

**Considération de la sensibilité des cultivars d'oignons secs dans les systèmes d'aide à la décision
pour le contrôle de la brûlure de la feuille, *Botrytis squamosa***

PHYD-1-14-1703

Avril 2015-Mars 2018

RAPPORT final

Mars 2018

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.

Considération de la sensibilité des cultivars d'oignons secs dans les systèmes d'aide à la décision pour le contrôle de la brûlure de la feuille, *Botrytis squamosa*

PHYD-1-14-1703

RÉSUMÉ DU PROJET

La brûlure de la feuille, causée par *Botrytis squamosa*, est l'une des plus importantes maladies de l'oignon au Québec. Elle cause chaque année des pertes de rendement qui peuvent atteindre plus de 50 % lorsque les conditions sont favorables. Le contrôle de la brûlure de la feuille repose actuellement sur l'application de 7 à 10 fongicides par saison. Une approche de lutte intégrée unique a été développée au Québec au cours de la dernière décennie. Cette approche basée sur le suivi combiné de l'inoculum aérien et des conditions météorologiques favorables a permis de diminuer de près de 20 % l'utilisation des fongicides par rapport à la période précédant son introduction. Toutefois, des gains supplémentaires pourraient être faits si la sensibilité de l'hôte était prise en considération. Conséquemment, la connaissance de la sensibilité des cultivars d'oignon à *B. squamosa* devrait faire partie de notre stratégie intégrée de gestion. Au Québec, plus de 40 cultivars d'oignon sec sont utilisés, mais leur sensibilité aux maladies foliaires n'est pas documentée. L'objectif général de ce projet consistait donc à évaluer le potentiel de réduction de l'utilisation des fongicides d'un programme de lutte intégrée qui tiendrait compte de la sensibilité des cultivars pour lutter contre la brûlure de la feuille de l'oignon (*Botrytis squamosa*). Les résultats obtenus suggèrent que les seuils d'intervention de 50 et 80 du modèle de sporulation peuvent être modifiés en fonction de la sensibilité du cultivar d'oignon choisi, et cela sans influencer les niveaux de maladies ni compromettre les rendements. Dans le cadre de ce projet, une réduction des applications de fongicides de 10 % a été obtenue en regroupant et en traitant séparément les cultivars sensibles des cultivars ayant une tolérance modérée et une réduction de 26 % a été obtenue en regroupant et en traitant séparément les cultivars sensibles des cultivars tolérants.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif de ce projet consistait à évaluer le potentiel de réduction de l'utilisation des fongicides d'un programme de lutte intégrée en incluant la sensibilité des cultivars pour lutter contre la brûlure de la feuille de l'oignon (*Botrytis squamosa*). Pour y arriver, 3 sous-objectifs ont été élaborés : 1) adapter un protocole standardisé d'évaluation de la sensibilité des cultivars d'oignons à *B. squamosa* qui permettra d'effectuer un classement des cultivars courants et à venir; 2) évaluer la sensibilité des différents cultivars d'oignons secs en production au Québec; 3) combiner la sensibilité des cultivars aux indices de risque d'infection obtenus à l'aide d'un modèle bioclimatique d'infection. La sensibilité des cultivars d'oignon a été évaluée en inoculant des plants au stade quatre feuilles avec une suspension contenant 12 500 spores/ml. Après une période d'incubation de 96 h, le nombre de taches par plant était compté. L'expérience a été conduite à 6 reprises en conditions contrôlées. Au total, quatre sites d'essai au champ ont été implantés en conditions commerciales en 2016 et 2017. Comme prévu dans le protocole, les sites ont été semés selon un dispositif en blocs aléatoires complets avec quatre réplicats par traitement. Les deux cultivars sensibles choisis étaient Frontier et Trekker, les deux cultivars modérément tolérants étaient Montclair et Tenshin alors que les cultivars tolérants étaient Montaineer et Hades. En plus de leur sensibilité, ces cultivars ont été sélectionnés en fonction du temps de croissance; ces 6 cultivars prennent entre 95 et 105 jours du semis à la récolte. Une station météo de type WatchDog (Spectrum) a été installée en bordure des sites pour recueillir les données de température, d'humidité relative et les précipitations. Les indices de risque ont été prédits en temps réel à l'aide du modèle de Lacy modifié (Carisse, 2012). Pour les cultivars sensibles, les seuils d'intervention utilisés étaient un seuil de 50 pour l'utilisation d'un fongicide protecteur et 80 pour un fongicide pénétrant; les seuils ont été augmentés à 60/85 pour les cultivars modérément tolérants et à 70/90 et pour les cultivars tolérants. Une évaluation des symptômes de

Botrytis squamosa a été réalisée après chaque application et les données ont été soumises à une analyse de variances suivie d'un test de comparaisons multiples de Tukey.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

1) Adapter un protocole standardisé d'évaluation de la sensibilité des cultivars d'oignons à *B. squamosa* qui permettra d'effectuer un classement des cultivars courants et à venir.

La production de conidies à partir des sclérotés a été réalisée selon un protocole adapté de Tremblay et al. (2003). En résumé, les sclérotés de *B. squamosa* produits sur milieu de culture PDA sont prélevés, stérilisés à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium 1 % et rincés à l'eau distillée. Les sclérotés sont ensuite déposés sur deux papiers-filtres légèrement humides placés au fond d'un pétri scellé de 90 mm. Les sclérotés sont ensuite conditionnés dans le noir à 10°C. Après ce conditionnement, les sclérotés sont mis sur des nouveaux pétris contenant deux papiers-filtres humides et placés à 18°C pendant une période de 5 à 7 jours. La production de conidies peut débuter après seulement 1 mois de conditionnement et semble être optimale après un conditionnement de 3 mois (Figure 1).



Figure 1 : Sporulation des sclérotés de *Botrytis squamosa* après un conditionnement de : a) 1 mois, b) 2 mois et c) 3 mois et plus.

Ainsi, après trois mois de conditionnement, les conidies produites peuvent être recueillies (entre 85 000 à 120 000 conidies/ml) et utilisées pour réaliser les tests d'inoculation. L'inoculation a été réalisée dans une enceinte de plexiglas de 0,216 m³, refroidie à l'air froid pour obtenir une température de 18°C et une humidité relative ajustée à 90 % (Figure 2). Les plants utilisés pour les tests de sensibilité avaient 4 feuilles et la plus faible concentration de spores permettant d'obtenir des lésions isolées (comptables) était de 12 500 spores/ml (les concentrations testées variaient de 12 500 à 75 000 spores/ml) (Figure 2). Les plants ont été placés dans l'enceinte 24 h avant de procéder pour s'assurer que les conditions soient optimales au moment de l'inoculation. Immédiatement avant l'inoculation, une quantité de 20 ml d'eau distillée a été pulvérisée dans l'enceinte pour que des gouttelettes d'eau soient en suspension dans l'air au moment de l'inoculation (Figure 2). Celle-ci a été réalisée à l'aide d'un atomiseur à une pression de 20 psi. Le comptage des lésions a été fait 96 h après l'inoculation.

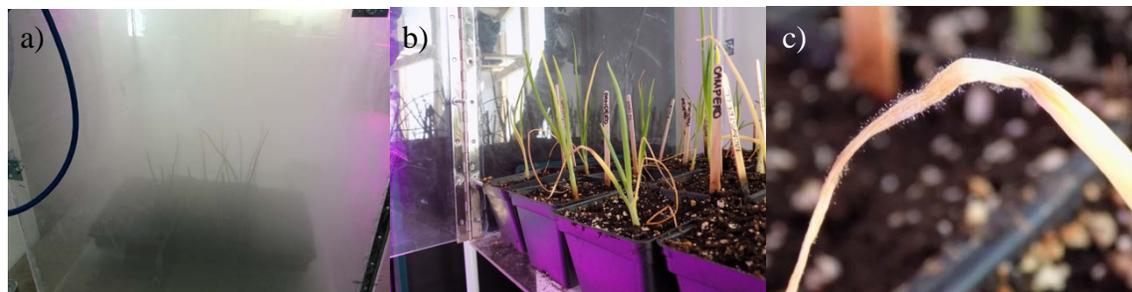


Figure 2 : Exemple de dispositif. A) Enceinte d'inoculation ; B) Plants d'oignons après inoculation et C) sporulation sur une feuille sénescence après 8 jours d'incubation.

2) Évaluer la sensibilité des différents cultivars d'oignons secs en production au Québec.

L'analyse de variance a révélé une différence significative entre les cultivars ($P < 0,001$) pour le nombre de lésions par plant. Le test de comparaisons multiples de Tukey quant à lui révèle que la réponse de la plante à l'inoculation par *B. squamosa* se traduit par un continuum de sensibilités (Tableau 1). La variété Redwing s'est avérée être la plus sensible tandis que la plus tolérante était la variété Alpine (Tableau 1). De façon générale, les variétés rouges et espagnoles (ex. : Redwing, Red Nugent, Pandero) semblent être plus sensibles alors que les variétés les plus hâtives (ex. Alpine, Forum, Highlander) semblent plus tolérantes. À partir de ces résultats, six variétés ont été sélectionnées à l'intérieur de ce gradient de sensibilité pour les essais au champ, soit 2 variétés à gauche du spectre, 2 variétés au centre et 2 variétés à droite du spectre (variétés en caractère gras dans le tableau 1). Les variétés à l'extrémité droite du spectre (les plus sensibles) ont été mises de côté en raison de leur longue maturité comparativement aux autres variétés.

Tableau 1 : Résultats des tests de sensibilité des cultivars d'oignon au *Botrytis squamosa*.

Variété	Nombre de lésions par feuille	Variété	Nombre de lésions par feuille	Variété	Nombre de lésions par feuille	Variété	Nombre de lésions par feuille
Alpine	0.008 d	SV7904	0.413 cd	Dawson	0,551 bcd	Patterson	0,699 abcd
7408	0.162 d	Starter	0.417 cd	Red beret	0,571 bcd	Belmar	0,703 abcd
Timberline	0.170 d	Hamlet	0.435 bcd	Red bull	0,577 bcd	Delgado	0,730 abcd
Cruiser	0.282 d	Montero	0.438 bcd	Lasalle	0,585 bcd	Red zeppelin	0,737 abcd
Traverse	0.320 d	Scorpion	0.442 bcd	Red emperor	0,606 abcd	Cabernet	0,801 abcd
Forum	0.340 d	Gunnison	0.448 bcd	Trekker	0,608 abcd	SV4252	0,829 abcd
Hades	0.355 d	Norstar	0.453 bcd	Red sky	0,613 abcd	Red Carpet	0,835 abcd
Eric the Red	0.355 d	Aruba	0.454 bcd	Frontier	0,617 abcd	Jett	0,861 abcd
Monastrell	0.357 d	Pontiac	0.457 bcd	Ruby ring	0,626 abcd	T-439	0,884 abcd
Prospector	0.358 d	Stanley	0,501 bcd	Buenavista	0,635 abcd	Red hawk	0,992 abcd
Highlander	0.377 d	Cartier	0,522 bcd	Fortress	0,642 abcd	Condor	1.087 abcd
Ranchero	0.382 d	Trail blazer	0,533 bcd	Huntington	0,659 abcd	Campero	1.349 abcd
Ceresco	0.399 cd	Adventure	0,534 bcd	Countach	0,660 abcd	Pandero	1.829 abc
Ascent	0.408 cd	Montclair	0,535 bcd	SV4643	0,662 abcd	Red Nugent	1.862 ab
Mountaineer	0.412 cd	Red Devil	0,538 bcd	Nun 9005	0,673 abcd	Redwing	2.028 a
RidgeLine	0.413 cd	Tenshin	0,542 bcd	Marengo	0,686 abcd		

3) Combiner la sensibilité des cultivars aux indices de risque d'infection obtenus à l'aide d'un modèle bioclimatique d'infection.

L'essai au champ a été réalisé en 2016 (1 site) et 2017 (3 sites) selon un dispositif en blocs aléatoires complets (Figure 4, annexe 1). La saison 2016 n'a pas été très propice au développement de la brûlure de la feuille, seulement trois périodes de risque modéré (indice de risque entre 50 et 80) ont été répertoriées (7 juin, 13 juin et 25 juillet) pendant la période de production du site, soit entre le 1^{er} juin et 20 août (Figure 5a, annexe 2). Ainsi, seulement trois applications de mancozeb à 2,25 kg/ha ont été réalisées au cours du projet. En moyenne, le nombre de lésions de *B. squamosa* par feuille n'a pas été supérieur à 1,2 pour la feuille haute et 1,1 pour la feuille basse, et ce, à la dernière évaluation. Des symptômes ont été observés le 13 juillet, entre la deuxième et la troisième application et après la troisième application (Figure 6, annexe 3), mais aucune différence significative entre les six variétés n'a été révélée ($P=0,971$ et $P=0,991$).

En 2017, trois sites d'essais ont été implantés chez trois producteurs. Contrairement à 2016, les semis d'oignon ont été faits par le personnel de Phytodata à l'aide d'un semoir Clean seeder JP1. De façon générale, la saison 2017 a été beaucoup plus propice au développement de la maladie qu'en 2016 (Figure 7, Annexe 4). Les indices de sporulation ont dépassé le seuil de 50 à 6 reprises pour les sites 1 et 2 et à 7 reprises pour le site 3 tandis qu'il a dépassé la barre des 80 deux fois pour les sites 1, 2 et 3 (Figure 5b-c, annexe 2). Pour le premier site, l'analyse des résultats par date a permis de révéler des différences significatives pour cinq dates d'évaluation. Les résultats obtenus sont contradictoires, puisque les différences au niveau du nombre de lésions par feuille

sont entre les traitements 5 et 6 (même classe de sensibilité) pour les évaluations du 17, 21 et 25 juillet, entre les traitements 5, 4 et 6 pour l'évaluation du 8 août et entre les traitements 3 et 4 pour l'évaluation du 14 août (même classe de sensibilité). Pour le second site, une seule date d'évaluation (le 25 juillet) était significative, le traitement 1 avait beaucoup moins de taches que le traitement 6. Pour le troisième site, aucune différence n'a été observée entre les traitements pour les différentes variétés. L'aire sous la courbe de progression de la maladie (AUDPC) représente une mesure de l'intensité de la maladie dans le temps. Cette méthode permet d'inclure toutes les dates d'échantillonnage recueillies au cours de l'essai. Pour la calculer, la méthode trapézoïdale a été sélectionnée. Elle consiste à dissocier la variable temporelle et à calculer l'intensité moyenne de la maladie entre chaque paire de points temporels adjacents (Madden et al. 2007). L'AUDPC a été calculée pour la plus jeune feuille mature (FH) et pour la plus vieille feuille encore verte (FB). Pour le site 1, l'AUDPC_{FH} calculée avec le nombre de lésions pour la feuille haute est considérablement plus élevée pour le traitement 4 par rapport aux traitements 1, 2 et 5 (Tableau 2A). L'AUDPC_{FB} calculé avec le nombre de lésions pour la feuille basse est également beaucoup plus élevé pour le traitement 4 par rapport aux autres traitements. Toutefois, la densité d'oignons était considérablement plus élevée pour les traitements T4 et T5. Pour le second site, aucune différence significative n'a été révélée lors de l'analyse de variances (Tableau 2B). Pour le troisième site, seule l'AUDPC_{FH} était beaucoup plus élevée pour le traitement 6 par rapport aux autres traitements (Tableau 2C).

Tableau 2 : Aire sous la courbe de développement de la brûlure de la feuille de l'oignon causée par *Botrytis squamosa* pour A) le site 1, B) le site 2 et C) le site 3.

A) Traitement	AUDPC FH	AUDPC FB	B) Traitement	AUDPC FH	AUDPC FB	C) Traitement	AUDPC FH	AUDPC FB
Sensible 1	9,79 c	18,74 b	Sensible 1	4,86	0,42	Sensible 1	10,90 b	1,33
Sensible 2	11,56 bc	32,48 b	Sensible 2	6,30	0,22	Sensible 2	9,56 b	0,66
Modéré 3	18,85 ab	48,56 b	Modéré 3	7,20	1,13	Modéré 3	10,75 b	3,38
Modéré 4	26,13 a	115,75 a	Modéré 4	10,33	1,14	Modéré 4	15,24 b	2,57
Tolérant 5	6,36 c	31,68 b	Tolérant 5	7,73	0,61	Tolérant 5	10,89 b	2,33
Tolérant 6	19,64 ab	35,85 b	Tolérant 6	12,46	2,06	Tolérant 6	24,66 a	5,83
Pr > F	0,005	0,015	Pr > F	0,135	0,053	Pr > F	0,020	0,190

Au niveau des rendements, les données ne sont disponibles que pour les sites 1 et 3. En effet, le 4 août 2017 des précipitations dépassant 250 mm ont rendu impossible l'accès au site 2 pendant plusieurs semaines et lors de son retrait, l'eau a emporté avec elle une partie des oignons présents dans le site, la récolte n'a donc pas eu lieu. Pour le site 1, les traitements 4 et 5 ont donné un rendement total plus élevé que les traitements 2, 3 et 6 (tableau 3A) alors que le pourcentage d'oignons vendables était plus élevé pour les traitements 1, 2 et 3 par rapport aux traitements 4 et 5 (Tableau 3A), qui avaient toutefois une plus grande proportion d'oignons trop petits pour être commercialisés. Toutefois, dès la levée, la densité était près de deux fois plus élevée dans les traitements 4 et 5 par rapport aux autres traitements. Pour ce site, il n'y avait aucune différence au niveau des pourritures. Pour le site 3, il n'y avait aucune différence entre le rendement total et le pourcentage de rejets pour cause de pourriture tandis que le pourcentage d'oignons vendables était considérablement plus élevé pour le traitement 1 par rapport aux traitements 3 et 6 (Tableau 3B). Il n'est donc pas possible, à la lumière de ces résultats, de conclure qu'un traitement ou un autre a un impact sur le rendement ou sur la qualité. Aucune différence significative n'a été décelée pour les rendements vendables.

Tableau 3 : Rendement total en tonnes par hectare, et pourcentage d'oignons vendables et de rejets pour cause de pourriture pour A) le site 1 et B) le site 3.

A) Traitement	Rendement total	% vendable	% pourris	B) Traitement	Rendement total	% vendable	% pourris
Sensible 1	42.69 ab	87.29 a	3.88	Sensible 1	37,08	87.68 a	1.75
Sensible 2	33,81 b	90.47 a	1.98	Sensible 2	31,78	82.74 ab	10,88
Modéré 3	36,67 b	90.03 a	3.05	Modéré 3	29,03	72.24 bc	7,82
Modéré 4	54.86 a	76,10 b	5,16	Modéré 4	45,59	73,37 abc	14,24
Tolérant 5	54.57 a	75,78 b	2,06	Tolérant 5	33,60	80.37 ab	8,44
Tolérant 6	33,85 b	83.32 ab	5,62	Tolérant 6	34,41	59,89 c	17,75
Pr > F	0,028	0,012	0,813	Pr > F	0,210	0,037	0,11

Conclusion

L'indice de sporulation de Lacy, corrigé par Carisse et al. (2012), permet d'obtenir de façon générale un bon contrôle de la brûlure de la feuille de l'oignon. Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet suggèrent tout d'abord que la sensibilité des cultivars d'oignons est variable et, bien qu'un gradient soit rencontré, il est possible de les classer en trois catégories de sensibilité. Ensuite, ces résultats suggèrent également que les seuils d'intervention de 50 et 80 du modèle de sporulation peuvent être modifiés en fonction de la sensibilité du cultivar d'oignon choisi et cela sans influencer les niveaux de maladies ni compromettre les rendements.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Avec plus de 5500 acres en culture, le Québec est la deuxième plus importante province productrice d'oignons avec près de 39 % de la production canadienne. Chaque année, une trentaine de cultivars sont utilisés par les producteurs et les semis sont généralement organisés en fonction de la date de récolte. L'approche développée dans le cadre de ce projet propose plutôt d'organiser les semis d'oignon en fonction de leur classe de sensibilité, particulièrement en ce qui concerne les oignons tolérants et sensibles. Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet suggèrent en effet qu'une réduction des applications de fongicides de 10 % pourrait être envisageable en regroupant et en traitant séparément les cultivars sensibles des cultivars ayant une tolérance modérée et une réduction pouvant aller jusqu'à 26 % en regroupant et en traitant séparément les cultivars sensibles des cultivars tolérants (Figure 3).

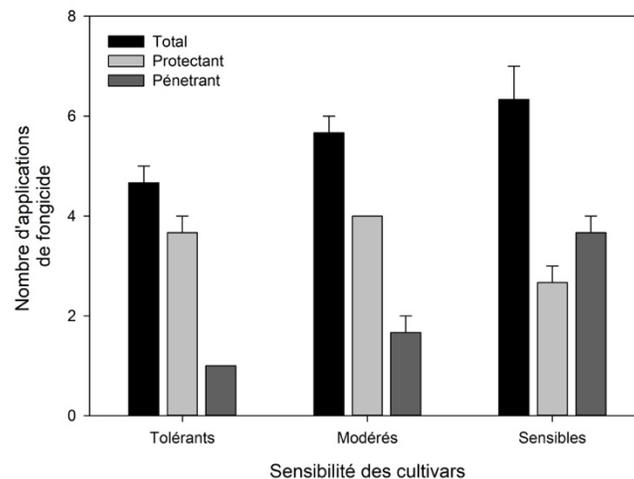


Figure 3 : Potentiel de réduction de l'utilisation des fongicides en fonction de la sensibilité des différents cultivars d'oignon.

L'utilisation de cette approche permettrait aussi aux producteurs de réduire leur utilisation de fongicides pénétrants et de baser leur stratégie d'intervention sur l'utilisation de fongicides protecteurs, beaucoup moins coûteux, particulièrement pour les variétés tolérantes. Cette approche, qui s'inscrit dans un programme de lutte intégrée, permettrait donc de réduire le nombre d'applications de fongicides, en plus de réduire les coûts de production liés à leur utilisation.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Ce projet a fait l'objet d'une présentation d'introduction aux producteurs de la Montérégie-Ouest à la première année du projet. Les producteurs d'oignon ont également été rencontrés individuellement pour discuter de l'approche, sélectionner les sites d'essais et discuter des résultats en cours de saison. Lorsque la fiche de transfert aura été approuvée, elle sera déposée dans la section publications du site de PRISME et sera ainsi disponible à tous les producteurs d'oignon. De plus, pour favoriser la diffusion à un plus grand nombre, la fiche sera également envoyée au CRAAQ pour qu'elle soit déposée sur le site d'Agri-Réseau ainsi qu'au PELI pour alimenter la revue de littérature en lutte intégrée. Les résultats seront intégrés à une présentation prévue dans le cadre des journées d'information du PRISME au début du mois de mars 2018.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Hervé Van Der Heyden, M.Sc.

Phytopathologie et épidémiologie quantitative

Phytodata

291 rue de la Coopérative

Sherrington

514-617-4986

hvanderheyden@phytodata.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé en vertu du volet 4 du programme Prime-Vert 2013-2018 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021. L'équipe de réalisation du projet tient à le remercier pour ce soutien financier, sans lequel le projet n'aurait pu se concrétiser. L'équipe de réalisation souhaite également remercier les fermes participantes : Production horticole Van Winden, Les Jardins A. Guérin & Fils et le Maraîcher J.P.L. Guérin & Fils inc., l'équipe du centre de recherche et de développement en horticulture (CRDH), toute l'équipe du PRISME et de Phytodata inc., particulièrement à Anne-Marie Fortier ainsi que tous les étudiants d'été ayant participé au projet.

Annexe 1 : dispositif expérimental au champ

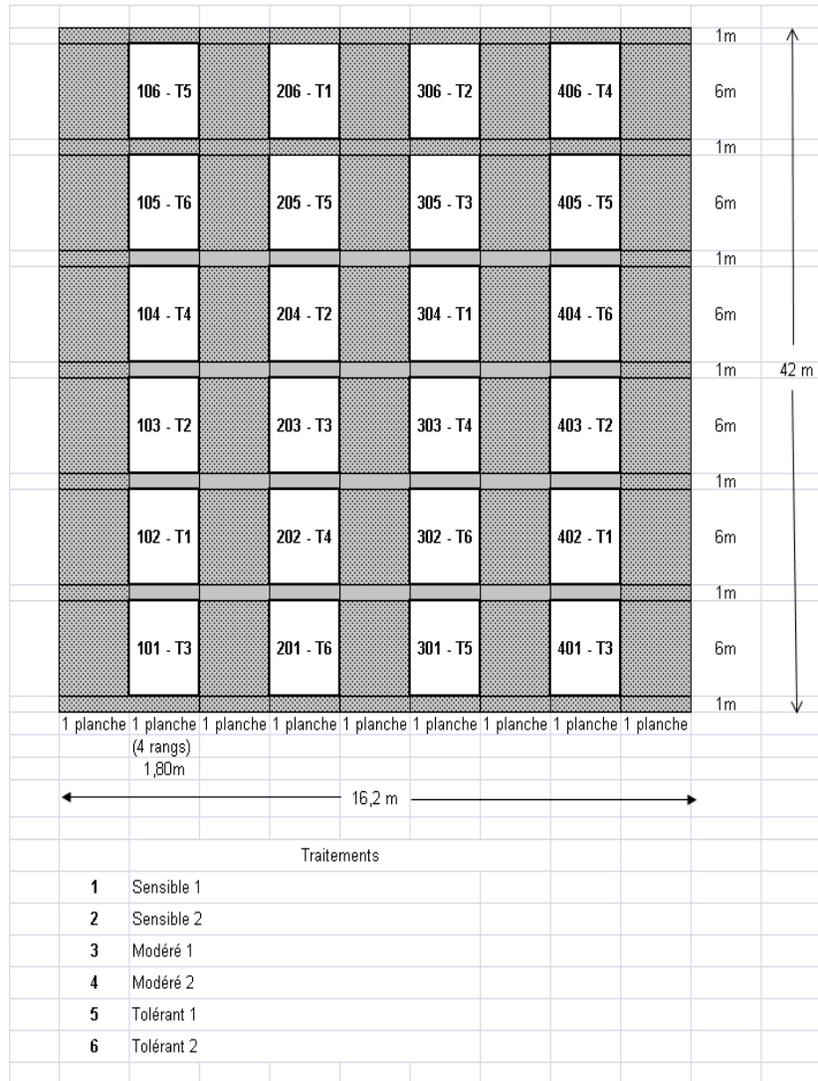


Figure 4 : Dispositif expérimental utilisé pour l'essai au champ.

Annexe 2 :

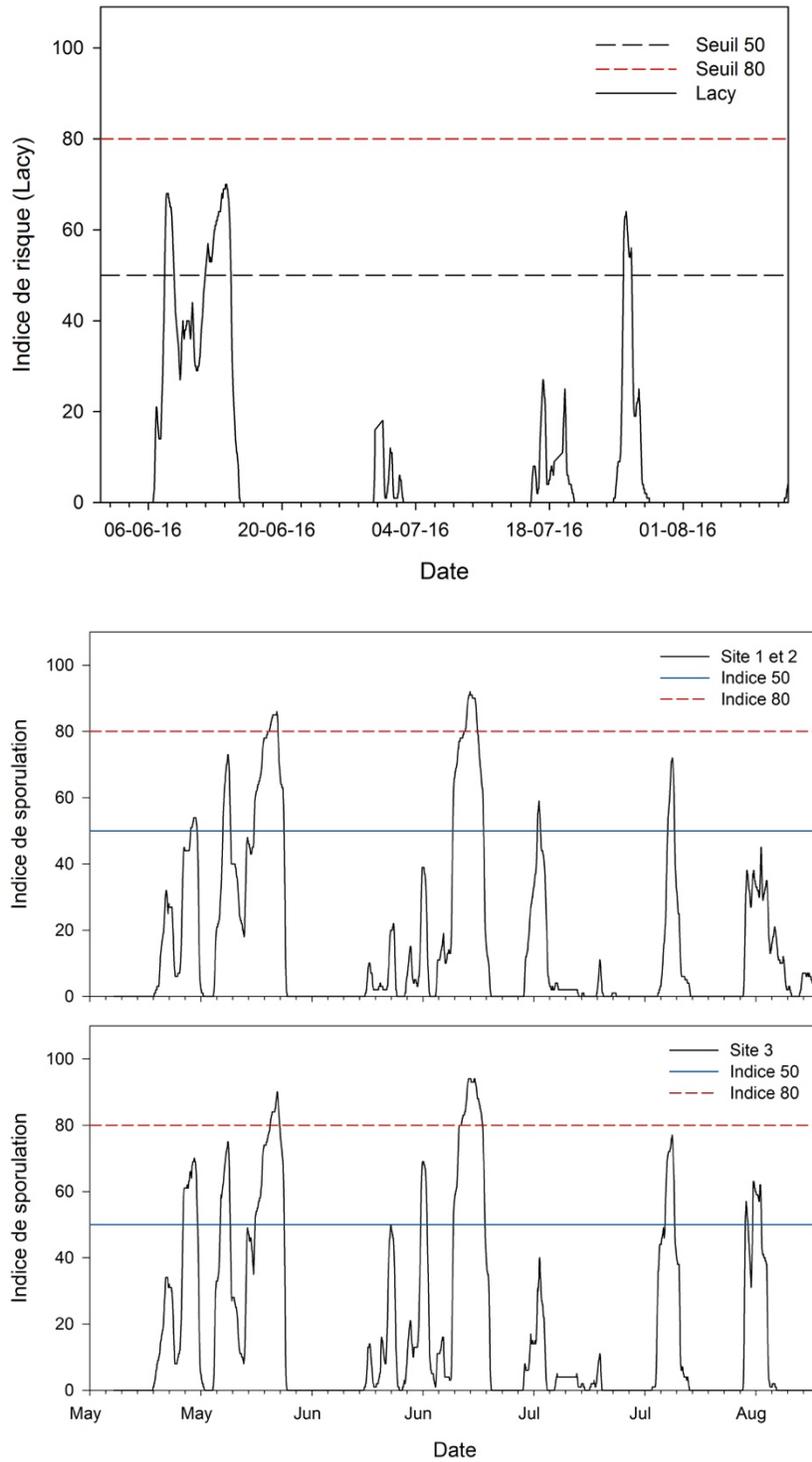


Figure 5 : Indices de sporulation pour A) 2016 B) sites 1 et 2 (2017) et C) sites 3 (2017).

Annexe 3 :

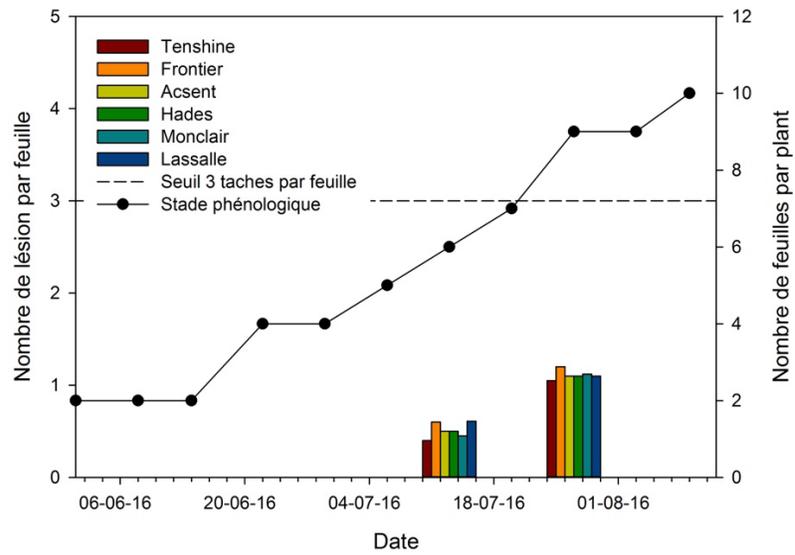


Figure 6 : Comptes de taches de *Botrytis squamosa* réalisés après chaque traitement pour le site de 2016.

Annexe 4 :

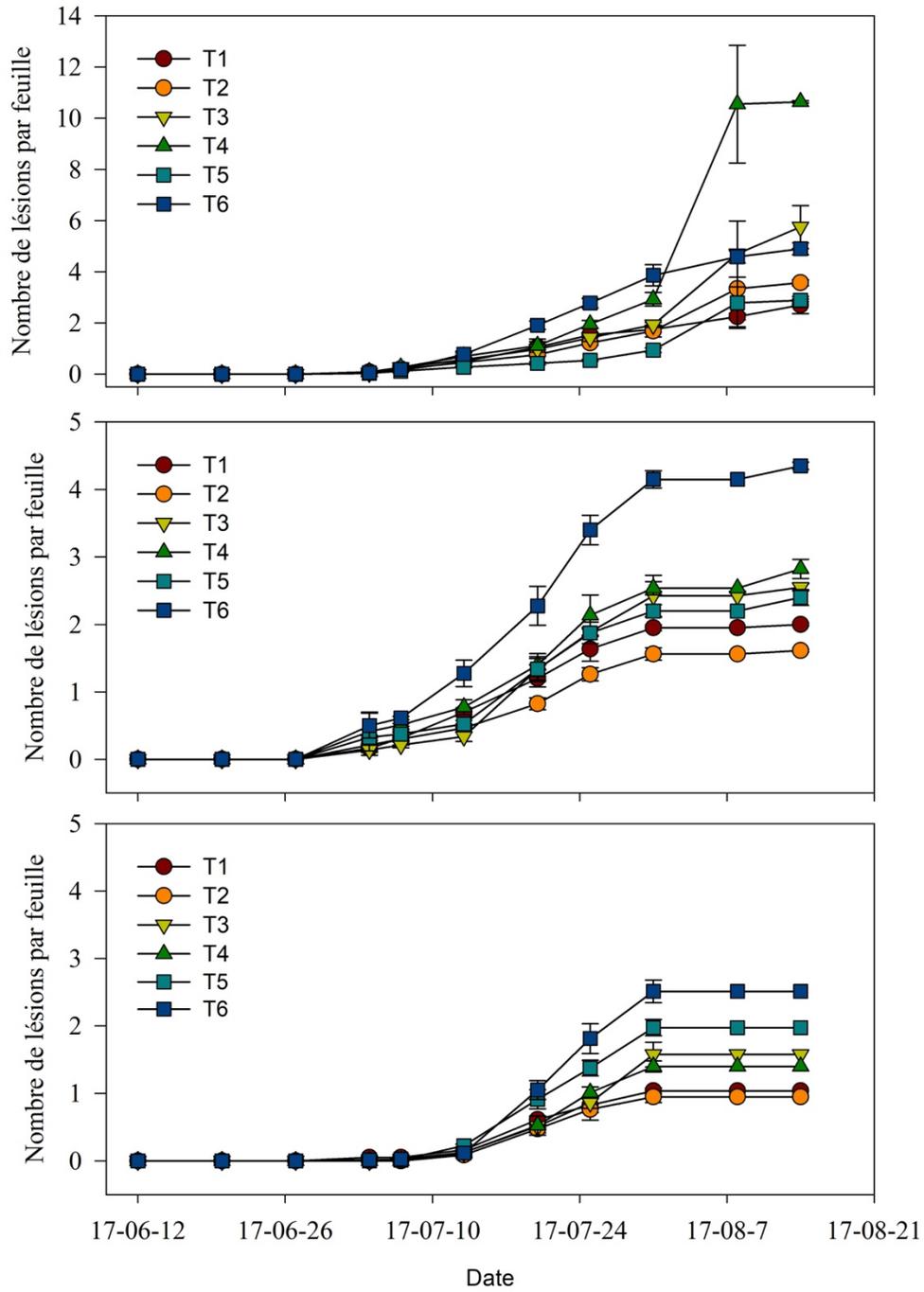


Figure 7 : Nombre de lésions par feuille pour les sites réalisés en 2017. A) site 1, B) site 2 et 3) site 3.