PROGRAMME D'APPUI AU DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'AGROALIMENTAIRE EN RÉGION

Comparaison des niveaux de contrôle obtenus contre *Cladosporium* sur les framboises par des biofongicides vs les fongicides conventionnels de la régie du producteur 2019-2020

Projet No. 6339687
2019 et 2020

RAPPORT FINAL

Réalisé par
Gérard Gilbert, agr. Msc.
Consultant en pathologie végétale

2021-03-25

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région.

Québec

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.

PERSONNES IMPLIQUÉES DANS LA RÉALISATION DU PROJET

Gérard Gilbert, Gilbert Phytoconsulta

François Demers, Les Productions Écolo-Max, club de productions agricoles

Christian Hébert, pomiculteur; Le Domaine Hébert

Stéphanie Tellier, MAPAQ, Direction régionale Capitale-Nationale

Le rapport peut être cité comme suit:

Gilbert, G., F. Demers, C., Hébert, S., Tellier, S. 2021. Comparaison des niveaux de contrôle obtenus contre *Cladosporium* sur les framboises par des biofongicides vs les fongicides conventionnels de la régie du producteur, 23 pages.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ DU PROJET 4
OBJECTIFS 4
CONTEXTE 5
MÉTHODOLOGIE 7
RÉSULTATS 12
RETOMBÉES RÉGIONALES DU PROJET 19
RÉFÉRENCES 20
CONTACT POUR INFORMATION 20
REMERCIEMENTS AU PARTENAIRE FINANCIER 21
REMERCIEMENTS AUX AUTRES PARTENAIRES ET CONSULTANTS 21

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. Traitements appliqués aux parcelles en 2019 et 2020 10
TABLEAU 2. Dates des traitements fongicides 11
TABLEAU 3. Sensibilités relatives de *Cladosporium* à des fongicides conventionnels et des biofongicides 14
TABLEAU 4. Décompte total des framboises affectées dans les parcelles correspondant aux traitements pour les quatre blocs de l'essai en 2019 22
TABLEAU 5. Décompte total des framboises affectées dans les parcelles correspondant aux traitements pour les quatre blocs de l'essai en 2020 23

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Nombre de framboises affectées par le complexe cladosporiose/moisissure grise en 2019 selon différents traitements fongicides. 17
Figure 2. Nombre de framboises affectées par le complexe cladosporiose/moisissure grise en 2020 selon différents traitements fongicides. 18

RÉSUMÉ DU PROJET

La framboise jaune remontante cv. Anna entre dans la composition d'un cidre de pommes faisant la spécialité du pomiculteur Christian Hébert. Durant leur mûrissement, les framboises de cette variété deviennent particulièrement tendres, juteuses mais sensibles à *Cladosporium*, un champignon microscopique qui, jusqu'à récemment, n'infectait pas les framboises. *Cladosporium* fait maintenant l'objet d'une plus grande attention considérant que ses dommages sont aussi remarqués sur les framboises cultivées sous tunnels et sur les fraises. Au Domaine Hébert, le champignon occasionne des pertes affectant la qualité et le rendement qui ont été estimées à 50%. Le producteur utilise des fongicides conventionnels homologués contre d'autres maladies fongiques, souhaitant obtenir en même temps un effet contre *Cladosporium*. Dans l'objectif de contrôler la maladie tout en produisant un cidre biologique aromatisé de framboises Anna, des fongicides biologiques et conventionnels ont été testés afin de valider leur efficacité à contrôler *Cladosporium*.

OBJECTIFS

Dans un premier temps, l'essai en laboratoire visait d'abord à vérifier la sensibilité de *Cladosporium* à des fongicides conventionnels utilisés par le producteur ainsi que des biofongicides. Ces fongicides ont ensuite été utilisés pour le traitement des parcelles de framboisiers affectées par *Cladosporium* dans le but de comparer leurs potentiels à réduire les pertes de framboises.

CONTEXTE

Mises à part quelques espèces, les *Cladosporium* causent de rares maladies chez les cultures de sorte que les études publiées concernent rarement l'infection des plantes. Nous retrouvons plutôt des études portant sur l'écologie des *Cladosporium*, spécialement sur les conditions propices à la sporulation et à la dissémination de leurs spores. À titre d'exemple, Rodriguez-Rajo et coll. (2005) ont constaté que les journées où l'on enregistrait la présence la plus élevées de spores dans l'air étaient celles où les températures se situaient entre 23˚C et 29˚C et 80% d'humidité relative; journées suivies et précédées de pluie.

Depuis quelques années aux États-Unis et au Canada, ce champignon a cependant été associé à des dommages sur les framboises produites en champs et en tunnels. Toutes les parties reproductives du framboisier, des boutons floraux jusqu'aux fruits murissants, sont sensibles au champignon. Les boutons floraux infectés et leurs pédicelles brunissent et se dessèchent. Sur les jeunes fruits verts, les sépales portent des brûlures à leurs bases. Progressivement ce sont le calice, le pédicelle puis tout le fruit vert qui brunit et se momifie. Puis, les fruits mûrs ou en murissement pourrissent. Finalement, les infections se recouvrent d'une fine sporulation brun-olive assez typique des *Cladosporium* (photos 1). Le feuillage n'est pas affecté.

PHOTOS 1. Séquences de dommages causés par *Cladosporium* sur les framboises dès l'apparition des premiers boutons floraux. Source : Gérard Gilbert, François Demers

Au moins deux espèces très apparentées, *C. cladosporioides* et C. *pseudocladosporioides*, ont été identifiées au problème (Swett, 2019). Les espèces de *Cladosporium* véritablement pathogènes sont pourtant rares. Jusqu'à récemment, *C. Cladosporioides* était considéré comme un décomposeur de matières organiques, mais rarement comme un agent pathogène. Au Maryland, Swett et son équipe ont étudié les pourritures de framboises d'automne causées par *Cladosporium* et apportent des connaissances nouvelles. Les chercheurs ont constaté jusqu'à 30%

de framboises affectées avant la récolte et une fois récoltées, 16% des framboises non entièrement mures et plus de la moitié de celles bien mures avaient ensuite montré la maladie. Comme la moisissure grise, la cladosporiose serait aussi une maladie évolutive des framboises récoltées.

Les chercheurs ont aussi démontré que ces *Cladosporium* étaient capables d'infecter les framboises sans qu'elles soient blessées. Ils ont aussi constaté que le taux d'infection pouvait doubler si les framboises avaient été endommagées par la drosophile à ailes tachetées (DAT). Leurs travaux ont aussi constaté que les larves de DAT renfermaient des *Cladosporium* capables d'infecter des framboises saines; que les framboises situées sur les grappes hautes extérieures étaient moins infectées que celles sur les grappes basses extérieures des rangs.

MÉTHODOLOGIE

ESSAIS EN LABORATOIRE EN 2019 et 2020

1. Vérification de la viabilité des biofongicides utilisés parmi les traitements appliqués aux parcelles

Parmi les biofongicides testés contre *Cladosporium*, quelques-uns étaient d'origine bactérienne. Avant de les utiliser, il à fallu s'assurer que leurs inoculums étaient bien viables. Quatre biofongicides commerciaux (Serenade Opti, Double Nickel 55, Bora HC et Actinovate SP) ont été testés avant leur pulvérisation sur les parcelles selon la démarche suivante :

- Pour les bactéries, dissolution de 1g de chaque produit dans 1000 mL (10^3) d'eau stérile, suivie d'une première dilution de la suspension à 1mL /1000ml (10^6), puis d'une seconde à 1mL/1000ml (10^9).
- Pour les champignons, une suite de dilutions 1 :10 à partir de la dissolution originale (1 :1000).
- Inoculation de géloses SNA ou PDA avec chacune des dilutions.
- Décompte des colonies (#cfu : unité formant des colonies) les jours suivants au fur et à mesure de leurs apparitions.
- Calcul d'équivalence du nombre de cfu pour 1g de produit en multipliant le décompte par les facteurs de dilution pour fin de comparaison avec les garanties de concentration inscrites aux étiquettes.

2- Obtention d'isolats de *Cladosporium* provenant de framboises infectées

- Sous la loupe binoculaire, prélèvements de sporulations de *Cladosporium* au moyen de la pointe d'une l'aiguille à partir de framboises endommagées; dépôts sur géloses de PDA ou SNA.

- Après quelques jours de développements mycéliens, tout en évitant les contaminations par d'autres microorganismes, prélèvement d'un bout d'hyphe dans une section isolée de la gélose puis transfert sur d'autres géloses.

- Repiquage des bouts d'hyphes de jeunes mycéliums de *Cladosporium* sur d'autres géloses si des contaminations semblent apparaître (photo 2).

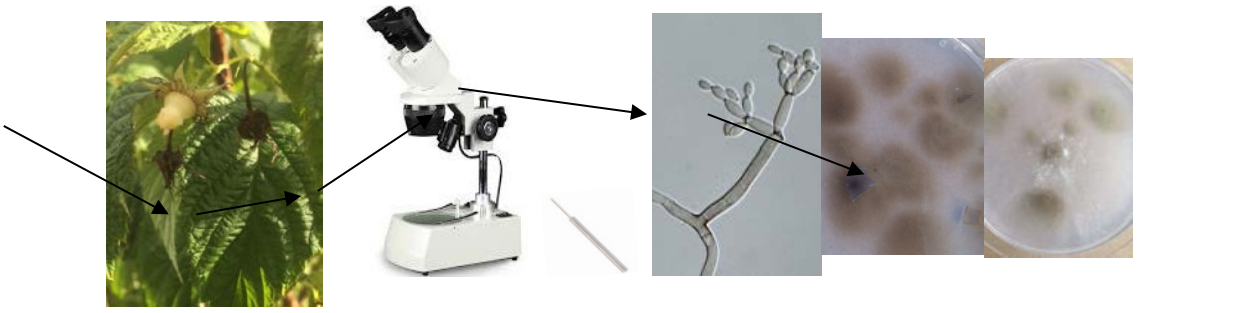


PHOTO 2. Étapes principales pour l'obtention d'une culture pure de champignon (*Cladosporium*) Source : Gérard Gilbert

3- Tests de sensibilité aux fongicides

La sensibilité d'un isolat de *Cladosporium* provenant de la framboisière a été testée avec la plupart des fongicides utilisés au cours des deux années. Le test avait d'abord pour but de s'assurer que le champignon était sensible aux fongicides conventionnels utilisés par le producteur, fongicides destinés à faire partie des traitements et servir de témoin. Le test de sensibilité a été réalisé selon la démarche suivante :

- Fongicides dilués ou dissouts selon les concentrations indiquées sur l'étiquettes ou selon le guide de recommandation (CRAAQ).

- Dépôt de 500uL des préparations fongicides sur des géloses (géloses amendées; témoin à l'eau stérile inclus).

- Jeunes cultures de *Cladosporium* découpées en pastilles puis placées face inversée au centre des géloses amendées.

- Observation quotidienne des croissances; la sensibilité de *Cladosporium* aux fongicides s'observe d'abord par le confinement du mycélium à la rondelle et la lenteur notable du développement du mycélium à la surface (écart de croissance avec le témoin à l'eau). Les observations sont quantifiées par la mesure du rayon de la croissance mycélienne.

ESSAIS AU CHAMP EN 2019 et 2020

4- Préparation et traitements des parcelles avec les fongicides

Contrairement à 2020, la framboisière allouée pour réaliser l'essai en 2019 n'était pas le site idéal; elle avait été affectée de manière importante par gel hivernal (photo 3).

PHOTOS 3. Décollement de l'écorce et bois endommagé (vaisseaux de xylème) par le gel hivernal; tiges de deuxième année; site de 2019. Source : Gérard Gilbert

L'absence de framboisiers se constatait à plusieurs endroits dans les rangées, surtout dans les baissières moins bien drainées, là où les plants ont davantage souffert des dommages hivernaux. Afin d'atténuer ces variations importantes dans la densité des plates-bandes et de compenser l'absence de plants, la longueur des parcelles était variable.

Le dispositif expérimental établi était celui de quatre blocs aléatoires comprenant onze traitements en 2019 et treize traitements en 2020. Les différences parmi les traitements sont d'abord expliquées par la substitution de deux produits qui n'étaient pas disponibles en 2020 (Sirocco remplacé par Milstop, Oxydate par Storox), l'Actinovate SP délaissé pour viabilité douteuse et finalement par l'ajout de deux nouveaux produits en 2020 (Bora HC, Bioxy). Le tableau 1 montre les traitements effectués pour les deux années de l'essai.

TABLEAU 1. Traitements appliqués aux parcelles en 2019 et 2020

Traitements[1] [2]	Composants	2019	2020
EAU de la ferme (résidence)	-	x	x
SERENADE OPTI	*Bacillus subtilis* souche QST 713	x	x
SWITCH	Cyprodinile / fludioxonil	x	x
DOUBLE NI 55	*Bacillus subtilis var. amyloliquifasciens* souche D747	x	x
SIROCCO	bicarbonate de potassium / extrait d'ail	x	-
TIVANO	acide citrique et lactique	x	x
CUEVA	octoanate de cuivre 1,8%	x	x
Bicarbonate de potassium PMRA (coop agricole Lac des Deux-Montagnes)	Bicarbonate de potassium	x	x
ACTINOVATE	*Streptomyces lydicus* souche WYEC 0,037%	x	-
KUMULUS	Soufre 80%	x	x
STOROX	Peroxyde d'hydrogène 27%)	x	-
MILSTOP	Bicarbonate de potassium 85%	-	x
BORA HC	*Trichoderma harzianum*	-	x
OXYDATE	Peroxyde d'hydrogène 27%	-	x
LUNA TRANQUILITY	Fluopyrame / pyriméthanile	-	x
BIOXY	Carbonate de sodium peroxyhydrate	-	x

[1] Un litre de bouillie/parcelle

[2] Aucun fruit de l'essai n'a été commercialisé

En 2019, les traitements ont débuté à la troisième semaine de juillet dès l'apparition des premières framboises et des premiers dommages sur les tiges de deuxième année. En 2020, les traitements ont débuté dès l'apparition des premières framboises sur les tiges annuelles soit vers la troisième semaine d'août (Tableau 2). Quatre litres de bouillies fongicides ont été appliqués à raison d'un litre/parcelle (tableau 2).

TABLEAU 2. Dates des traitements fongicides

2019	2020
23 juillet	20 août
1er août	27 août
11 août	3 septembre
19 août	13 septembre
28 août	27 septembre
7 septembre	-
16 septembre	-
24 septembre	-

Afin de toujours effectuer les observations de maladies sur les mêmes plants, dix tiges ont été rubanées en 2019 soient 5 tiges de deuxième année et 5 tiges annuelles. En 2020, les lectures de maladies se sont effectuées essentiellement sur 5 tiges annuelles identifiées dans chaque parcelle.

PHOTOS 4. Dispositif en 4 blocs complets des essais au champ; chaque parcelle correspondait à un fongicide appliqué à plusieurs reprises. Source : Gérard Gilbert

La ‘’lecture’’ des maladies s’est effectuée par le prélèvement et de comptage de toutes les parties florales symptomatiques (boutons floraux, fleurs, fruits verts et fruits mures) portant du brunissement, du noircissement, des pourritures, des sporulations noirâtres et des avortements floraux. Trois lectures de maladies ont été effectuées en 2019 (25 août, 7 septembre et 8 octobre). En 2020, une seule lecture à la fin de l’essai le 10 octobre, a été réalisée. Il a été établi que la quantité exceptionnelle de temps alloué à l’observation et au décompte (30-40 minutes/parcelle; 25h pour l’essai) n’apportait pas davantage de précisions qu’une seule séance de lecture à la fin de l’essai.

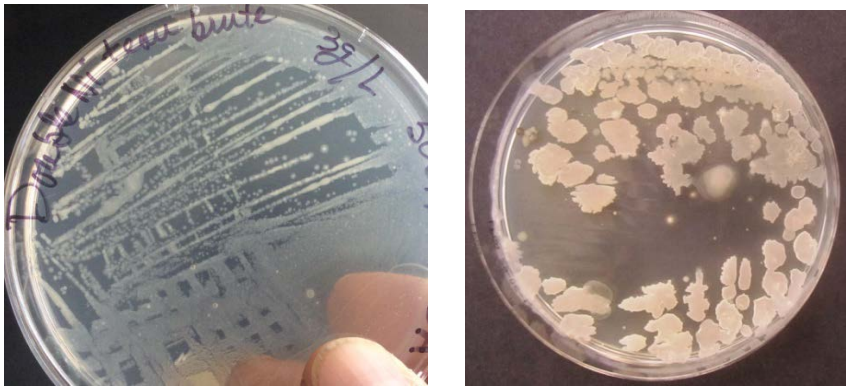
RÉSULTATS

ESSAIS EN LABORATOIRE EN 2019

1- Vérification de la viabilité des biofongicides utilisés parmi les traitements appliqués aux parcelles

Les colonies de *Bacillus subtilis* (Serenade Opti) et *Bacillus amyloliquifasciens* (Double Nickel 55) dénombrées sur les géloses correspondaient à l’ordre de grandeur inscrite sur l’étiquette soit 1,3 x 10^{10} cfu/g pour Serenade Opti et 5 x 10^{10} cfu/g pour Double Nickel 55 (photos 5).

Concernant *Trichoderma harzianum* (Bora HC), l’étiquette du Bora garantit un contenu de 10^{7}cfu/g de produit; le test de vérification a estimé cette concentration à 10^{6} cfu/g.



PHOTOS 5. À gauche, colonies de *Bacillus amyloliquifasciens* obtenues du test de viabilité de Double Nickel 55; à droite, colonies bactériennes de Serenade Opti Source : Gérard Gilbert

Concernant *Streptomyces lydicus*, l'usage de différents types de géloses de croissance et de durées d'incubation sous diverses températures ne permettaient pas d'obtenir chaque fois des colonies bactériennes. Ce test de viabilité effectué avec deux provenances d'Actinovate SP a donné les mêmes résultats. Des échantillons d'Actinovate SP ont été remis au Dre Carole Beaulieu de l'Université de Sherbrooke, spécialiste des *Streptomyces*, pour fin de vérification. Dre Beaulieu n'est pas parvenue à faire croître les *Streptomyces* des échantillons d'Actinovate SP. Les tests de viabilité laissant souvent apparaître très peu de colonies bactériennes ou même aucune, l'Actinovate SP pour cette raison n'a pas été retenu dans l'essai de 2020. Afin de maintenir trois biofongicides dans l'essai, Bora HC, formulation de *Trichoderma harzianum*, a été le produit de remplacement.

2- Tests de sensibilité aux fongicides

Le tableau 3 présente les réactions de l'isolat de *Cladosporium* à des fongicides conventionnels et à des biofongicides. Mis à part Elevate, *Cladosporium* s'est montré sensible aux fongicides conventionnels durant six jours. La sensibilité à Elevate se comparait à celle de quelques biofongicides. Parmi les biofongicides, les réactions à Cueva (cuivre), Sirocco (soufre) et les deux produits à base de *Bacillus* ont été considérées comme moyennement sensibles. Trois à quatre jours maximum suffisent pour effectuer le test; la dégradation des produits et les contaminations débutent généralement après cette période (Photo 7 en annexe)

TABLEAU 3. Sensibilités relatives de *Cladosporium* à des fongicides conventionnels et des biofongicides

Nom commercial	Ingrédient actif	Sensibilité de l'isolat de *Cladosporium*	Rayon du développement mycélien (mm)		
			Après 2j	Après 4j	Après 6j
Luna tranquility	Fluopyram / pyrimethanil	Sensible	**Aucune croissance**	**Aucune croissance**	**Aucune croissance**
Switch	Cyprodinile / fludioxonil	sensible	**idem**	**idem**	**idem**
Rovral	iprodione	Sensible	**idem**	**idem**	**idem**
Elevate	fenhexamide	Moyennement sensible	1	4	10
Eau bouillie	Eau	Témoin non sensible	7	Contaminations	Contaminations
Serenade Opti	*Bacillus subtilis*	Moyennement sensible	3	8	12
Double nickel 55	*Bacillus amyloliquifasciens*	Moyennement sensible	4	8	15
Sirocco	Bicarbonate de K 85%	Moyennement sensible	2	8	20
Tivano	Acide lactique / ail	Insensible	5	16	23
Cueva	Octaonate de cuivre	Moyennement sensible	2	7	11
Bicarbonate de K	Bicarbonate de K 100%	Insensible	5	10	24
Actinovate SP	*Streptomyces lydicus*	Insensible[1]	4	15	15
Kumulus	Soufre	Insensible	4	10	20
Storox	Peroxyde d'hydrogène 24 %	Isolat contaminé	-	-	-
Milstop SP	Bicarbonate de K 85%	Isolat contaminé	-	-	-
Bora	*Trichoderma harzianum*	Isolat contaminé	-	-	-
Oxydate	Peroxyde d'hydrogène 24 %	Isolat contaminé	-	-	-

[1] Pas de colonies de *Streptomyces*

ESSAIS AU CHAMP EN 2019 ET 2020

3- Évaluation des dommages sur les framboises suite aux traitements fongicides

Le protocole d'origine établissait que les premiers comptages de maladies s'effectueraient d'abord sur les premières framboises à murir en juillet soient celles des tiges de deuxième année. Deux lectures de maladies avaient déjà été effectuées sur ces tiges (220 tiges pré identifiés en 2019) lorsqu'il a fallu cesser les observations parce qu'un nombre trop élevé de tiges pré sélectionnés pour les comptages avaient dépéris. Pour cette raison, les lectures des dommages se sont concentrées essentiellement sur les framboises des tiges annuelles (5 tiges/parcelle; 220 tiges). Ces framboises commençaient à murir dans la troisième semaine du mois d'août. Le comptage des fruits affectés était effectué sur des tiges pré sélectionnées dans chaque parcelle (décompte avec retrait des fruits). La somme de trois lectures est compilée pour 2019; en 2020 une lecture a été effectuée à la fin de l'essai le 10 octobre (Tableaux 4 et 5 annexés).

Observés à partir de la fin de juillet, les premiers boutons floraux et fruits verts endommagés ont été examinés sous la loupe binoculaire et en microscopie. À cette date, les conidiophores et les conidies de *Cladosporium* étaient les seules structures visibles. Elles se concentraient souvent à l'aisselle des sépales, les étamines et le haut des pédicelles sous le calice. *Cladosporium* était aussi le champignon dominant isolé de ces organes sur les géloses. Au cours des semaines suivantes, les sporulations de *Cladosporium* étaient graduellement accompagnées de celles de *Botrytis* (moisissure grise). En septembre et début octobre, toutes les observations de fruits affectés révélaient que les deux champignons se retrouvaient ensemble sur les mêmes framboises (photos 6). Les températures graduellement moins chaudes et plus humides ont vraisemblablement favorisées davantage la moisissure grise au détriment de la cladosporiose.

PHOTOS 6. Fleurs et fruits verts affectées du complexe *Cladosporium* / *Botrytis* prédominant dans les parcelles à la fin de septembre Source : Gérard Gilbert

Les histogrammes des figures 1 et 2 présentent les résultats des deux années. Les fongicides de synthèse (Switch et Luna Tranquility) se démarquent pour réduire le niveau de framboises infectées. Le test de sensibilité sur géloses amendées de ces fongicides avait déjà indiqué cet effet sur *Cladosporium*. Parmi les biofongicides, Sirocco (bicarbonate de potassium 85%) a aussi réduit le niveau de maladie de façon comparable au fongicide Luna Tranquility. L'autre produit composé de bicarbonate de potassium ($KHCO_3$ 100%) n'a cependant pas permis un niveau de contrôle comparable à celui de Sirocco.

Le Sirocco s'était aussi démarqué lors du test de sensibilité de *Cladosporium* aux fongicides mais pas le second produit à base de bicarbonate de potassium. Il aurait été intéressant que le Sirocco fasse encore partie des traitements en 2020. Des difficultés d'approvisionnement ont forcé son remplacement par le Milstop, un fongicide comparable mais qui ne s'est cependant pas démarqué.

Les sensibilités de *Cladosporium* aux fongicides déterminées par le test des géloses amendées se sont aussi constatées parmi les traitements au champ pour plusieurs de ces produits et cela, malgré la présence de plus en plus importante de *Botrytis* dans les infections des framboises.

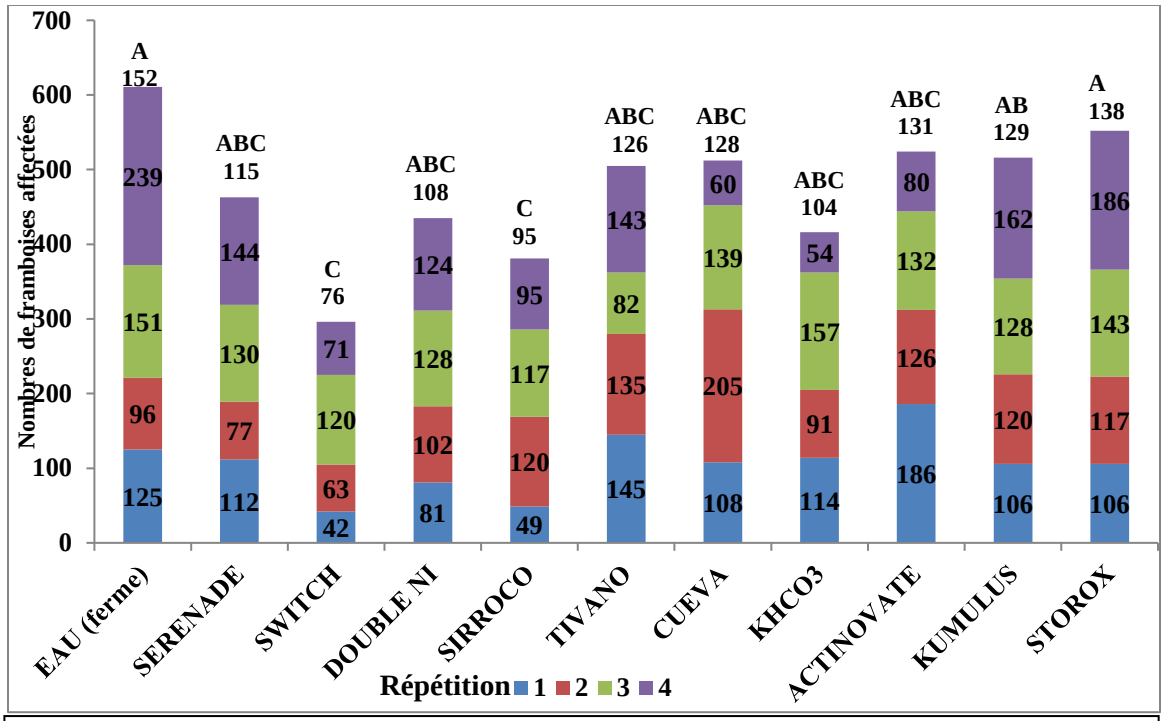


Figure 1. Nombre de framboises affectées par le complexe cladosporiose/moisissure grise en 2019 selon différents traitements fongicides. Chaque colonne représente les quatre répétitions d'un même traitement; les valeurs sont le nombre de fruits malades dénombrées sur 5 tiges annuelles d'une parcelle. Les moyennes surmontées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (test LSD de Fisher où P ≤0,05 après transformation log (x+1) des données)

En 2020, mis à part le Double Nickel aucun biofongicide microbien n'a significativement diminué le décompte de maladies. Cependant, si Serenade et Bora n'avaient pas présenté des niveaux de maladies aussi élevés dans l'une des répétitions, leurs performances auraient peut être été comparables à celle du Double Nickel. Les écart-types (éloignement des valeurs de décomptes par rapport à la moyenne) calculés chez ces deux traitements sont aussi les plus élevés de l'essai. Est-ce qu'un facteur particulier dans les parcelles de ces répétitions a pu favoriser plus d'infections ? Des travaux récemment publiés sur la cladosporiose des framboises au Maryland (Swett et coll., 2019) rapportent qu'il faudrait porter une attention particulière aux premiers dommages causés par la drosophile à ailes tachetées (DAT). Elles pourraient causer les blessures qui favoriseraient l'entrée de *Cladosporium*. La DAT affectent cependant les fruits tendres murissants de sorte qu'elles ne peuvent pas être associées aux infections de boutons floraux et de fruits verts.

Fracture et Bioxy ne se sont pas significativement démarqués des autres traitements selon l'analyse. Ces produits pourraient cependant être inclus dans de nouveaux essais dans le but de recueillir plus d'informations sur leur comportement.

Pour les deux années, les décomptes de maladies dans les parcelles traitées avec les produits oxydants (Oxydate et Storox) ont été comparables à ceux des parcelles témoins traitées à l'eau de la ferme. L'hypothèse est soulevée que ces produits fortement oxydants auraient pu endommager les framboises et même faciliter les infections.

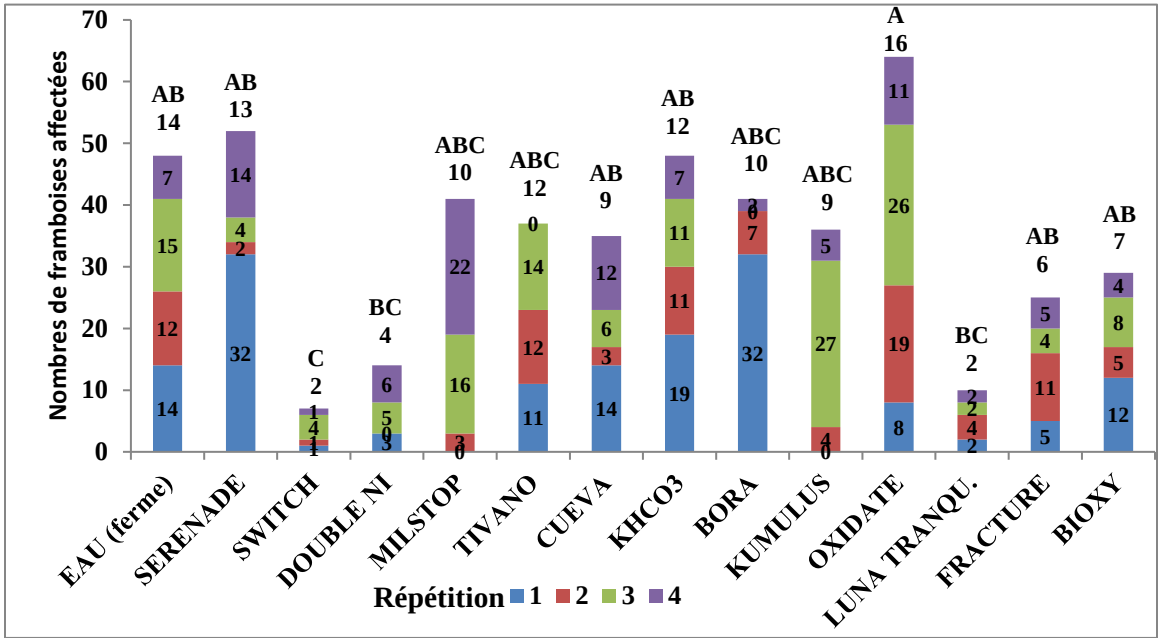


Figure 2. Nombre de framboises affectées par le complexe cladosporiose/moisissure grise en 2020 selon différents traitements fongicides. Chaque colonne représente les quatre répétitions d'un même traitement; les valeurs sont le nombre de fruits malades dénombrées sur 5 tiges annuelles d'une parcelle. Les moyennes surmontées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (test LSD de Fisher où P ≤0,05 après transformation log (x+0.1) des données)

CONNAISSANCES ACQUISES ET APPLICATIONS POSSIBLES POUR LES PRODUCTEURS

- *Cladosporium* a été le champignon constaté dominant dans les pourritures de fruits en juillet et août mais graduellement accompagné de *Botrytis* vers la fin de l'été.
- Les tests de sensibilité réalisés sur des géloses amendées de fongicides peuvent guider pour le choix des fongicides à utiliser contre *Cladosporium.*
- En plus des tests de sensibilité aux fongicides, les tests sur géloses permettent aussi de vérifier le niveau de viabilité restante des bio fongicides microbiens pour le comparer à la garantie de l'étiquette.
- Le test de sensibilité de *Cladosporium* sur les géloses amendées de fongicides a permis d'établir rapidement l'écart de comportement entre le groupe de fongicides de synthèse (Luna Tr. Switch et Rovral) et celui des biofongicides.
- Ciblant au départ la cladosporiose sur les framboises, certains traitements fongicides ont eu un effet sur le complexe fongique *Cladosporium* / *Botrytis*.
- Des biofongicides tels que Double Nickel et Sirocco pourraient offrir un potentiel d'homologation soutenant la transition vers le contrôle biologique dans les framboisières.

RETOMBÉES RÉGIONALES DU PROJET

- Le projet a mis en évidence que les premiers dommages aux framboises étaient la cladosporiose, graduellement accompagnée de moisissure grise vers l'automne.
- Les résultats de ces essais pourront être utilisés pour orienter une approche de lutte à moindre risque contre le complexe cladosporiose / moisissure grise dans les framboisières régionales.
- Les fongicides conventionnels tels que Switch et Luna Tranquility ont été ceux qui ont le plus baissé les niveaux de maladies et pourraient devenir les fongicides homologués et recommandés contre le complexe cladosporiose/moisissure grise des framboises d'automne.
- Concernant les biofongicides, le test de sensibilité sur gélose de même que l'essai au champ ont aussi démontré que certains d'entre eux comme le Sirocco, Double nickel et

même Fracture vaudraient la peine d'être encore testés afin de les inclure dans une éventuelle cédule de produits à moindre risques recommandée contre la maladie.

- Les résultats de l'essai pourront guider les conseillers agricoles aux prises avec cette problématique particulière de maladie où il n'existait pas encore de recommandations précises.
- Dans le but de soutenir les producteurs biologiques de petits fruits de la région, les résultats s'ajoutent aux sources d'informations existantes sur des essais effectués localement, particulièrement pour les biofongicides où l'information est peu disponible présentement.
- Les résultats représentent une contribution au développement des produits agricoles biologiques de la région de Québec et à la plus-value de ces produits.
- Les résultats soutiendront une meilleure rentabilité économique de la production de framboises d'automne avec des fongicides capables de réduire les pertes de fruits.

RÉFÉRENCES

Rodriguez-Rajo, R. J., Iglesias, I., Jato, V. 2005. Variation assessment of airborne *Alternaria* and *Cladosporium* spores at different bioclimatical conditions. *Mycological Res.* 109 :497-507

IRIIS phytoprotection Moisissure grise- Framboise : https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Champignon?imageId=2103

Peternel, R., Culig, J., Hrga, I. 2004. Atmospheric concentration of *Cladosporium* spp and *Alternaria* spp spores in Zagrb (Croatia) and effects of some meteorological factors. *Ann. Agric. Environ. Med*. 11 :303-307

Swett, C.L., Hamby, H.A., Helmann, E.M., Carignan, C., Bourret, T.B., Koivunen, E.E. 2019. Characterizing members of the *Cladosporium cladosporioides* species complex as fruit rot pathogens of red raspberries in the mid-Atlantic and co-occurrence with Drosophila suzukii (spotted wing drosophila) *Phytoparasitica.* (https://hambylab.weebly.com/uploads/5/4/3/8/54387061/swett2019_article_characterizingmembersoftheclad.pdf

CONTACT POUR INFORMATION

Gérard Gilbert, agr., 418 286 4239
gilbert.phytoconsultant@gmail.com

REMERCIEMENTS AU PARTENAIRE FINANCIER

Ce projet a été rendu possible grâce à une aide financière du Programme d'Appui au Développement de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire en Région (PADAAR) de la Direction régionale de la Capitale-Nationale du MAPAQ.

REMERCIEMENTS AUX AUTRES PARTENAIRES ET CONSULTANTS

Christian Hébert, pomiculteur, Le Domaine Hébert

François Demers, agr., Écolo-Max

Stéphanie Tellier, agr. Msc., MAPAQ, Direction régionale Québec Rive-nord

Maxime Delisle-Houde, agr., étudiant chercheur, faculté d'Agriculture, Université Laval

François Méthot, producteur maraîcher, Ferme François et Lise Méthot inc., St-Nicolas

Johanne Caron, M.Sc., biologiste, MDDELCC

Audrée Gilbert, soutien technique

ANNEXES

PHOTOS 7. Test de sensibilité de *Cladosporium* sur géloses amendées; quelques fongicides
Source : Gérard Gilbert

TABLEAU 4. Décompte total des framboises affectées dans les parcelles correspondant aux traitements pour les quatre blocs de l'essai en 2019

Traitement	1	2	3	4	Total	Moy.	Écart-type
EAU (ferme)	125	96	151	239	611	152	61,7
SERENADE	112	77	130	144	652	115	29
SWITCH	42	63	120	71	296	76	22
DOUBLE NI	81	102	128	124	435	108	21,7
SIRROCO	49	120	117	95	381	95	32,7
TIVANO	145	135	82	143	505	126	29,8
CUEVA	108	205	139	60	512	128	60,7
KHCO3	114	91	157	54	416	104	43
ACTINOVATE	186	126	132	80	524	131	43,4
KUMULUS	106	120	128	162	516	129	23,8
STOROX	106	117	143	186	552	138	35,5

TABLEAU 5. Décompte total des framboises affectées dans les parcelles correspondant aux traitements pour les quatre blocs de l'essai en 2020

Traitement	1	2	3	4	TOTAL	Moy.	Écart-type
EAU (ferme)	14	12	15	7	48	14	3,5
SERENADE	32	2	4	14	52	13	13,7
SWITCH	1	1	4	1	7	2	1,5
DOUBLE NI	3	0	5	6	14	4	2,6
MILSTOP	0	3	16	22	41	10	10,4
TIVANO	11	12	14	0	37	12	6,3
CUEVA	14	3	6	12	35	9	5,1
KHCO3	19	11	11	7	48	12	5
BORA	32	7	0	2	41	10	14,8
KUMULUS	0	4	27	5	36	9	12,2
OXIDATE	8	19	26	11	64	16	8,1
LUNA TRANQU.	2	4	2	2	10	2	1
FRACTURE	5	11	4	5	25	6	3,2
BIOXY	12	5	8	4	29	7	6,2