

# Adaptation du Mildiou de la Vigne à la Pression Fongicide: Étude du fitness

Pierre Abadie

INRA Bordeaux–Aquitaine  
Unité Mixte de Recherche 1065 en Santé Végétale  
Institut des Sciences de la Vigne et du Vin de Bordeaux  
Responsable: Marie-France Corio-Costet

14 juin 2007



## Contexte

- ▶ Mildiou de la vigne responsable de dégâts importants au vignoble ⇒ 80% des fongicides utilisés en viticulture
- ▶ Agent du mildiou de la vigne : *Plasmopara viticola*

## Contexte

- ▶ Mildiou de la vigne responsable de dégâts importants au vignoble  $\Rightarrow$  80% des fongicides utilisés en viticulture
- ▶ Agent du mildiou de la vigne : *Plasmopara viticola*

# Cycle biologique du parasite

- ▶ Parasite biotrophe obligatoire
- ▶ Oomycète, Straménopile (affilié aux algues brunes)

## Contexte et objectifs

- ▶ Depuis 1996, utilisation massive des fongicides "Qols" (monosites) pour lutter contre cette maladie
- ▶ Conséquence : apparition rapide de souches résistantes au vignoble
- ▶ Résistance causée par une mutation ponctuelle dans la séquence du gène mitochondrial du cytochrome *b* (G143A)

## Contexte et objectifs

- ▶ Depuis 1996, utilisation massive des fongicides "Qols" (monosites) pour lutter contre cette maladie
- ▶ Conséquence : apparition rapide de souches résistantes au vignoble
- ▶ Résistance causée par une mutation ponctuelle dans la séquence du gène mitochondrial du cytochrome *b* (G143A)

## Contexte et objectifs

- ▶ Depuis 1996, utilisation massive des fongicides "Qols" (monosites) pour lutter contre cette maladie
- ▶ Conséquence : apparition rapide de souches résistantes au vignoble
- ▶ Résistance causée par une mutation ponctuelle dans la séquence du gène mitochondrial du cytochrome *b* (G143A)

## Contexte et Objectifs

### Objectif général de l'étude

Acquérir des connaissances sur l'apparition, le maintien et la dispersion des souches de *P. viticola* résistantes aux fongicides

### Objectif du stage

- ▶ Étudier le fitness et la compétitivité des souches résistantes
- ▶ Existe-t-il un "coût" de la résistance chez *P. viticola* ?

## Contexte et Objectifs

### Objectif général de l'étude

Acquérir des connaissances sur l'apparition, le maintien et la dispersion des souches de *P. viticola* résistantes aux fongicides

### Objectif du stage

- ▶ Étudier le fitness et la compétitivité des souches résistantes
- ▶ **Existe-t-il un "coût" de la résistance chez *P. viticola* ?**

## Objectifs du stage

1. Compléter et acquérir des données sur le fitness des souches sensibles et résistantes
2. Évaluer la compétitivité des souches et confirmer ou non les données de fitness
3. Analyser les données pour détecter ou non l'existence d'un coût de la résistance

## Objectifs du stage

1. Compléter et acquérir des données sur le fitness des souches sensibles et résistantes
2. Évaluer la compétitivité des souches et confirmer ou non les données de fitness
3. Analyser les données pour détecter ou non l'existence d'un coût de la résistance

## Objectifs du stage

1. Compléter et acquérir des données sur le fitness des souches sensibles et résistantes
2. Évaluer la compétitivité des souches et confirmer ou non les données de fitness
3. Analyser les données pour détecter ou non l'existence d'un coût de la résistance

## Comment mesurer le fitness ?

### Définition du fitness

- ▶ valeur adaptative
- ▶ concept comparatif du succès reproductif

### Mesure d'un indice de fitness = "FIC"

- ▶ Fréquence d'infection
- ▶ Taille des sporanges
- ▶ Temps de latence
- ▶ Efficacité d'infection
- ▶ Indice de Malthus  $M = \frac{\ln(\frac{N_t}{N_0})}{t}$  (capacité de sporulation)

## Comment mesurer le fitness ?

### Définition du fitness

- ▶ valeur adaptative
- ▶ concept comparatif du succès reproductif

### Mesure d'un indice de fitness = "FIC"

- ▶ Fréquence d'infection
- ▶ Taille des sporanges
- ▶ Temps de latence
- ▶ Efficacité d'infection
- ▶ Indice de Malthus  $M = \frac{\ln(\frac{N_t}{N_0})}{t}$  (capacité de sporulation)

## Mesures du FIC de 34 souches R et S

- ▶ Pas de différence significative entre le FIC des souches sensibles et résistantes ( $\chi^2$  + Newman-Keuls)

## Mesures du FIC de 34 souches R et S

- ▶ Pas de différence significative entre le FIC des souches sensibles et résistantes ( $\chi^2$  + Newman-Keuls)

## Suite de l'étude :

Évaluer la compétitivité des souches et confirmer ou infirmer les données de fitness obtenues

## Couples de souches utilisés

Souche	Origine	Année	FIC	Phénotype
COU15	Petit Couhins (33)	2003	0,366	S
MIC128	Castillon (32)	2005	0,329	R
PIC59	Couhins (33)	2003	0,201	R
FEM03	Puligny-Montrachet (21)	2003	0,233	S
PAU32	Pauillac (33)	2003	0,137	R
COU15	Petit Couhins (33)	2003	0,366	S
PAU32	Pauillac (33)	2003	0,137	R
MIC103	Fleurie (69)	2004	0,315	S

# Principe du test de compétitivité

# Quantification de la proportion de souche résistante dans les mélanges

Méthode biologique : le **crible fongicide**

## Méthode moléculaire

Protocole basé sur la détection de la mutation G143A sur le gène mitochondrial du cytochrome *b*

## Couple MIC128 (FIC=0,329) / COU15 (FIC=0,366)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire

- ▶ Pas d'évolution des proportions  
En accord avec les données de fitness

## Couple MIC128 (FIC=0,329) / COU15 (FIC=0,366)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire



- ▶ Pas d'évolution des proportions  
**En accord avec les données de fitness**

## Couple PAU32 (FIC=0,137) / MIC103 (FIC=0,315)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire

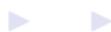


- ▶ Données de mesure biologique non significatives
- Diminution de la souche résistante (mesure moléculaire)
- En accord avec les données de fitness**

## Couple PAU32 (FIC=0,137) / MIC103 (FIC=0,315)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire



- ▶ Données de mesure biologique non significatives  
Diminution de la souche résistante (mesure moléculaire)  
**En accord avec les données de fitness**

## Couple PAU32 (FIC=0,137) / COU15 (FIC=0,366)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire



- ▶ Diminution de la souche résistante  
En accord avec les données de fitness

## Couple PAU32 (FIC=0,137) / COU15 (FIC=0,366)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire



- ▶ Diminution de la souche résistante  
**En accord avec les données de fitness**

## Couple PIC59 (FIC=0,201) / FEM03 (FIC=0,233)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire



- ▶ Pas d'évolution en mesure biologique  
→ **en accord avec les données de fitness**
- Augmentation de la souche résistante en mesure moléculaire  
→ **désaccord avec les données de fitness**
- Mais : fort taux de sporulation + contamination de PIC59

## Couple PIC59 (FIC=0,201) / FEM03 (FIC=0,233)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire



- ▶ Pas d'évolution en mesure biologique  
→ **en accord avec les données de fitness**
- Augmentation de la souche résistante en mesure moléculaire  
→ **désaccord avec les données de fitness**
- Mais : fort taux de sporulation + contamination de PIC59

## Couple PIC59 (FIC=0,201) / FEM03 (FIC=0,233)

Fig.: Mesure biologique

Fig.: Mesure moléculaire



- ▶ Pas d'évolution en mesure biologique  
→ **en accord avec les données de fitness**
- Augmentation de la souche résistante en mesure moléculaire  
→ **désaccord avec les données de fitness**
- Mais : fort taux de sporulation + contamination de PIC59

## Test de compétitivité

- ▶ ▶ Résultats satisfaisants (obtention d'informations, bonne reproductibilité)
- ▶ Pour 3 couples sur 4 : les résultats sont en accord avec les données de FIC

### Conclusion

Le FIC est un bon indicateur du fitness chez *P. viticola*

## Test de compétitivité

- ▶ Résultats satisfaisants (obtention d'informations, bonne reproductibilité)
- ▶ Pour 3 couples sur 4 : les résultats sont en accord avec les données de FIC

### Conclusion

**Le FIC est un bon indicateur du fitness chez *P. viticola***

## Coût de la résistance

### Analyse des résultats de FIC

- ▶ Pas de corrélation entre les différents paramètres
- ▶ Point particulier : L'indice de Malthus est significativement meilleur chez les souches R
- ▶ **Pas de différences significatives de fitness entre les souches R et S ( $P = 0,17$ )**

⇒ **Pas de coût de la résistance détectable**

## Existe-t-il un coût de la résistance ?

### **Pas de coût de la résistance détectable**

#### Hypothèses explicatives

- ▶ Il n'y a pas de coût de la résistance chez les souches provenant du vignoble
- ▶ Le coût existe mais les souches résistantes sélectionnées possédaient avant la mutation un très bon fitness
- ▶ Le coût existe mais la sélection naturelle favorise des mutations compensatrices du coût

## Existe-t-il un coût de la résistance ?

### **Pas de coût de la résistance détectable**

#### Hypothèses explicatives

- ▶ Il n'y a pas de coût de la résistance chez les souches provenant du vignoble
- ▶ Le coût existe mais les souches résistantes sélectionnées possédaient avant la mutation un très bon fitness
- ▶ Le coût existe mais la sélection naturelle favorise des mutations compensatrices du coût

## Existe-t-il un coût de la résistance ?

### **Pas de coût de la résistance détectable**

#### Hypothèses explicatives

- ▶ Il n'y a pas de coût de la résistance chez les souches provenant du vignoble
- ▶ Le coût existe mais les souches résistantes sélectionnées possédaient avant la mutation un très bon fitness
- ▶ Le coût existe mais la sélection naturelle favorise des mutations compensatrices du coût

## Existe-t-il un coût de la résistance ?

### **Pas de coût de la résistance détectable**

#### Hypothèses explicatives

- ▶ Il n'y a pas de coût de la résistance chez les souches provenant du vignoble
- ▶ Le coût existe mais les souches résistantes sélectionnées possédaient avant la mutation un très bon fitness
- ▶ Le coût existe mais la sélection naturelle favorise des mutations compensatrices du coût

## Perspectives

- ▶ Modélisation informatique intégrant les données de fitness (logiciel Stella<sup>®</sup>)
- ▶ Étude du fitness à des températures moins favorables au parasite
- ▶ Étude de l'héritabilité de la résistance
- ▶ Étude spatio-temporelle des populations résistantes *in natura*

