

Rapport final réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1 – Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture

DÉTERMINATION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES SPORES DU BLANC DU FRAISIER À L'ÉCHELLE D'UN CHAMP

NUMÉRO DU PROJET: 1513

Réalisé par : Marianne Lefebvre, B.Sc Hervé Van Der Heyden, B.Sc Linda Roberge, D.t.a Luc Brodeur, agr. Odile Carisse, Ph.D, phytopathologie

DATE: 31 mars 2012

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.



DÉTERMINATION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES SPORES DU BLANC DU FRAISIER À L'ÉCHELLE D'UN CHAMP

Marianne Lefebvre ¹, Linda Roberge ¹, Hervé Van Der Heyden ², Luc Brodeur², Odile Carisse ³

Consortium P.R.I.S.M.E., ². Compagnie de recherche Phytodata, ³. CRDH/AAC, St-Jean-sur-Richelieu

Durée: 05/2010 - 03/2012

FAITS SAILLANTS

Les objectifs visés par ce projet ont été atteint avec succès. Le dispositif mis en place a permis d'approfondir nos connaissances sur la dispersion des spores du blanc du fraisier. Les captures de spores et le pourcentage de sévérité de la maladie ont été plus élevés en 2010, mais les résultats sont cohérents d'une année à l'autre. Les résultats démontrent qu'il y a agrégation spatiale de l'inoculum durant toute la période d'échantillonnage et ce, pour les deux hauteurs de capteurs. Celle-ci s'intensifie avec l'augmentation de la quantité d'inoculum, conséquence de la multiplication du nombre de foyer d'infection, pour diminuer ensuite en fin de saison. L'incidence des symptômes sur jeunes feuilles semble se présenter de facon aléatoire et ce durant toute la saison. De plus, la concentration aérienne de conidie (CAC) et la sévérité des symptômes un jour après la capture de l'inoculum ne sont associés que pendant la période d'augmentation de l'inoculum. Le nombre de spores capturés à 1,0m est inférieur à celui capturé à 0,15m au dessus du feuillage. Cependant, la distribution de l'inoculum aérien suit la même tendance- pour les deux hauteurs et demeure représentatif de la moyenne. Il sera donc plus avantageux d'opter pour la hauteur de capteurs situé à 1,0m, la plus représentative d'une grande superficie. De plus, les 24 capteurs à cette hauteur ont permis de prédire avec précision l'atteinte ou le dépassement de deux seuils de traitements, déterminés à 50 et 100 spores par m³ d'air. Ce résultat indique qu'il serait possible d'utiliser un seul capteur à 1,0 m au dessus du sol pour une superficie comparable à celle de l'étude et obtenir une approximation fiable de l'inoculum aérien moyen. En accord avec la littérature, les variables météo étudiées quant à elles ne semblent pas influencer l'incidence du blanc du fraisier, à l'exception de la pluviométrie deux jours avant la capture des spores et ce, seulement pour les capteurs situés à 0,15 m au dessus du feuillage.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE OU DÉMARCHE

Les objectifs du projet étaient (1) de cartographier la dispersion des spores de *Podosphaera aphanis* dans un champ en implantation, (2) de déterminer la hauteur optimale des capteurs de spores, (3) de déterminer s'il y a corrélation entre les conditions météo et l'incidence du blanc du fraisier et (4) de déterminer le nombre optimal de capteurs de spores au champ.

Vingt-quatre parcelles de 100m² ont été installées dans un champ de 1,26 acre de variété Jewel en implantation en 2010 ainsi qu'en 2011 (Annexe 1a). Au centre de chaque parcelle, 2 capteurs de spores ont été installés à des hauteurs respectives de 0,15m au dessus du feuillage et 1,0m au dessus du sol. Les capteurs ont échantillonnés pendant 5 semaines de juillet à septembre, à raison de 3 jours par semaine (Annexe 1b). Ils ont échantillonnés selon la programmation prédéterminée (Annexe 1c). Une évaluation visuelle des symptômes dans chaque parcelle a été effectuée à 14 reprises en 2010 et à 18 reprises en 2011 (Annexe 1d), avec un délai de 1 jour après la capture de l'inoculum aérien. Une station météo «Watchdog» de série 2700 recueillant des données de température, d'humidité relative et de pluviométrie a été installée à proximité du site. Afin de déterminer s'il y avait agrégation dans l'espace, un calcul du ratio V/M, ainsi que l'ajustement des distributions de poissons et binomiales négative ont été réalisés. Pour évaluer si l'agrégation augmente avec la concentration moyenne de spores, l'ajustement de la loi de Taylor a été réalisé. Une analyse des indices de distance a été faite afin d'évaluer l'agrégation dans le temps pour la concentration de spores et l'incidence de la maladie (SADIE) ainsi qu'une mesure de l'association entre CAC et sévérité. Une analyse de variances (PROC GLM) a été faite afin de déterminer s'il y a variation de la concentration entre les deux hauteurs de capteurs. Une corrélation de Spearman a permis de déterminer si la concentration de spores dans l'air est influencée par différentes variables météorologique. Finalement, un calcul de la précision globale (Aire sous la courbe ROC) à été utilisé pour déterminer le nombre de capteurs optimal au champ selon 2 seuils d'intervention préétablis dans la littérature.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE OU POUR LA DISCIPLINE

La figure 1 schématise les données recueillies au cours des saisons 2010 et 2011 en ce qui à trait à l'inoculum aérien et à la sévérité des symptômes sur feuillage. On constate que l'intensité de l'infection était plus élevée en 2010, avec un pourcentage de la surface foliaire affectée moyenne de plus de 30% et une concentration aérienne de spores (CAC) dépassant 1400 spores/m³ à 0,15m. Toutefois, le schéma infectieux est similaire au cours des deux années, avec une intensité de la maladie plus importante à la fin août.

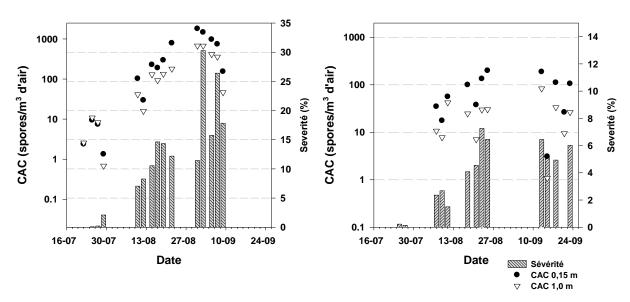


Figure 1. Progression de l'inoculum dans l'air et de l'incidence de symptômes sur feuillage du blanc du fraisier *(Podosphaera aphanis)* durant les saisons 2010 et 2011.

On constate à la figure 1 que les captures de spores semblent plus importantes lorsque le capteur est situé à 0,15 mètre au dessus du feuillage que lorsqu'il est situé à 1 mètre au dessus du sol. Nous avons donc testé si la hauteur du capteur influence la quantité de spores mesurée. Pour les deux saisons à l'étude, significativement plus de spores ont été capté par les capteurs placés à 0.15 m du sol (Annexe 2, Tableau 1). Ces résultats sont explicables par le fait que la source d'inoculum provient des feuilles infectées situées dans la zone de 10-45 cm du sol. Ce simple test ne nous permet toutefois pas de déterminer la hauteur optimale du capteur. Pour cela, nous devons savoir si la dispersion des spores dans l'espace et dans le temps suit une tendance similaire pour les deux hauteurs de capteur.

Distribution spatiale de l'inoculum.

Le ratio variance/moyenne (V/M), a été calculé pour chaque date d'échantillonnage et ce pour chaque hauteur. Un indice V/M < 1 indique une répartition uniforme alors que V/M =1 indique une répartition aléatoire et un indice V/m > 1 indique qu'il y a agrégation spatiale (Annexe 2, Tableaux 2 et 3). On constate que pour les deux hauteurs de capteurs, il y a agrégation spatiale pour toutes les dates d'échantillonnage. Elle est faible en début de l'épiphytie puis augmente jusqu'à la fin août et diminue ensuite lorsque la CAC est importante. Pour l'incidence de la maladie sur feuillage, il ne semble n'y avoir qu'un faible niveau d'agrégation lorsque l'infection progresse, mais la distribution des dommages est aléatoire en début d'infection et lorsque cette dernière est très avancée.

Les données ont ensuite été analysées pour vérifier si elles suivent une distribution binomiale négative (hétérogénéité) ou une distribution de poisson (distribution aléatoire). Le tableau 1 présente un résumé des résultats pour les deux années de l'étude. Pour plus de 75% des dates d'échantillonnage, il y a agrégation de l'inoculum aérien, que ce soit pour les capteurs situés à 0,15 mètre au dessus du

feuillage ou à 1,00 mètre au dessus du sol. La distribution des symptômes sur feuillage semble plutôt répartie de façon aléatoire.

Tableau 1. Pourcentage des dates d'échantillonnage qui suivent une distribution binomiale négative.

Hauteur du capteur	2010	2011
0,15 m	93%	86%
1,0 m	86%	75%
sévérité	14%	28%

Dans un deuxième temps, nous avons évalué l'agrégation par l'ajustement de la loi de Taylor pour l'CAC et pour la sévérité. C'est une loi qui relie la moyenne (M) et la variance (V) selon l'expression : $\ln(V) = \ln(a) + b \ln(M)$. Cette loi permet de mesurer si l'agrégation augmente avec l'augmentation de la CAC moyenne. Pour les capteurs placés à 0.15 m du sol, $\ln V = 1.23 + 1.51 \ln M \ (R^2=0.96) \ (2010)$ et $\ln V = -0.05 + 1.95 \ln M \ (R^2=0.89) \ (2011)$. La pente est significativement différente de 1 dans ce

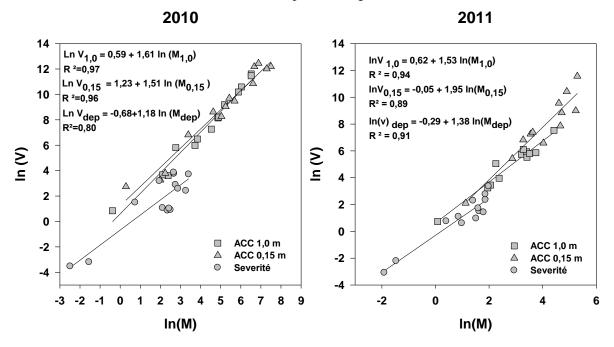


Figure 2. Ajustement de la loi de puissance sur la concentration de spores de *P. aphanis* à l'échelle d'un champ en 2010 et 2011.

cas plus grande que 1 pour les deux années d'échantillonnage, ce qui signifie que l'agrégation spatiale augmente avec la quantité moyenne de spores mesurée et l'ordonnée à l'origine est significativement égale à 0 (l'ordonnée à l'origine dans ce cas réfère à l'inoculum de départ). Pour les capteurs placés à 1.00 m du sol, $\ln V = 0.59 + 1.61 \ln M$, ($R^2 = 0.97$) (2010) et $\ln V = 0.62 + 1.53 \ln M$, ($R^2 = 0.94$) (2011). La pente est significativement différente de 1 et dans ce cas plus grande que 1 pour les deux années d'échantillonnage, ce qui signifie que l'agrégation spatiale augment avec la quantité de spores mesurée. L'ordonnée à l'origine est significativement égale à 0. Pour le dépistage, $\ln V = -0.68 + 1.18 \ln M$ ($R^2 = 0.80$) (2010) et $\ln V = -0.29 + 1.38 \ln M$ ($R^2 = 0.91$) (2011). La pente est significativement différente de 1 et dans ce cas plus grande que 1 pour les deux années d'échantillonnage, ce qui signifie que l'agrégation spatiale augmente avec le pourcentage de sévérité. L'ordonnée à l'origine n'est pas significativement différente de 0 (Figure 2).

Indice d'agrégation et association spatio-temporelle entre l'inoculum aérien et le pourcentage de sévérité de la maladie.

Un indice d'agrégation spatial >1 indique la présence d'agrégation. Pour les deux années à l'étude, il y a présence d'agrégation (Figure 3). L'indice d'association a été calculé à partir des données de captures de spores au temps t_0 et du pourcentage de sévérité de la maladie au temps t_{+1} . Il y a donc une association positive entre la concentration de spores dans l'air et l'incidence de la maladie un jour plus tard, et ce pour les deux hauteurs de capteurs. Cette association est positive lorsque la maladie est en progression et inexistante ou de moindre importance en début d'infection ou lorsque celle-ci est généralisée.

Les cartographies des indices de distance SADIE (Annexe 2, figure 1) illustrent la dispersion des foyers d'infection dans le temps. On constate que la distribution des symptômes et de l'inoculum semble se concentrer dans certaines zones du champ en 2011. En 2010, ces zones diffèrent d'une date d'échantillonnage à l'autre.

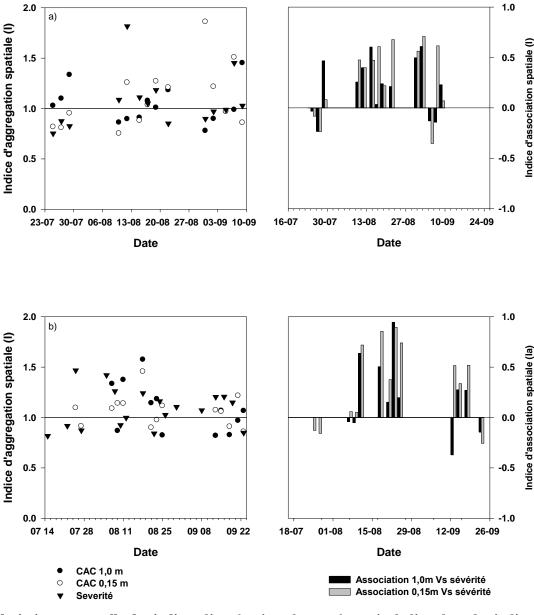


Figure 3 .Variation temporelle des indices d'agrégation obtenus à partir de l'analyse des indices de distance pour les capteurs placés à 0,15m et 1,00m du sol, ainsi que pour le dépistage, pour a) 2010 et b) 2011.

Déterminer la hauteur optimale des capteurs de spores au champ.

Les résultats précédents illustrent que la distribution spatio-temporelle de l'inoculum du blanc du fraisier suit une tendance similaire pour les capteurs situés à 0,15 m et 1 m. La quantité de spores captés est plus importante pour les capteurs situés à 0,15 m du feuillage. Cependant, il sera plus avantageux d'opter pour les capteurs situés à 1,0 m au dessus du sol, cette hauteur étant la plus représentative d'une plus grande superficie.

Déterminer le nombre optimal de capteurs de spores au champ.

Pour déterminer le nombre de capteurs nécessaire au champ, une estimation de la capacité de chaque capteur à évaluer avec précision l'atteinte d'un éventuel seuil a été réalisée. Deux seuils d'intervention prédéterminés par des études précédentes ont été utilisés, soit 50 et 100 spores par mètre cube d'air (Projet #PHYD-1-SPP-07-066, Annexe 3). La moyenne de spores captées par date et le nombre de spores captés pour chaque parcelle ont été comparés aux deux seuils. Lorsque ces deux variables équivalent ou dépassent le seuil, on considère que l'on obtient un «vrai positif». La proportion de «vrais positifs» par rapport aux «faux positifs», «faux négatifs» et «vrais négatifs» a permis de calculer la précision de chaque capteur à prédire l'atteinte du seuil. Cette valeur est comprise entre 0 et 1, où 1 implique que le capteur prédit l'atteinte du seuil en tout temps, sans «faux positifs». Pour l'ensemble des 24 capteurs, la précision est supérieure à 85% (0.85) (Annexe 2, tableau 4). Les résultats démontrent donc que chaque capteur est un bon indicateur pour estimer l'atteinte du seuil lorsque ce dernier est fixé à 50 et à 100 spores/m³. On peut donc affirmer qu'un seul capteur placé à 1,0 m du sol dans un champ de dimension comparable serait suffisant pour déterminer adéquatement la quantité de spores dans l'air et l'atteinte du seuil de traitement et ce, malgré la présence d'agglomération de l'inoculum du blanc du fraisier.

Corrélation entre les conditions météo et l'incidence du blanc du fraisier.

Afin d'établir si les conditions météo ont une influence sur la quantité de spores captées pour les deux hauteurs de capteurs, une corrélation de Spearman a été effectuée entre les concentrations d'inoculum et différentes variables météo soient : la pluviométrie, l'humidité relative, la température moyenne, minimale et maximale ainsi que la vitesse du vent. L'analyse effectuée illustre l'influence de chaque variable météo 1 jour, 2 jours, 3 jours et le jour même de la capture des spores (Annexe 2, Tableau 4). Les résultats indiquent que seul la pluviométrie deux jours avant la capture des spores a une influence, et ce seulement pour les capteurs situés à 0,15 mètre au dessus du feuillage (p=0.046).

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

Ce projet a permis d'approfondir nos connaissances sur la distribution spatiale de l'inoculum de *Podosphaera aphanis*. Cette connaissance de la structure spatiale est d'autant plus importante lorsque l'objectif est de déterminer l'abondance de l'inoculum aérien, puisque le nombre de capteurs ainsi que le temps alloué au dénombrement de la population de spores aériennes est limité (Carisse et al, 2009b, Annexe 3).

Les résultats suggèrent la présence d'agrégation de spores du blanc du fraisier et ce pour les deux hauteurs de capteurs à l'étude. L'agrégation est plus importante à 0,15 m au dessus du feuillage puisque la source d'inoculum sur le feuillage se situe dans cette zone. La distribution spatiale de l'inoculum illustré par les analyses par indices de distance durant la saison 2010 démontre qu'il n'y a pas un foyer initial d'où les spores sont produites et à partir duquel elles sont dispersées. En 2011, l'inoculum semble se concentrer dans certaines zones du champ. Ces résultats différents au cours des deux années de l'étude suggèrent qu'il serait pertinent d'étudier d'avantage le patron de distribution spatio-temporel de l'inoculum du blanc du fraisier. La hauteur optimale d'installation des capteurs est à 1,0 m au dessus du sol et il est possible d'obtenir une bonne estimation de la CAC avec un seul capteur à cette hauteur, pour un champ de dimension similaire à celui à l'étude.

L'utilisation des capteurs comme outil supplémentaire d'aide à la décision dans la lutte au blanc du fraisier est réalisable et permettrait d'estimer avec précision l'inoculum aérien. Son utilisation commerciale serait possible et cet outil a déjà fait ses preuves dans d'autres cultures telles l'oignon et la pomme de terre. Une certaine limitation de sont utilisation contre le blanc du fraisier viendrait du

temps que nécessite la collecte et la lecture des bâtonnets. De plus, d'autres études devraient être conduites dans des fraisières en production, afin de valider les résultats obtenus en implantation. Une contrainte liée à la régie de culture nous obligeait à retirer les capteurs à plusieurs reprises durant la saison. Il serait pertinent d'évaluer le patron de captures en continue pour toute une saison. Il n'en demeure pas moins que les capteurs de spores aideront les producteurs et leurs conseillers à mieux gérer les interventions phytosanitaires. Par cela, on entend la possibilité de déterminer avec une meilleure précision de la pertinence d'un traitement fongicide, du moment d'application et du choix du produit à utiliser en fonction de l'effet curatif désiré.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Marianne Lefebvre

Téléphone: 450-454-3992

Courriel: mariannelef@prisme.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1 - Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Les auteurs tiennent à remercier la Fraisière Gadbois pour son implication dans le projet.



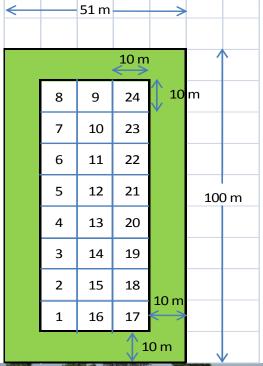
ANNEXES

Annexe 1a

En **2010**, le dispositif a été installé dans un champ de variété Jewel de 1,26 acre implanté en mai 2010. Le champ mesurait 51 mètres de large par 100 mètres de long.

En **2011**, le dispositif a été installé dans un champ identique à celui utilisé lors des essais 2010 et situé à côté de ce dernier. C'était un champ de variété Jewel de 1,26 acre, mesurant 51m par 100m et implanté en mai 2011.

<u>Dispositif expérimental</u>: 24 parcelles de 100 m². Au centre de chacune, deux capteurs de spores disposés sur un même poteau à des hauteurs respectives de 0,15 m au dessus du feuillage et 1 m au dessus du sol. Un total de 48 capteurs a été installé. Une zone tampon de 10m ceinturait le périmètre du champ.





Annexe 1b

Afin de permettre au producteur de sarcler le champ, les capteurs ont été installés puis enlevés à plusieurs reprises durant la saison.

Dates de tournées des capteurs :

Saison 2010

- Le 22, 25, 27 et 29 juillet 2010
- Le 10, 12, 15, 17, 19, 22 et 31 août 2010
- Le 2, 5, 7, et 9 septembre 2010

Saison 2011

- Le 24 et 26 juillet 2011
- Le 7, 9, 11, 18, 21, 23 et 25 août 2011
- Le 13, 15, 18, 20 et 22 septembre 2011

Annexe 1c

<u>Programmation des capteurs</u>: Les capteurs ont tournés selon la programmation suivante : de 10 :00 à 16 :00, en alternant 10 minutes de marche et 20 minutes d'arrêt, pour un total de 2 heures d'activité par jour. Pour chaque période d'activité, les jours de tournées étaient le dimanche, mardi et jeudi. Cette programmation à été sélectionnée comme étant la plus appropriée lors du projet PHYD-1-SPP-07-066.

<u>Collecte des bâtonnets</u>: Les bâtonnets ont été récoltés le lendemain de chaque journée d'activité. La lecture a été effectuée à l'aide d'un microscope au grossissement 20X. Le nombre de spores d'oïdium a été compté sur 20 millimètres de bâtonnet. La concentration de spores au mètre cube d'air à l'heure à ensuite été calculée selon la formule suivante:

nb. spores bâtonnet x 1000 L/m₃ (20.65 L/min. x 60 min./hre)

Annexe 1d

<u>Évaluation visuelle des symptômes:</u> Une évaluation visuelle des symptômes sur le feuillage a été faite dans chaque parcelle au moment de la récolte des bâtonnets selon la méthode suivante :

Pour 5 échantillons par parcelle et 3 jeunes feuilles complètement déployées par échantillon, l'indice de sévérité de la maladie sur les faces inférieures et supérieures de chaque foliole a été noté, selon la légende suivante :

- Indice 0 = 0% du feuillage atteint
- Indice 1 = < 10%
- Indice 2 = de 10 à 25%
- Indice 3 = 25 à 50%
- Indice 4 = de 50 à 75%
- Indice 5 = > 75 % du feuillage atteint

Un dépistage complémentaire selon la même méthode a été effectué une fois par semaine, durant les périodes où les capteurs n'étaient pas en fonction.

Un indice de sévérité globale de l'oïdium(IS) a été calculé pour chaque parcelle, pour les faces supérieures et inférieures des folioles, en se basant sur l'équation suivante :

IS (%) = Σ (Indice de sévérité du foliole X Nb de folioles par indice) X 100 Nb total de folioles de la parcelle X Indice maximal

Les analyses ont été effectuées à partir de l'indice de sévérité globale (IS) pour chaque parcelle, provenant de la moyenne des indices pour la face supérieure et la face inférieure.

Annexe 2

Tableau 1. Influence de la hauteur du capteur sur la quantité de spores mesurée.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	47	19343850.6	411571.3	1.72	0.0025
Error	602	143856018.0	238963.5		
Corrected Total	649	163199868.6			

2010

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	47	1835845.916	39060.551	1.72	<.0001
Error	518	3955895.980	7636.865		
Corrected Total	565	5791741.896			

2011

Tableau 2. Saison 2010 : Indice ratio variance/moyenne (V/M), distribution binomiale négative et distribution de Poisson par date pour chaque hauteur de capteur et pour l'incidence de la maladie.

TRT	Date	M	V	V/M	р	k	р	AIC	lambda	р	theta	р	AIC
ACC 1,0 m	25-juil	10,85714286	37,12857143	3,4	1	4,29	0,418	137,6	11,4	0,0001	0,95	0,0001	145,9
•	27-juil	8,272727273	39,16017316	4,7	1	1,31	0,0208	143,1	10,11	0,0001	0,82	0,0001	144,7
	29-juil	0,681818182	2,322510823	3,4	1	0,16	0,1479	47,4	2,82	0,002	0,23	0,0185	46,4
	10-août	41,29166667	397,3460145	9,6	1	3,52	0,0071	219,6	43,08	0,0001	0,96	0,0001	295,2
	12-août	15,875	334,375	21,1	1	0,86	0,0023	185,9	17,32	0,0001	0,92	0,0001	448,6
	15-août	129,5652174	3470,529644	26,8	1	2,63	0,003	265,4	129,57	0,0001			860,9
	17-août	93,08695652	1432,719368	15,4	1	3,02	0,0062	249,5	97,32	0,0001	0,96	0,0001	385,9
	19-août	134,0416667	3694,650362	27,6	1	3,12	0,002	275,2	134,04	0,0001			911,2
	22-août	179,5833333	9832,688406	54,8	1	1,5	0,0014	299,3	179,58	0,0001			1717,4
	31-août	677,7083333	110524,4764	163,1	1	1,15	0,0009	364,7	677,71	0,0001			5652,9
	02-sept	675,1304348	95309,20949	141,2	1	1,54	0,0024	347,7	705,82	0,0001	0,96	0,0001	2934,5
	05-sept	415	39558,95652	95,3	1	1,88	0,0012	336,8	415	0,0001			3151,8
	07-sept	358,6666667	26586,14493	74,1	1	1,87	0,0013	329,9	358,67	0,0001			2432,8
	09-sept	46,45833333	658,6938406	14,2	1	2,01	0,0023	231,8	46,46	0,0001			539,9
ACC 0,15 m	25-juil	9,4	44,7	4,8	1	2,27	0,0196	131,4	9,4	0,0001			173,7
	27-juil	7,4	26,0	3,5	1	2,29	0,0292	128,8	7,75	0,0001	0,95	0,0001	149,8
	29-juil	1,3	15,5	11,7	1	0,1786	0,651	59	3,92	0,0001	0,33	0,0039	89,4
	10-août	102,5	5522,4	53,9	1	1,39	0,0019	262	102,48	0,0001			1316,1
	12-août	29,6	914,8	30,9	1	1,01	0,0014	312,6	37,37	0,0001			564,1
	15-août	227,6	16308,0	71,7	1	1,74	0,0017	300,5	237,48	0,0001	0,96	0,0001	1887,4
	17-août	189,5	8439,9	44,5	1	3,54	0,002	310,8	189,54	0,0001			1496
	19-août	295,9	13058,5	44,1	1	1,04	0,001	372,2	295,87	0,0001			1404,5
	22-août	788,3	196093,1	248,7	1	16,29	0,002	364,2	788,33	0,0001			7376
	31-août	1803,1	197235,7	109,4	1	12,06	0,0019	361,2	1803,08	0,0001			2810,9
	02-sept	1468,6	165204,9	112,5	1	0,46	0,0024	207,5	1468,62	0,0001			2959,1
	05-sept	971,1	252677,6	260,2	1	6,92	0,0017	353,6	971,08	0,0001			4482
	07-sept	741,7	51246,9	69,1	1	9,12	0,0025	321	741,74	0,0001			1844
	09-sept	153,8	3871,1	25,2	1	4,78	0,0024	273,8	153,79	0,0001			795,8
Severity	25-juil	0,083333333	0,029253892	0,4	0								
	27-juil	0,212962963	0,040704956	0,2	0						0,6667	0,09622	34,6
	29-juil	2,101851852	4,452943281	2,1	1	5,8652	0,2824	88,6	2,0798	0,0001	0,9583	0,0001	93,2
	10-août	7,046296296	24,0621757	3,4	1	3,4889	0,0272	139,7	7,0727	0,0001			162,3
	12-août	8,277777778	2,899624262	0,4	0				8,2757	0,0001			107,1
	15-août	10,5462963	2,36598676	0,2	0				10,546	0,0001			110
	17-août	14,62962963	43,01735552	2,9	1	4,4625	0,0318	160	14,6295	0,0001			179,6
	19-août	14,35185185	47,1837538	3,3	1	6,9987	0,0274	159,9	14,3518	0,0001			113
	22-août	12,19444444	2,483360172	0,2	0				12,1944	0,0001			112,1
	31-août	11,4444444	2,765432099	0,2	0				11,4443	0,0001			163,5
	02-sept	30,28703704	40,72347468	1,3	0	87,2654	0,4155	162,5	30,287	0,0001			137,1
	05-sept	15,75	17,94659152	1,1	0	220,3	0,7978	137,1	15,75	0,0001			136,2
	07-sept	26,40740741	11,26212203	0,4	0				26,4074	0,0001			133,7
	09-sept	17,83333333	13,20987654	0,7	0	l .			17,833	0,0001			

Tableau 3. Saison 2011 : Indice ratio variance/moyenne (V/M), distribution binomiale négative et distribution de Poisson par date pour chaque hauteur de capteur et pour l'incidence de la maladie.

TRT	Date	M	V	V/M	р	k	р	AIC	lambda	р	theta	р	AIC
ACC 1,0 m	2011-07-25												
	2011-07-27												
	2011-08-07	10,73	52,40	4,88	1	2,8143	0,0189	147,7	11,2379	0,0001	0,9545	0,0001	177,4
	2011-08-09	7,79	31,48	4,04	1	1,3258	0,0168	153	9,3492	0,0001	0,8333	0,0001	156,4
	2011-08-11	42,32	351,18	8,30	1	5,266	0,0073	193,2	42,3182	0,0001	٠.		302,4
	2011-08-18	24,73	309,35	12,51	1	2,6875	0,0232	142,9	27,2	0,0001	0,9091	0,0001	303,5
	2011-08-21	7,04	25,61	3,64	1	2,6389	0,0036	198,7	7,3431	0.0001	0,9583	0,0001	165,3
	2011-08-23	29,91	379,08	12,67	1	4,582	0,0052	198,8	29,913	0,0001			391,1
	2011-08-25	30,33	250,84	8,27	1	4,2455	0,0023	246,7	30,333	0,0001			308,7
	2011-09-13	83,21	1864,26	22,40	1	0,9599	0,1661	73,2	83,2084	0,0001			646,3
	2011-09-15	1,08	2,08	1,92	0	3,2007	0,004	209,6	1,8132	0,0004	0,5	0,0001	73,8
	2011-09-18	33,46	327,39	9,78	1	0,7047	0,0044	161,2	33,4583	0,0001	0,3	0,0001	366,8
	2011-09-21	9,50	156,26	16,45	1	1,3716	0,0065	189,2	11,3999	0,0001	0,8333	0,0001	299,6
					1			199.2			0,8555		-
ACC 0 15	2011-09-23	26,48	452,53	17,09		1,6384	0,0037		27,6817	0,0001		0,0001	411,4
ACC 0,15 m	2011-07-25	3,45	8,07	2,34	1	2,7599	0,094	104,4	3,7067	0,0001	0,9091	0,0001	111,2
	2011-07-27	5,58	28,43	5,09	1	1,0216	0,0131	138,6	6,6917	0,0001	0,8333	0,0001	168,2
	2011-08-07	34,83	1414,75	40,61	1	1,3289	0,0012	222,1	34,8333	0,0001			835,6
	2011-08-09	17,58	226,60	12,89	1	1,5468	0,0025	188,9	17,5833	0,0001			387,3
	2011-08-11	56,17	725,60	12,92	1	4,0026	0,0037	220,3	56,1739	0,0001		-	442,9
	2011-08-18	99,92	14246,86	142,59	1	0,8696	0,0006	272,9	99,9166	0,0001			2872,6
	2011-08-21	37,71	1634,74	43,35	1	1,5961	0,0015	224,3	37,7083	0,0001			784,3
	2011-08-23	134,00	33685,45	251,38	1	0,8135	0,0007	274,8	134	0,0001		-	4131,7
	2011-08-25	198,96	105645,17	530,99	1	0,6427	0,0004	302,5	198,96	0,0001			7961,7
	2011-09-13	187,50	8049,65	42,93	1	4,8777	0,0019	282,4	187,5	0,0001			1108
	2011-09-15	3,08	8,17	2,65	1	2,0064	0,0577	110,9	3,407	0,0001	0,875	0,0001	121,2
	2011-09-18	111,21	6941,65	62,42	1	2,4804	0,0014	269,8	111,21	0,0001			1359,7
	2011-09-21	26,38	916,42	34,75	1	0,7398	0,0009	208,6	26,375	0,0001			838,8
	2011-09-23	105,67	2597,45	24,58	1	3,7574	0,0021	260,4	105,67	0,0001			764,8
Severity	2011-07-15	0,3	0,183217033	0,00	0								
	2011-07-22	0,1	0,102701736	0,71	0	0,8026	0,6369	30,7	0,4642	0,311	0,1667	0,384	30,5
	2011-07-25	0,2	0,109411344	1,11	0				· .	· .	0,2917	0,0044	33
	2011-07-27	0,1	0,045804258	0,47	0						0,2917	0,0044	33
	2011-08-05	2,4	2,983628556	0,31	0	49,4076	0,8783	91,2	2,3418	0,0001	0,09167	0,0001	91,2
	2011-08-08	2,7	1,831365182	1,26	0				2,3327	0,0001			80,4
	2011-08-10	1,5	2,126677402	0,68	0	1,2744	0.0698	94,,6	2,5485	0,0001	0,7083	0,0001	102,5
	2011-08-12	3,6	5,736625514	1,42	0	7,3377	0,3092	109,6	3,688	0,0001	0,9583	0,0001	111,2
	2011-08-18	4,1	9,875111827	1,57	0	2,117	0,0473	122,6	4,4473	0,0001	0,9167	0,0001	134
	2011-08-22	4,5	2,610753265	2,42	1	2,227	0,0470	122,0	4,6207	0,0001	0,5107		97,5
	2011-08-24	7,3	28,77366255	0,57	0	2,6668	0,016	143,3	7,203	0,0001			177,3
	2011-08-26	6,5	10,47119342	3,96	1	11,6226	0,2247	124,3	6.4061	0,0001	•		127
	2011-08-26			•	0	28.8764		145.9	15,4167	-	•		
		15,4	26,22643575	1,62	-	-	0,2174		- '	0,0001			148,9
	2011-09-08	8,2	24,54741456	2,98	1	3,4599	0,0277	146,3	8,1643	0,0001			169,2
	2011-09-13	6,4	15,90123457	2,47	1	4,3029	0,0492	133,9	6,4481	0,0001			147,4
	2011-09-16	5,1	4,474503489	0,88	0				5,0508	0,0001			105,3
	2011-09-19	4,9	5,578010378	1,13	0	33,6165	0,6759	112,3	4,8793	0,0001			112,1
	2011-09-23	6,0	4,126319556	0,69	0				6,0271	0,0001			105,6

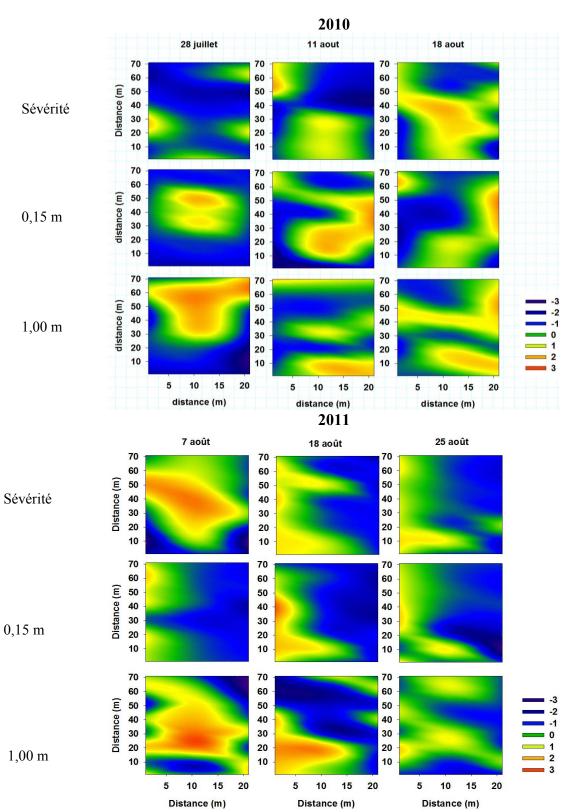


Figure 1. Indices de distance pour chacune des dates d'échantillonnage à l'aide des capteurs placés à 0,15m du sol en 2010 et 2011.

Tableau 4. Calcul de la précision globale (Aire sous la courbe ROC) d'atteinte du seuil d'intervention de A) 100 spores au mètre cube d'air et B) 50 spores au mètre cube d'air selon une courbe ROC (Receiver Operating Caracteristic) pour les 24 capteurs situés à 1,00 mètre du sol.

A)		précision seuil		
	# Parcelle	de 100 spores		
	1	0,920		
	2	0,923		
	3	0,857		
	4	0,980		
	5	0,980		
	6	0,960		
	7	0,941		
	8	0,923		
	9	0,960		
	10	0,960		
	11	0,980		
	12	1,000		
	13	0,980		
	14	1,000		
	15	0,980		
	16	0,960		
	17	0,941		
	18	0,960		
	19	0,857		
	20	0,923		
	21	0,980		
	22	0,980		
	23	0,980		
	24	0,941		

B)	# Parcelle	précision seuil de 50 spores
	1	
	_	0,920
	2	0,979
	3	0,833
	4	0,875
	5	0,878
	6	0,920
	7	0,959
	8	0,959
	9	0,958
	10	0,918
	11	0,918
	12	0,958
	13	0,980
	14	0,938
	15	0,938
	16	0,958
	17	0,959
	18	1,000
	19	0,889
	20	0,940
	21	0,979
	22	0,958
	23	1,000
	24	0,922

Tableau 5. Corrélation de Spearman entre différentes variables météo au temps t_i (capture des spores), t_{i-1} , t_{i-2} et t_{i-3} et la quantité de spores au mètre cube d'air pour les deux hauteurs de capteurs.

Variables	(acc) 0,15m	(acc) 1m
(acc) 0,15m	1	0,811
(acc) 1m	0,811	1
Pluvio t0	-0,200	-0,222
Pluvio t-1	0,231	0,324
Pluvio t-2	0,591	0,551
Pluvio t-3	0,538	0,296
T° moy t0	0,105	0,021
T° moy t-1	-0,105	-0,105
T° moy t-2	-0,497	-0,490
T° moy t-3	-0,266	-0,308
T° min t0	0,238	0,077
T°min t-1	0,119	0,182
T° min t-2	-0,364	-0,559
T° min t-3	-0,133	-0,322
T° max t0	0,168	0,196
T°max t-1	-0,077	-0,035
T° max t-2	-0,531	-0,420
T° max t-3	-0,350	-0,420
HR t0	-0,378	-0,434
HR t-1	-0,210	0,028
HR t-2	-0,011	0,018
HR t-3	-0,070	0,035
vit. Vent t0	-0,371	-0,042
vit vent t-1	-0,448	-0,315
vit vent t-2	-0,203	-0,238
vit vent t-3	-0,224	-0,126

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0.05

Annexe 3

Références

- Linda Roberge, Guylaine Mercier, Marianne Lefebvre, Céline Laroche, Odile Carisse.
 Évaluation du potentiel des capteurs de spores comme outil de lutte contre la moisissure grise et le
 blanc du fraisier. Projet # PHYD-1-SPP-07-066. Rapport final réalisé dans le cadre du programme
 Prime-Vert, Volet 11 Appui à la Stratégie phytosanitaire.
- 2. Carisse, O., Tremblay, D.M., Lévesque, C.A., Gindro, K., Ward, P., and Houde, A. 2009b. Development of a TaqMan real-time PCR assay for quantification of airborne conidia of Botrytis squamosa and management of Botrytis leaf blight of onion. Phytopathology 99: 1273-1280.