



**Rapport final**

IA215425

Évaluation de la résistance de *Sclerotinia sclerotiorum* aux fongicides en production  
légumière (laitue, carotte, haricot).

Hervé Van der Heyden

Cie de Recherche Phytodata

Février 2017

## **Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement**

### **Hervé Van der Heyden, M.Sc.**

Phytopathologiste  
Compagnie de recherche Phytodata,  
291 rue de la Coopérative, Sherrington QC, J0L 2N0,  
514-617-4986,  
[hvanderheyden@phytodata.ca](mailto:hvanderheyden@phytodata.ca)

### **Thérèse Wallon**

Compagnie de recherche Phytodata,  
291 rue de la Coopérative, Sherrington QC, J0L 2N0,  
[twallon@phytodata.ca](mailto:twallon@phytodata.ca)

### **Myriam Gagnon**

Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation  
450 679-0540, poste 8131  
[mgagnon@upa.qc.ca](mailto:mgagnon@upa.qc.ca)

## **Section 2 - Partenaires**

### **Membres du Consortium PRISME**

291 rue de la Coopérative, Sherrington, QC, J0L 2N0

Le Maraîcher A. Barbeau & Fils,  
Jardins Cousineau,  
Delfland Inc.,  
Denis Asselin (1988) Inc., Ferme Denis Coulombe Inc.,  
Ferme Louis Beauparlant Inc.,  
Gérard Asselin et Fils Ltée,  
Les Jardins A. Guérin & Fils,  
Maraîcher J.P.L. Guérin & Fils,  
Guinois & Frères,  
Les Jardins Ducharme Inc., Jardins Ste-Clotilde Inc.,  
Les Jardins Lefort Inc.,  
Les Fermes Hotte & Van Winden Inc.,  
Productions horticoles Van Winden,  
Vert Nature Inc.,  
Fédération des producteurs de fruits et légumes de transformation

## Section 3 – Fiche de transfert

### Évaluation de la résistance de *Sclerotinia sclerotiorum* aux fongicides en production légumière (laitue, carotte, haricot).

Hervé Van der Heyden et Thérèse Wallon

No de projet : IA215425

Durée : 04/2015 – 03/2017

#### FAITS SAILLANTS

*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary est l'un des champignons pathogènes les plus dévastateur et, avec ses 400 plantes hôtes, un des plus polyvalent. Il est une menace pour un grand nombre de cultures commerciales incluant le soya, la pomme de terre, le canola, la carotte, la laitue et le haricot. Les matières actives homologuées au Canada pour le contrôle des pourritures blanches dans les cultures ciblées par le projet sont : boscalid, fluopyram, penthiopyrad, fluazinam, iprodione, azoxystrobine et *Coniothyrium minitans*. Au cours des deux dernières décennies, les phénomènes de résistances aux fongicides ont été largement étudiés pour certains organismes modèles tel que *Botrytis cinerea* (un organisme de la même famille que *S. sclerotiorum*). Les niveaux de résistances rapportés pour *B. cinerea* varient d'une région à l'autre, mais sont somme toute relativement élevés. L'objectif de ce projet consistait à évaluer la résistance (ou sensibilité) de *S. sclerotiorum* à quatre classes de fongicides (strobilurines, inhibiteurs de la succinate déshydrogénase, dicarboximides, diarylamides) et à un biofongicide (*Coniothyrium minitans*). L'hypothèse à vérifier était la présence de résistance aux fongicides dans les populations de *S. sclerotiorum*. La distribution de la sensibilité de *S. sclerotiorum* aux fongicides était uni-modale avec une EC<sub>50</sub> maximale de 1.156. Toutefois les souches de *S. sclerotiorum* testées étaient insensibles au pyrimthanil avec une EC<sub>50</sub> moyenne supérieure à 10 ppm. L'exposition à *C. minitans* (Contans) a permis une réduction de 25 à 30% du potentiel de germination des souches de *S. sclerotiorum* testées.

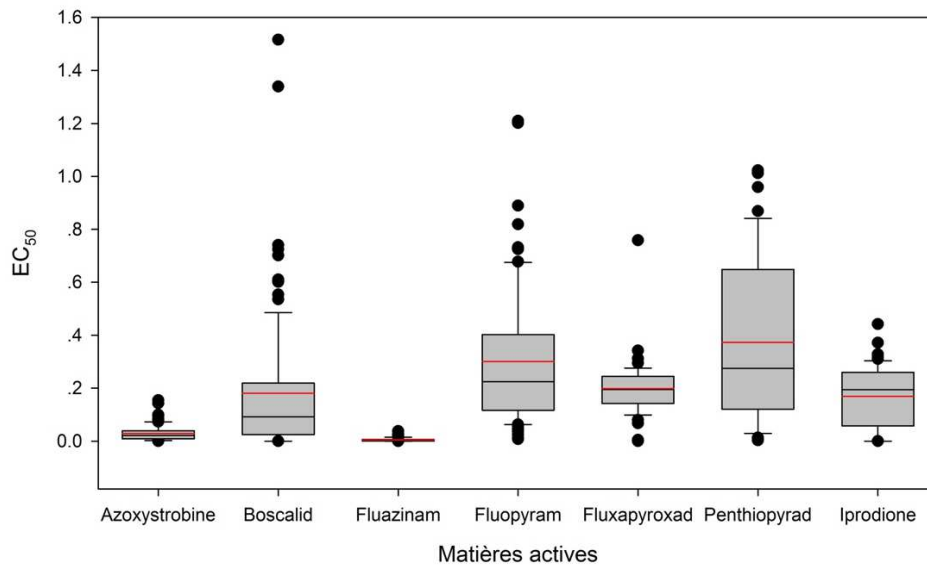
#### OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

En 2015 et 2016, des échantillons ont été prélevés dans les cultures de laitue (41 champs), carotte (5 champs), haricot (23 champs), aubergine (1 champ) et pomme de terre (1 champ). Dans chacun des champs, l'échantillonnage a été effectué selon un parcours en "Z" au cours duquel 10 échantillons ont été prélevés dans des sections de champs différentes. Chaque échantillon était constitué de 3 à 5 sclérotés provenant du même plant infecté. Les souches ont été isolées et purifiées sur PDA additionné de novobiocine. Dans le cadre de ce projet, le milieu de culture utilisé pour l'évaluation de la résistance aux fongicides des isolats recueillis était le milieu PDA additionné des fongicides suivants: Boscalid, Azoxystrobine, Iprodione, Fluopyram, Fluazinam, Fluxapyroxad, Penthiopyrad, Iprodione et Pyrimethanil. Après 48 heures d'incubation, la croissance mycélienne a été mesurée et l'inhibition a été calculée par rapport au témoin sans fongicide. La EC<sub>50</sub> (concentration qui inhibe la croissance de 50%) a été déterminée pour chaque isolat en ajustant une fonction Probit aux données.

#### RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

La distribution de la sensibilité à l'azoxystrobine, au boscalid, fluazinam, fluopyram, fluxapyroxad, penthiopyrad et à l'iprodione était uni-modale avec des EC<sub>50</sub> moyennes de

0.090, 0.191, 0.005, 0.300, 0.199, 0.373 et 0.169 ppm respectivement. Pour le boscalid, deux souches isolées de la laitue se sont avérées avoir une  $EC_{50}$  supérieure à 1 ppm (1.330 et 1.516 ppm). Ceci reflète toutefois la variation naturelle présente au sein des populations et ne constitue pas une réduction de la sensibilité. Contrairement à tous les autres fongicides testés, la sensibilité de *S. sclerotiorum* au pyriméthanil était très différente. La valeur de  $EC_{50}$  médiane était supérieure à 10 ppm. Pour plusieurs agents pathogènes caractérisés dans le cadre de projets de recherche, les isolats sensibles avaient une  $EC_{50}$  entre 0.150 et 0.200 ppm tandis que les souches résistantes avaient une  $EC_{50}$  supérieure à 10 ppm (Li et al. 2008). Finalement, l'évaluation de l'efficacité du Contans a permis de démontrer une réduction de 25 à 30% du potentiel de germination des sclérotés après incubation.



**Figure 1:** Distribution des  $EC_{50}$  pour les fongicides à l'étude.

## APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

D'autres essais sont nécessaires pour mesurer l'effet à long terme de *C. minitans* sur la germination des sclérotés de *S. sclerotiorum*, afin de déterminer le nombre de cycles ou la durée minimale d'exposition nécessaires pour inhiber complètement la croissance de *Sclerotinia*. De plus, comme les fongicides homologués contre cette maladie dans les cultures visées par l'étude semblent être efficaces, il serait important de travailler au niveau du positionnement des fongicides.

## POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Hervé Van der Heyden

Téléphone : 514-617-4986

Courriel : [hvanderheyden@phytodata.ca](mailto:hvanderheyden@phytodata.ca)

## REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

#### Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique

Aucune activité de transfert et de diffusion scientifique n'a été effectuée pendant la période de réalisation du projet. La préparation d'un article scientifique est prévue pour soumission à la revue "Canadian Journal of Plant Pathology".

#### Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs

Plusieurs présentations et conférences ont été données pour diffuser les résultats de ce projet :

1. **Van der Heyden, H.**, (Mars 2016), Résistance de *Sclerotinia sclerotiorum* aux fongicides. Journée d'information Carotte-oignon PRISME.
2. **Van der Heyden, H.**, (Mars 2016), Résistance de *Sclerotinia sclerotiorum* aux fongicides. Journée d'information Laitue PRISME.
3. **Van der Heyden, H.**, (Décembre 2016), La résistance aux fongicides chez le botrytis de l'oignon et la pourriture sclérotique. 21<sup>e</sup> édition des Journées Horticoles de St-Rémi.
4. **Van der Heyden, H.**, (Décembre 2016), Des outils de biologie moléculaire en appui aux programmes de lutte intégrée. AGA de la fédération des producteurs de fruits et légumes de transformation

#### Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats	2. Utilisateurs	3. Message	4. Cheminement des connaissances
La plupart des fongicides homologués pour le contrôle de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> sont efficaces.	Conseillers et producteurs	Bien que les fongicides soient efficaces, il est essentiel d'utiliser des stratégies d'atténuation du développement de résistance afin de maintenir l'efficacité de ceux-ci et travailler sur le positionnement des applications	Les activités de transfert prévues comprennent des présentations aux journées d'informations régionales et provinciales, la production d'une affiche de vulgarisation et la diffusion des résultats par l'entremise des sites Web des organismes de transfert.

## Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

L'échantillonnage a été réalisé sur un total de 16 fermes (Le Maraîcher A. Barbeau & Fils, Jardins Cousineau, Delfland Inc., Denis Asselin (1988) Inc., Ferme Denis Coulombe Inc., Ferme Louis Beuparlant Inc., Gérard Asselin & Fils Ltée, Les Jardins A. Guérin & Fils, Maraîcher J.P.L. Guérin & Fils, Guinois & Frères, Les Jardins Ducharme Inc., Jardins Ste-Clotilde Inc., Les Jardins Lefort Inc., Les Fermes Hotte et Van Winden Inc., Productions horticoles Van Winden, Vert Nature Inc.). Mme Myriam Gagnon et le personnel de PRISME ont participé à l'échantillonnage (ou la collecte des échantillons). Les employés de Bonduelle ont également fourni des échantillons pour la culture du haricot.

## Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique

### Introduction

*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary est un des champignons pathogènes les plus dévastateur et, avec ses 400 plantes hôtes, un des plus polyvalent. Il est une menace pour un grand nombre de cultures commerciales incluant le soya, la pomme de terre, le canola, la carotte, la laitue et le haricot. *S. sclerotiorum* est un ascomycète appartenant à la famille des *Sclerotiniaceae*, responsable de plusieurs maladies pouvant être regroupées sous le nom de pourritures blanches. Ces maladies sont caractérisées par la formation de mycélium blanc ayant un aspect cotonneux, à l'intérieur duquel on retrouve des sclérotés noirs généralement de 2 à 10 mm de diamètre. Ces sclérotés peuvent germer et infecter les plants directement, produire des ascospores qui seront disséminés par le vent ou encore rester viables dans les sols pendant plus de huit ans (Adams et Ayers, 1979). La plupart des maladies causées par *S. sclerotiorum* sont induites par les ascospores qui peuvent compléter plusieurs cycles par saison et, bien qu'ils ne produisent pas de spores asexuées, leur mode de reproduction serait principalement clonal (Kohn, 1995). Les maladies causées par *S. sclerotiorum* sont difficiles à contrôler, principalement à cause du manque de cultivars résistants (Bolton et al., 2006) et du caractère polyphage du champignon, limitant les possibilités en termes de rotations. Ainsi, le contrôle des maladies à *S. sclerotiorum* repose grandement sur l'utilisation de fongicides. Les matières actives homologuées au Canada pour le contrôle des pourritures blanches dans les cultures ciblées par le projet sont: boscalid, fluopyram, penthiopyrad, fluzinam, iprodione, azoxystrobine et *Coniothyrium minitans*.

Au cours des deux dernières décennies, les phénomènes de résistances aux fongicides ont été largement étudiés pour certains organismes modèles tel que *Botrytis cinerea* (un organisme de la même famille que *S. sclerotiorum*). Les niveaux de résistances rapportés pour *B. cinerea* varient d'une région à l'autre, mais sont somme toute relativement élevés. Pour les strobilurines par exemple, les niveaux de résistance varient de 49% à 76% à travers le monde (Fernández-Ortuño, 2012; Samuel, 2011; Weber, 2011). Au Québec, le niveau de résistance aux strobilurines est un peu plus élevé (90%) qu'ailleurs (Van der Heyden, 2012; 2013; 2014). Pour l'iprodione, les niveaux de résistances varient de 51% à 65% (Beever, 1989; Leroux, 1985; Oshima, 2002; 2006; Weber 2011) tandis qu'au Québec on retrouve en moyenne 61% de résistants (Van der Heyden, 2012; 2013; 2014). Concernant la résistance au boscalid, les niveaux rapportés varient de 20% à 62% à travers le monde et de 40% à 60% au Québec (Fernandez, 2011; Latorre, 2012; Moyano, 2003; 2004; Van der Heyden, 2012; 2013; 2014 ; Veloukas, 2011; Weber, 2011; Yin, 2011). Pour *B. squamosa*, la résistance à l'iprodione a été évaluée et varie de 8% à 42% (Carisse, 2007; Tremblay, 2003; Van der Heyden, 2014). En Ontario, il a également été démontré que l'utilisation répétée du

propiconazole occasionnait l'acquisition de résistances chez *Sclerotinia homoeocarpa* (Hsiang et al., 2007).

Il existe assez peu d'information actuellement en ce qui a trait au phénomène de résistance pour *S. sclerotiorum*. Cependant, tout comme *B. cinerea*, il s'agit d'un organisme polyphage ayant des cycles de reproduction asexuée. Il est donc fort probable que des résistances soit également observées. Dès 1979, soit quelques années seulement après son introduction, étaient rapportés les premiers cas de résistance de *S. sclerotiorum* à l'iprodione (Rovral) (Pommer, 1987). Pour les fongicides de la famille des benzimidazoles (Benlate), c'est en 1997 que les premiers cas de résistance ont été rapportés (FRAC, 2013). Plus récemment, des mécanismes de résistance aux phénylpyrroles (Switch) ont été identifiés (Duan, 2014), alors que pour boscalid (Cantus), des cas de résistance ont été associés à une mutation sur la sous-unité D de la succinate déshydrogénase (SDH) (Glattli et al 2009; Stammler et al., 2011) tandis que Wang et al. (2015) l'ont associé à une mutation située sur la sous-unité B de la SDH. *Coniothyrium minitans*, l'ingrédient actif du fongicide Contans, est utilisé pour lutter contre *Sclerotinia sclerotiorum* depuis plusieurs années en Europe et aux États-Unis, mais encore assez peu au Québec. C'est un mycoparasite obligatoire qui attaque uniquement les sclérotés des ascomycètes, réduisant rapidement l'inoculum des sols (Chitrampalam, 2011). Ce biofongicide n'est pas assujéti au phénomène de résistance à proprement dit, mais l'agressivité du micro-organisme peut varier d'une souche de *Sclerotinia* à l'autre (Gerlash, 1999; Wenting, 2012).

Depuis l'introduction des fongicides uni-sites à la fin des années 70, le phénomène de résistance a graduellement fait son apparition jusqu'à devenir un problème de taille pour l'agriculture moderne. Le phénomène de résistance aux fongicides est le résultat d'un processus évolutif au cours duquel des génotypes avantageux sont sélectionnés, conférant aux individus une diminution de la sensibilité à un fongicide (Leroux, 1999). Au niveau des populations, la résistance aux fongicides survient quand un fongicide devient inefficace à cause de la présence d'individus résistants au sein de la population. Plusieurs mécanismes de résistance ont été identifiés, soit la détoxification, une exsorption accrue ou une réduction de l'affinité du fongicide pour sa cible (Leroux, 2010). Ce dernier mécanisme est le plus courant chez les champignons phytopathogènes. Il est causé par une ou plusieurs mutations au niveau du génome de l'organisme, ce qui a pour effet de modifier la structure de la cible, réduisant ainsi l'efficacité du fongicide. Dépendamment de la position de ces mutations sur le gène cible, on observe différents niveaux de réduction de l'efficacité pour un même fongicide; on parle alors d'insensibilité. Afin d'évaluer cette baisse d'efficacité d'un fongicide, on utilise généralement une population de champignons n'ayant jamais été exposée au fongicide étudié (généralement avant l'introduction du fongicide sur le marché) afin d'en déterminer la sensibilité de base. Un grand nombre d'individus sont alors isolés puis cultivés sur un milieu artificiel amendé avec différentes concentrations du fongicide à l'étude (Russel, 2004). Pour le boscalid par exemple, des concentrations de 0, 0.01, 0.03 et 1.0 mg/L sont utilisées (Stammler, 2007). La  $EC_{50}$  (ou plus petite concentration inhibant la croissance mycélienne de 50%) est alors calculée. Ainsi, il a été démontré dans plusieurs régions du monde que la sensibilité de base de *S. sclerotiorum* pour ce fongicide varierait entre 0.1-0.2mg/L (Xin, 2009; Jones 2011), tandis que pour l'iprodione elle se situerait plutôt autour de 0.4mg/L (Xin, 2009).

L'objectif de ce projet consistait à évaluer la résistance (ou sensibilité) de *Sclerotinia sclerotiorum* à quatre classes de fongicides (strobilurines, inhibiteurs de la succinate déshydrogénase, dicarboximides et diarylamides) et à un biofongicide (*Coniothyrium*

*minitans*). L'hypothèse à vérifier était la présence de résistance aux fongicides dans les populations de *S. sclerotiorum*.

## Matériel et méthode

**Échantillonnage et isolation :** En 2015 et 2016, des échantillons ont été prélevés dans les cultures de laitue (41 champs), carotte (5 champs), haricot (23 champs), aubergine (1 champ) et pomme de terre (1 champ). Dans chacun des champs, l'échantillonnage a été effectué selon un parcours en "Z" au cours duquel 10 échantillons ont été prélevés dans des sections de champs différentes. Chaque échantillon était constitué de 3 à 5 sclérotés provenant du même plant infecté. Dès leur prélèvement, les échantillons ont été maintenus au frais dans une glacière puis entreposés à 4°C jusqu'à utilisation. Au laboratoire, chaque sclérote a été rincé à l'eau distillée individuellement, puis désinfecté à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium à une concentration de 1%. Les sclérotés ont ensuite été rincés de nouveau à l'eau distillée, asséchés puis mis en culture sur boîte de pétri contenant un milieu complet additionné de novobiocine à 100 mg/ml. Les isolats ont été cultivés dans le noir pendant trois jours à 20°C, période après laquelle ils ont de nouveau été repiqués sur un milieu complet additionné de novobiocine. Cette dernière étape a été répétée jusqu'à l'obtention d'une culture pure.

**Tests de résistance :** Dans le cadre de ce projet, le milieu de culture utilisé pour l'évaluation de la résistance aux fongicides des isolats recueillis était le milieu PDA. Le jour même de l'expérimentation, les milieux ont été préparés, stérilisés et les différents fongicides ont été ajoutés lorsque la température du milieu de culture atteignait une température de 60°C. Les fongicides ont été dissous préalablement dans l'acétone à une concentration de 2 mg/ml. Les témoins sans fongicides ont été préparés de la même façon en ajoutant un volume d'acétone équivalent au milieu de culture (l'acétone qui a un point d'ébullition de 56°C, s'évapore au contact du milieu de culture encore chaud). Les milieux ont été versés dans des plats de pétris de 60 mm. À partir des isolats de 3 jours cultivés sur PDA, une pièce circulaire de 6 mm de diamètre a été déposée au centre de chaque pétri. Les plaques ont ensuite été scellées et incubées dans le noir pendant 48h à 18-20°C. Tous les tests de résistances ont été réalisés en triplicata.

Les 9 matières actives suivantes ont été évaluées :

- Boscalid (0, 0.1, 0.5, 1, 5 et 10 ppm)
- Azoxystrobine (0, 0.1, 0.5, 1, 5 et 10 ppm)
- Iprodione (0, 0.5, 1.5, 10 et 50 ppm)
- Fluopyram (0, 0.1, 0.5, 1, 5 et 10 ppm)
- Fluazinam (0, 0.001, 0.01, 0.1, 1 et 10 ppm)
- Fluxapyroxad (0, 0.1, 0.5, 1, 5 et 10 ppm)
- Penthiopyrad (0, 0.1, 0.5, 1, 5 et 10 ppm)
- Iprodione (0, 0.1, 0.5, 1, 5 et 10 ppm)
- Pyrimethanil (0, 0.1, 0.5, 1 5 et 10 ppm)

Après les 48 heures d'incubation, la croissance mycélienne a été mesurée. L'inhibition a été calculée par rapport au témoin sans fongicide (1- (le diamètre moyen des isolats exposés/le diamètre moyen des témoins non exposés) et exprimée en pourcentage. La  $EC_{50}$  (concentration qui inhibe la croissance de 50%) a été déterminée pour chaque isolat en ajustant une fonction Probit aux données (PROC PROBIT, SAS 9,3). Une



analyse de corrélation de Pearson a également été utilisée pour vérifier la présence de résistance croisée entre les différentes matières actives.

**Sensibilité à *Coniothyrium minitans*** : Pour chaque isolat testé, 25 sclérotés ont été prélevés sur les milieux de culture purifiés. Ces sclérotés ont été placés à la surface de pots carrés de 10 cm de côté remplis de terreau d'empotage stérile, puis recouverts d'une solution de *C. minitans* et un volume de 100ml d'eau distillée a été appliqué à la surface des contrôles. Les pots ont été placés à 20°C à une photopériode de 14h pendant une période de 4 semaines, pendant laquelle le sol a été maintenu humide. À terme, les sclérotés ont été récupérés par tamisage, lavés à l'hypochlorite de sodium 1%, rincés à l'eau distillée puis mis en culture sur PDA. Le pourcentage de sclérotés viables a été estimé en évaluant le nombre de sclérotés produisant du mycélium et le nombre de sclérotés infectés par *C. minitans* par la présence de pycnides noires à leur surface.

## Résultats

La distribution de la sensibilité à l'azoxystrobine était uni-modale avec une EC<sub>50</sub> moyenne de 0.09 ppm (tableau 1). Au total, 75% des souches avaient une EC<sub>50</sub> inférieure à 0.039 ppm et la valeur maximale obtenue était de 0.155 ppm. Pour le boscalid, la EC<sub>50</sub> moyenne était de 0.191 ppm et 75% des souches recueillies avaient une EC<sub>50</sub> inférieure à 0.221 ppm. Pour cette matière active, deux souches isolées de la laitue se sont avérées avoir une EC<sub>50</sub> supérieure à 1 ppm (1.330 et 1.516 ppm). Ceci reflète toutefois la variation naturelle présente au sein des populations et ne constitue pas une réduction de la sensibilité. Pour le fluazinam, la EC<sub>50</sub> moyenne était de 0.005 ppm et 75% des souches recueillies avaient une EC<sub>50</sub> inférieure à 0.007 ppm. De la même façon, pour les matières actives fluopyram, fluxapyroxad, penthiopyrad et iprodione, la EC<sub>50</sub> moyenne était de 0.300, 0.199, 0.373 et 0.169 ppm et 75% des souches recueillies avaient une EC<sub>50</sub> inférieure à 0.395, 0.242, 0.576 et 0.258 ppm, respectivement (Tableau 1).

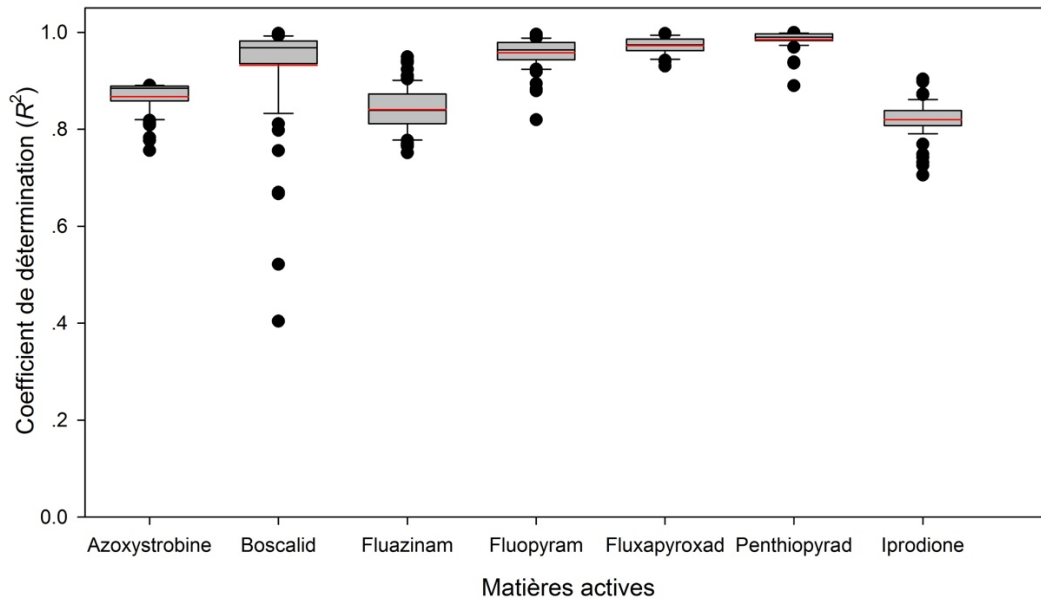
Contrairement à tous les autres fongicides testés, la sensibilité de *S. sclerotiorum* au pyriméthanil était très différente. La valeur de EC<sub>50</sub> médiane était supérieure à 10 ppm. Pour plusieurs agents pathogènes caractérisés dans le cadre de d'autres recherches, les isolats sensibles avaient une EC<sub>50</sub> entre 0.150 et 0.200 ppm tandis que les souches résistantes avaient une EC<sub>50</sub> supérieure à 10 ppm (Li et al. 2008).

**Tableau 1:** Statistiques descriptives pour la distribution de la sensibilité des souches de *Sclerotinia sclerotiorum* aux fongicides.

Statistic	Azoxystrobine	Boscalid	Fluazinam	Fluopyram	Fluxapyroxad	Penthiopyrad	Iprodione	Pyriméthanil
Minimum	1.52E-05	2.56E-16	7.76E-10	7.81E-03	5.37E-05	0.003	4.34E-16	4.580
Maximum	0.155	1.516	0.038	1.209	0.759	1.023	0.442	>10
1st Quartile	0.009	0.033	0.001	0.118	0.143	0.130	0.058	>10
Median	0.022	0.097	0.003	0.225	0.195	0.275	0.194	>10
3rd Quartile	0.039	0.221	0.007	0.395	0.242	0.576	0.258	>10
Mean	<b>0.029</b>	<b>0.191</b>	<b>0.005</b>	<b>0.300</b>	<b>0.199</b>	<b>0.373</b>	<b>0.169</b>	<b>&gt;10</b>
Variance (n-1)	0.001	0.066	0.000	0.065	0.012	0.094	0.013	14263978.320
Standard deviation (n-1)	0.030	0.257	0.007	0.255	0.111	0.307	0.112	3776.768

Finalement, l'évaluation de l'efficacité du Contans a permis de démontrer une réduction de 25 à 30% du potentiel de germination des sclérotés après incubation.

Le modèle logistique utilisé pour estimer la  $EC_{50}$  était approprié pour l'ensemble des combinaisons souches/pesticides. Les valeurs de  $R^2$  obtenues étaient toutes supérieures à 0.8 sauf pour 4 souches testées pour boscalid (figure 2).



**Figure 2 :** Distribution des coefficients de détermination  $R^2$  obtenus lors de l'ajustement du modèle logistique servant au calcul de la  $EC_{50}$ .

## Conclusion

En conclusion, ce projet a permis de mettre au point une méthode de phénotypage rapide pour évaluer la  $EC_{50}$  de *Sclerotinia sclerotiorum* à différents fongicides. Des données de base concernant la sensibilité de cet agent pathogène ont donc été générés ce qui servira de point de référence pour le suivi des résistances ou d'insensibilité. Les résultats obtenus permettent d'affirmer que cet agent pathogène est sensible à toutes les matières actives testées sauf pour ce qui est du pyrimethanil.