

Comment optimiser la lutte biologique contre la moisissure grise (*Botrytis cinerea*) : le cas de l'agent de lutte biologique *Aureobasidium pullulans*.

Odile Carisse, Annie Lefebvre, Pierre-Olivier Hébert, Tommy Giroux*, Hervé Van Der Heyden, Mamadou L. Fall, et Carl Bélec



Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agriculture and Agri-Food Canada

*



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

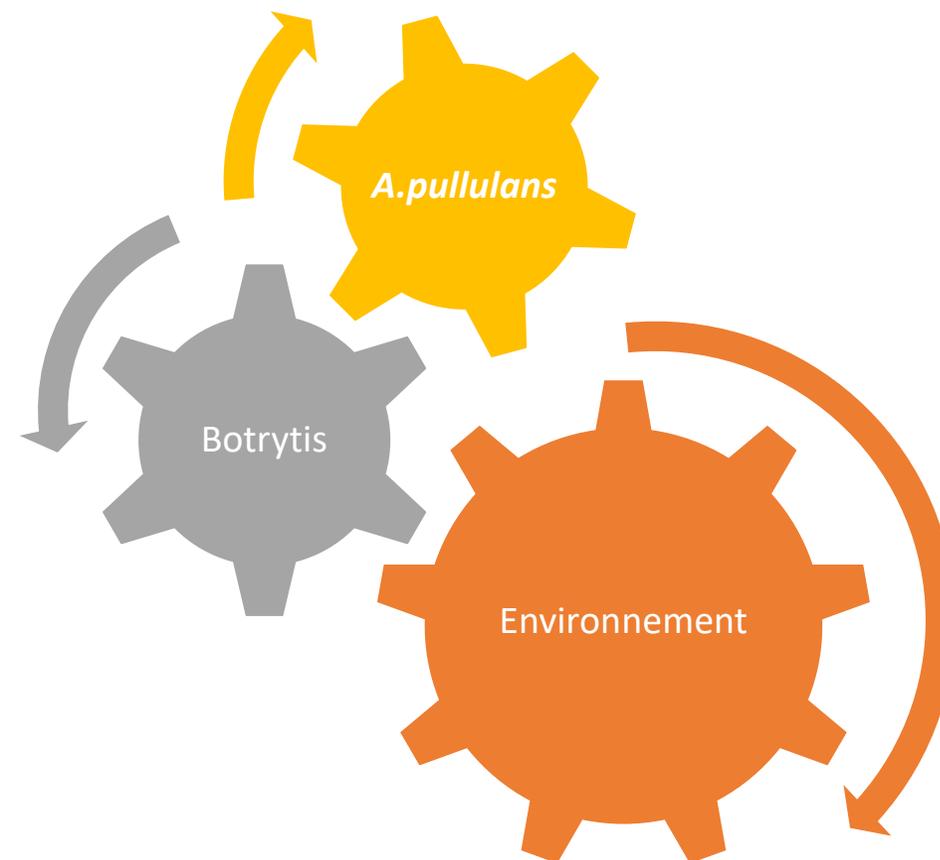




Cette présentation



- La moisissure grise en 2023
- La lutte chimique
 - Avantages et limites
- La lutte biologique
 - Avantages et limites
- La lutte bio contre la moisissure grise
 - Biofongicides disponibles
- Pourquoi optimiser la lutte bio
- Optimisation de la lutte bio
 - Conditions favorables *A. pullulans*
 - Conditions favorables à *Botrytis cinerea*

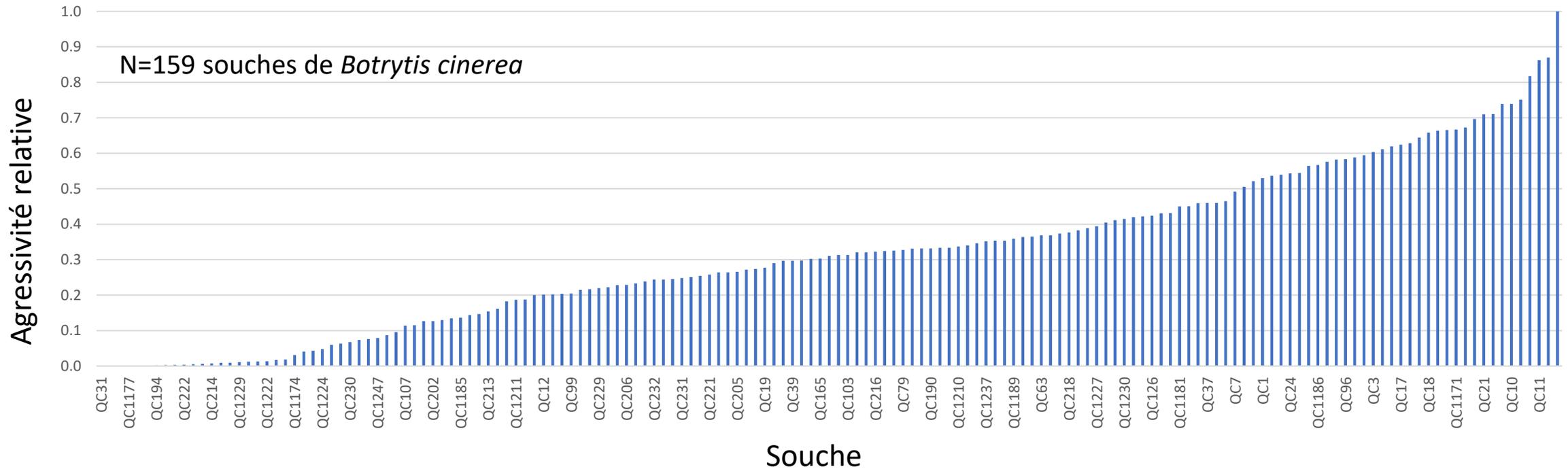




La moisissure grise en 2023



- Diversité importante
- Agressivité très variable
- Plusieurs profils de résistance aux fongicides



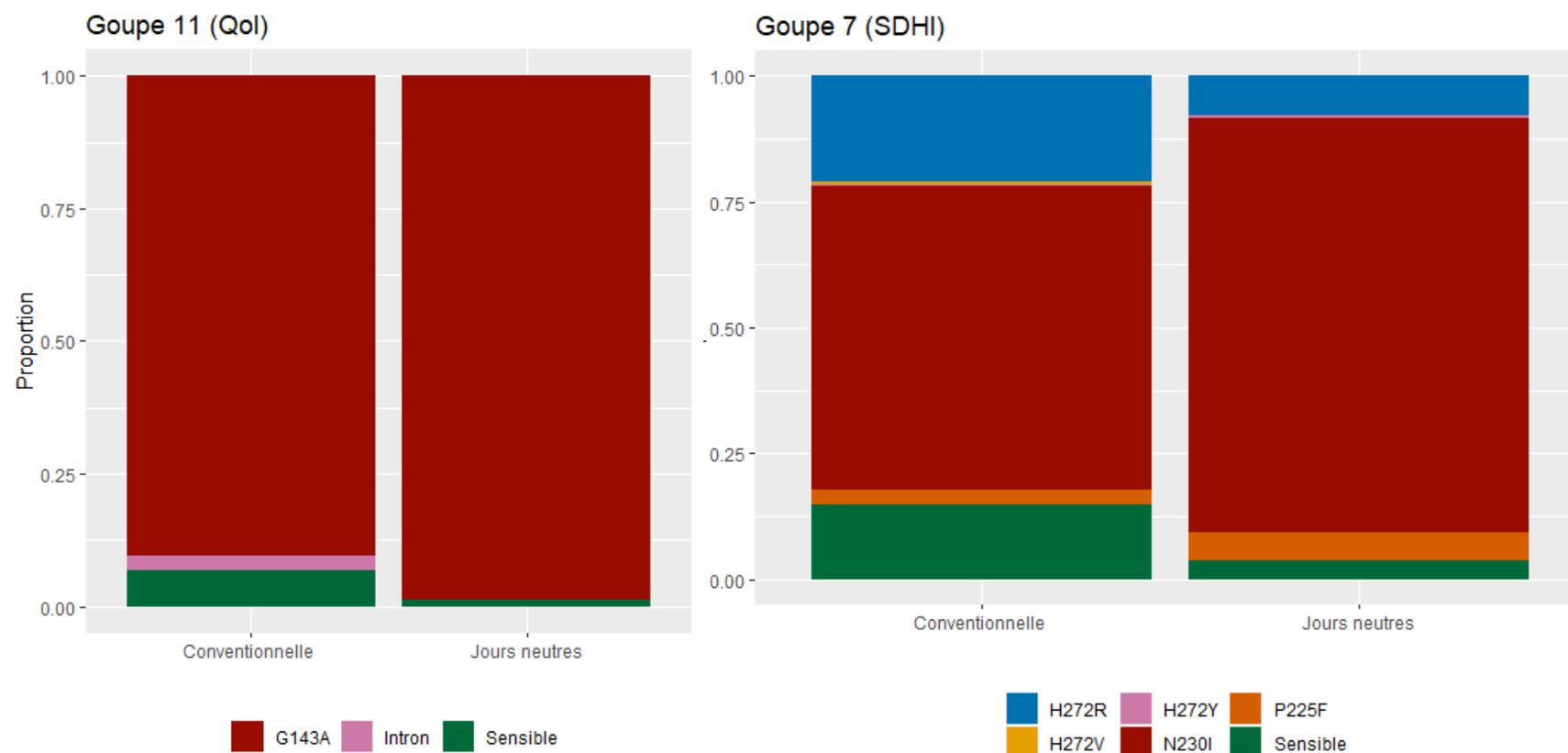


Résistance aux fongicides



Exemple de fongicides:

- 7/11 Pristine (boscalide/pyraclostrobine)
- 7/11 Luna Sensation (fluopyram/pyriméthanil)
- 7 Sarcadis (fluxapyroxade)
- 7/11 Merivon (fluxapyroxade/ pyraclostrobine)





La lutte chimique



Avantages

- Généralement efficaces
- Bonne adhérence et résistance au lessivage
- Différents modes d'action
- Différents mouvements dans la plante (surface, translaminaire, systémique)
- Prix variables

Limites

- Perte d'efficacité due à la résistance
- Risques pour la santé parfois élevés
- Risques pour l'environnement variables
- Acceptabilité sociale qui diminue
- Faible durabilité



La lutte biologique



Avantages

- Impacts moindres sur la santé
- Impact moindre sur l'environnement
- Coûts variables
- Établissement et possible redistribution pour les microorganismes
- Bonne acceptabilité sociale

Limites

- Efficacité variable, souvent moindre
- Mode d'action pas toujours connu
- Adhérence et résistance au lessivage moindre
- Généralement de contact (pas ou peu de pénétration)
- Durabilité variable



La lutte biologique



- **Composés minéraux et organiques**
 - Oxidate (acide paracétique/peroxyde d'hydrogène)
 - Chaux soufrée (polysulfure de calcium)
- **Micro-organismes vivants:**
 - Double nickel 55 (*Bacillus amyloliquefaciens*; souche D747)
 - Serenade OPTI (*Bacillus subtilis*; souche QTS713)
 - Serifel (*Bacillus amyloliquefaciens* (souche MBI 600)
 - Taegro 2 (*Bacillus subtilis* var *amyloliquefaciens*; FZB24)
 - Botector (*Aureobasidium pullulans*; souche DMS 14940 et DMS 14941)
- **Extraits de plantes:**
 - Regalia Maxx (extrait de *Reynoutria sachalinensis*)
 - Timorex (huile de *melaleuca*)





Pourquoi optimiser la lutte bio?



- Dans une large mesure nous avons tendance à remplacer un fongicide de synthèse par un bio-fongicide.
- Dans le cas des biofongicides à base de microorganismes il faut tenir compte des conditions météo.
- Il faut également tenir compte de la pression de maladie (risque de moisissure grise).

IMPORTANT INFORMATION FOR USE ONLY AS A PROFESSIONAL FUNGICIDE.		
Crop	Wine Grapes / Table grapes	Strawberries
Maximum individual dose	1 kg/ha	1 kg/ha
Max. no. of applications	4 (2 day interval between each application)	6 (2 day interval between each application)
Maximum total dose	4 kg/ha	6 kg/ha
Latest time of application	1 day before harvest	

READ THE LABEL BEFORE USE. USING THIS PRODUCT IN A MANNER THAT IS INCONSISTENT WITH THE LABEL MAY BE AN OFFENCE. FOLLOW THE CODE OF PRACTICE FOR USING PLANT PROTECTION PRODUCTS.

2.2 Botector® application instructions for use against gray mold in soft fruits

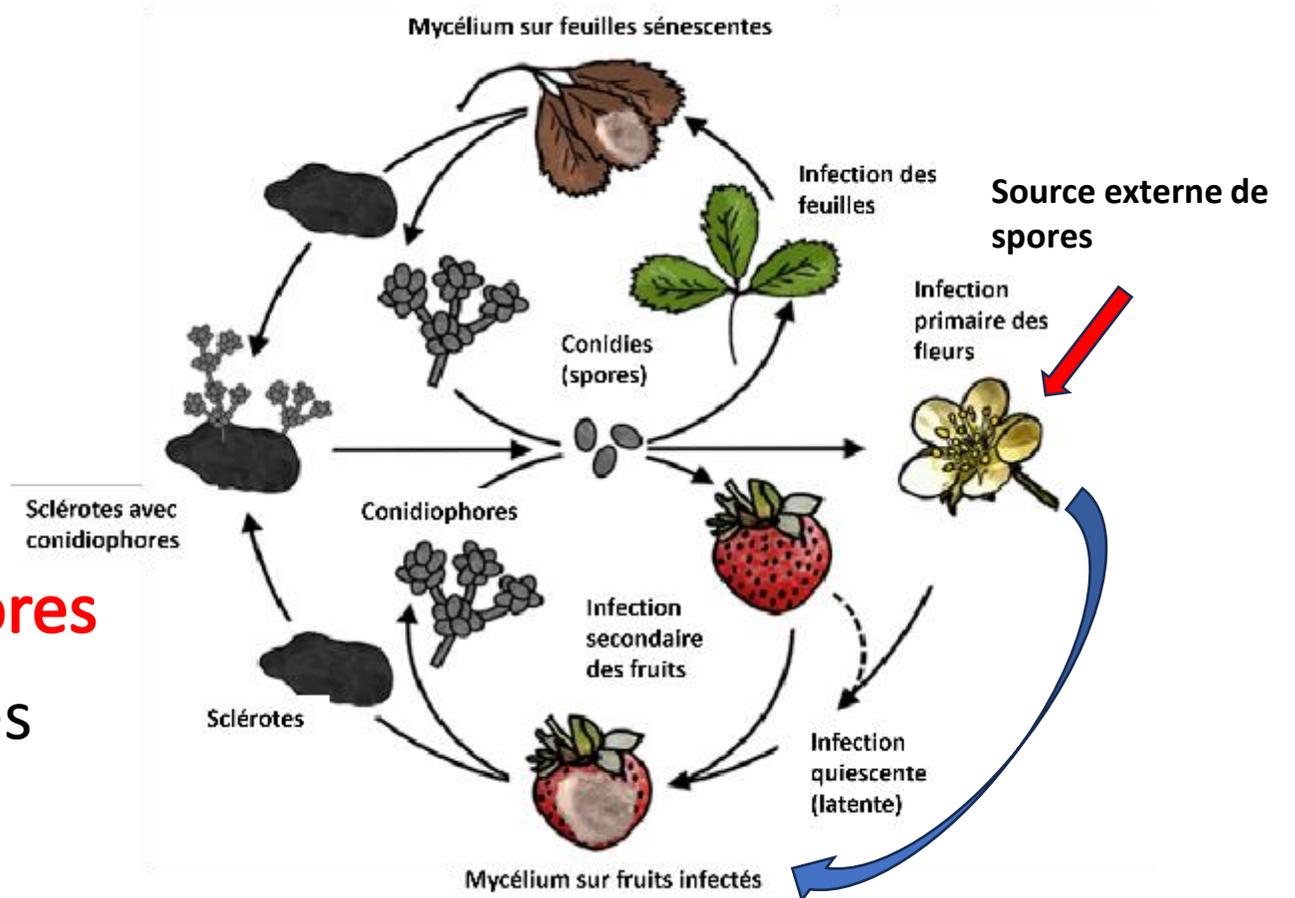
Application rate: 1 kg/ha, to be adapted to development stage, crop density and cultivation system. Up to 6 preventive treatments between the beginning of flower setting (BBCH 55) and until the end of harvesting (BBCH 89) are possible per growing season. Current research has consistently shown that an excellent gray mold control can be obtained in none remontant varieties with two fungicide sprayings, applied at early bloom (around 10% of flowers open) and 10 days later (around 50% of flowers open). However, additional application of Botector® till harvest can improve shelf life of the harvested berries (Figure 10).



Cycle *B. cinerea*



- Sclérote = source inoculum primaire
- Propagation par les spores (conidies) dans l'air
- Infection possible des feuilles sénescentes
- **Infection des fleurs par les spores**
- Infection des fruits par d'autres fruits infectés

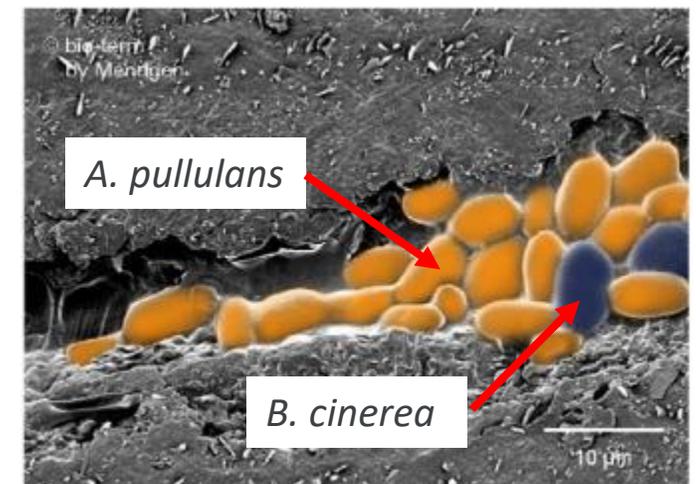




Optimiser la lutte bio



- Le cas de l'agent de lutte biologique *Aureobasidium pullulans*.
- *A. pullulans* n'affecte pas une voie métabolique de *B. cinerea* (pas de pression de sélection donc de résistance).
- *A. pullulans* agit par compétition pour l'espace normalement occupé par *Botrytis* (exclusion compétitive).
- L'exclusion compétitive crée une barrière physique à l'infection.
- Compatible avec l'utilisation de plusieurs fongicides chimiques (*A. pullulans* est une levure).



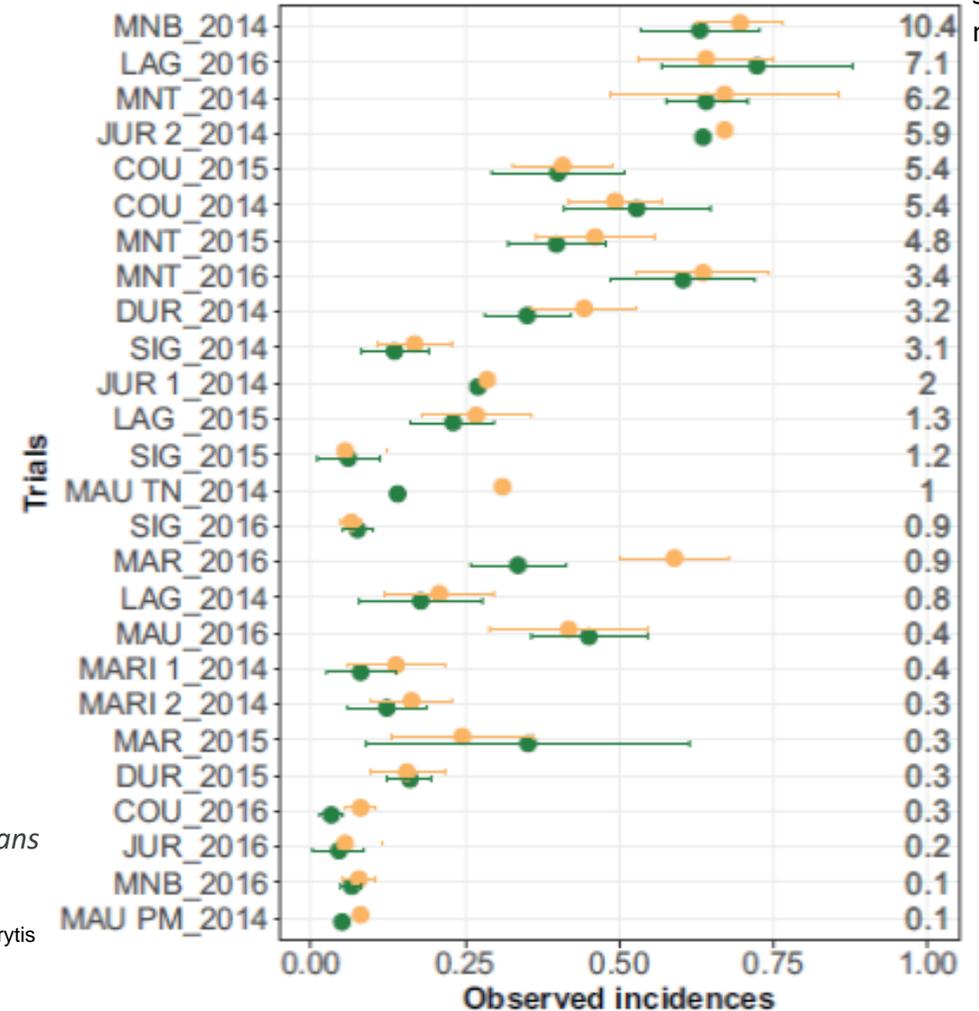


Conditions favorables à *A. pullulans*



- Il faut du temps à *A. pullulans* pour s'établir et augmenter sa population.
- *A. pullulans* ne pénètre pas les cellules du fraisier (surface) et est donc exposé aux conditions météo.
- Efficacité très variable en conditions de champ.

● Témoïn ● *A. pullulans*



Sévérité moyenne



Objectifs du projet



- Étudier l'influence de la température sur la population de *A. pullulans* sur fleurs de fraisiers.
 - Conditions contrôlées
- Étudier et modéliser le développement de la population de *A. pullulans* sur fleurs de fraisiers.
 - Conditions de champs
- Établir une grille de décision pour les traitements avec *A. pullulans* (intervalle entre les traitements).
- Établir les conditions favorables aux infections des fleurs par *B. cinerea* dans la fraise à jours neutres.



Influence de la température



- Des feuilles et fleurs de fraisier ont été inoculées avec *A. pullulans* (souches DSM 14941, 5×10^9 cfu/g, 1g/L).
- Les plants de fraisiers ont été ensuite placés dans des chambres de croissance ajustées à:
 - 10, 15, 20, 25, et 30°C
- La population de *A. pullulans* sur les fleurs de fraisiers (3 fleurs/température/essai) a été suivi à tous les 2-3 jours du jour 0 au jour 11.
- La population de *A. pullulans* a été estimée à l'aide d'un test moléculaire (qPCR) et exprimée en termes de *ng* d'ADN de *A. pullulans* /g fleurs.

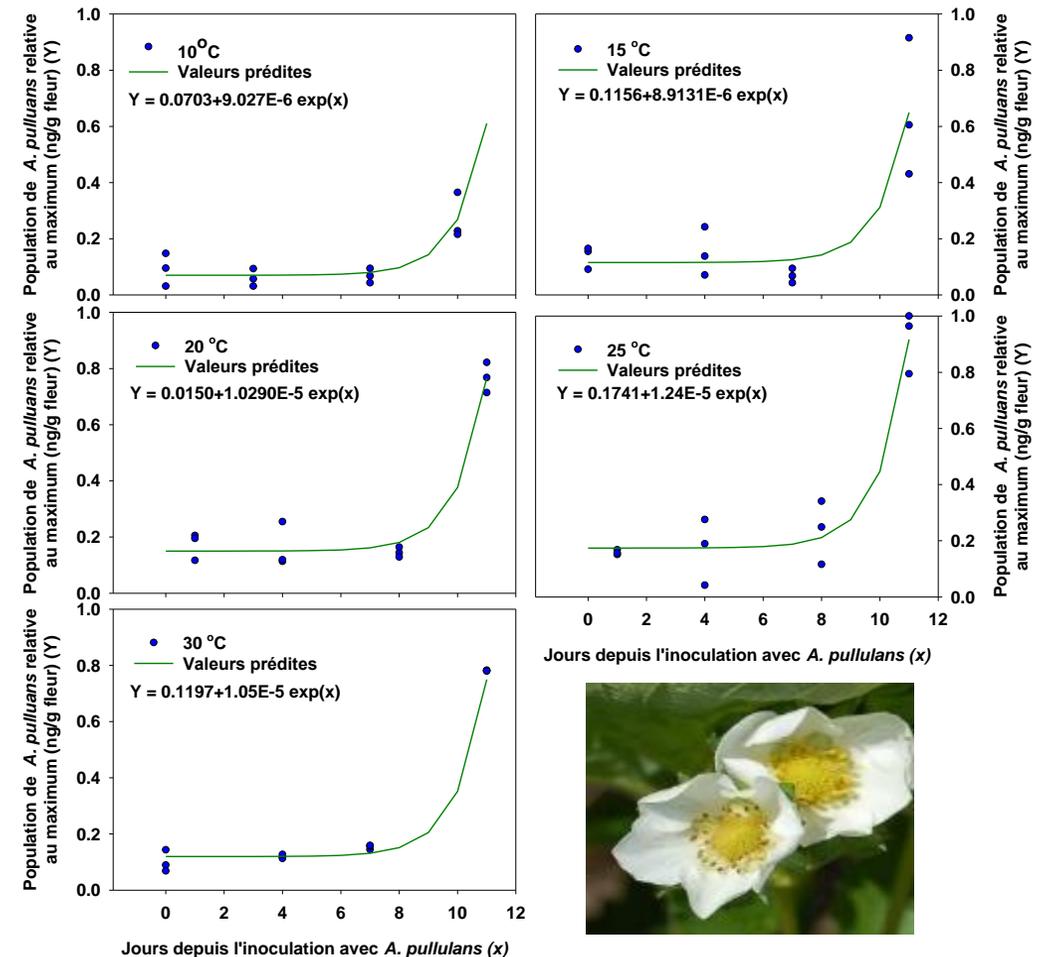




Résultats: conditions contrôlées



- Courbe similaire pour toutes les températures
- Période sans croissance d'environ six jours
- Croissance rapide après 6-8 jours
- Période d'adaptation
- Population maximum de 3.5×10^5 cfu/g de fleur



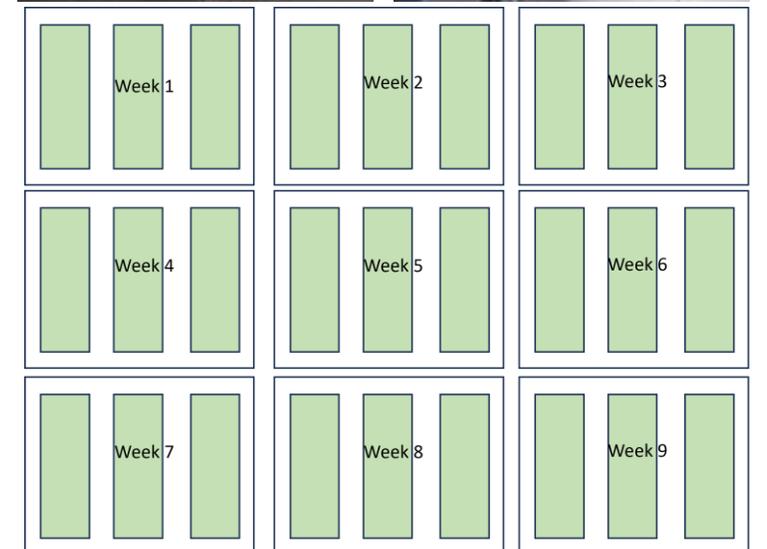


Développement de *A. pullulans* en champ



- Traitements:
 - Témoin
 - Botector (*Aureobasidium pullulans*; souche DMS 14940 et DMS 14941)
 - Serifel (*Bacillus amyloliquefaciens* (souche MBI 600))
- A 9 reprises, une parcelle a été traitée avec *A. pullulans* (formulation commerciale, 5×10^9 cfu/g, 1 kg/ha).

- Avant l'application, trois fleurs par parcelle ont été marquées.





Développement de *A. pullulans* en champ



- Les données météorologiques ont été recueillies à l'aide d'une station météorologique:

- Température horaire (°C)
- Humidité relative (%) et précipitations (mm, heures)
- Mouillure des fleurs (heures)



- Les populations d'*A. pullulans* a été estimées sur les fleurs marquées tous les 2-3 jours (max 10 jours).

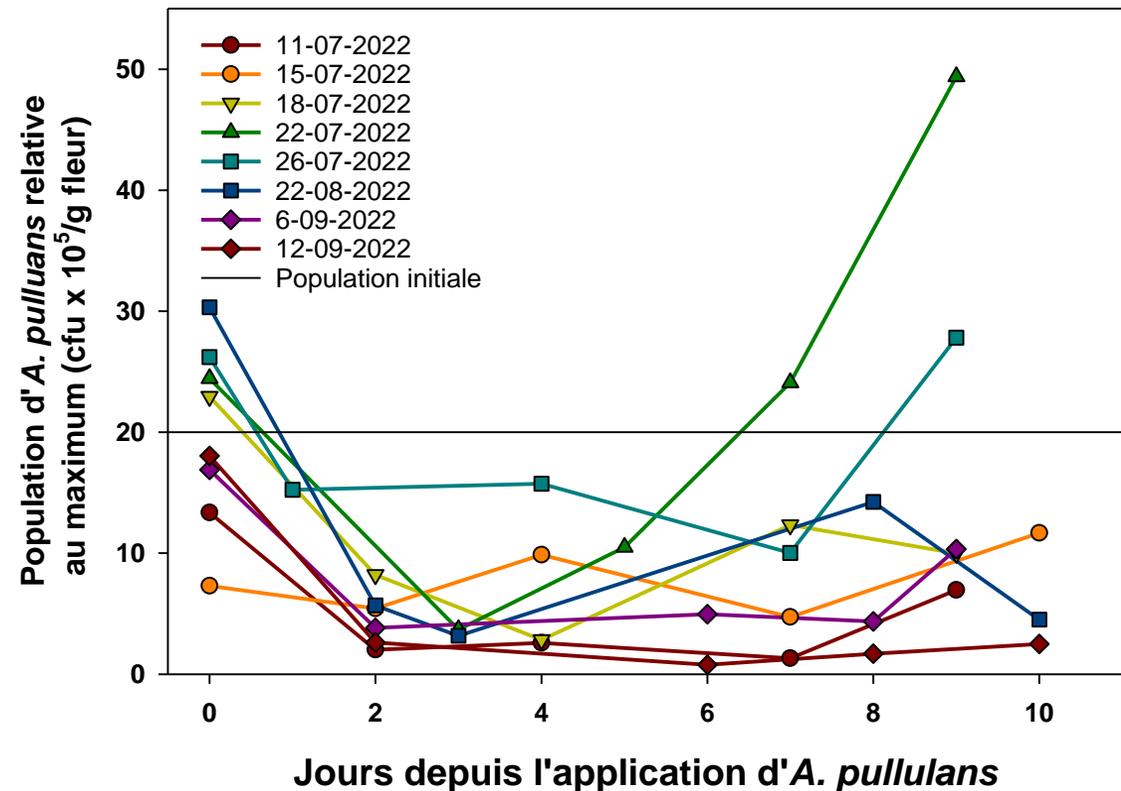




Résultats : champ



- Chute des populations suite à l'application
- Adaptation aux conditions de champ?
- Période sans croissance d'environ de 4-6 jours
- Croissance rapide pour certaines inoculations après 6-8 jours
- Population maximum de 5×10^6 cfu/g de fleur

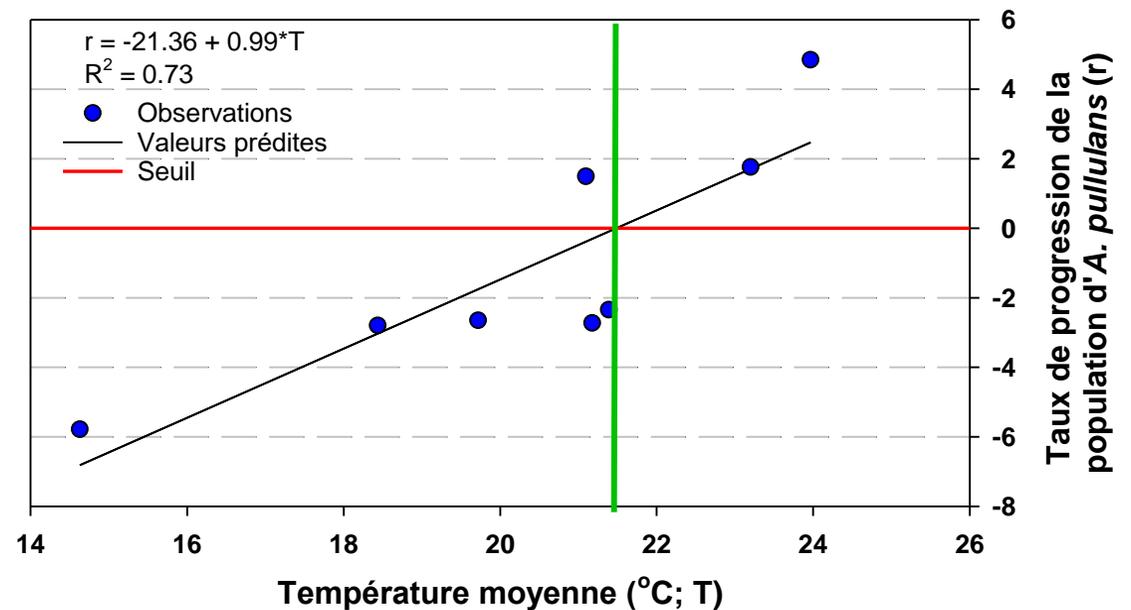
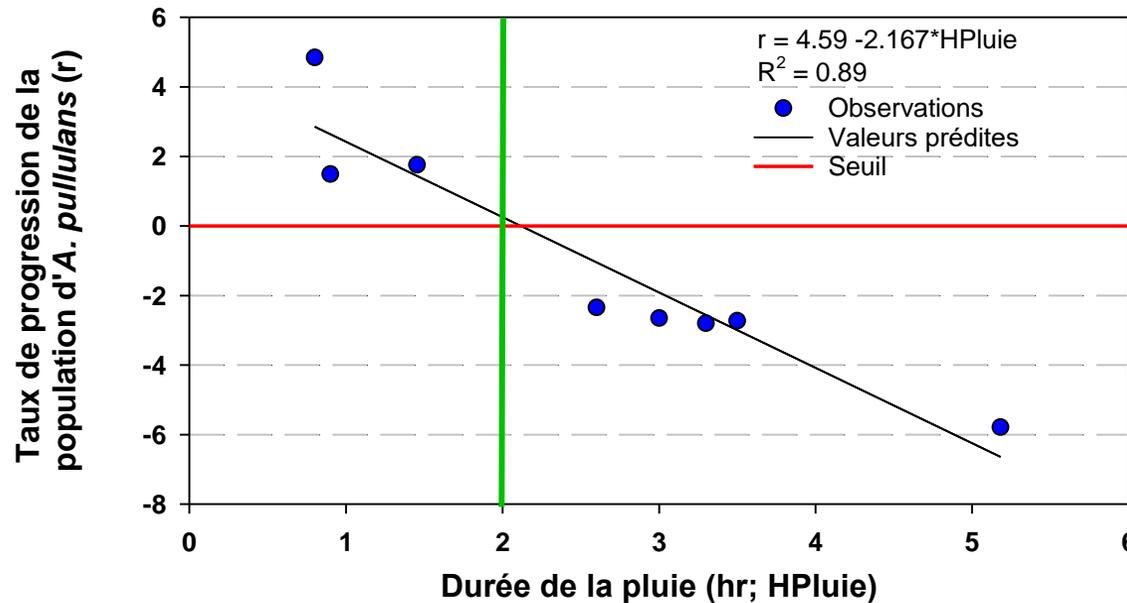




Résultats: champ

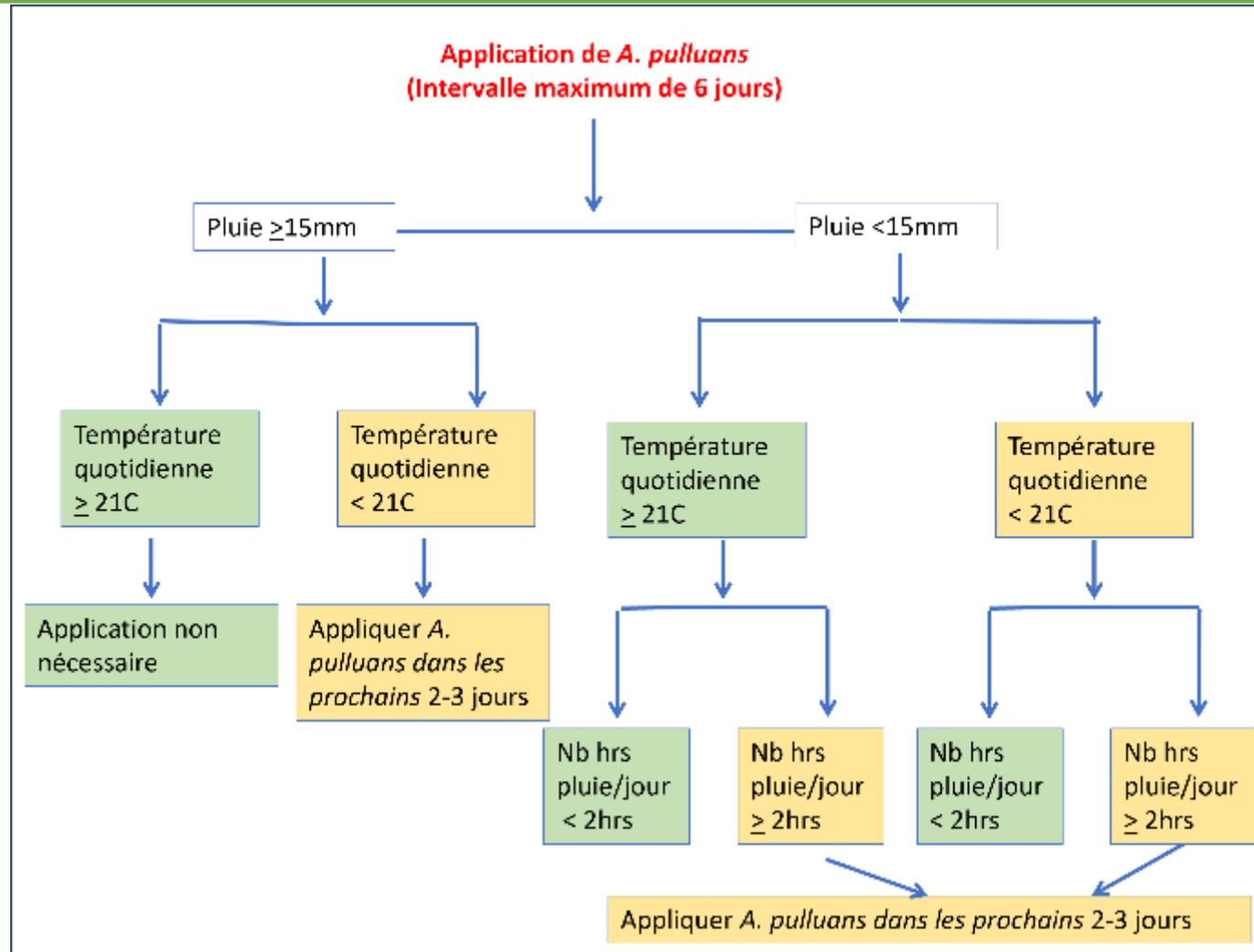


- La population d'*A. pullulans* cesse d'augmenter si > 2h de pluie
- Le taux de croissance de la population d'*A. pullulans* est proportionnel à la température





Grille de décisions





Les risques de moisissure grise



- Données récoltées sur 3 sites; 3 années (2010, 2011, 2012)
 - Frelighsburg
 - St-Paul
 - Dunham
- Incidence de la moisissure grise (nb fruit infectés)
- Concentration de spores dans l'air (spores/m³)
- Données météo
 - Température, humidité, pluie, mouillure,...

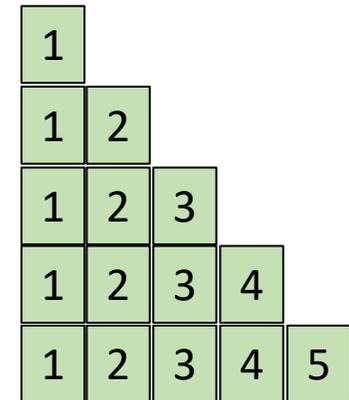




Estimer les risques de MG



- 26 variables météo
 - Température moy, min, max, nb hrs si RH>80, 85, 90%
 - Humidité relative moy, min, max, nb hrs si T15-25, >15,....
 - Pluie, qt, durée, DPV,... CI coefficient d'infection $f(T, \text{HrspluieRH}>90\%)$
- Concentration spores dans l'air
- Période de 1-5 jours
- Pas de temps de 1-30 jours
- **Total de 4200 modèles testés**



-30,-29,-28,-3,-2 -1

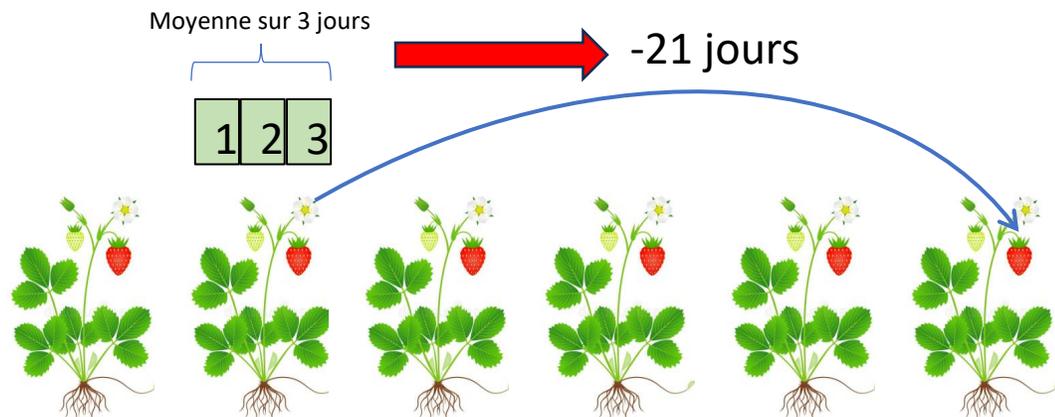
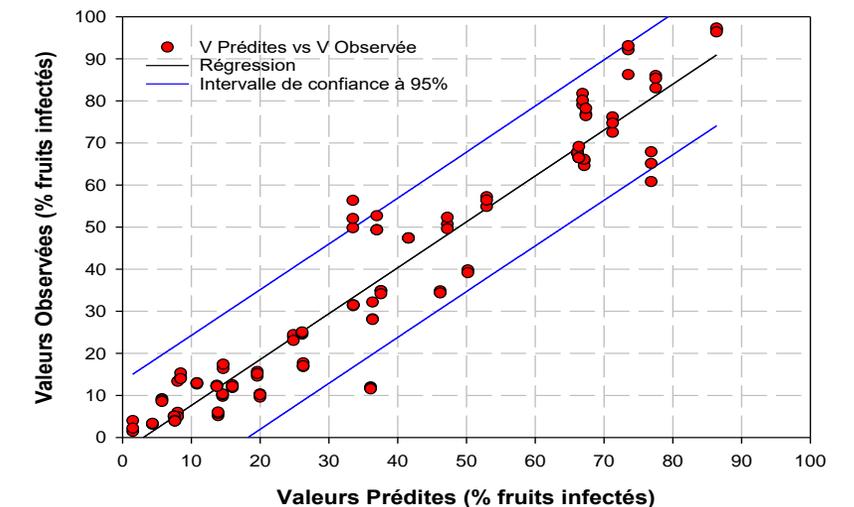
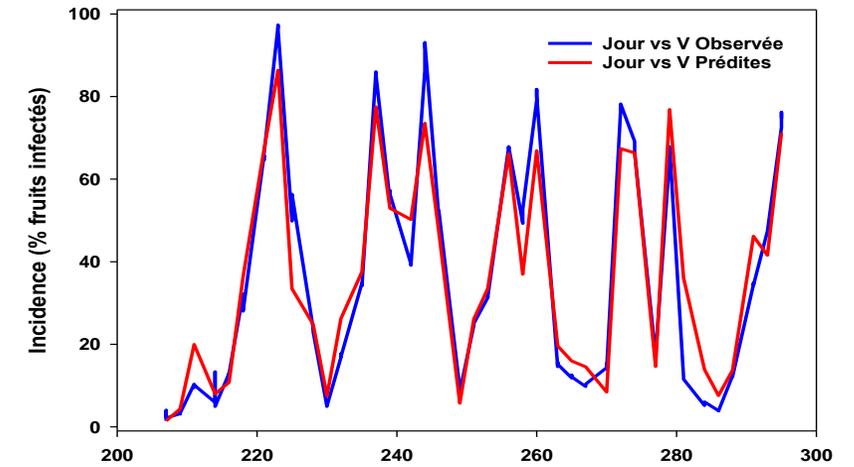




Estimer les risques de MG



- Moyenne des variables météo sur une période de 3 jours
- Prédiction de 21 jours (floraison – fruit mature)
- Meilleurs modèles:
 - $\text{NbHrRH80} * \log \text{CAC}$ et $\text{Coef Inf} * \log \text{CAC}$
- Excellente prédiction (>85%) des risques:
 - Nul (0%), faible (2.5%), moyen (5%), ou élevé (>5%)

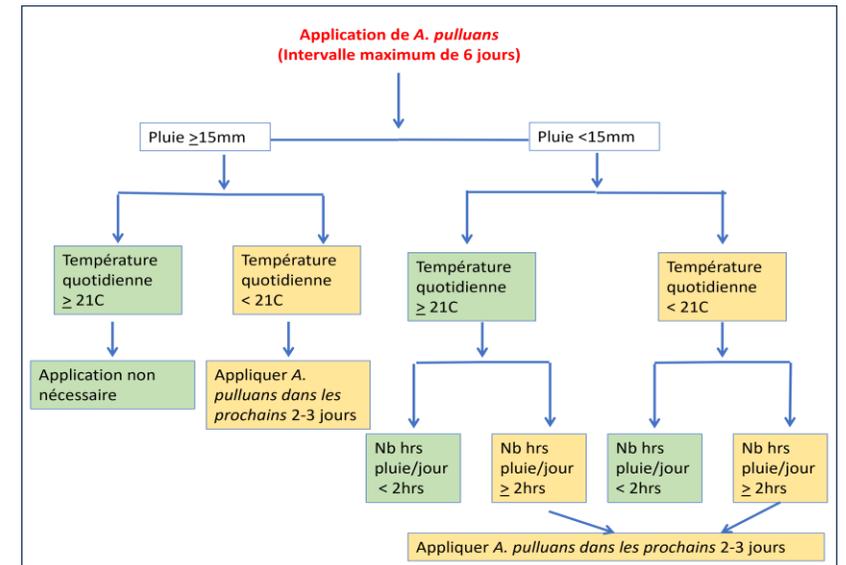




Conditions optimales



- Approche en prévention: garder les fleurs colonisées par *A. pullulans*
 - Intervalles entre les traitements selon les conditions météo (grille de décision)
- Approche basée sur le risque de Moisissure grise.
 - Risque nul: pas de traitements
 - Risque faible: *A. pullulans*
 - Risque moyen: *A. pullulans* ou fongicide synthèse
 - Risque élevé: fongicide synthèse



	Nb hrs RH>80%	Coef Inf	Log CAC
Faible	4.69	0.06	1.58
Moyen	8.21	0.12	1.61
Élevé	12.66	0.30	1.86



Analyse coût bénéfices



- Approche en prévention: garder les fleurs protégées

Prémises:

- 1 traitement par semaine
- Prix du Botector = 153.55\$
- Prix moyen des fongicides de synthèse = 120.00\$
- Prix moyen fongicides bio = 80.00\$ autres que *A. pullulans*

Fraises à jours neutres 10-12 semaines de récolte (floraison)				
Régie	Produit	Nb traitement	\$/ha	Coût
Bio	Botector	12	153.55 \$	1 842.60 \$
Intégrée	Botector/synthèse	12	136.78 \$	1 641.30 \$
Chimique	variable	12	120.00 \$	1 440.00 \$
Bio (bio=Ap.)	Botector/autres	12	116.50 \$	1 398.00 \$
Fraise d'été 3-5 semaines de récolte (floraison)				
Bio	Botector	5	153.55 \$	767.75 \$
Intégrée	Botector/synthèse	5	136.78 \$	683.88 \$
Chimique	variable	5	120.00 \$	600.00 \$
Bio (bio=Ap.)	Botector/autres	5	116.50 \$	582.50 \$



Conclusions



- Il est possible d'optimiser l'efficacité d'*A. pullulans*
- Il est possible d'estimer les risques de moisissure grise
- Outils disponibles
- Stratégie basée uniquement sur *A. pullulans* pourrait être couteuses en termes de produit
- Différentes stratégies avec plusieurs biofongicides et matières actives
- Une stratégie de lutte ne devrait pas être basée uniquement sur l'utilisation de fongicides bio ou de synthèse



MERCI!



L'INITIATIVE SUR LES SOLUTIONS DE RECHANGE EN MATIÈRE DE LUTTE ANTIPARASITAIRE



Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agriculture and Agri-Food Canada

