

Epidémiologie et influence des facteurs environnementaux et agronomiques sur la Pourriture grise de la Vigne

Marc Fermaud

▶ **To cite this version:**

Marc Fermaud. Epidémiologie et influence des facteurs environnementaux et agronomiques sur la Pourriture grise de la Vigne. Master. Chile. 2021. hal-03364361

HAL Id: hal-03364361
https://hal.inrae.fr/hal-03364361

Submitted on 4 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

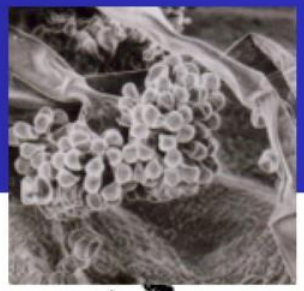
Epidémiologie et influence des facteurs environnementaux et agronomiques sur la Pourriture grise de la Vigne due à *Botrytis cinerea*

Dr. Marc FERMAUD :
Chargé de Recherche HC
UMR SAVE, INRAE, Bordeaux, FRANCE

Intervention Cours à distance (visioconférence); Chili 26 janv. 2021

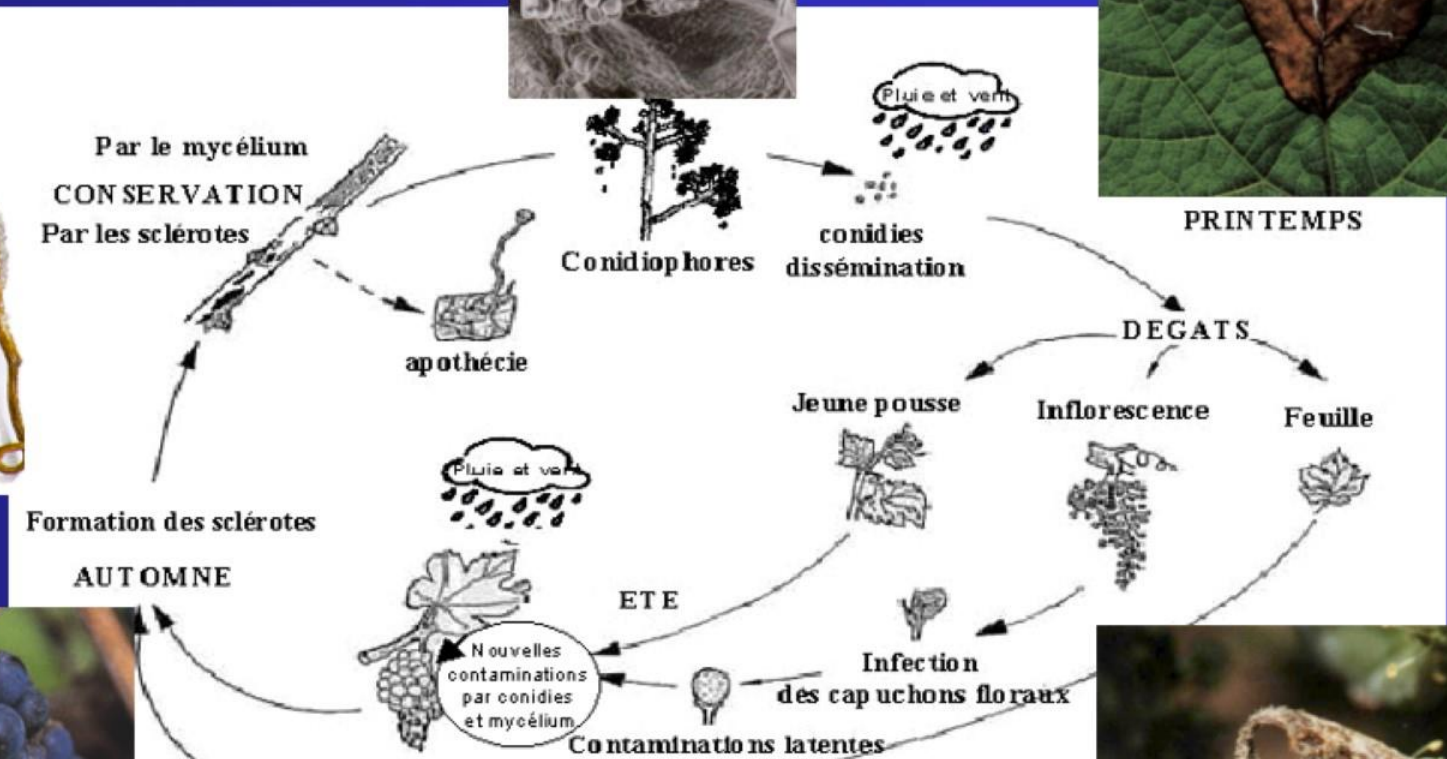
CYCLE BIOLOGIQUE

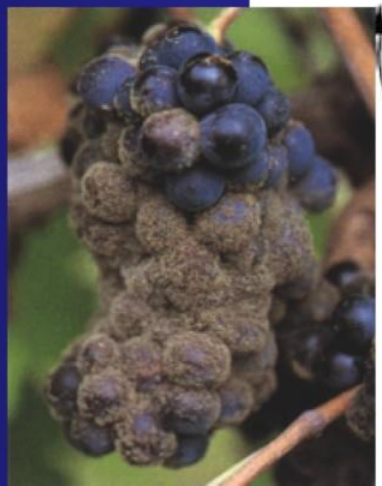














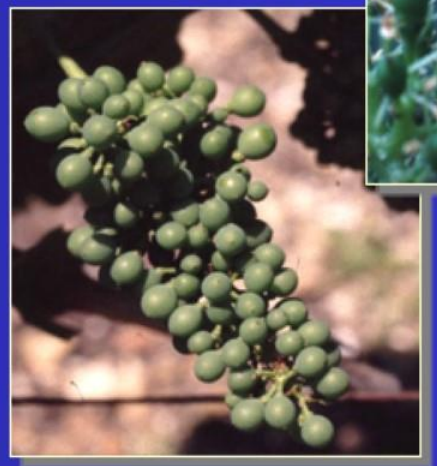


Variabilité des niveaux d'inoculum avant véraison dans les vignobles de cuve (France)

- Populations hivernantes fragments d'écorces (0 à 75%)
- Populations en fin de floraison Capuchons floraux (0 à 80%)
- Phase quiescente baies herbacées (0 à 50%)







Early Installation : 3 major infection pathways





–Installation parasitaire



–et conidies

–Inoculum secondaire





–Installation saprophytique (tissus morts)



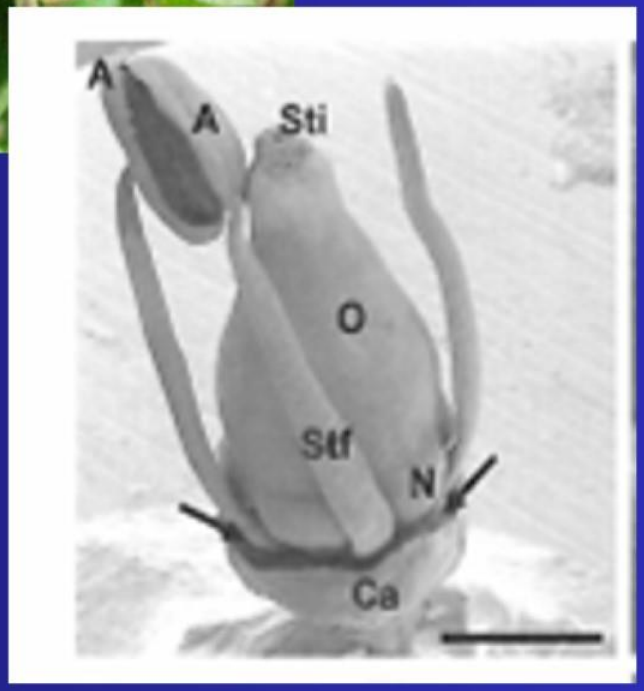


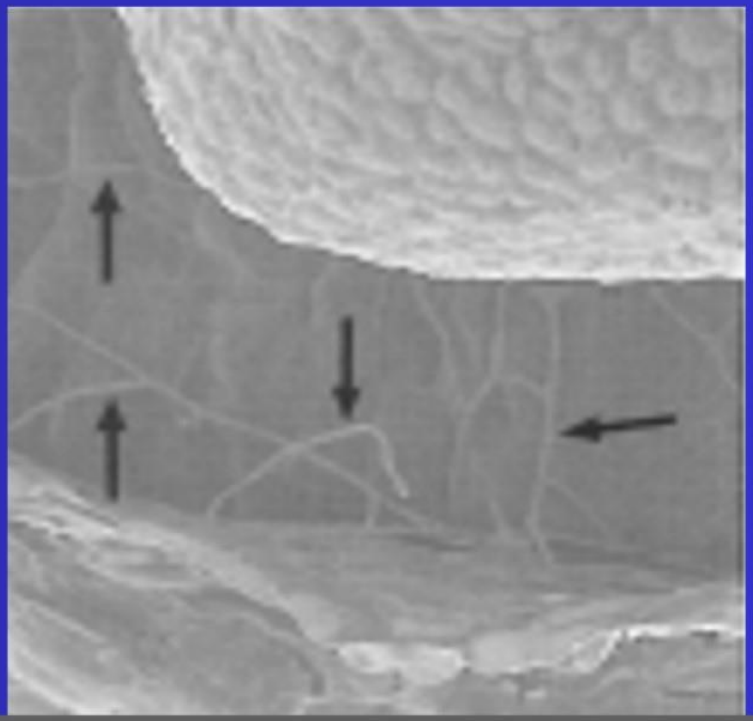
–Installation interne asymptomatique

–Botrytis quiescent

Installation QUIESCENTE ou LATENTE de *B. cinerea* dans la fleur de Vigne





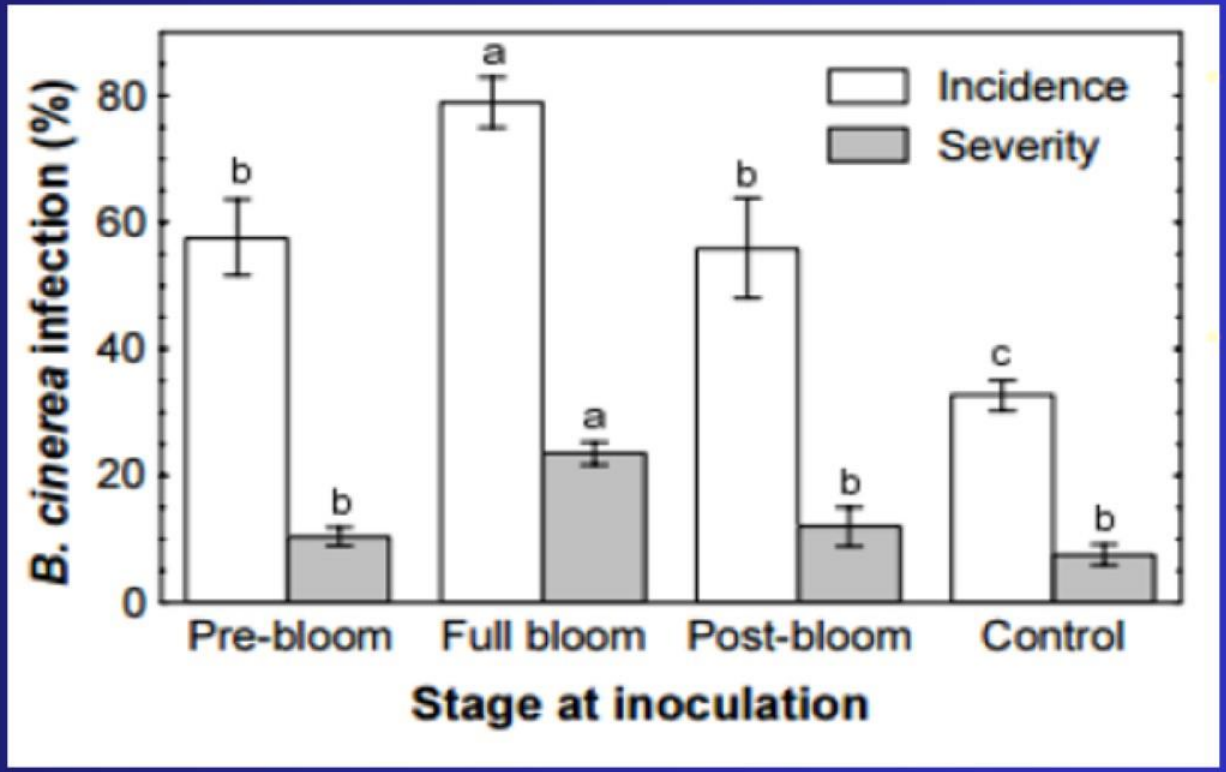


– Arrows : Botrytis Hyphae between calix and ovary

(72 h post-inoculation)

– **Source : Viret et al., *Phytopathology*, 2004**

Installation QUIESCENTE ou LATENTE de *B. cinerea* dans la fleur de Vigne



Latence dans la baie jusqu'à des conditions favorables (Pezet, 1986)

Pénétration par le réceptacle floral (Keller et al. 2002)

–Expression de *B. cinerea* à la vendange après inoculation par conidies sur inflorescences du Gamay à différentes périodes. (p=0.05) (Source : KELLER, 2002)

Grape berry skin features related to ontogenic resistance to *Botrytis cinerea*

Christelle Deytieux-Belleau · Laurence Geny · Jean Roudet · Valérie Mayet · Bernard Donèche · Marc Fermaud

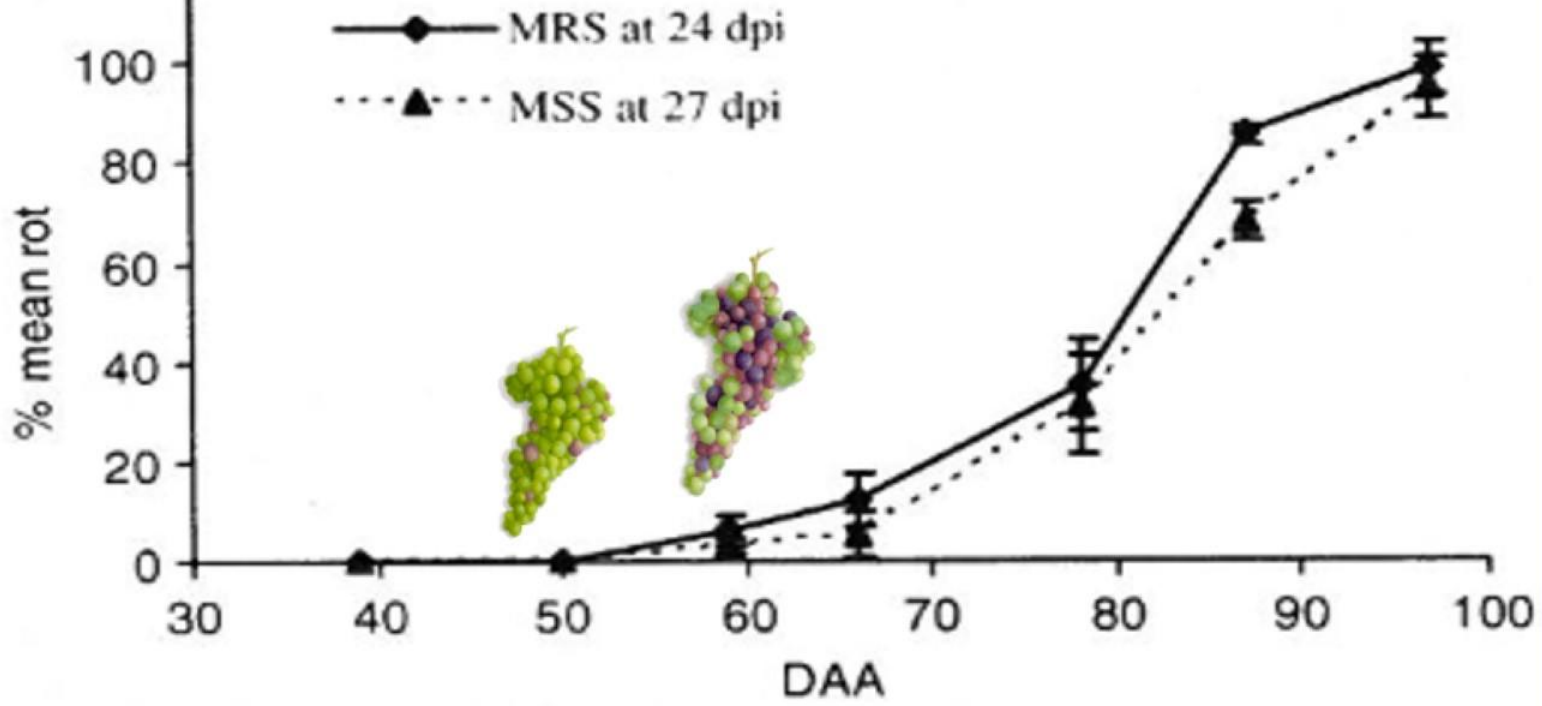


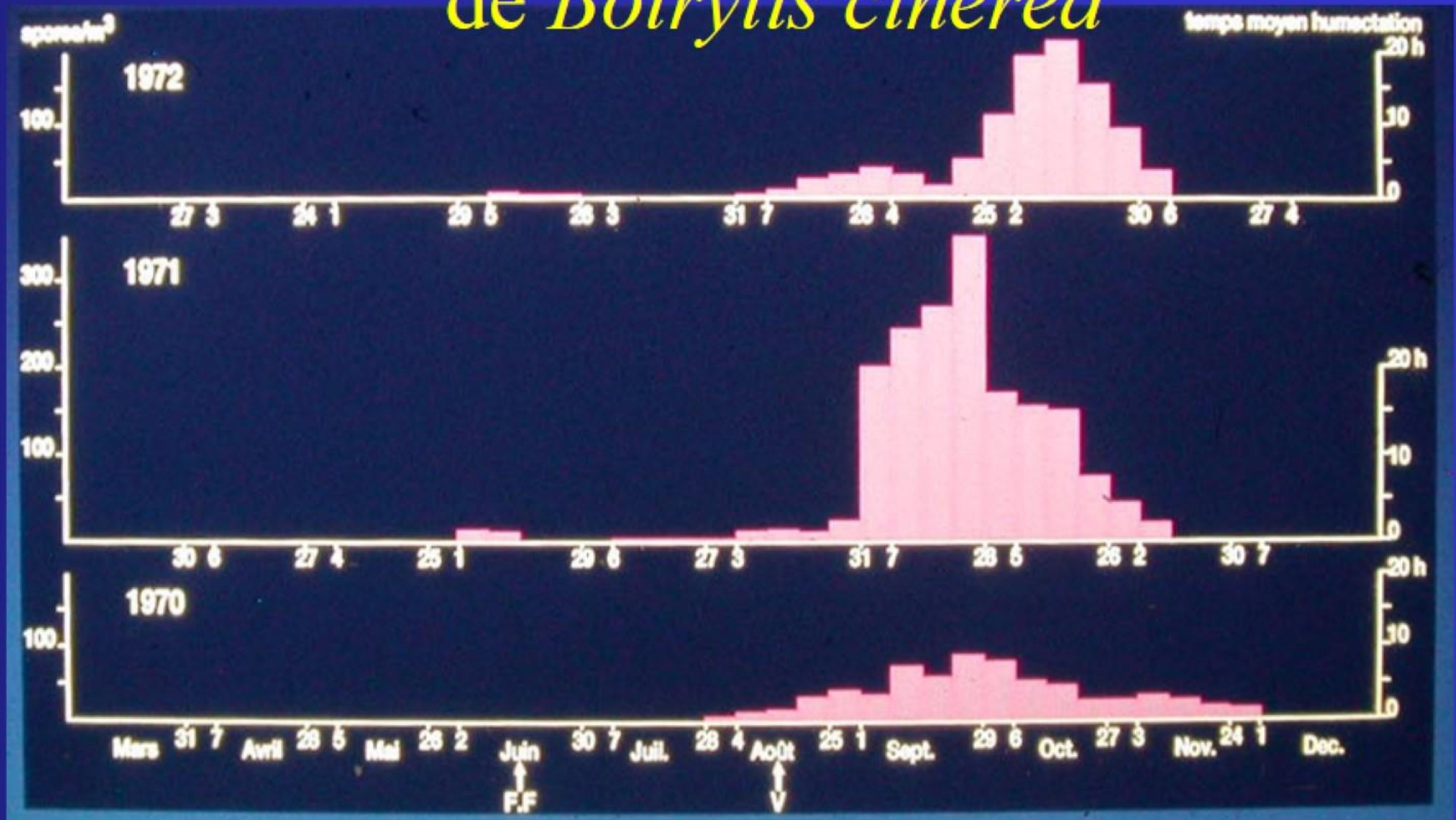
Fig. 2 Evolution of berry susceptibility (ontogenic resistance) to grey mould. The rotted (MRS) or sporulating (MSS) surface of infected berries were scored (%) regularly for 27 days in a controlled-condition experiment

Eur J Plant Pathol (2009) 125:551–563
DOI 10.1007/s10658-009-9503-6

Etudes de la sporée aérienne au vignoble

- **Cinétiques temporelles de développement** des agents pathogènes
- Mise en évidence des **périodes de risque** à fort potentiel d'inoculum
- **Ajustements statistiques avec des données climatiques**

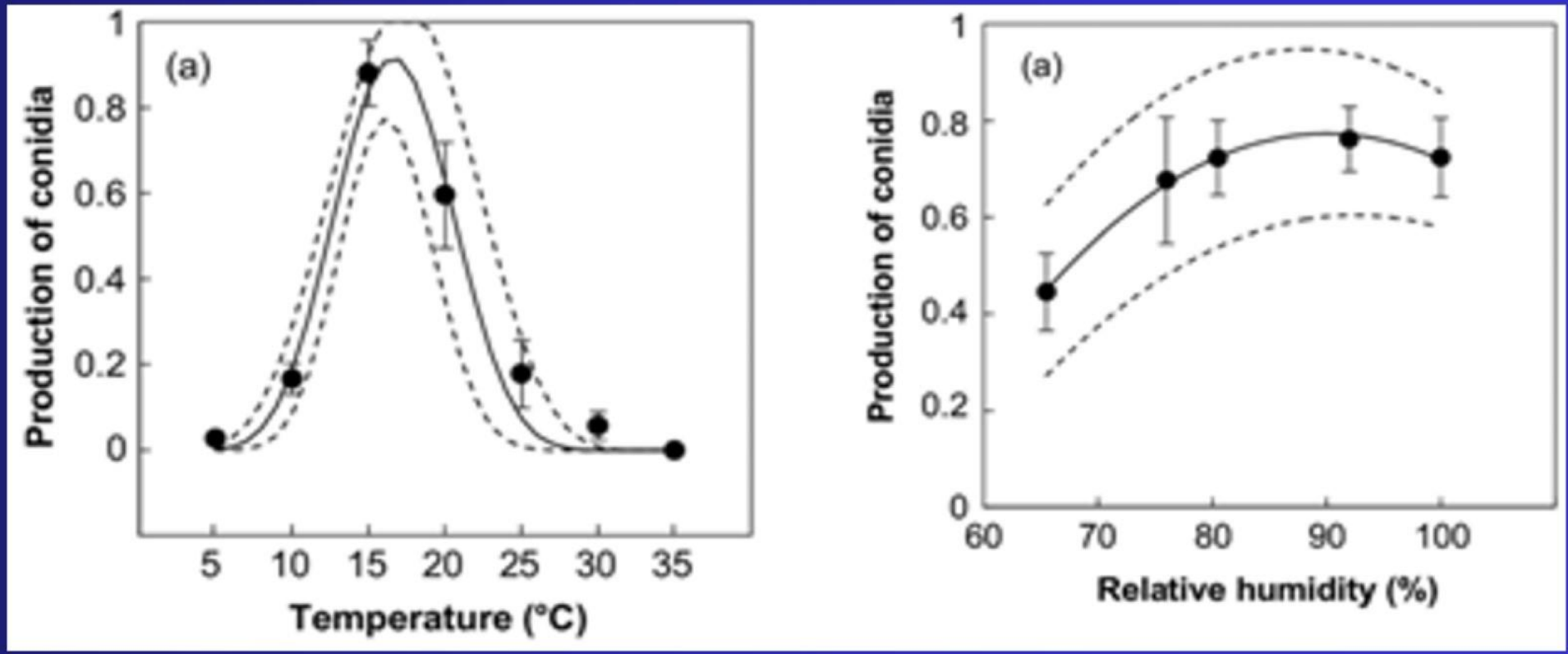
Variations annuelles de la sporée aérienne de *Botrytis cinerea*



Variation annuelle de la sporée aérienne de Botrytis cinerea. (d'après Bulit)

(INRAE Bordeaux)

Influence de la température et de l'HR sur la sporulation de *Botrytis cinerea*



Ciliberti, N., Fermaud, M. et al. 2016. Environmental effects on the production of Botrytis cinerea conidia on different media, grape bunch trash, and mature berries. Australian Journal of Grape and Wine Research 22, 262–270. https://doi.org/10.1111/ajgw.12217

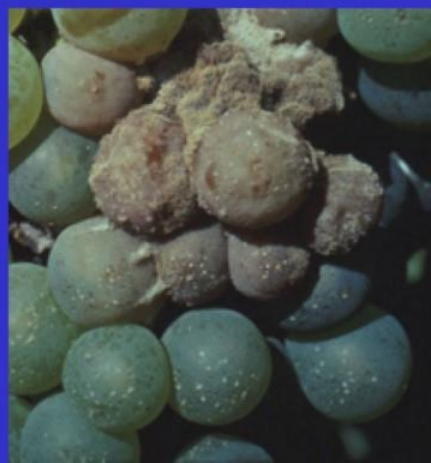
Taxonomie, rôle de groupes génétiques identifiés

- ***Botrytis cinerea :***

Champignon filamenteux, nécrotrophe

Anciennement, Forme sexuée nommée *Botryotinia fuckeliana*

Ascomycète (famille : *Sclerotiniaceae*)



Connaissances des sous-populations chez *B. cinerea*

Deux principales sous-populations sont décrites dans les vignobles Français (INRAE) et mondiaux

- *Botrytis cinerea Transposa :* avec 2 transposons actifs :
  - « Boty »
  - « Flipper ».

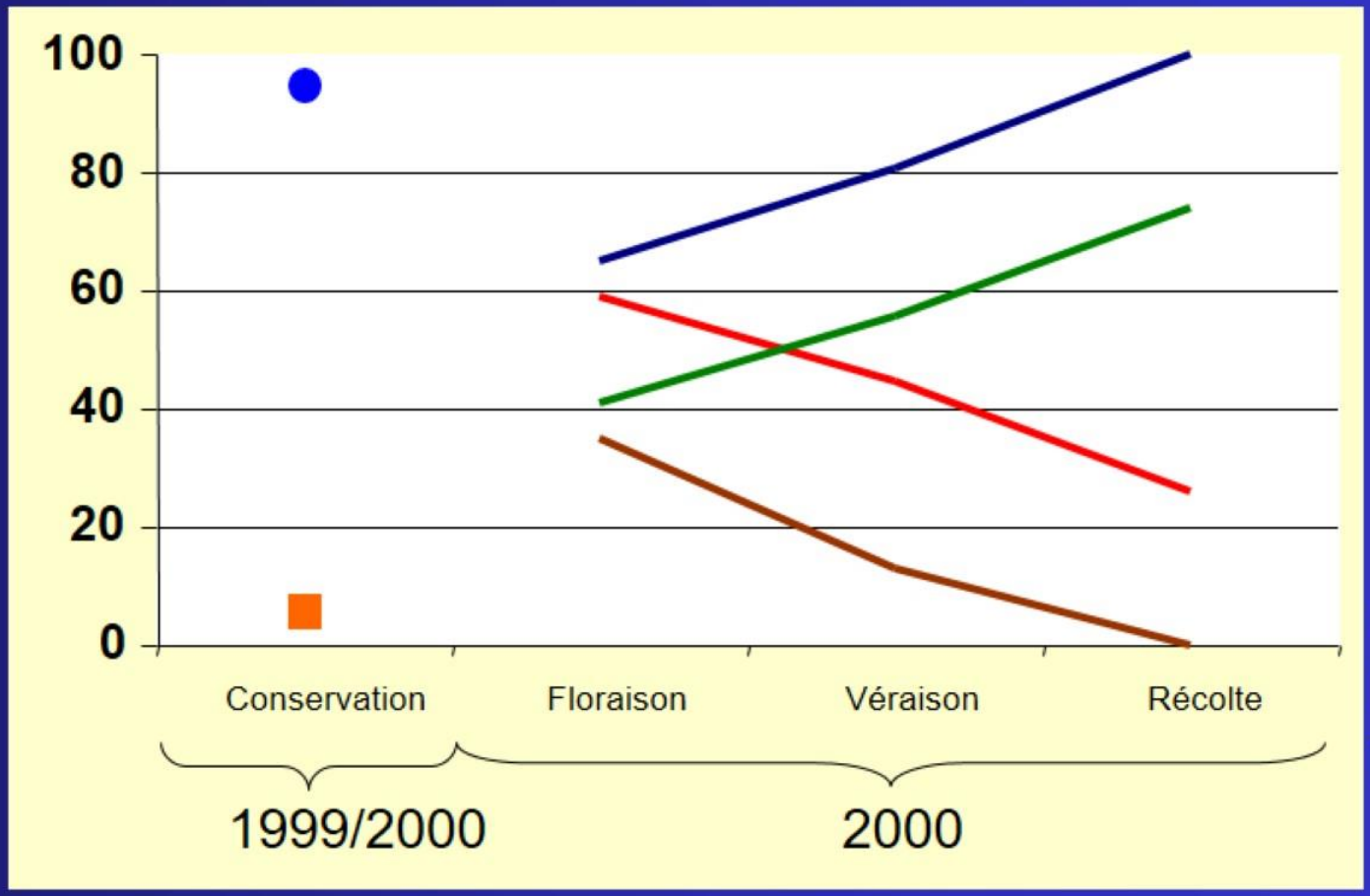
- *Botrytis cinerea Vacuma :* sans les 2 transposons actifs

- *Botrytis Pseudo-cinerea :* **Espèce différente**, mais souches rares dans les vignobles (5% à vendange max)

Walker et al & Fermaud, 2015. Population structure …. of… *Botrytis cinerea*….Journal: ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY Vol.4) 17) p. 1261-74

Evolution divergente des 2 sous-populations majeures

***Transposa* sur baies et pièces florales (bleu)**



***Transposa* sur feuilles (vert)**

***Vacuma* sur feuilles (rouge)**

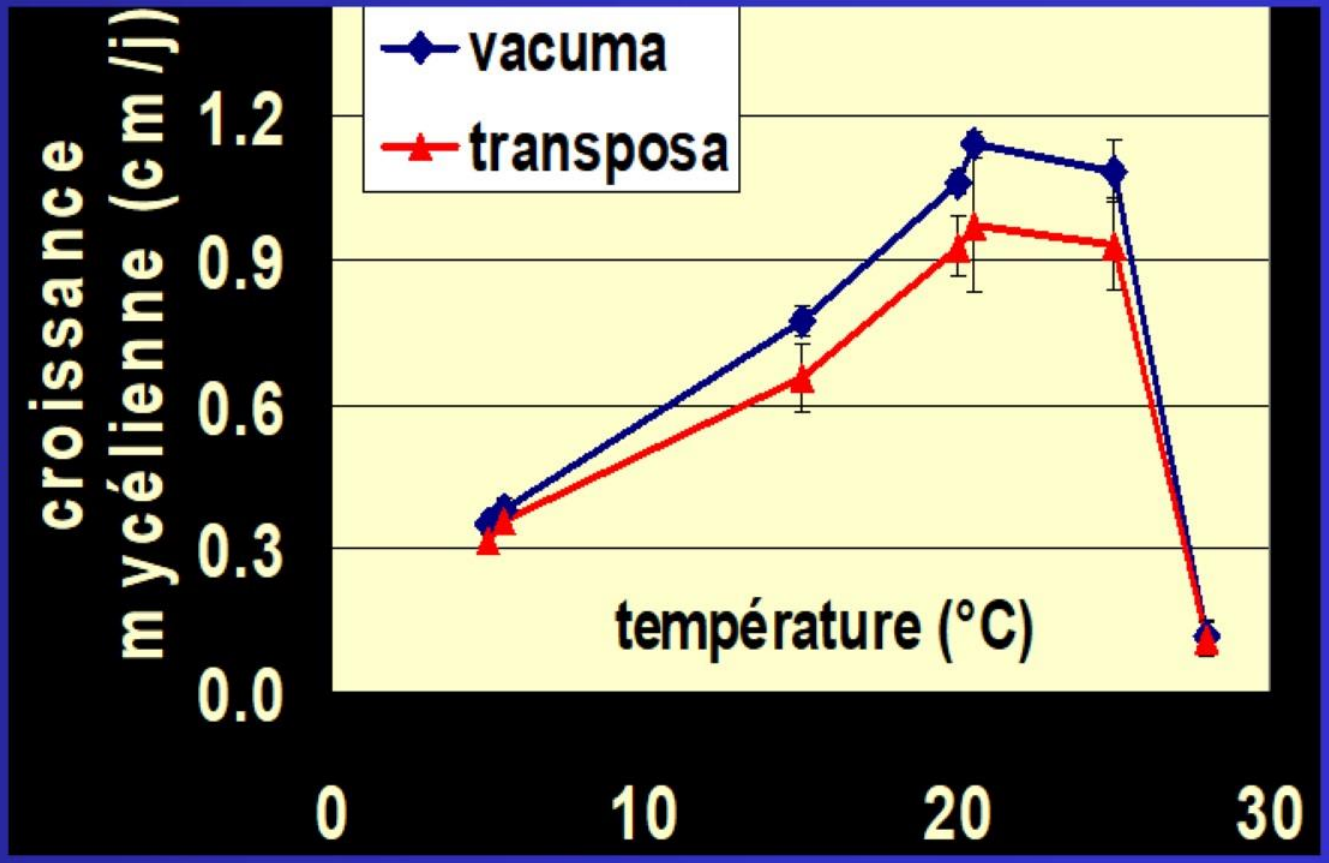
***Vacuma* sur baies et pièces florales (brun)**

Martinez, Dubos & Fermaud, *Phytopathology*, 2005

Exigences thermiques des sous-populations de *B. cinerea*

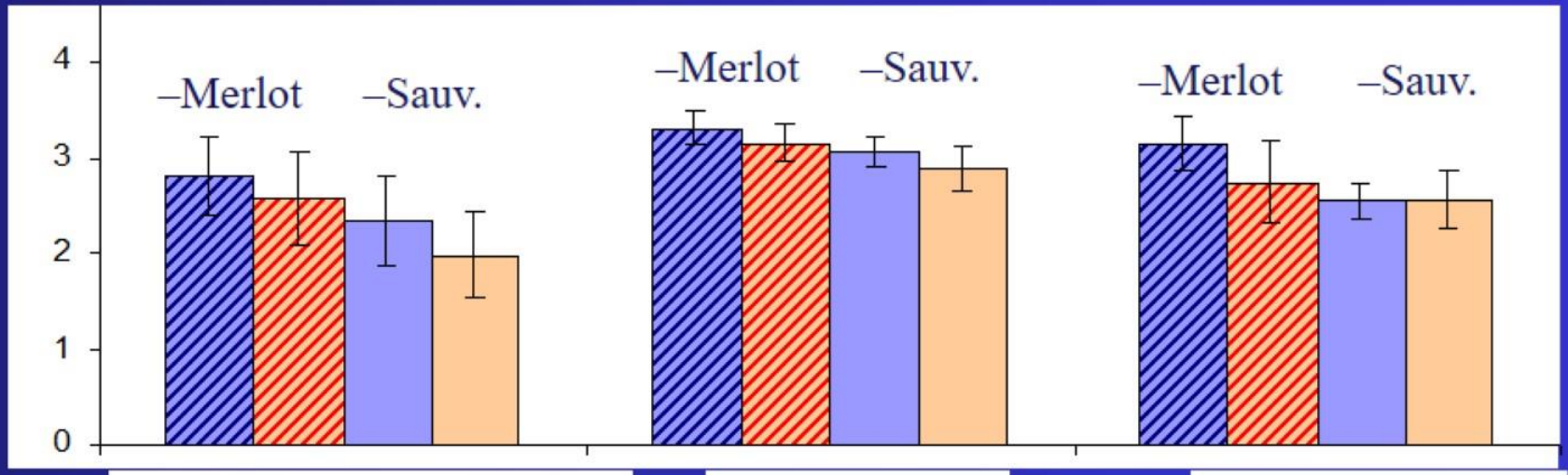
- **Humectation :**
  La présence d'eau est indispensable à la germination des spores

- **Thermique :**
  - Optimum :
    - 20-22°C ;
  - Temp. limites :
    - 0°C, 30°C



Martinez et al & Fermaud, Eur J Plant Pathol, 109, 479-488, 2003

Pathogènicité sur baies

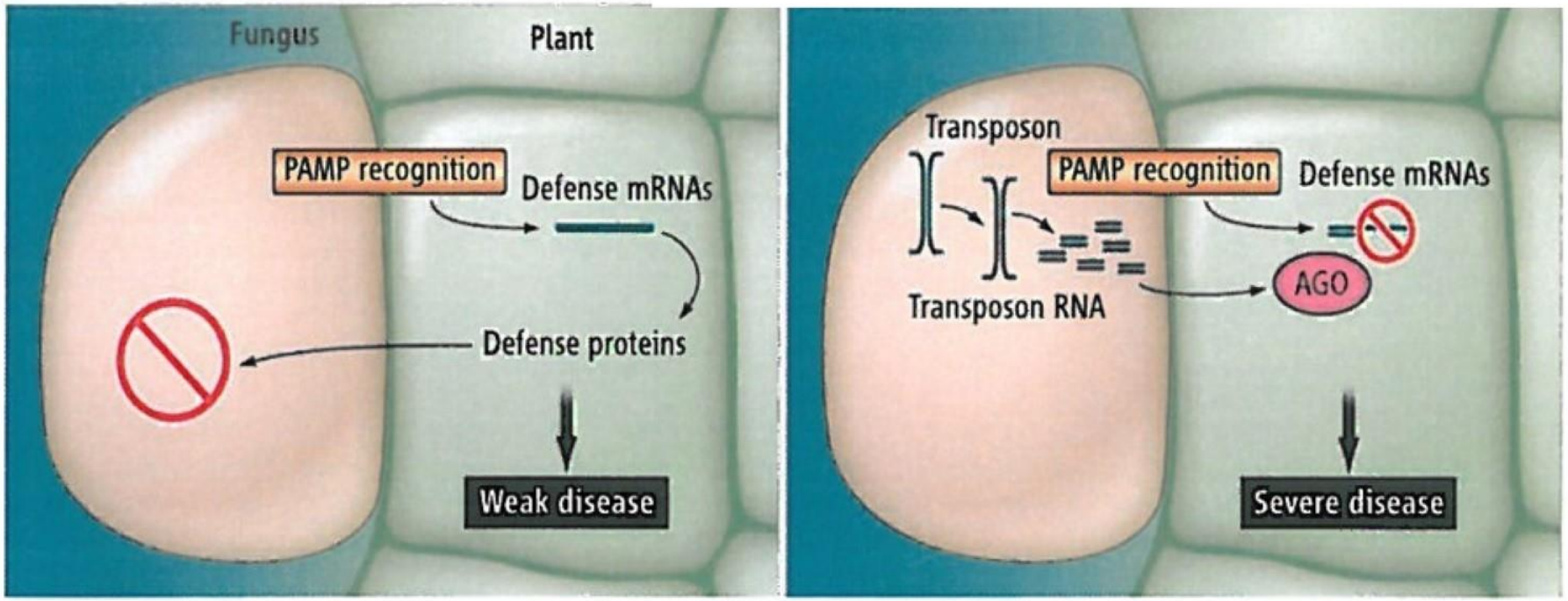


Souches *transposa* avec un pouvoir pathogène significativement plus élevé que les souches vacuma ; pour toutes les stades de maturité des baies. Transposa (bleu) Vacuma (orange)

Martinez, Dubos & Fermaud, *Phytopathology*, 2005

Small RNA—the Secret of Noble Rot

David Baulcombe



Fungal sRNAs affect disease progression. In the absence of fungal sRNA (**left**) the pathogen-associated molecular pattern (PAMP) recognition system ensures that the fungus is suppressed and disease is weak. By contrast, in their presence (**right**), the host defense system is blocked, and the disease progresses rapidly.

Article paru dans Science (vol. 342) / 4 Oct 2013

Structure génétique de *B. cinerea* et rôles des sous-populations au vignoble

1. ***Transposa* prédomine nettement sur grappes en maturation et l'hiver** (Bordelais, Champagne et très nombreuses régions viticoles au monde) ; **le pouvoir pathogène sur baies est supérieur**

2. **Les souches *Vacuma* sont plutôt saprophytes** à mode de vie plus rudéral (strategie « r »), **et présentes sur les débris floraux en début de saison**

F. Martinez *et al.*, 2005. Phytopathology (95)

Le triangle épidémiologique : un équilibre perpétuel

Facteurs abiotiques :

(micro)climat, sol …



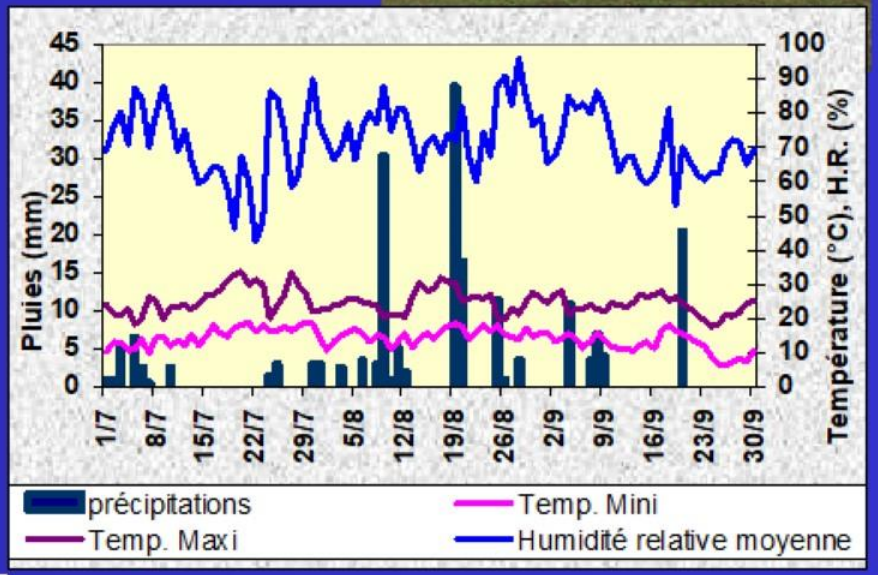
L'agent pathogène :
structuration génétique des populations, phénotypes, fitness…

La plante hôte :
Réceptivité / sensibilité

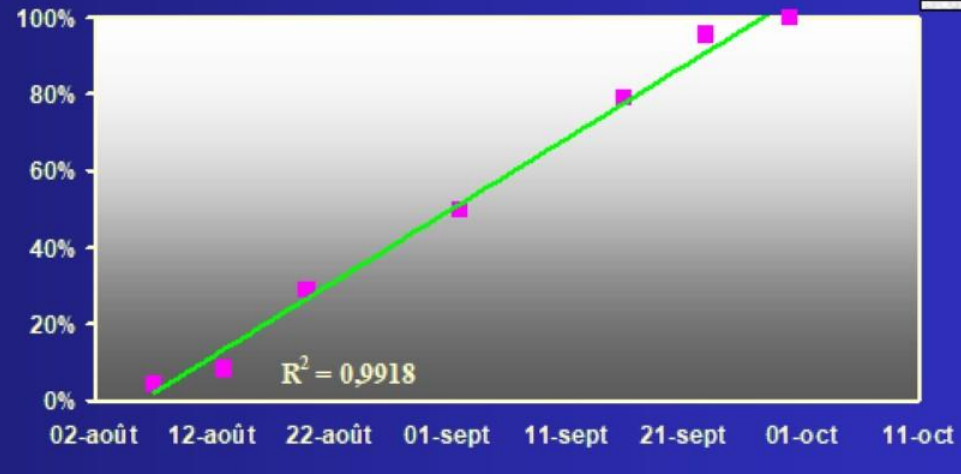
Rôle crucial du Méso-climat



- Ex. en 2002 à BORDEAUX : de juillet à septembre (92 j):
  - 28 jours de pluie
  - Humidités Relatives journalières > 70%
  - Températures (T) fraîches : env. 10 jours avec Tmax > 30°C



Fréquence de grappes atteintes



Pluviometry near harvest (PL15 & PL35) are key variables for explaining the final BRR severity

TABLE 5. Summary of the multiple regression models for explaining BBR severity at harvest.

Independent variables	VIF	Regression function	Model variables	R-Square	P-value
PL35	5.55	BBRsev = 4.78 + 0.18 (PL35)	PL35	0.66	0.0007
WSP	2.27				
TAN	2.37				
NDVI	2.85		Model	0.66	0.0007
PL15	4.11	BBRsev =-7.68+0.15 (PL15) + 24.67	PL15	0.14	0.0411
WSP	3.22	NDVI	NDVI	0.60	0.0334
TAN	2.01				
NDVI	2.11		Model	0.74	0.0012

Where Inc = BBR Incidence at harvest (%); PL35 = Pluviometry cumulated 35 days before harvest (mm); PL15 = Pluviometry cumulated 15 days before harvest (mm); WSP= Pectins (mg galacturonic acid g-1 NAS); TAN = Tannins (mg tannins g^{-1} skin); NDVI = Normalized Difference Vegetation Index (dimensionless); VIF = Variance Inflation Factor.

Pañitrur-De la Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Verdugo-Vásquez, N., …/…Goutouly, J.-P., Acevedo-Opazo, C., Fermaud, M. 2020. Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of Botrytis bunch rot in vineyards. OENO One 52, 279–297. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.2.2954

Effets MAJEURS de l'humidité (HR) & temperature sur l'infection par Botrytis

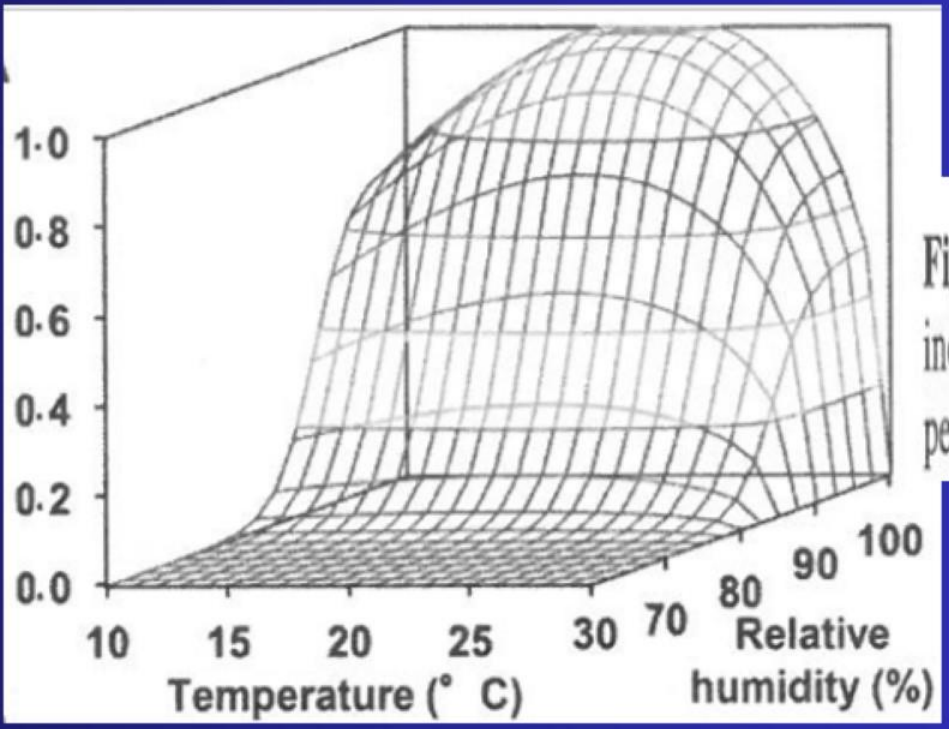


Fig. 3. A, Predicted incidence of *Botrytis cinerea* rot at 22 days post-inoculation in mature berries inoculated with mycelium as affected by temperature (T) and relative humidity (RH) and B, plotted against observed values

Ciliberti, N., Fermaud, M. et al, 2015. Environmental conditions affect Botrytis cinerea Infection of mature grape berries more than the strain or transposon genotype. Phytopathology 105, 1090–1096. https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-14-0264-R

Rôle du climat

- La Pourriture grise est extrêmement dépendante des conditions climatiques générales dont la prise en compte permet une **modélisation de tendance** épidémique.
  - Ex modèle/équations de CILIBERTI, 2015 (explication de l'effet année)

- Cependant, le microclimat des organes hôtes mesuré à l'endroit précis où se développe l'agent pathogène peut différer sensiblement du mésoclimat

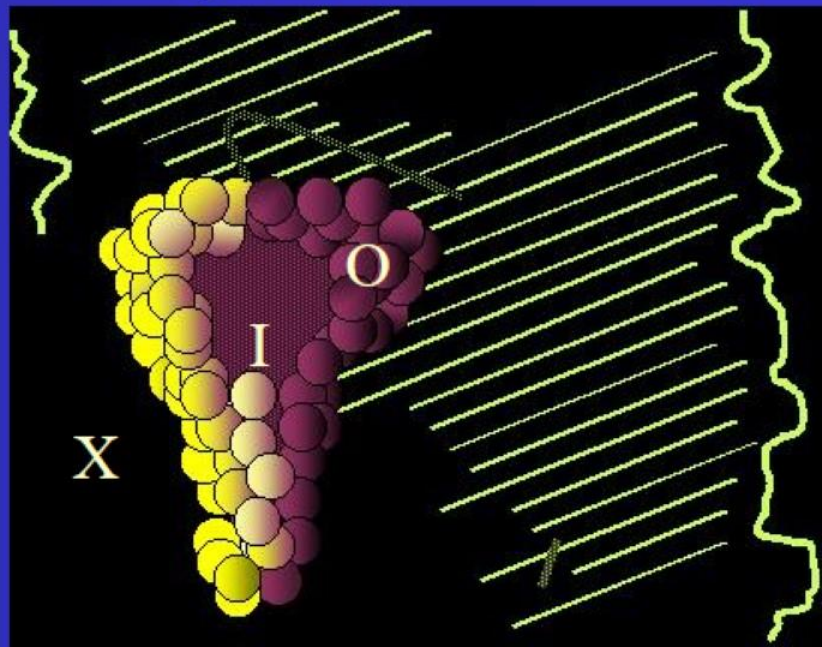
Etude microclimatique au vignoble



Objectifs :

- décrire et analyser le microclimat des grappes au vignoble, en particulier les **températures** des baies, en relation avec le développement de *Botrytis*.

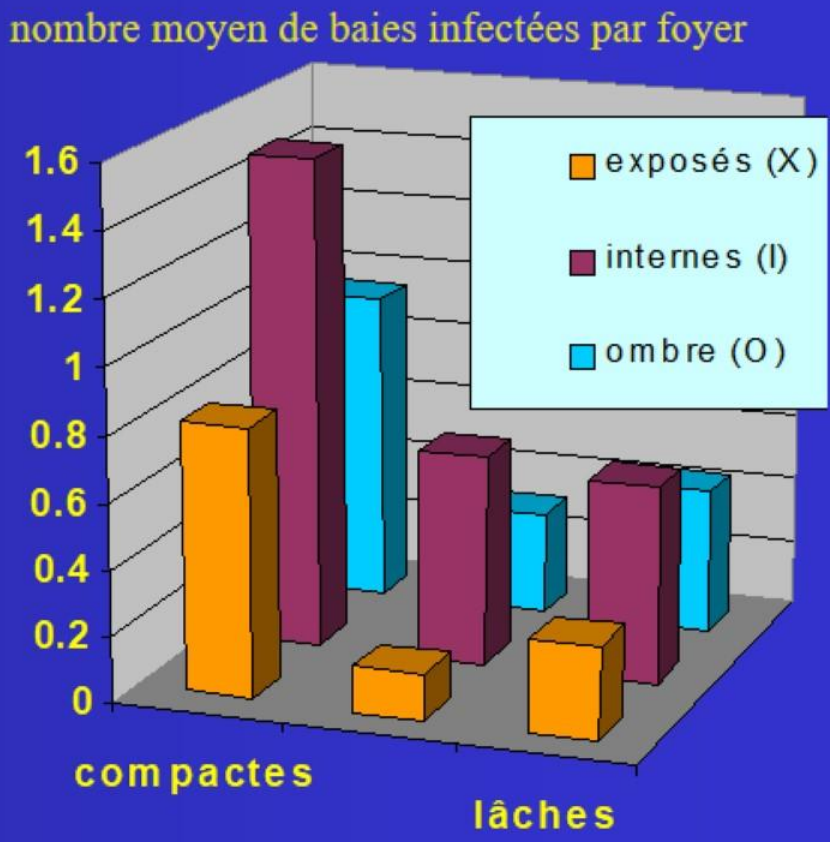
- quantifier les effets de :
  - l'**effeuillage**
  - la **compacité** des grappes
  - l'**orientation** des grappes
  - la **position des baies**



Effets de la compacité et de la position des baies dans la grappe sur *B. cinerea*

Situations favorables au pathogène :

- Grappes compactes
- & baies internes

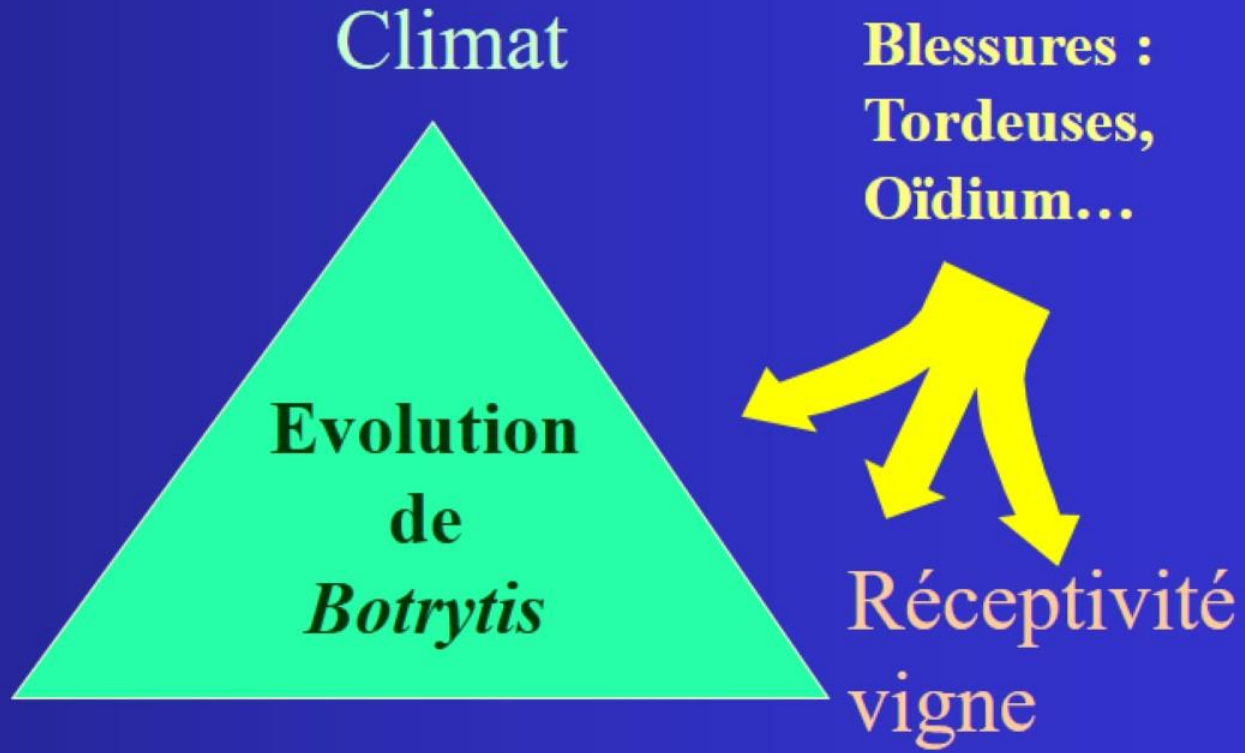


Fermaud M, Pieri P and Liminana JM (2001) *Botrytis* and micro-climates: propagation of *Botrytis cinerea* in grapes in controlled climatic conditions. Phytoma 543: 40-43

Pieri P. & Fermaud, M. 2005. Effects of defoliation on temperature and wetness of grapevine berries, Proceedings 7th Int. Symposium Grapevine Physiology and Biotechnology, ISHS, Davis, US, Edited by Williams, LE, Book Series: ACTA HORTICULTURAE, Issue: 689, Pages: 109-116, DOI:

Réduire la sensibilité de la vigne

Maîtrise des facteurs biotiques aggravants, car occasionnant des blessures aux baies



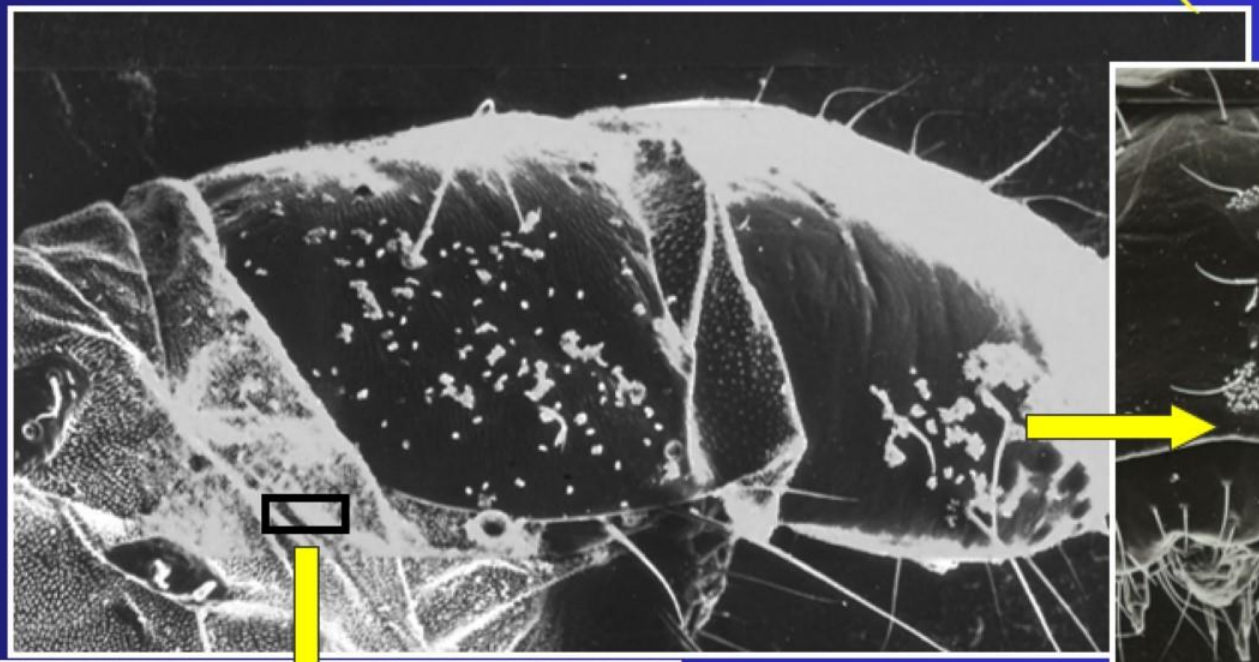
Facteurs biotiques aggravants et vecteurs potentiels : INSECTES

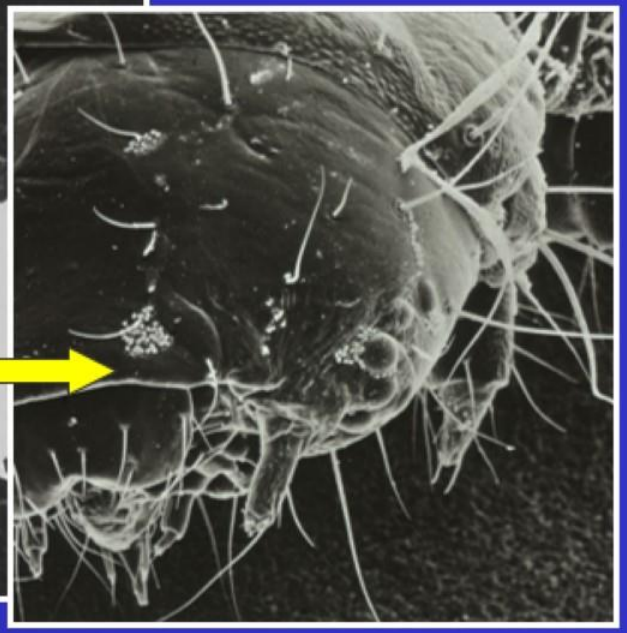
- Relation entre *Botrytis* et Eudémis *Lobesia bontrana* (lépidoptères ravageurs clefs dans les vignobles européens et circum-méditérranéens)

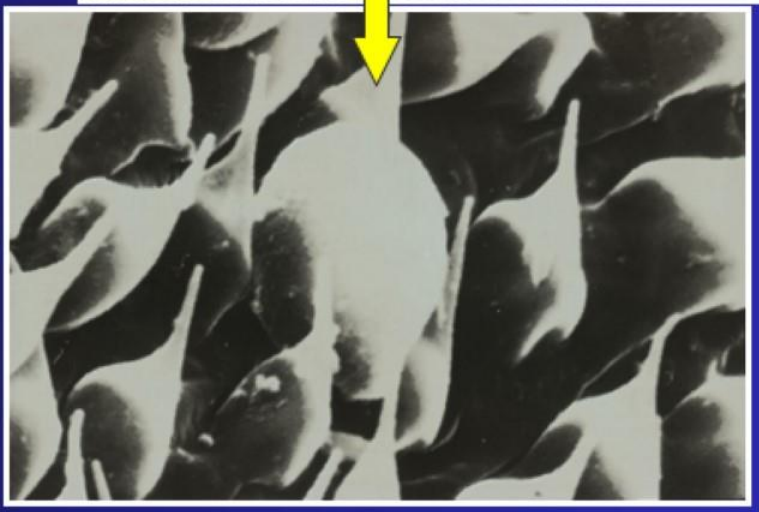


- 3 générations annuelles, seules les 2 dernières perforant les baies (2ème et 3ème) favorisent la Pourriture grise.

Vection du *Botrytis* par l'Eudémis (*L. botrana*)







Fermaud, M. & Le Menn, R., 1989. Association of Botrytis cinerea with grape berry moth larvae. Phytopathology 79, 651–656 ;

Fermaud, M. & Le Menn, R., 1992. Phytopathology 82, 1393–1398.

Réduire la sensibilité de la vigne

The CULTIVAR and associated MATURITY are key factors accounting for GRAPEVINE susceptibility to *Botrytis*

Climat

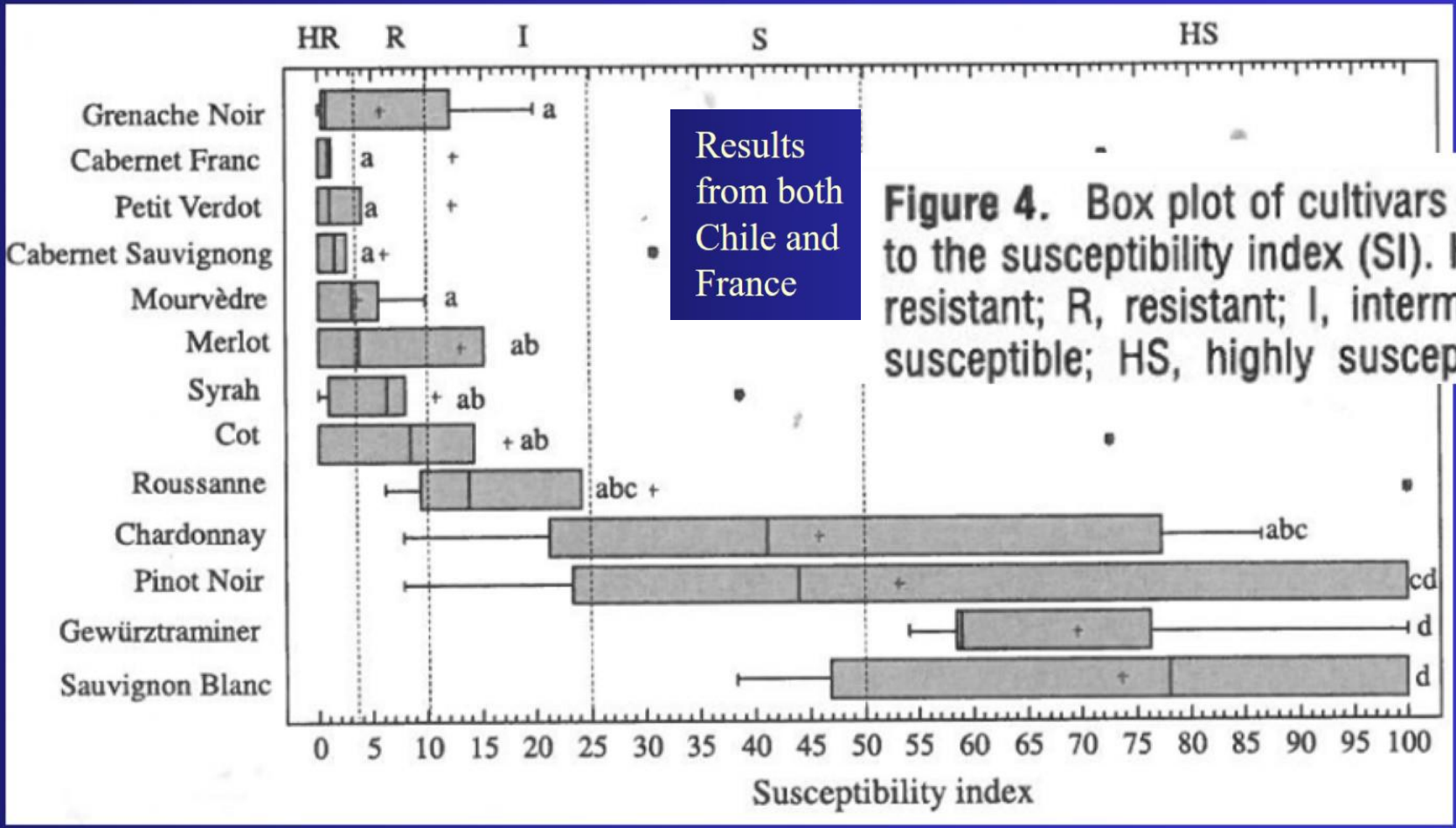


L'agent pathogène

Sensibilité de la plante hôte :

- Génotypes (cvs),
- Clones
- Porte-greffe
- RESISTANCE ONTOGENIQUE
- Vigueur…

Effet MAJEUR du cultivar de vigne (cépage) et maturité



Results from both Chile and France

Figure 4. Box plot of cultivars according to the susceptibility index (SI). HR, highly resistant; R, resistant; I, intermediate; S, susceptible; HS, highly susceptible. The

Pañitrur-De La Fuente C., Valdés-Gómez H., Roudet J., Acevedo-Opazo C., Verdugo-Vasquez N., …/…AND Fermaud M., 2018. Classification of winegrape cultivars in Chile and France according to their susceptibility to Botrytis cinerea related to fruit maturity. Australian J. Grape & Wine Research 24, 145–157. https://doi.org/10.1111/ajgw.12315

Réduire la sensibilité de la vigne

The PLANT VIGOR is a key factor favoring GRAPEVINE susceptibility to *Botrytis*



Sensibilité de la plante hôte :

- Génotypes (cvs),
- Clones
- Porte-greffe
- RESISTANCE ONTOGENIQUE
- Vigueur…

Effet MAJEUR de la vigueur de la vigne sur le risque Botrytis

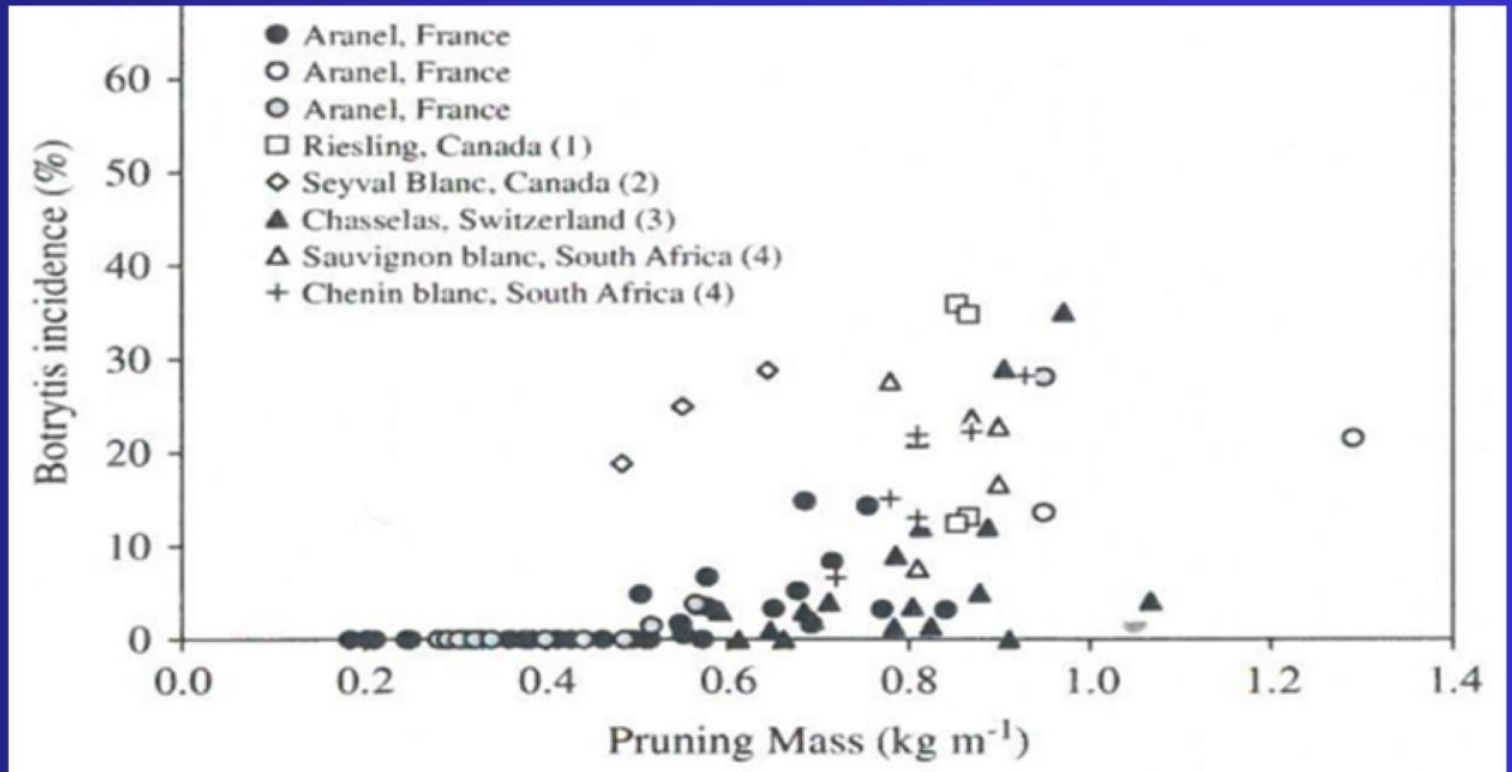


Fig. 6. Variation in grey mould incidence as a function of pruning mass in different cropping systems. Black dots correspond to non-irrigated vines, open dots and + to irrigated vines and grey dots to the irrigated and water sprayed vines in 2005. (1) Percival et al. (1994); (2) Reynolds and Wardle

Valdés-Gómez, H., Fermaud, M., et al, 2008. Grey mould incidence is reduced on grapevines with lower vegetative and reproductive growth. Crop Protection 27, 1174–1186.
https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.02.003

Effet MAJEUR de la vigueur de la vigne sur le risque de Pourriture grise

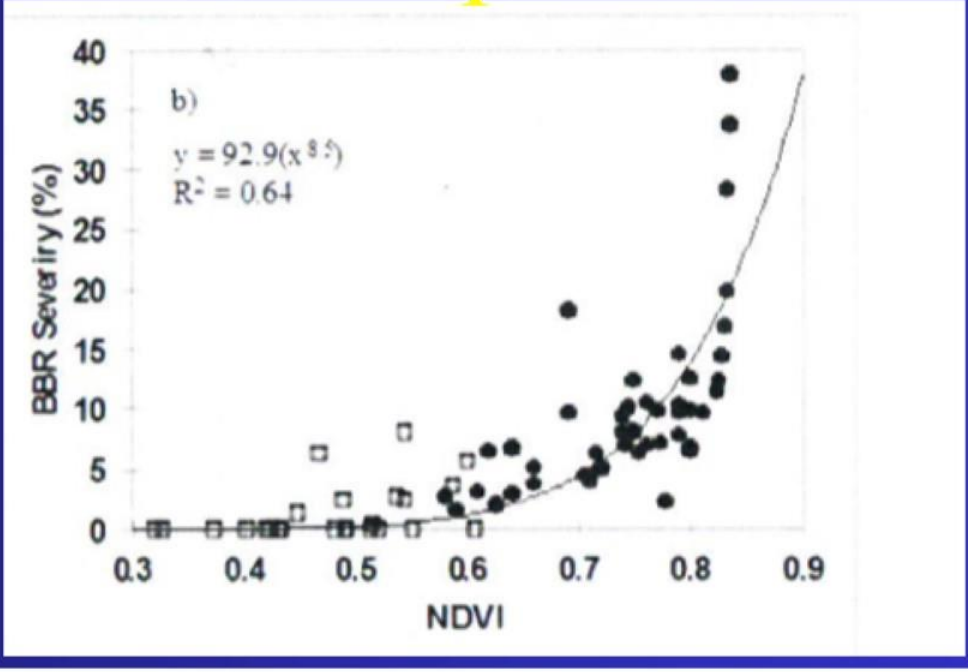


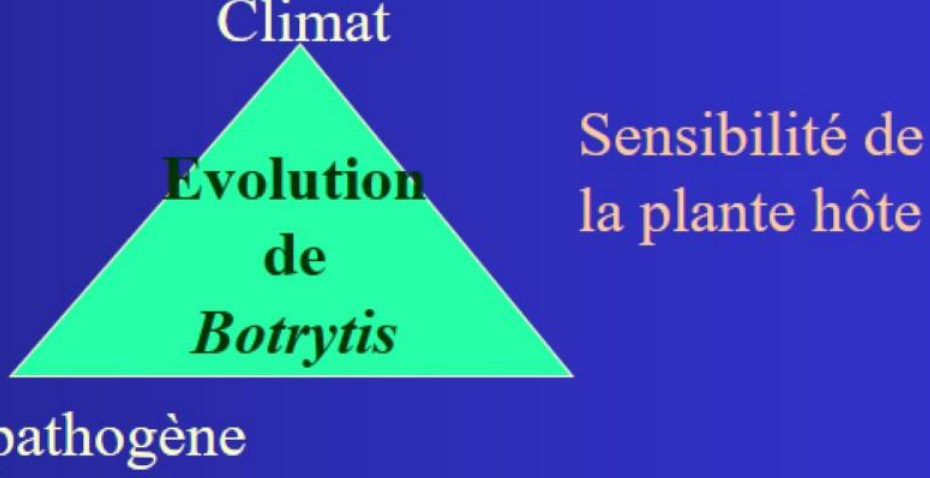
FIGURE 4. Relationships in France (●) and Chile (□) between (a) BBR incidence (%) with early NDVI evaluation and (b) BBR severity (%) with NDVI.

Pañitrur-De la Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Verdugo-Vásquez, N., …/…Goutouly, J.-P., Acevedo-Opazo, C., Fermaud, M. 2020. Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of Botrytis bunch rot in vineyards. OENO One 52, 279–297. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.2.2954

Réduire la sensibilité de la vigne

MAIN Effects of cultural practices are very important :

- **Leaf removal in the bunch zone**
- **N supply**
- **Cover crop (soil management)**



Main effect of leaf removal on BBR in vineyards

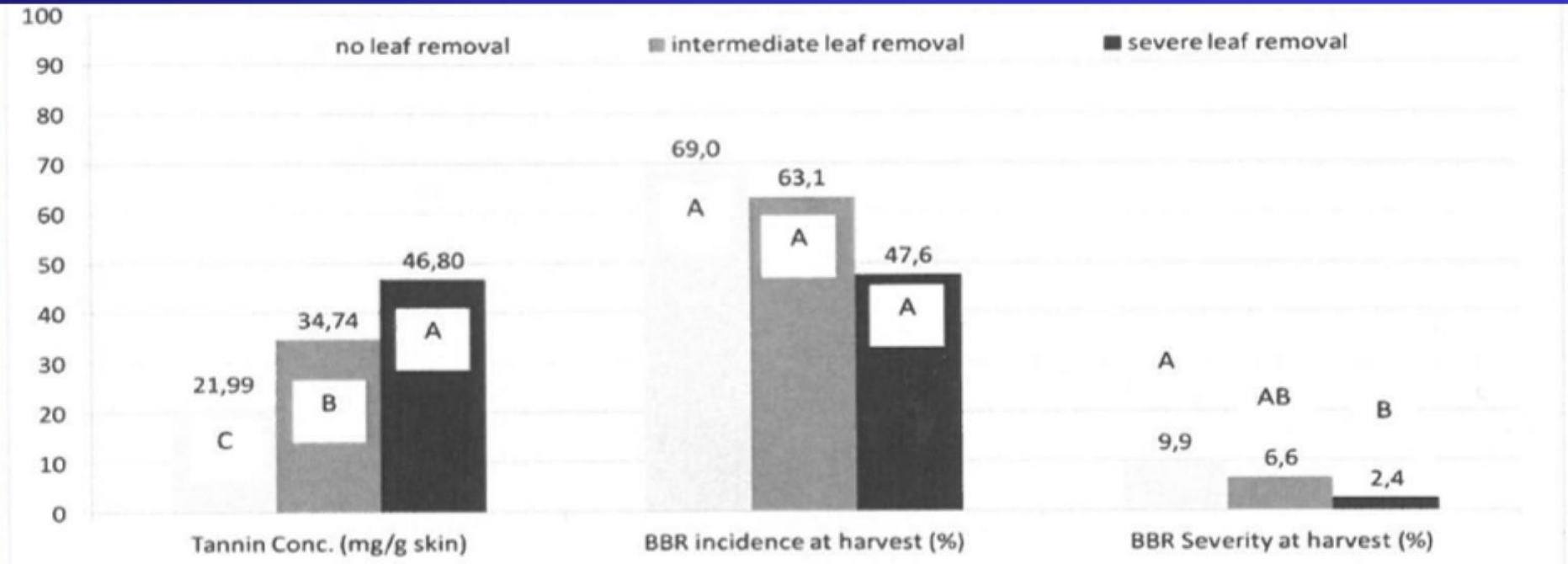


FIGURE 6. Effects on skin tannin concentration and on BBR development of controlled leaf-removal (LR) treatments leading to different NDVI levels of 0.45 (severe LR), 0.60 (intermediate LR) and 0.78 (control without LR).

Pañitrur-De la Fuente, C., Valdés-Gómez, H., Roudet, J., Verdugo-Vásquez, N., …/…Goutouly, J.-P., Acevedo-Opazo, C., Fermaud, M. 2020. Vigor thresholded NDVI is a key early risk indicator of Botrytis bunch rot in vineyards. OENO One 52, 279–297. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.2.2954

La fertilisation azotée, via une vigueur accrue, favorise Botrytis

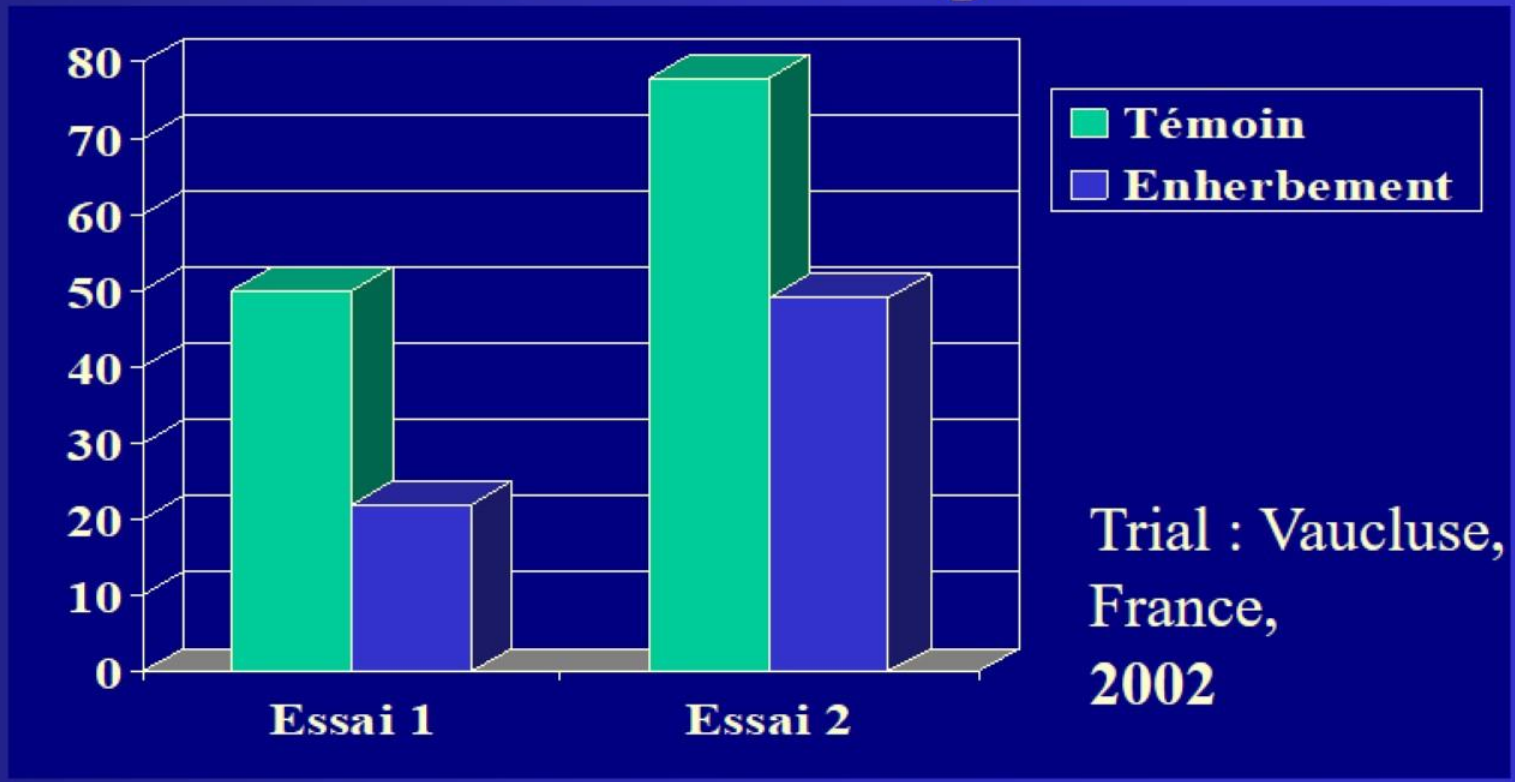
- Le microclimat dans le couvert végétal favorisant HR et humectation des grappes
- Le rendement
- La disposition des raisins (entassement)
- La morphologie des baies et des grappes

(grappes plus compactes, taille accrue des baies, épaisseur de la pellicule)

L'enherbement et *Botrytis*

L'enherbement entre en concurrence directe avec la Vigne pour l'alimentation en AZOTE et en EAU.

L'effet de l'enherbement sur le *Botrytis* provient, pour une large part, d'une limitation de l'alimentation en Azote de la Vigne



Opérations en vert d'intérêt

• Epamprage	• Favorise l'aération des raisins
• Rognage	• Latéralement, réduction de l'épaisseur du feuillage sur le rang qui favorise l'aération et l'éclairement des raisins
• Ebourgeonnage (suppression précoce des contre-bourgeons)	• Réduit le rendement et limite l'abondance du feuillage autour des grappes
• Eclaircissage	• Favorise la précocité et supprime l'entassement des grappes

Conclusions

De nombreux facteurs épidémiologiques affectent l'infection et développement de *Botrytis cinerea* au vignoble.

EPIDEMIOLOGIE COMPLEXE MULTIFACTORIELLE

La compléxité est aussi aggravée par la variabilité génotypique, phénotypique des souches du champignon pathogène :

GENETIQUE COMPLEXE

Conclusions

- De nombreuses techniques culturales peuvent concourir à la réduction de la pression de Pourriture grise

- Les choix techniques commencent à la plantation
  - adéquation entre sensibilité du cépage et terroir
  - choix du porte-greffe,
  - choix du du clône ,

- Leurs efficacités partielles sont cependant difficiles à comparer de façon expérimentale. Les approches de modélisation sont de ce point de vue plus adaptées et prometteuses