiche technique sera diffusée sur Agri-réseau section vigne et vin et sur le site internet du CRAM suite à son approbation par le MAPAQ

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

L'inquiétude croissante du public concernant l'utilisation de fongicides de synthèse et le développement de résistance par les agents pathogènes a stimulé le développement de fongicides biologiques et de stratégies de lutte alternatives. Dans le cadre de ce projet, quelques fongicides biologiques ont permis un bon contrôle des maladies. On pouvait observer des baisses significatives des maladies comparativement à un traitement avec de l'eau, mais les seuils de maladie restaient très élevés, démontrant que les produits n'effectuaient pas un contrôle optimal des maladies. Certains produits permettaient un certain contrôle des maladies : l'Oxydate, le Parasol et le cuivre contre le mildiou; le Parasol et le cuivre contre la pourriture noire; sur feuillage : Actinovate, Double Nickel, Regalia et le soufre contre le blanc; sur grappe : Actinovate, Double Nickel et le soufre contre le blanc; ainsi qu'Actinovate, Serenade et Botector contre la pourriture de la grappe. Parmi les biofongicides évalués, seul le Botector a permis de réduire significativement la pourriture de la grappe et de maintenir les dommages sous le seuil économique de 5% des baies infectées. Malgré des applications répétées, aucun des nouveaux biofongicides, à l'exception du soufre et du cuivre, n'a permis d'aplatir la courbe de progression du blanc et de réprimer efficacement le mildiou. Ces résultats appuient l'importance de développer une approche intégrée basée sur les meilleures pratiques culturales, le dépistage, et l'estimation des risques. Dans ce projet, les fongicides ont été appliqués à intervalle de 7-14 jours et non selon le risque d'infection ou la pression des maladies, l'objectif étant de comparer l'efficacité des fongicides. Toutefois, puisque les fongicides biologiques doivent généralement être utilisés en prévention, il faudra développer des programmes qui tiennent compte des caractéristiques spécifiques à chaque fongicide biologique. Par exemple, pour les fongicides à base de microorganismes, leurs efficacités dépendent des conditions météorologiques et nutritionnelles favorisant leur établissement et prolifération. Il faut un certain temps avant que les populations de ces microorganismes soient assez grandes pour avoir une bonne efficacité contre les champignons pathogènes. Certains biofongicides sont facilement lessivables et peuvent perdre de leur efficacité rapidement en situation de pluies fréquentes. Compte tenu des caractéristiques spécifiques et de l'efficacité des biofongicides, il est fort probable que les seuils d'interventions élaborés pour les fongicides de synthèse ne soient appropriés pour les biofongicides.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Dr. Caroline Provost, PhD biologie
Directrice, chercheur
Téléphone : 450-434-8150 #6064
Courriel : cprovost@cram-mirabel.com



REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Nous tenons à remercier l'équipe technique du Centre de recherche de St-Jean-sur-Richelieu de AAC pour le travail technique effectué au champ. Ce projet a été financé par le programme Prime-Vert (Volet 4, 2013-2018) financé par le Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Annexe 1. Références

- Billard, A., Laval, V., Fillinger, S., Leroux, P., Lachaise, H., Beffa, R., and Debieu, D. 2012. The allele-specific probe and primer amplification assay, a new real-time PCR method for fine quantification of single-nucleotide polymorphisms in pooled DNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 78:1063-1068.
- Caffi, T., Rossi, V., Carisse, O. 2011. Evaluation of a dynamic model for primary infections caused by *Plasmopara viticola* on grapevine in Quebec. *Plant Health Progress* doi: 10.1094/PHP-2011-0126-01-RS.
- Carisse, O. 2014. Epidemiology and aerobiology of *Botrytis* spp. in *Botrytis* – the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems. Editors: Sabine Fillinger and Yigal Elad. Springer, New York, 486 pp.
- Carisse, O. 2015. Development of grape downy mildew (*Plasmopara viticola*) under northern viticulture conditions: Influence of fall disease incidence. *European Journal of Plant Pathology* 144:773–783
- Carisse, O. R. Bacon, J. Lasnier, A. Lefebvre, D. Rolland, et A. Levasseur. 2009. Gestion raisonnée des principales maladies de la vigne au Québec Publication d’AAC 10372F. ISBN 978-1-100-91897-6. 47 p.
- Carisse, O., Bacon, R., Lasnier, J., McFadden-Smith, W.. 2006. Guide d'identification des principales maladies de la vigne. AAC, publication 10092F. No. Cat. A52-74/2006F-PDF. ISBN 0-662-72076-8. 32p.
- Carisse, O., Bacon, R., Lefebvre, A., 2009a. Grape powdery mildew (*Erysiphe necator*) risk assessment based on airborne conidium concentration. *Crop Prot.* 28,1036-1044.
- Carisse, O., Bacon, R., Lefebvre, A., and Lessard, K. 2009. A degree-day model to initiate fungicide spray programs for management of grape powdery mildew (*Erysiphe necator*). *Canadian Journal of Plant Pathology* 31: 186-194.
- Carisse, O., Caffi, T., and Rossi, V. 2014. How to develop and validate plant disease forecasting systems. In *Exercises in Plant Disease Epidemiology*, Eds K. L. Stevenson and M. J. Jeger, 2nd edition, APS-Press, St-Paul Minnesota, ISBN 978-0-89054-440-2
- Carisse, O., Tremblay, D.-M., Jobin, T., and Walker, A.S. 2011. Disease Decision Support Systems: Their Impact on Disease Management and Durability of Fungicide Effectiveness " in [Fungicides](#), Ed. O. Carisse, ISBN: 978-953-307-266-1, Publisher: InTech, Publishing.
- Crisp, P., Wicks, T.J., Bruer, D., Scott, E.S., 2006. An evaluation of biological and abiotic controls for grapevine powdery mildew. 2. Vineyard trials. *Aust. J. Grape Wine Res.* 12, 203-211.
- Dagostin, S., Schaerer, H.-J., Pertot, I., Tamm, L., 2011. Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture? *Crop Prot.* 30, 776e788
- Gadoury et al., 2012; Gadoury, D.M., Cadle-Davidson, L., Wilcox, W.F., Dry, I.B., Seem, R.C., Milgroom, M.G., 2012. Grapevine powdery mildew (*Erysiphe necator*): a fascinating system for the study of the biology, ecology and epidemiology of an obligate biotroph. *Mol. Plant Pathol.* 13, 1e16
- Gobeil-Richard, M., Tremblay, D.M., Beaulieu, C., Van der Heyden, H., and Carisse, O., 2015. A new method to quantify mutations associate with resistance to SDHI-fungicides in *Botrytis* spp. mixed populations. *Pest Management Science* 72:566-73

- Gossen, B.D., Carisse, O., Kawchuk, L., Van Der Heyden, H., and McDonald, M.R. 2014. The changing landscape of fungicide insensitivity in crop pathogens in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology* 36: 327-340.
- Grabke, A., Fernández-Ortuño, D., and Schnabel, G. 2013. Fenhexamid resistance in *Botrytis cinerea* from strawberry fields in the Carolinas is associated with four target gene mutations. *Plant Dis.* 97:271-276. Dagostin et al., 2011; Jacometti et al., 2010). Jacometti, M.A., Wratten, S.D., Walter, M., 2010. Review: alternatives to synthetic fungicides for *Botrytis cinerea* management in vineyards. *Aust. J. Grape Wine Res.* 16, 154e172.
- Pedneault, K., Provost, C., 2016. Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: benefits, limits, and challenges. *Sci. Hortic.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.016>.