

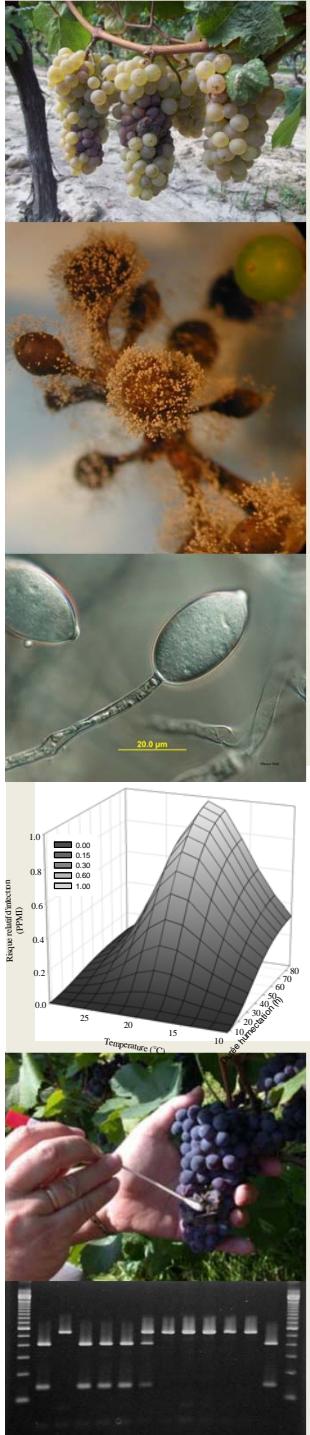
Contribution de l'aérobiologie moderne à une gestion plus raisonnée des maladies

Odile Carisse, chercheur

Épidémiologie et aérobiologie des mycoses aériennes

Agriculture et Agro-alimentaire Canada



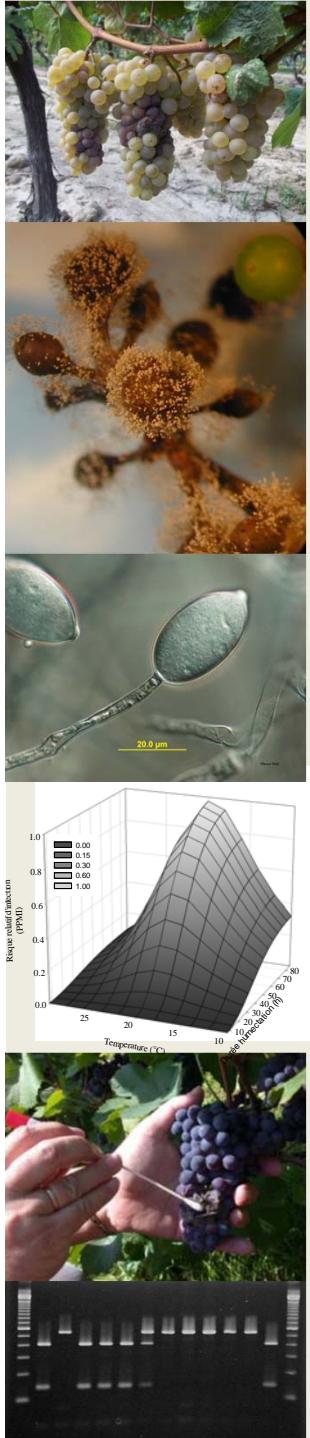


Parcours académique

- B.Sc. 1987, Université McGill, Agronomie
- M.Sc. 1989, Université McGill
- Phytopathologie/biostatistique
- Doctorat 1992 , Université McGill, Épidémiologie

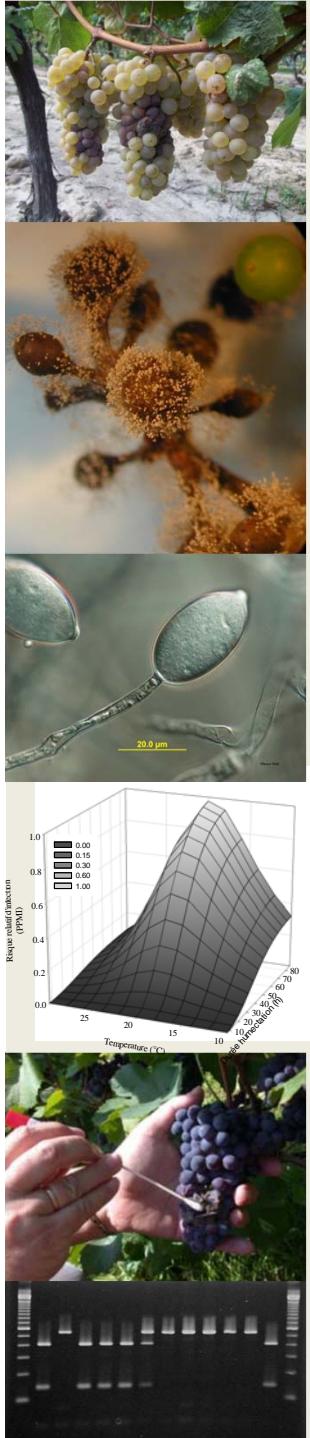
- Post doctorat 1992, Université Agricole de Wageningen, Hollande
- Sabbatique, Université de Rennes, France





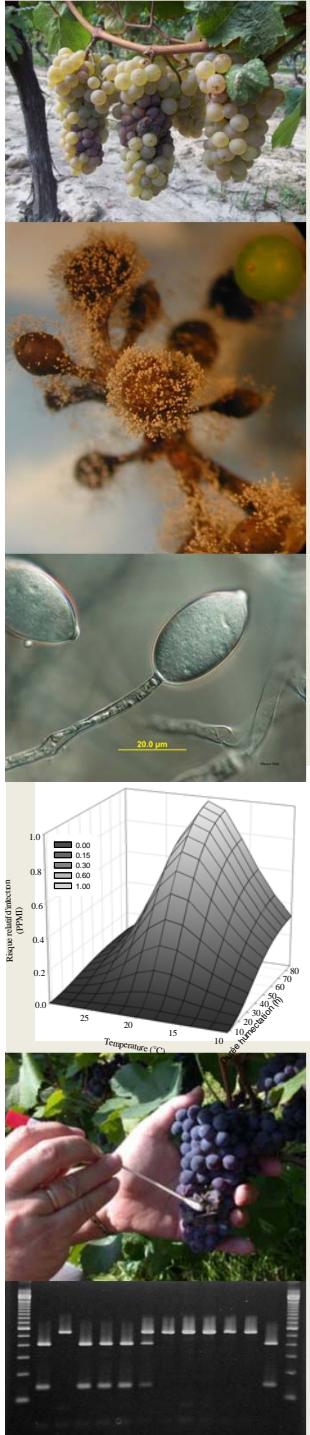
Parcours professionnel

- Chercheur à Agriculture et Agro-alimentaire Canada
- Rédactrice principale de la revue américaine *Phytopathology*
- Rédactrice associée *Revue canadienne de phytopathologie*
- Professeur associé de plusieurs universités au Canada (les universités Laval, Sherbrooke et McGill).
- Publications: 80 articles scientifiques, 13 chapitres de livre et articles synthèses; 28 descriptions de nouveaux cultivars
- Centaines de documents de vulgarisation
- Centaines de communications scientifiques et de vulgarisation



Organisations scientifiques

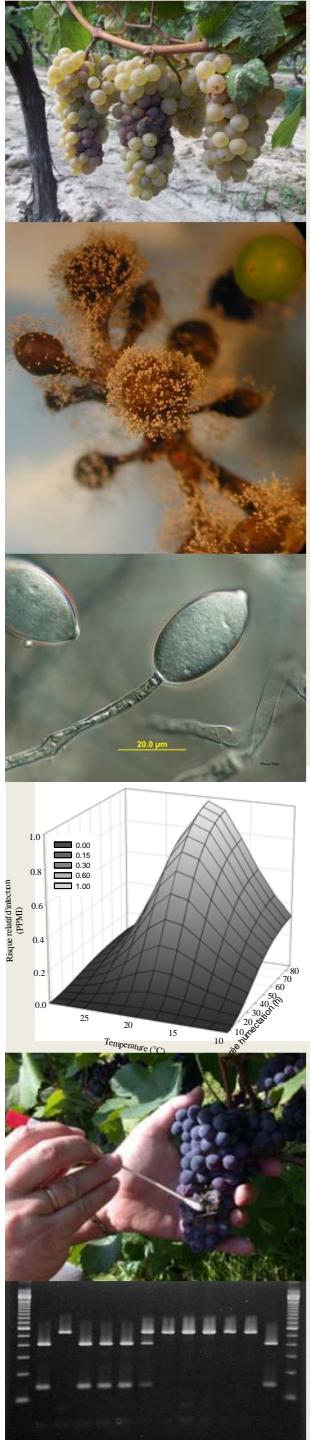
- Société canadienne de Phytopathologie (CPS), la Société américaine de Phytopathologie, et la Société Internationale de Phytopathologie.
- Organisation des congrès annuels, évènements spéciaux (75e anniversaire de la SCP) et colloques (11th International Epidemiology Workshop, Bejing, 2013)
- Présidente du comité international d'épidémiologie (ISPP)
- Membre actif de nombreux comités.



Parcours scientifique

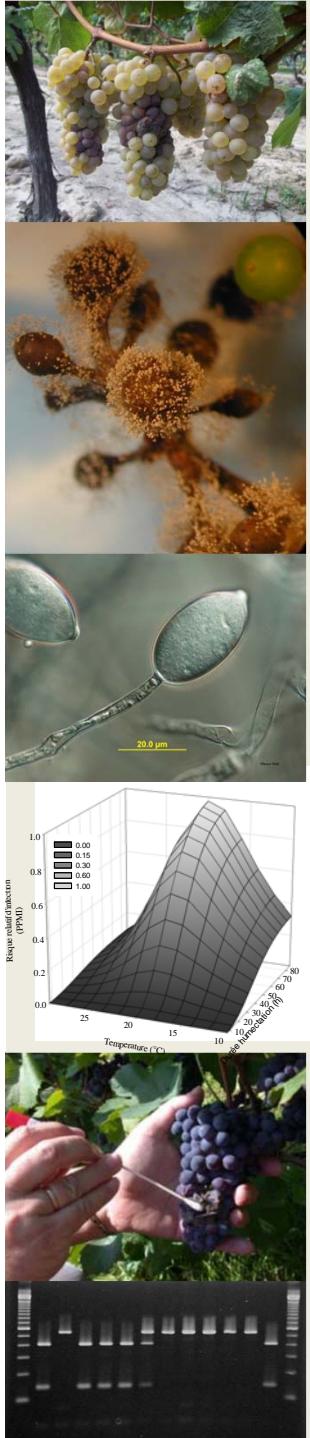
- Épidémiologie des mycoses aériennes, notamment l'étude de la structure, des déterminants et la modélisation de dynamiques spatio-temporelles de champignons phytopathogènes.





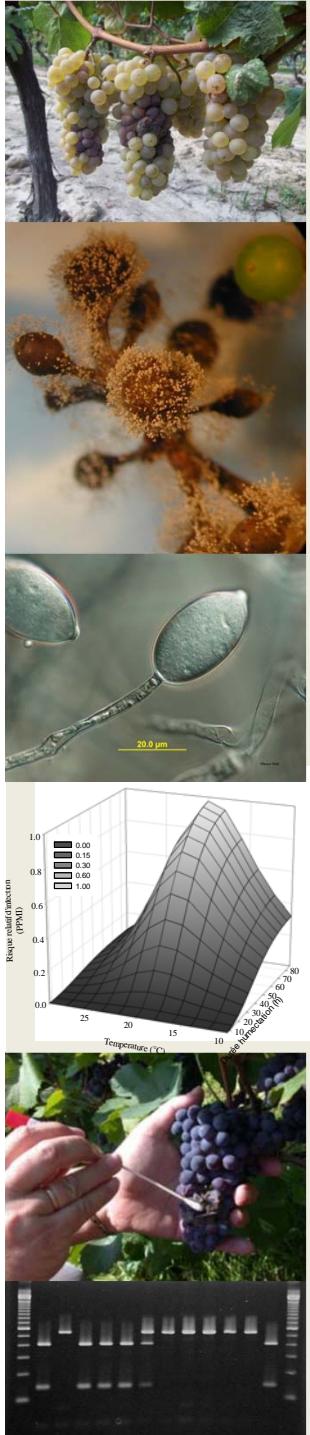
Mycoses aériennes





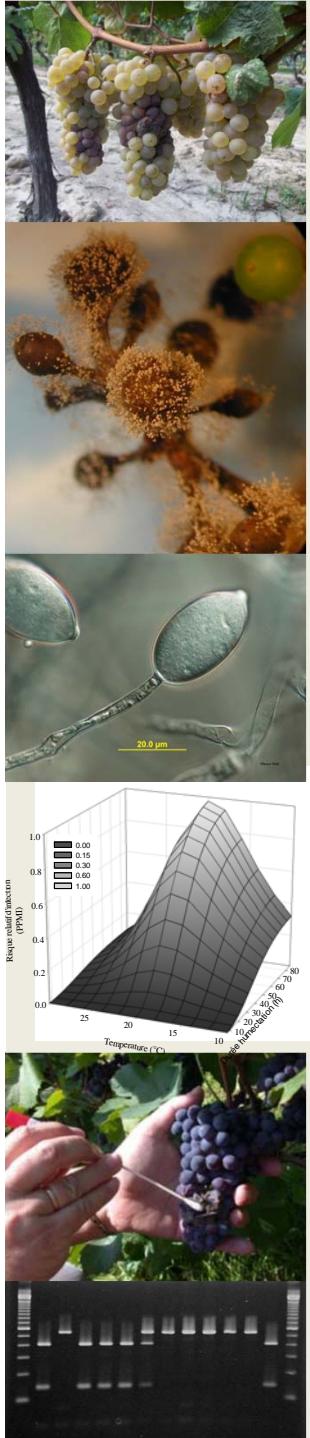
Axes de recherche

- L'analyse de la diversité biologique et moléculaire des populations de champignons phytopathogènes (incluant la résistance aux fongicides);
- L'étude des relations environnement-temps-espace et dynamique des épidémies;
- Le développement de modèles permettant d'expliquer ou de simuler la dynamique spatio-temporelle des épidémies;
- L'estimation du risque dans un contexte de lutte intégrée économe en fongicides.



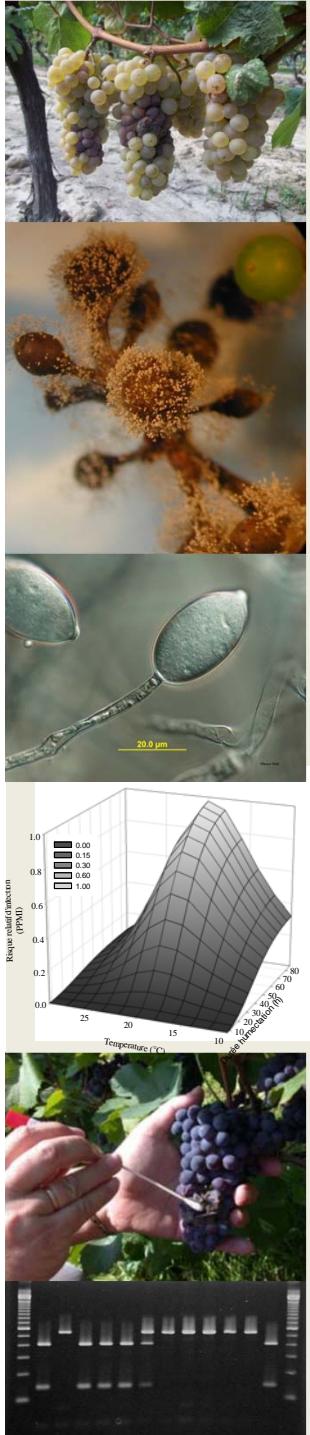
Épidémiologie botanique : analyse quantitative

- Comprendre et décrire en termes mathématiques et statistiques l'influence de l'environnement climatique, génétique et agricole sur l'évolution des maladies des plantes horticoles.
- Approches mathématiques peu utilisées en agriculture
- Application des théories de la décision.
 - Carisse, O., Caffi, T., and Rossi, V. 2012. How to develop and validate plant disease forecasting systems. In Exercises in Plant Disease Epidemiology, 2nd edition, APS-Press, St-Paul Minnesota.
 - Carisse, O., Morissette-Thomas, V., and Van der Heyden, H. 2012. Lagged association between powdery mildew leaf severity, airborne inoculum, weather, and crop losses in strawberry. *Phytopathology* (accepté).
 - Carisse, O., and Morissette-Thomas, V. 2013. Epidemiology of grape anthracnose: Factors associated with defoliation of grape leaves infected by *Elsinoë ampelina*. *Plant Dis.* 97:222-230.
 - Van Der Heyden, H., Carisse, O., and Brodeur, L. 2012. Comparison of monitoring based indicators for initiating fungicide spray programs to control Botrytis Leaf Blight of onion. *Crop Protection* 33: 21-28
 - Caffi, T., Rossi, V., Carisse,O. 2011. Evaluation of a dynamic model for primary infections caused by *Plasmopara viticola* on grapevine in Quebec. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2011-0126-01-RS.
 - Savary, S., Mila, A., Willocquet, L., Esker, P. D., Carisse, O., and McRoberts, N. 2011. Risk factors for crop health under global change and agricultural shifts: A framework of analyses using rice in tropical and subtropical Asia as a model. *Phytopathology* 101:696-709.
 - Carisse, O., Bacon, R., Lefebvre, A., and Lessard, K. 2009. A degree-day model to initiate fungicide spray programs for management of grape powdery mildew (*Erysiphe necator*). *Canadian journal of plant pathology* 31: 186-194.
 - Carisse, O., McRoberts, N., and Brodeur, L. 2008. Comparison of monitoring- and weather-based risk indicators of Botrytis leaf blight of onion and determination of action thresholds. *Canadian Journal of Plant Pathology* 30: 442-456.
 - Carisse, O., Bourgeois, G., and Duthie, J. A.. 2000. Influence of temperature and leaf wetness duration on infection of strawberry leaves by *Mycosphaerella fragariae*. *Phytopathology* 90 : 1120-1125.



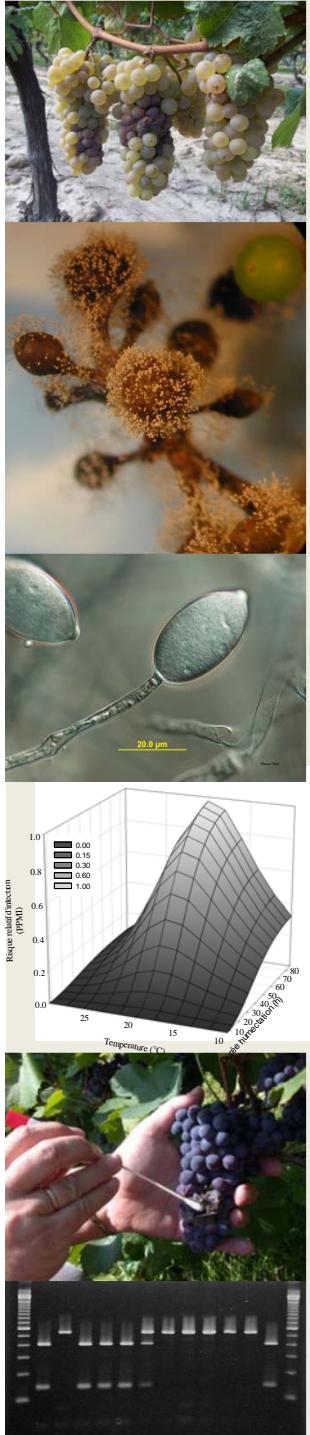
Distribution spatiale et échantillonnage

- Distribution spatiale des maladies ou des organismes responsables
 - Anticiper l'arrivée et l'évolution de ces maladies
 - Seuil d'intervention
-
- Van der Heyden H., Roberge, L., and Brodeur, L., and Carisse, O. 2013. Spatial Pattern of Strawberry Powdery Mildew (*Podosphaera aphanis*) and Airborne Inoculum. Plant Disease (accepté).
 - Carisse and Jobin, J. 2012. Managing summer apple scab epidemics using leaf scab incidence threshold values for fungicide sprays. Crop Protection 35:36-40.
 - Carisse, O., Meloche, C. and Turechek W. W. 2011. Spatial heterogeneity, incidence-incidence and incidence-lesion density relationship of apple scab (*Venturia inaequalis*) in managed orchards. European Journal of Plant Pathology 130:349-365.
 - Carisse, O., Meloche, C., Boivin, G., and Jobin, T. 2009. Action thresholds for summer fungicide sprays and sequential classification of apple scab incidence. Plant Disease 93: 490-498.
 - Carisse, O., Savary, S., and Willocquet, L. 2008. Spatiotemporal relationships between disease development and airborne inoculum in unmanaged and managed Botrytis leaf blight epidemics. Phytopathology 98:38-44
 - Carisse, O., D. Rolland, B. Talbot, and Savary. 2006. Heterogeneity of the aerial concentration and deposition of ascospores of *Venturia inaequalis* within a tree canopy during the rain. European Journal of Plant Pathology 117:13-24.
 - de Luna, L., Bujold, I., Carisse, O., and Paulitz, T. C.. 2002. Ascospore Gradients of *Gibberella zeae* From Overwintered Inoculum in Wheat Fields. Canadian Journal of Plant Pathology 24: 457-464.
 - Charest, J., Carisse, O., Dutilleul, P., Dewdney, M., and Phillion, V. 2000. Study of spatial distribution of *Venturia inaequalis* ascospores in a commercial apple orchard. IOBC/WPRS Bulletin 23 : 191-198.



La résistance aux fongicides: une analyse quantitative

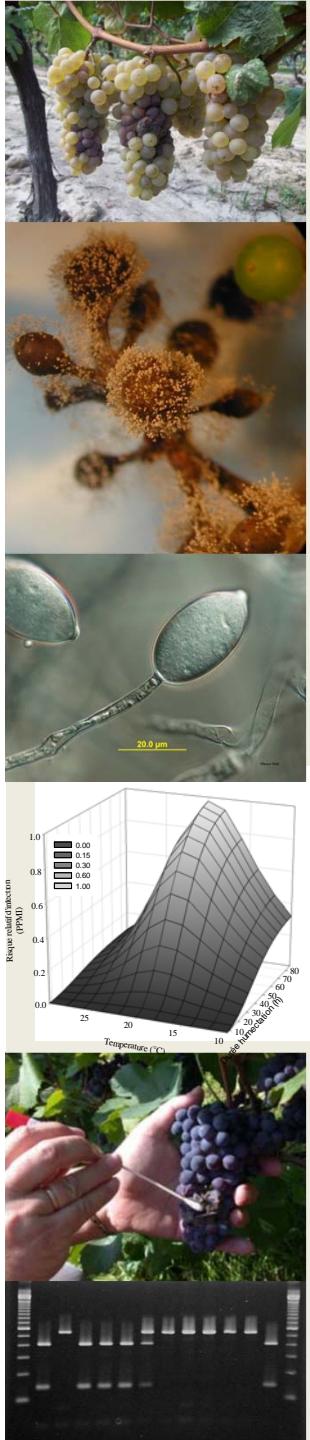
- Détection et quantification moléculaire
 - Échantillonnage
 - Carisse, O. and Van der Heyden, H. 2014. Sampling for fungicide resistance. In : FUNGICIDE RESISTANCE IN NORTH AMERICA, 2ND EDITION. Eds. K. L. Stevenson, M. T. McGrath, and C. A. Wyenandt . APS Press
 - Gestion de la résistance (temps et espace)
 - Adaptation, agressivité et compétitivité et survie à long terme
-
- Van der Heyden, H., Dutilleul, Brodeur, L. and Carisse, O. 2013. Spatial distribution of Single Nucleotide Polymorphisms Related to Fungicide Resistance and Inference for Sampling.
 - Van der Heyden, H. Tremblay, D.M., Dutilleul, P., Charron, J.B., and Carisse, O. 2013. A novel PCR-RFLP assay for the detection of single nucleotide polymorphism related to dicarboximide resistance in *Botrytis squamosa* field isolates.
 - Van der Heyden, H., Dutilleul, P., Charron, J.-B., Brodeur, L. and Carisse, O. 2013. Combined application of spatial statistics and molecular genetics for characterization of spatial relationships between polymorphisms related to fungicide resistance in *Botrytis cinerea* populations.
 - Carisse, O., Tremblay, D.-M., Jobin, T., and Walker, A.S. 2011. Disease Decision Support Systems: Their Impact on Disease Management and Durability of Fungicide Effectiveness " in [Fungicides](#), Book edited by: Odile Carisse, ISBN: 978-953-307-266-1, Publisher: InTech, Publishing.
 - Carisse, O. and Jobin, T. 2010. Resistance to Dodine in Populations of *Venturia inaequalis* in Quebec, Canada. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2010-0614-01-RS.
 - Carisse, O., and Tremblay, D. M. 2007. Incidence and significance of iprodione-insensitive isolates of *Botrytis squamosa*. Plant Dis. 91:41-46.
 - Jobin, T. and Carisse, O. 2007. Incidence of myclobutanil and kresoxim-methyl insensitive isolates of *Venturia inaequalis* in Québec orchards. Plant Disease: 91 :1351-1358.
 - Tremblay, M., Talbot, B.G., and Carisse, O.. 2002. Sensitivity to different classes of fungicides in *Botrytis squamosa*. Plant Disease 87:573-578



Aérobiologie moléculaire

- Détection et quantification moléculaires
- Influence de l'environnement
- Relation inoculum/risque
- Diversité génétique (génotypes)
- Outils d'aide à la décision

- Fall, M. L., Van der Heyden, H., Brodeur, L., Leclerc, Y. Moreau , G., and Carisse, O. 2013.Spatial variation of airborne sporangia of *Phytophthora infestans* in potato production areas of eastern of Canada: characterization and implications for monitoring network implementation Crop protection (soumis).
- Van der Heyden H., Roberge, L., and Brodeur, L., and Carisse, O. 2013. Spatial Pattern of Strawberry Powdery Mildew (*Podosphaera aphanis*) and Airborne Inoculum. Plant Disease (accepté).
- Carisse, O., Levasseur, and Van der Heyden, H. 2012. A new risk indicator for botrytis leaf blight of onion caused by *Botrytis squamosa* based on infection efficiency of airborne inoculum. Plant Pathology 61, 1154-1164
- Van Der Heyden, H., Carisse, O., and Brodeur, L. 2012. Comparison of monitoring based indicators for initiating fungicide spray programs to control Botrytis Leaf Blight of onion. Crop Protection 33 : 21-28
- Carisse, O., Tremblay, D.M., Lévesque, C.A., Gindro, K., Ward, P., and Houde, A. 2009. 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.
- Carisse, O., Bacon, R., and Lefebvre, A. 2009. Grape powdery mildew (*Erysiphe necator*) risk assessment based on airborne conidium concentration. Crop Protection 28: 1036-1044.
- Carisse, O. McCartney, H.A., Gagnon, J.A., Brodeur, L. 2005. Quantification of airborne inoculum as an aid in the management of Botrytis leaf blight of onion caused by *Botrytis squamosa*. Plant Disease 89:726-733.



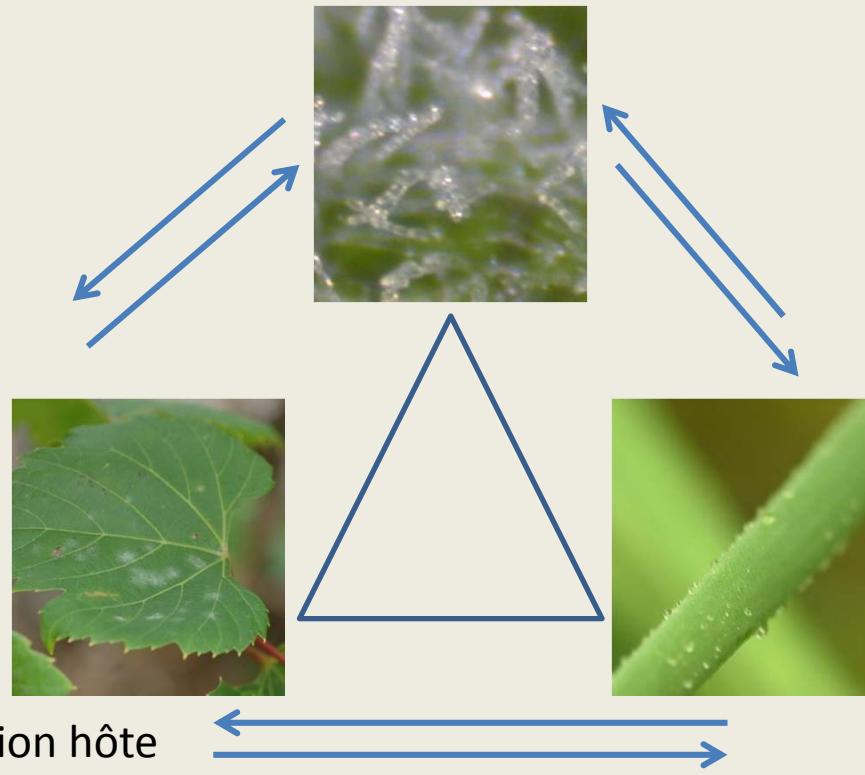
Le triangle épidémiologique

Population Pathogène

Quantité

Virulence, Agressivité

Sensibilité fongicides



Population hôte

Sensibilité variétale

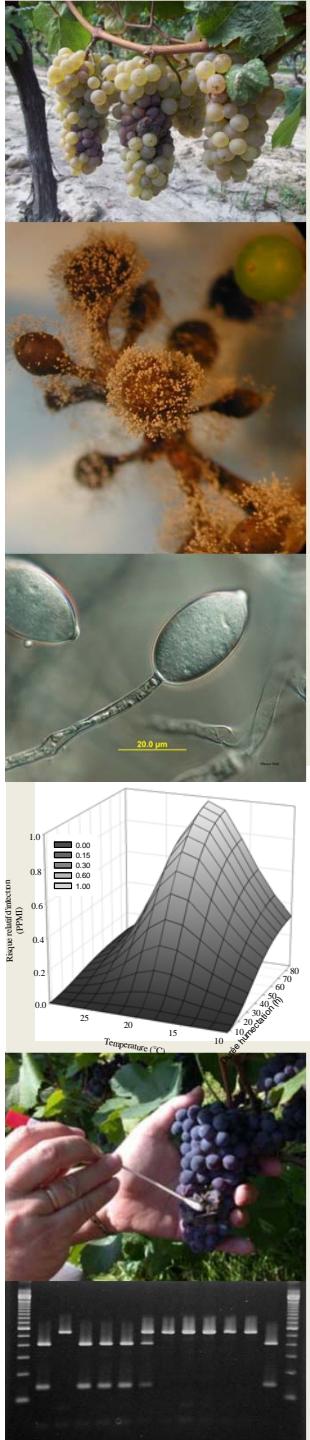
Résistance ontogénique

Conditions
Environnementales

Température

Pluie, Humidité

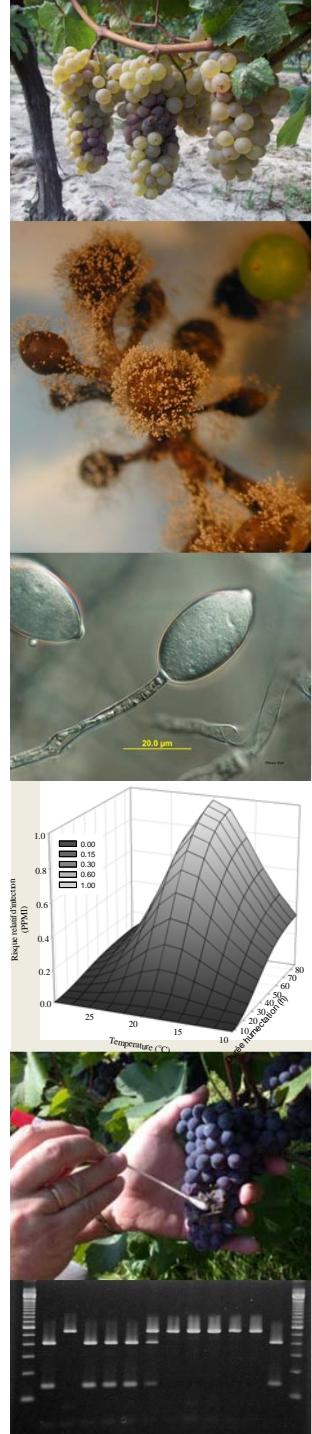
Vent,...



Aérobiologie moderne

- Étude du relachement, dispersion et déposition des particules aéroportées (Gregory, 1945).
- Caractérisation du risque pour les plantes ;
- Caractérisation des facteurs météorologiques et biologiques susceptibles de favoriser la prolifération de ces spores
- Caractérisation de la surveillance des spores phytopathogènes aéroportées ;

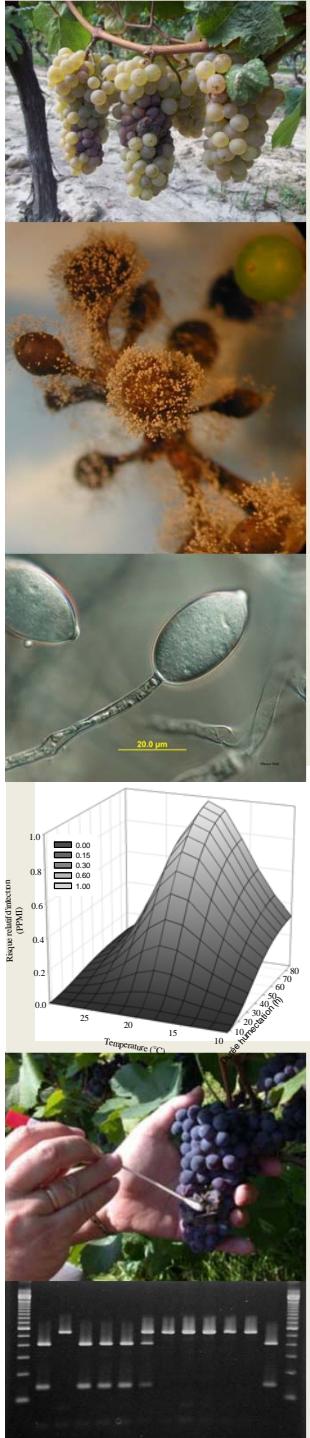




Le cas de la brûlure de la feuille de l'oignon

- Maladie endémique
- Pas de cultivars résistants, peu de différence de sensibilité
- Rotations difficiles
- Épidémies tardives ou peu sévères: réduction du calibre des oignons
- Épidémies hâties ou sévères: réduction du calibre et des rendements
- Outils disponibles : information contradictoire ou difficile à utiliser





Fongicides disponibles

Matière active

Boscalid

Chlorothalonil

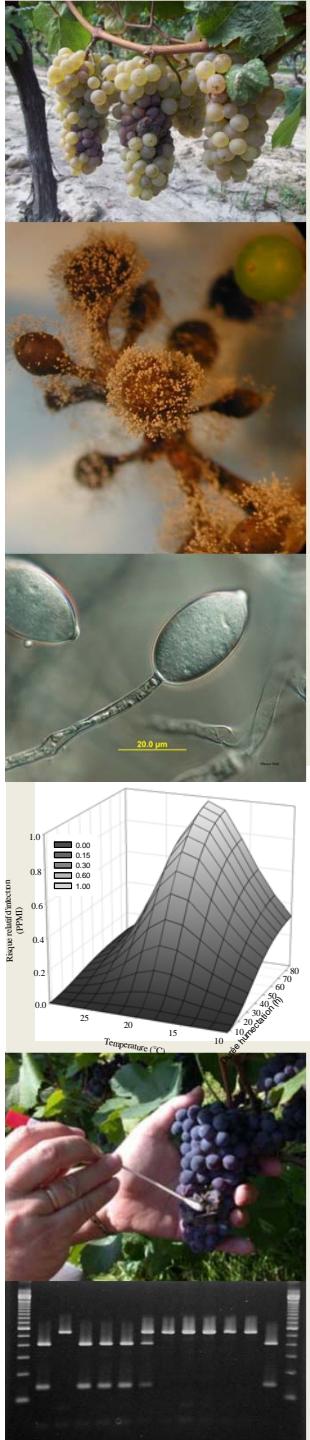
Iprodione

Mancozeb

Cyprodinile
+fludioxonil

Zineb

- Le nombre d'applications de fongicides varie de 6 à 14!
- Associé aux conditions météo
- Synchronisme entre la croissance de l'oignon et la progression de la maladie (*B. squamosa*)
- Pression pour le développement de la résistance aux fongicides
- Augmentation du coût de production
- Problèmes de résidus de fongicides
- Contamination des eaux
- Le consommateur devient critique face à l'utilisation de fongicides

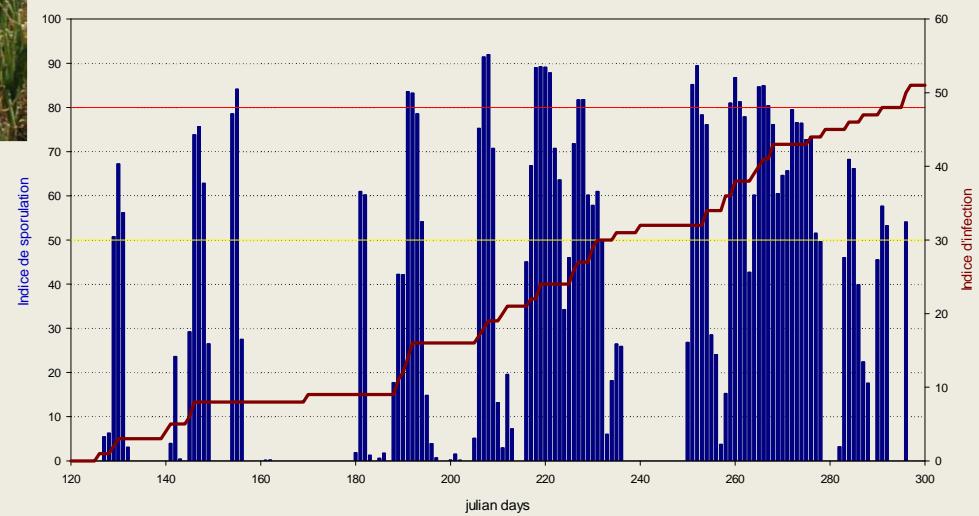


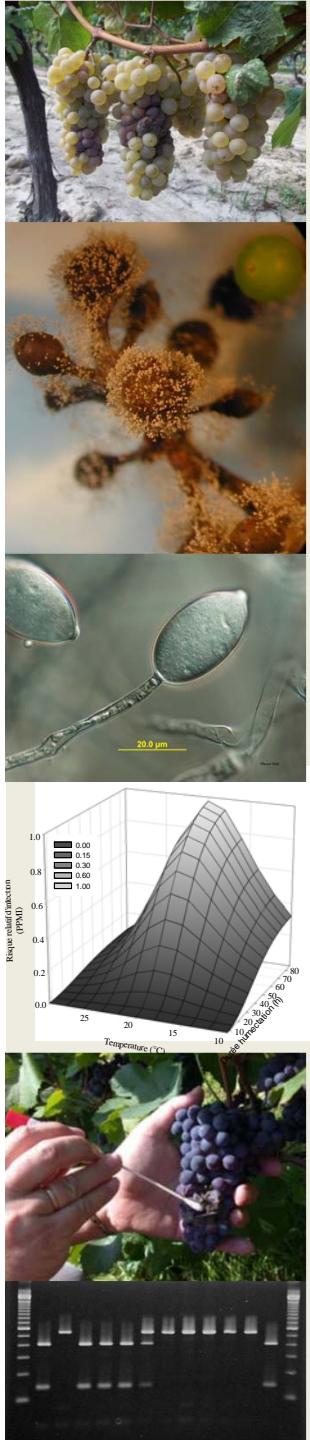
Choix de ou des indicateurs

Dépistage:
\$\$\$, réalité,
spécifique champ/ferme
+++ expertise



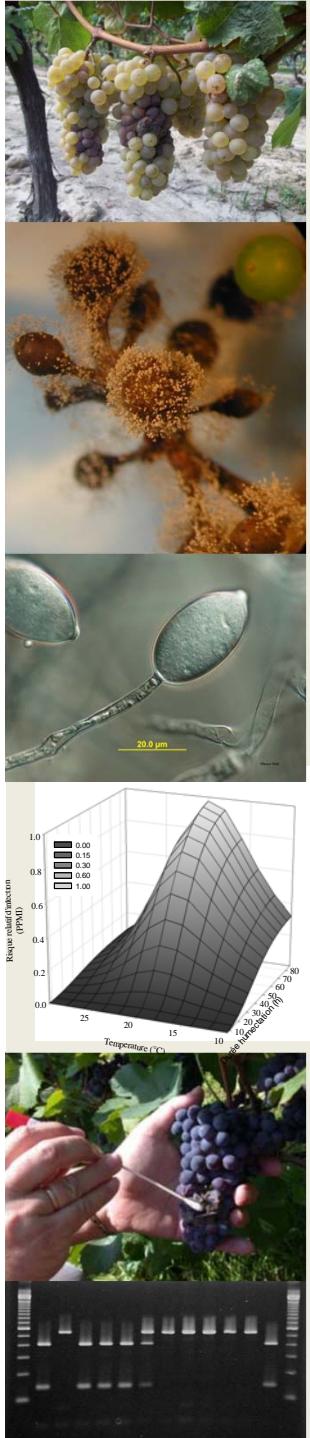
Modèles:
\$, prédictions
régionales
+ expertise
qualité données météo





Analyses fiabilité

	Malade	Malade	Sain	Sain
	Traiter	Ne pas traiter	Ne pas traiter	Traiter
Sévérité VF	74.07	22.22	90.57	9.43
Sévérité JF	76.27	25.93	89.68	10.32
INO	85.19	14.81	79.25	20.75
PREDICTOR	72.22	27.78	75.47	24.53
BLIGHT ALERT inoculum	37.04	62.96	78.68	21.32
BLIGHTALERT Infection	25.93	74.07	88.68	11.32
BOTCAST Indice risque	59.26	40.74	73.02	16.98



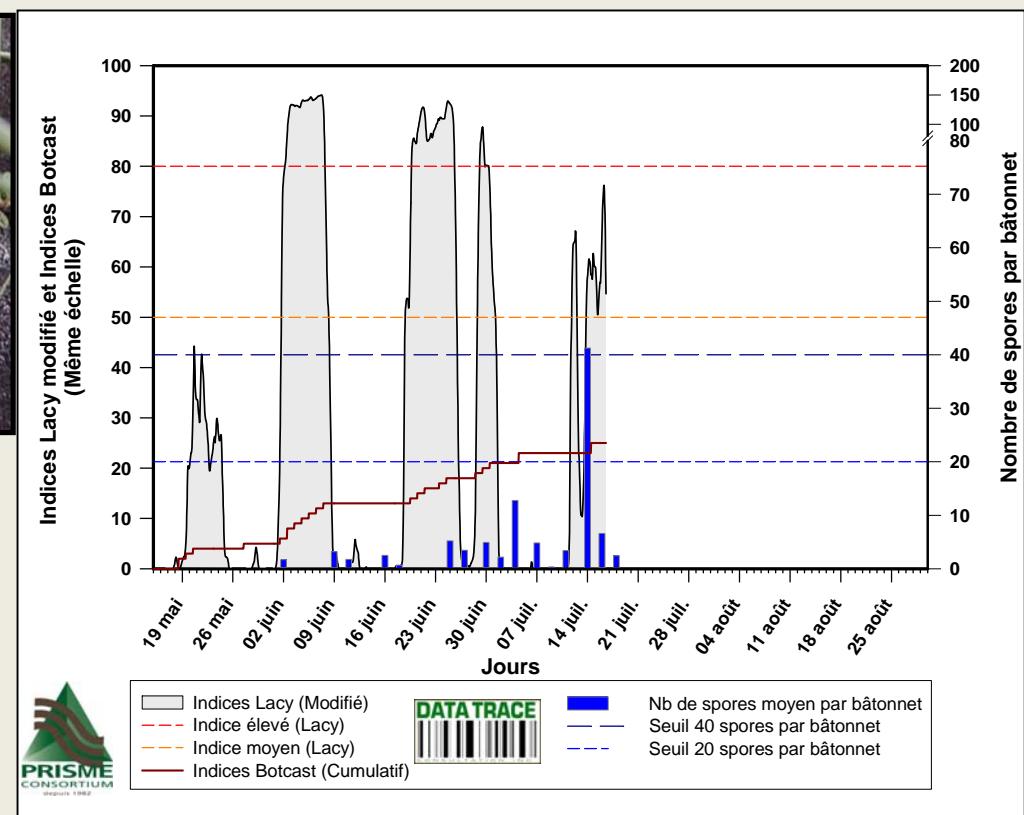
Les indicateurs de risque pour la gestion de la maladie

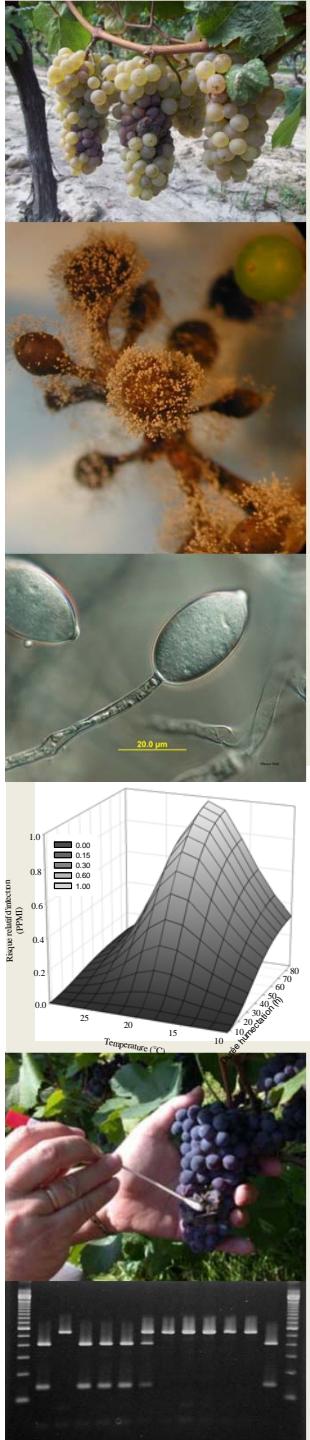
■ Surveillance

- Inoculum aérien
- Niveau de maladie

■ Prévision des risques

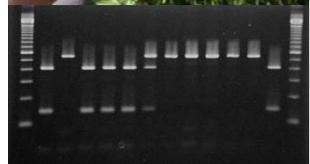
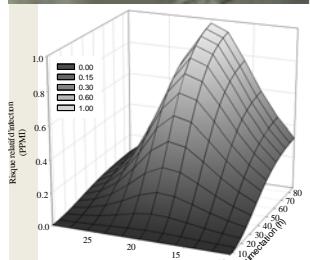
- Predictor (indices de sporulation)
- Botcast (indices de infection)



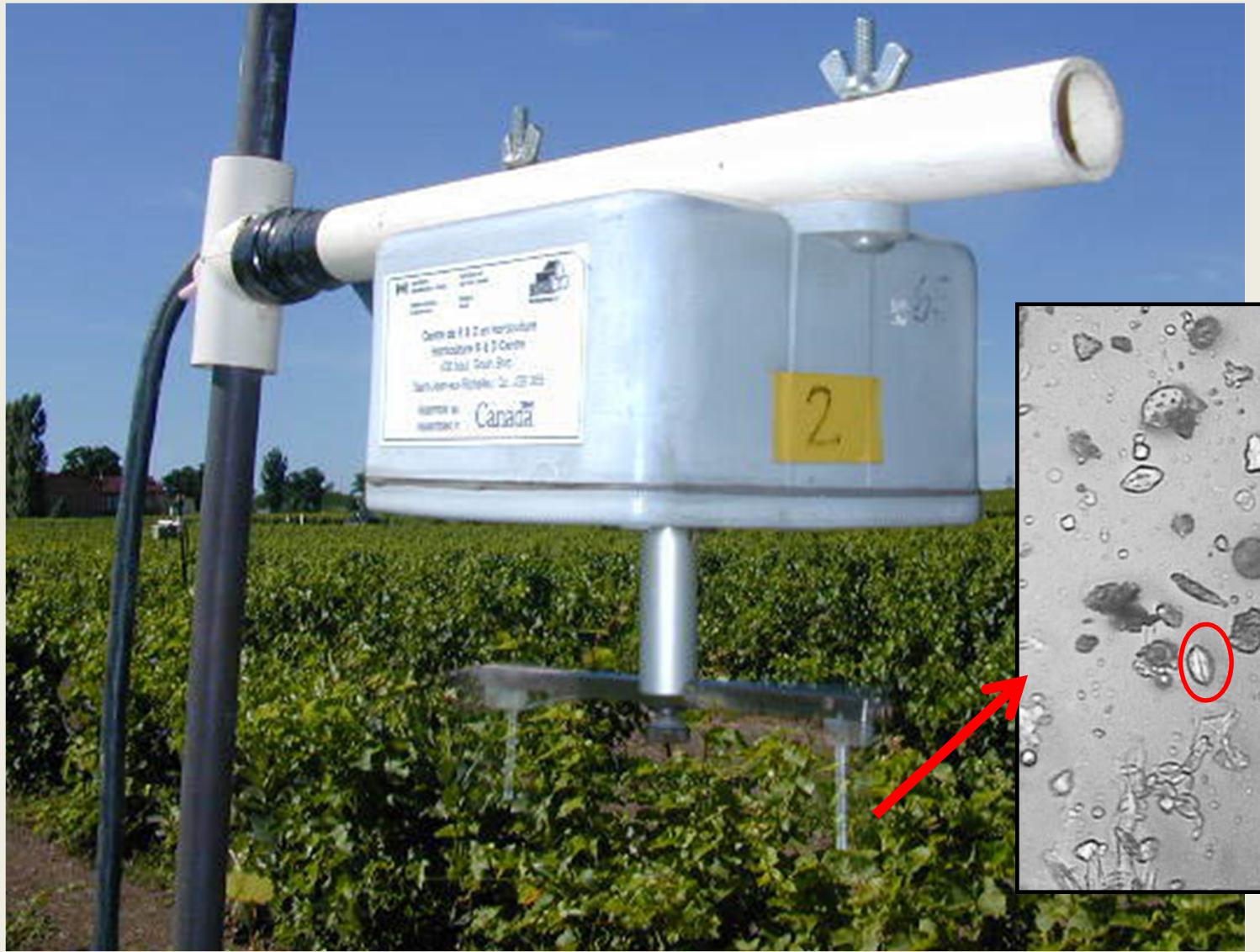


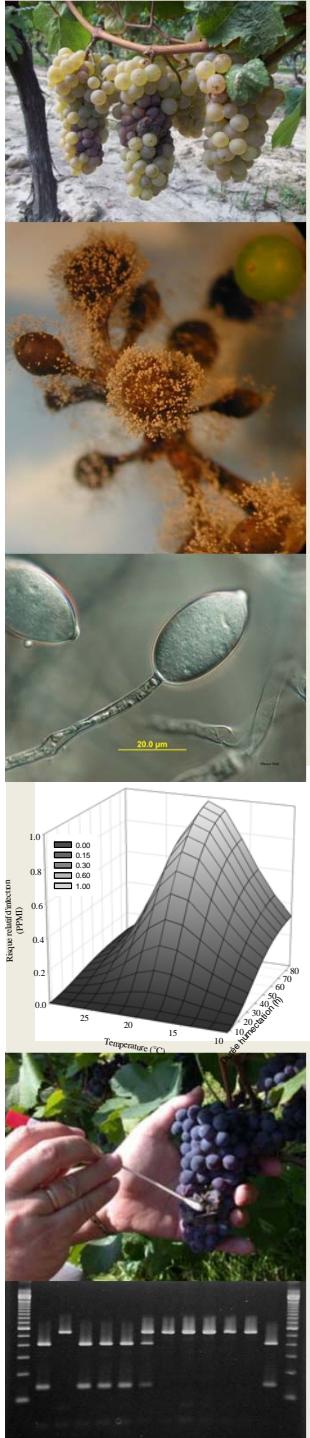
Aérobiose et lutte

- Concentration aérienne de conidies maximale entre 10:00 & 12:00 (Sutton *et al.*, 1978)
- L'augmentation de la sévérité est associée avec les jours de plus de 10 conidies/m³ d'air (Vincelli and Lorbeer 1989)
- Seuil d'intervention de 10-15 conidies/m³ d'air (Carisse *et al.*, 2005)
- Épidémies non maîtrisées:
 - L'inoculum aérien est distribué aléatoirement durant la phase de latence.
 - L'agrégation est associée avec un taux de progression élevé de la maladie
 - Lorsque la progression de la maladie diminue, la variation spatiale redevient aléatoire
- Épidémies maîtrisées:
 - Distribution aléatoire de la concentration aérienne de conidies
 - Le suivi de l'inoculum aérien peut être effectué en utilisant un seul ou très peu de capteurs par champ. (Carisse *et al.*, 2008)



Capteurs





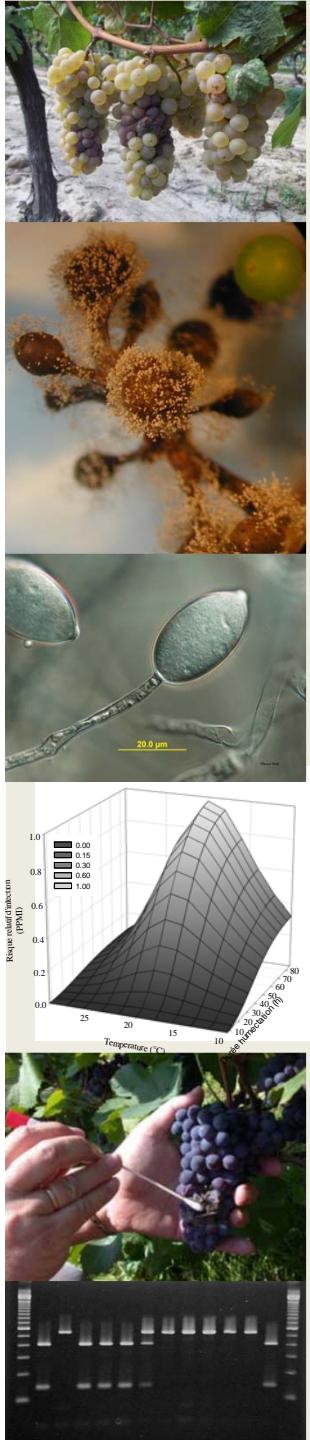
Quantifications des spores

■ Contraintes

- Temps restreint & nombre élevé d'échantillon
- Reconnaissance spécifique du pathogène
- Graisse silicone + 2400rpm = spores atypiques
- Présence de poussières...

■ Une solution: le dénombrement moléculaire par real-time PCR.

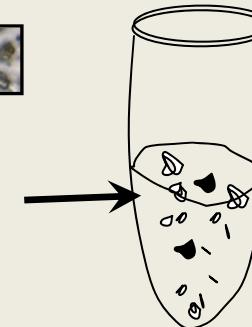
- Quantification de plusieurs échantillons en moins de temps
- Spécificité moléculaire: pas de confusion avec des spores de morphologie identique
- Possibilité de quantifier « l'invisible » lorsque des marqueurs le permettent (résistance aux fongicides, groupes, etc...)



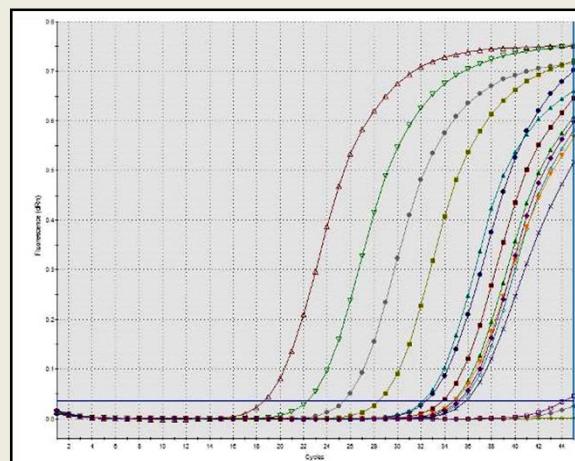
Comptage des spores par PCR en temps réel



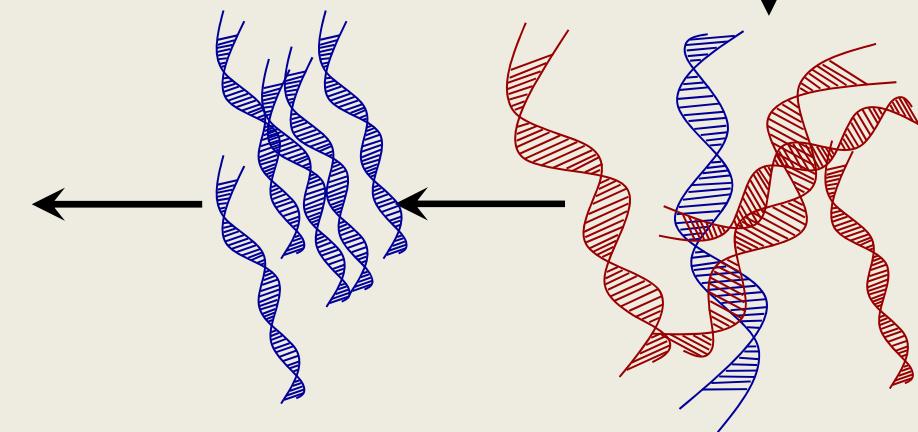
Bâtonnet de capteur graissé de silicone
Spores (*B. cinerea* + autres)
Poussières (principalement du sol)
Pollen, mouches, etc...



Extraction d'ADN
Enlever les particules
Briser les spores
« Libérer » l'ADN

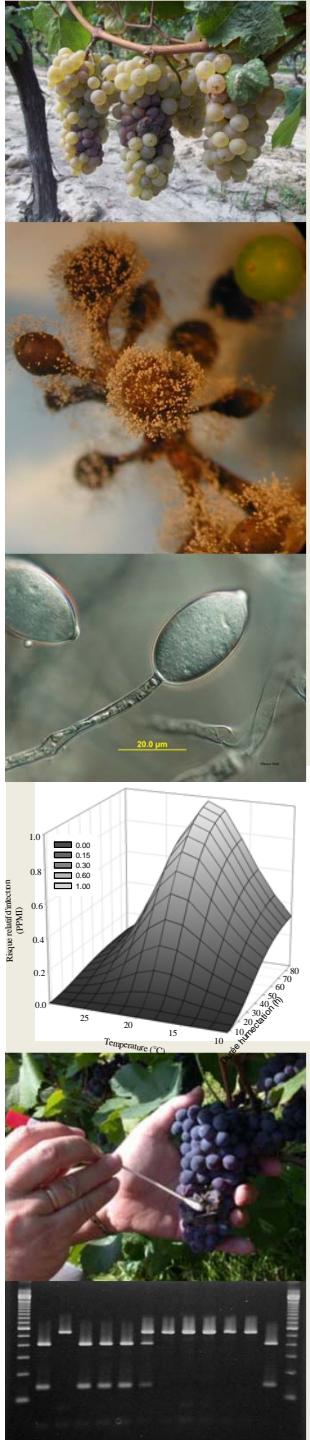


Le signal d'amplification de l'ADN est corrélé avec la quantité initiale d'ADN de l'échantillon.



L'ADN de *B. cinerea* est reconnu et amplifié grâce aux marqueurs spécifiques.

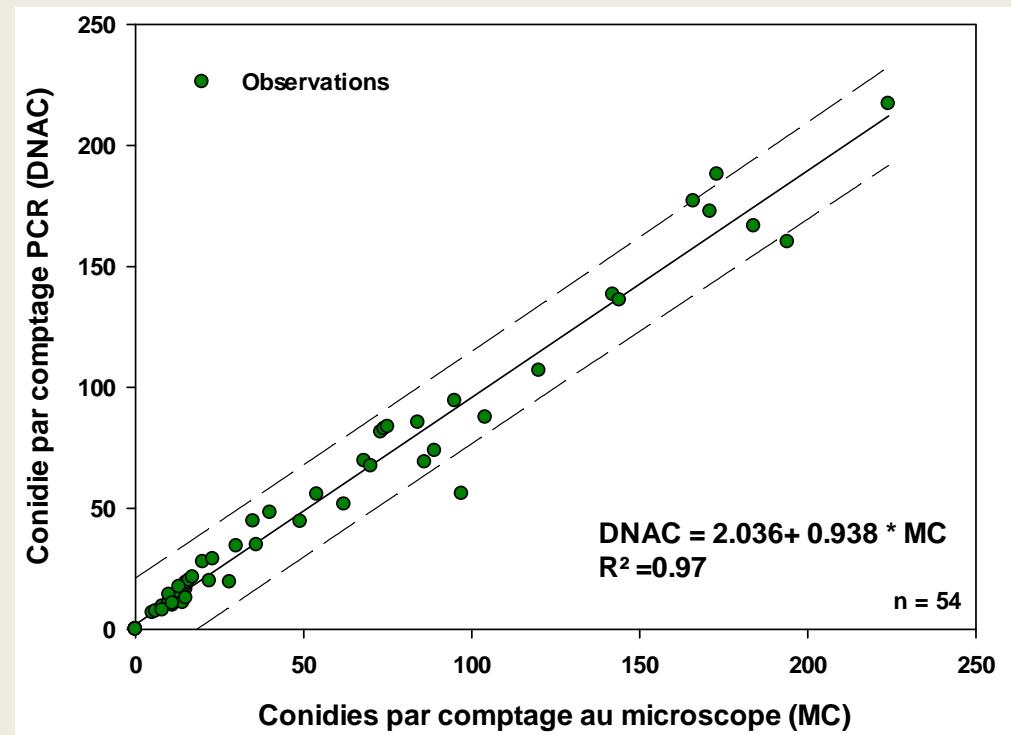
ADN total obtenu:
B. cinerea & contaminants

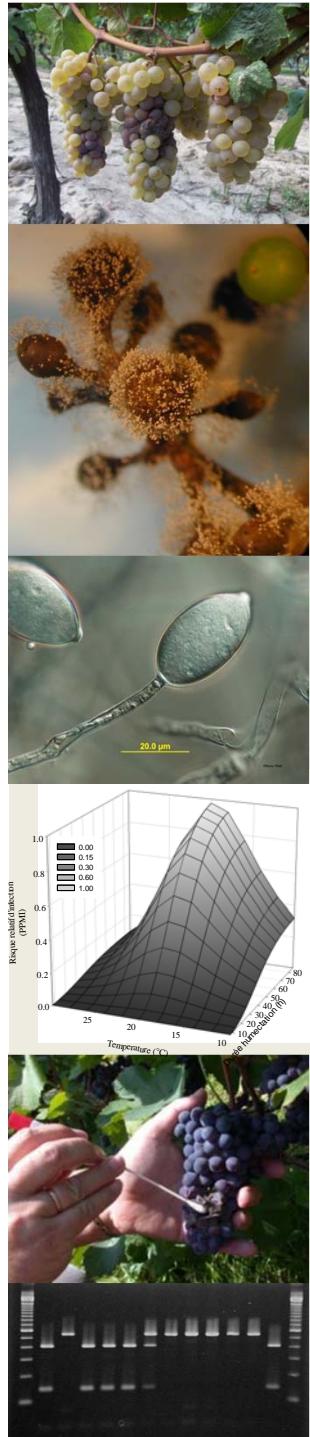


Comptage des spores par PCR en temps réel

- Spécifique:
 - *Botrytis aclada, B. porri, B. squamosa, B. elliptica, B. ficariarum, B. ranunculi, Sclerotium cepivorum, Sclerotinia sclerotiorum*, & 45 contaminants aériens

- Sensibilité:
 - 1 conidie





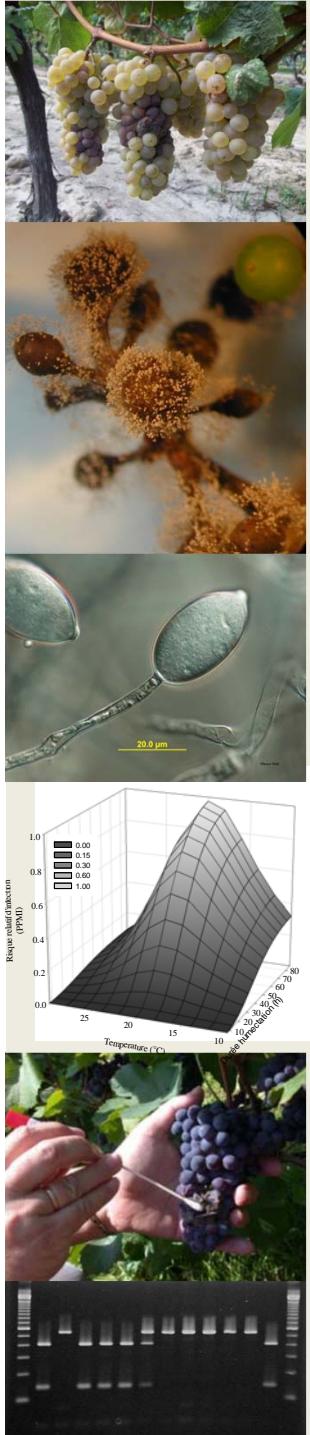
Fiabilité

- Plus fiable que le comptage au microscope
- Risques plus faibles pour les producteurs
- Seuil plus bas

Seuil dommages de 5 lésions/feuilles

Méthode	Vrais positifs	Vrais négatifs
Microscope	0.79	0.22
qPCR	0.95	0.22

Carisse, O., Tremblay, D. M., Levesque, C. A., Gindro, K., Ward, P. and Houde, A. 2009.
Quantification of airborne conidia of *Botrytis squamosa* for management of Botrytis leaf blight using quantitative Real-time PCR. *Phytopathology* 99:1273-1280.



Le réseau de surveillance 2002

- 2/3 des producteurs d'oignons membres du groupe d'encadrement ont eu au moins un capteur
- Les capteurs se trouvaient dans une zone de risque le plus élevé (Cultivar, historique de maladie, microclimat)
- Positionnement des capteurs “régionaux”:
 - Un par zone microclimatique
 - Les champs identifiés par une mauvaise gestion « historique » de la maladie
 - Les champs identifiés par une mauvaise gestion de la maladie durant l'année précédente
- Plan d'échantillonnage
 - 3 x par semaine



Le réseau

Botrytis Leaf Blight Sampling Network
August 11 2009

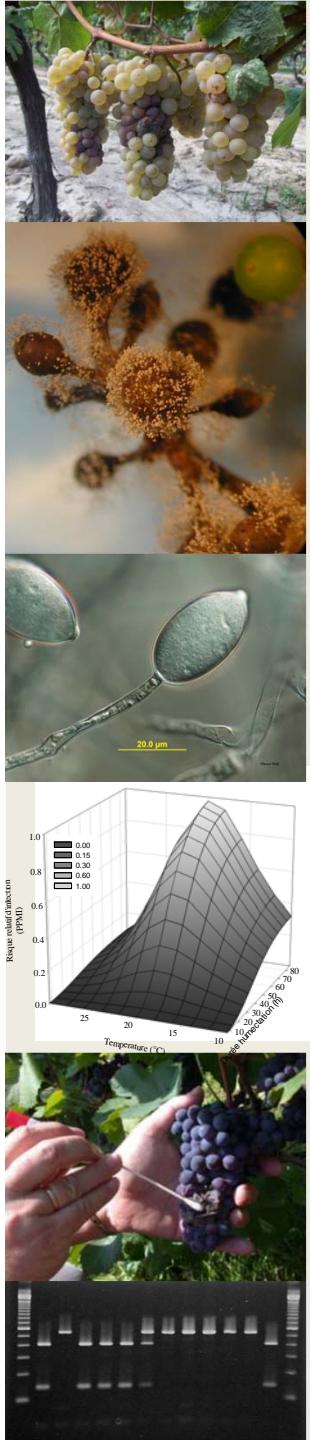


Légende

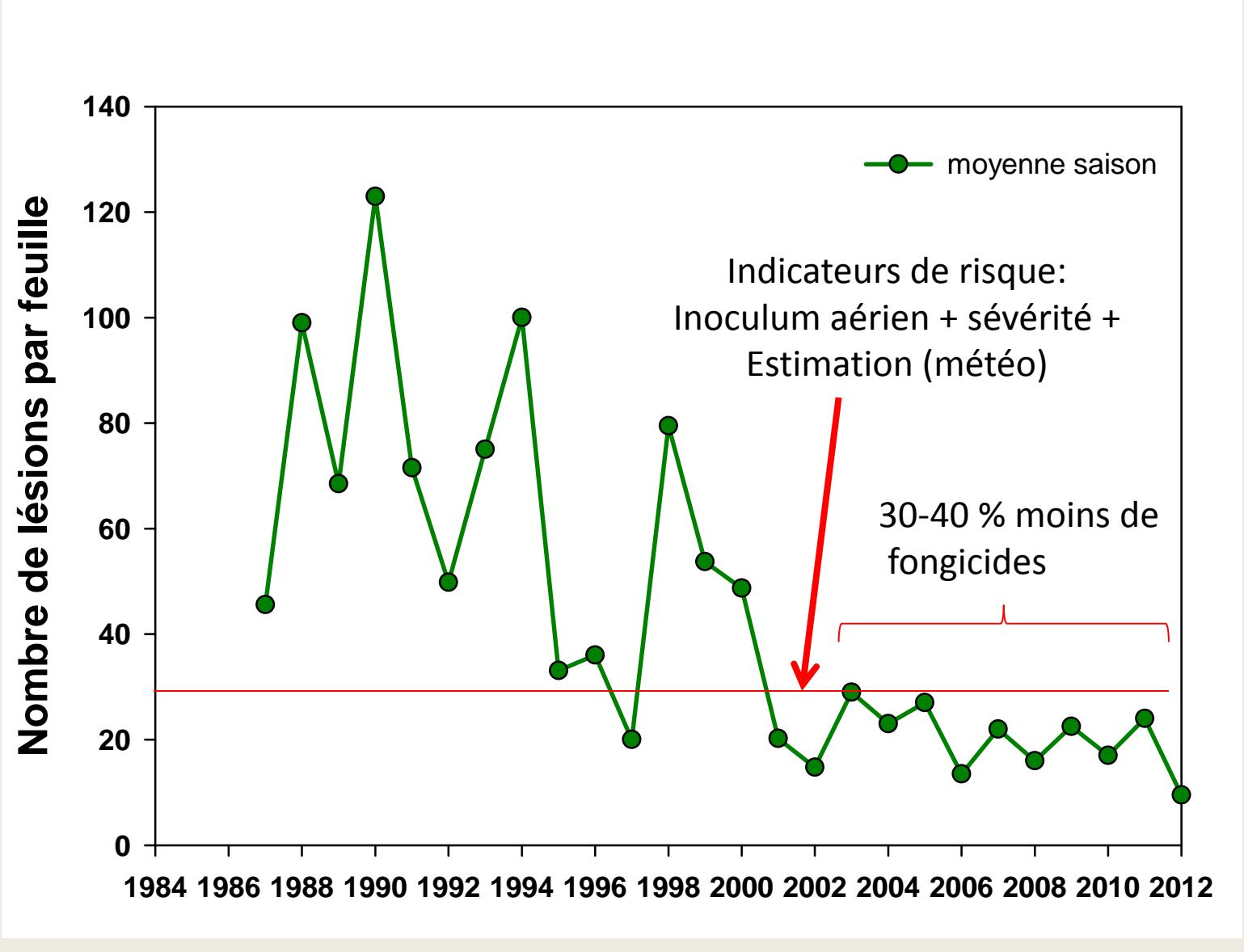
Inoculum aérien *B. squamosa*

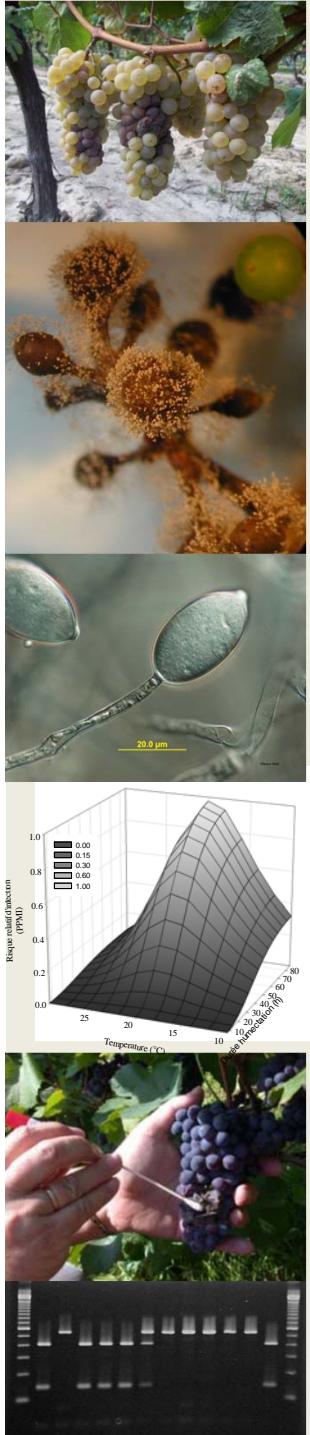
- 0-15
- 20-100
- 101

0 1,875 3,750 7,500 11,250
Meters



Lutte raisonnée

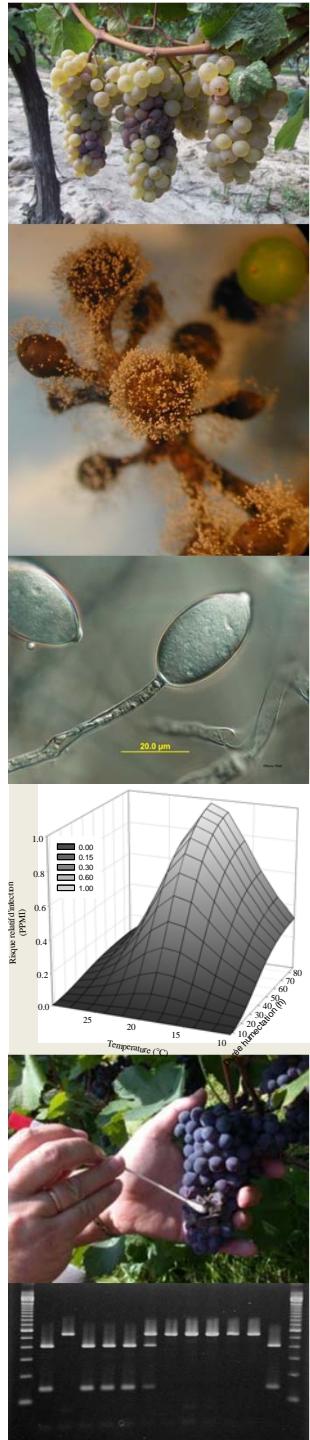




Réseau de surveillance

- Cultures: Fraisiers, Vigne, pomme de terres...
- Quantification temps réel inoculum aérien
- Caractérisation des populations (Génotypes)
- Résistance aux fongicides
 - Profils des mutations





Merci !

- Dr A, Lévesque, A Houde, AAC, P. Ward, AAC
- Dr. A. McCartney, Rothamsted, UK
- Drs L. Willocquet and S. Savary, IRRI, INRA Toulouse
- Dr. N. McRoberts, Rothamsted Research, UC Davis
- Drs T. Caffi & V. Rossi, Università Cattolica del Sacro Cuore, Italie
- Dr. K. Gindro, Swiss Federal Research Station
- Dr. A.S. Walker, INRA Versailles
- Dr. F. Delmotte, INRA Bordeaux
- M. L. Brodeur, Phytodata, producteurs maraîchers
- **Et toute mon équipe !**

