



## Projet ANTARES

# Un Agrosystème Vigne Innovant combinant Résistances variétales et Modes de conduite



**COÛT TOTAL DU PROJET : 92930 € TTC**

**MONTANT DE LA SUBVENTION : 55758 € TTC**



# CONTEXTE

## Vigne

*Vitis vinifera*, la vigne cultivée est très sensible aux agents pathogènes

→ IFT moyen 12 (87% mildiou et oïdium)

→ Nécessité de réduire les intrants (Ecophyto 2008-2018)

→ Opportunité : 2016 Autorisation de mise sur le marché de variétés résistantes à l'oïdium et au mildiou

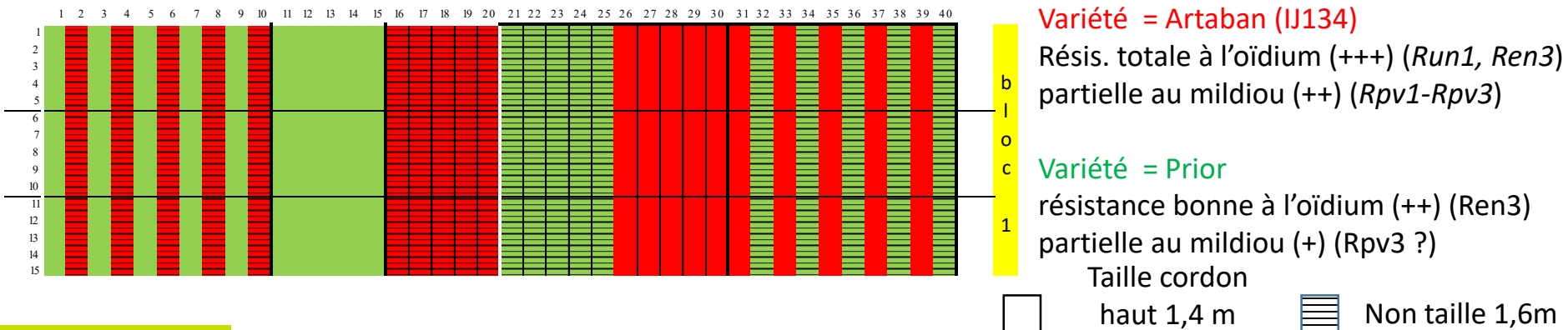
**Développer des systèmes plus résilients  
(maladies – changement climatique)**

# OBJECTIFS

1. Planter et évaluer des dispositifs expérimentaux alliant **biodiversité variétale** et **modes de conduite**.
2. Meilleures connaissances des potentialités des **variétés résistantes** en **dispositifs innovants vers du zéro pesticide**.

→ Combiner un maximum de leviers préventifs : **résistance variétale**, **conduites culturales** moins favorables aux maladies (non taille vs cordon haut), **hétérogénéités spatiales** (génétique et conduites culturales)

→ Deux climats : septentrional et méditerranéen



2016

2017  
2019

2019

### ACTION 1 :

Implantation des  
dispositifs  
expérimentaux :  
ANTARES

### ACTION 2 :

Caractérisation des variétés  
(plantes en pot et parcelle ANTARES)

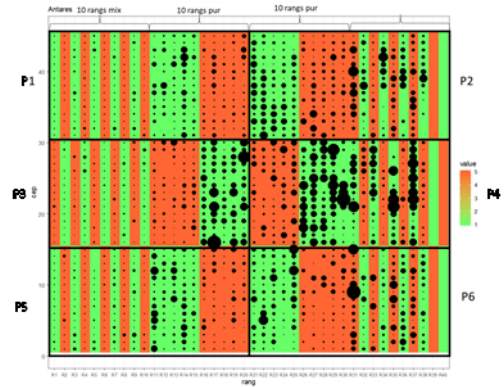
ACTION 3 : Evaluation des  
dispositifs implantés vis-à-  
vis de maladies



physiologie

Induits oidium/ CS-F1-Induit											
CS		134				Pri					
F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	2.91			4.97	7.85	4.87	2.95	4.92	3.13		
				5.14	6.53	6.95	7.40				
	1.36	1.5						0.71	1.04	1.11	
	2.22	2.23	2.02	2.02	3.05	3.6	4.25	1.52			
	3.1	3.71		4.91	6.4			3.93	6.6	6.4	
	-1	-2.6	-1.7	-1.8	-1.4	-4.2	-4.5	-2.6	-2.1	-3.4	-3.3
	1.36	1.38		-1.3	-1.7			-2.4	-1.9	-1.7	
	1.21			2.44	2.42	2.01	2.16	3.02	3.03	3.13	
	2.21	2.52				1.88	3.48			1.8	2.23

transcriptomique



ACTION 4 : Caractérisations  
œnologiques




Résistance / maladie



phénologie





Bilan  
Action 1  
**Implantation des dispositifs  
expérimentaux**

# Des difficultés ... laisser le temps au temps, le temps de la vigne est long

**2016**

difficultés de reprise  
De Prior / traitement à  
l'eau chaude



**2017**

la saison s'annonçait belle...



août : sécheresse intense,  
forte mortalité pour  
Artaban,



**2018** : obligation de retailler,  
complanter, arroser

**2019**

un dispositif prêt et en  
mutation vers de  
l'agroécologie zéro  
pesticide

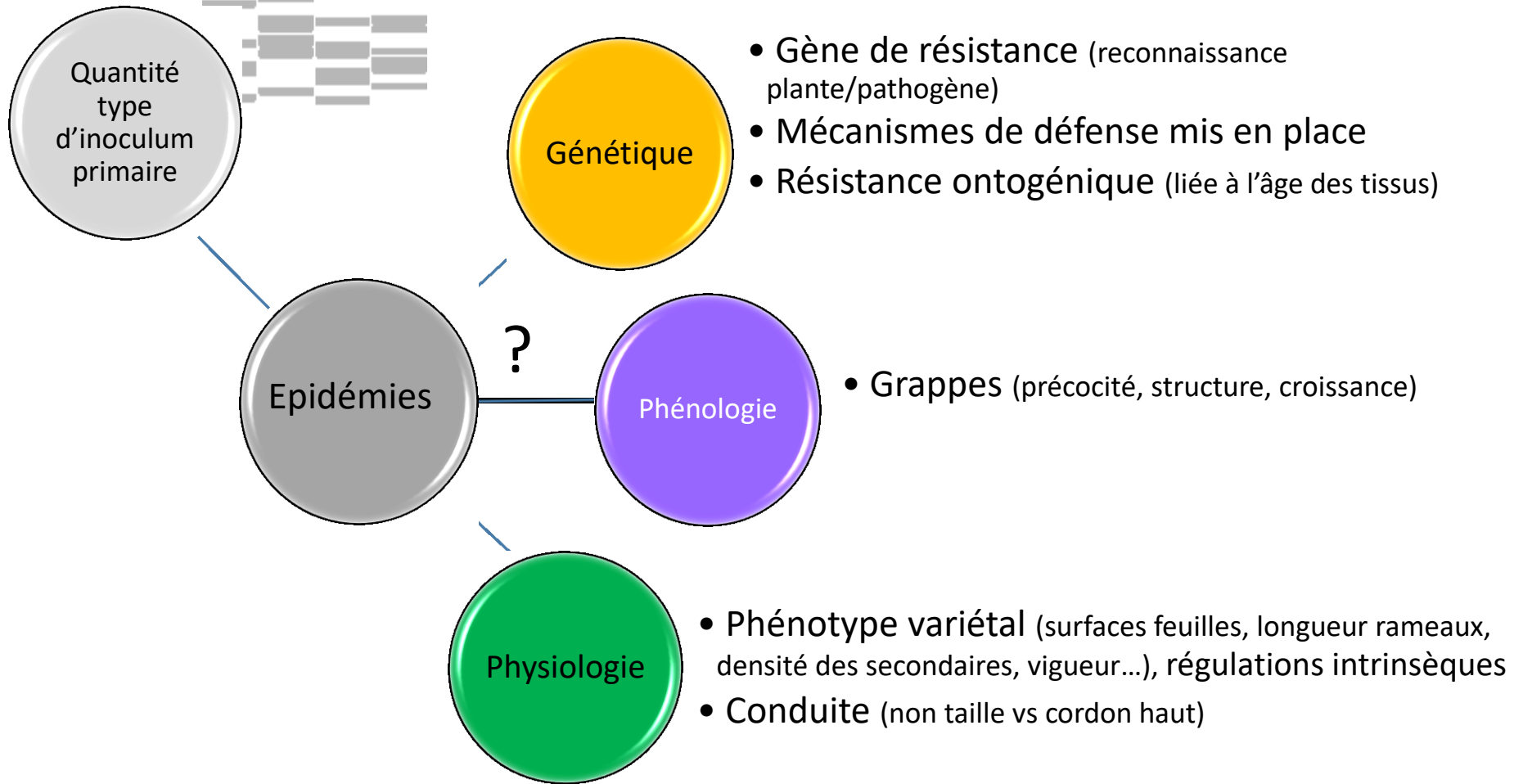




# Action 2

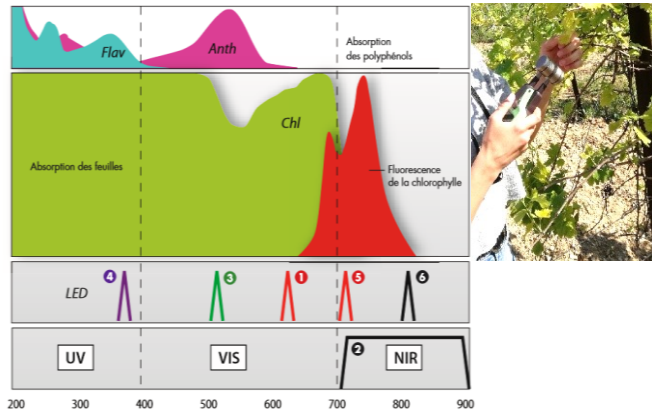
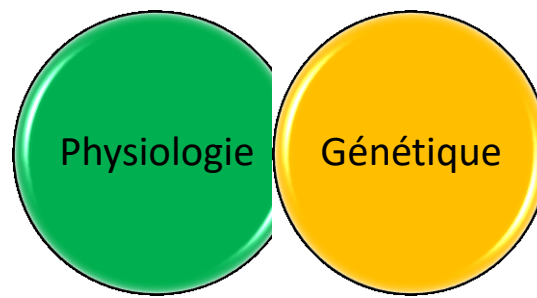
## Caractérisation des variétés

# Sensibilité de la culture au vignoble





# Capteur non destructive DUALEX



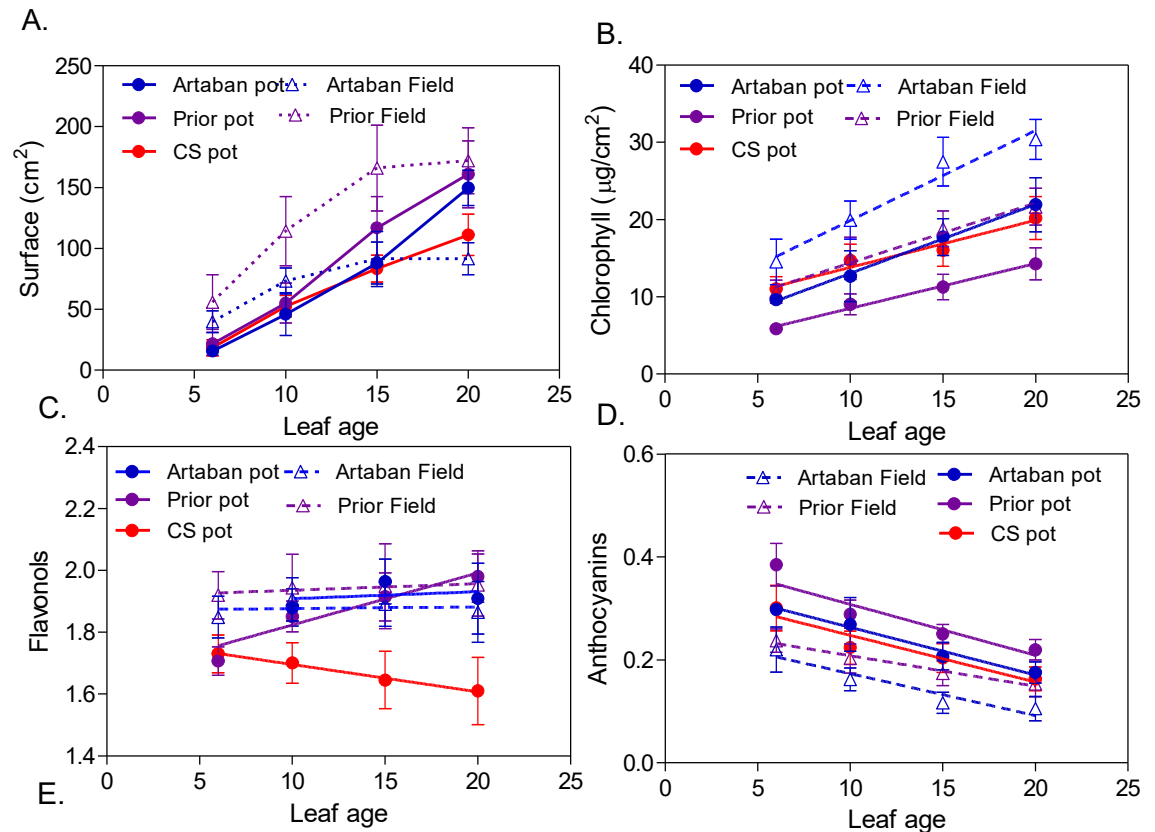
- Feuilles marquées à leur émergence
- Mesures : chlorophylle, anthocyanes, flavonols

## 3 variétés

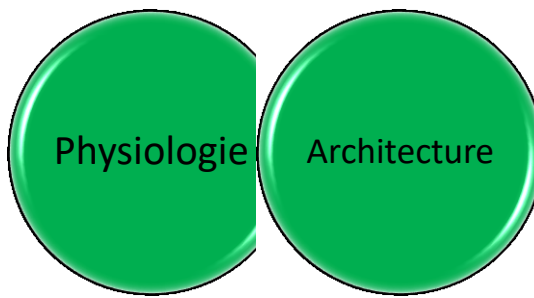
- Cabernet Sauvignon
- Prior
- Artaban

## 4 âges foliaires

- 7 jours
- 10 jours
- 15 jours
- 20 jours

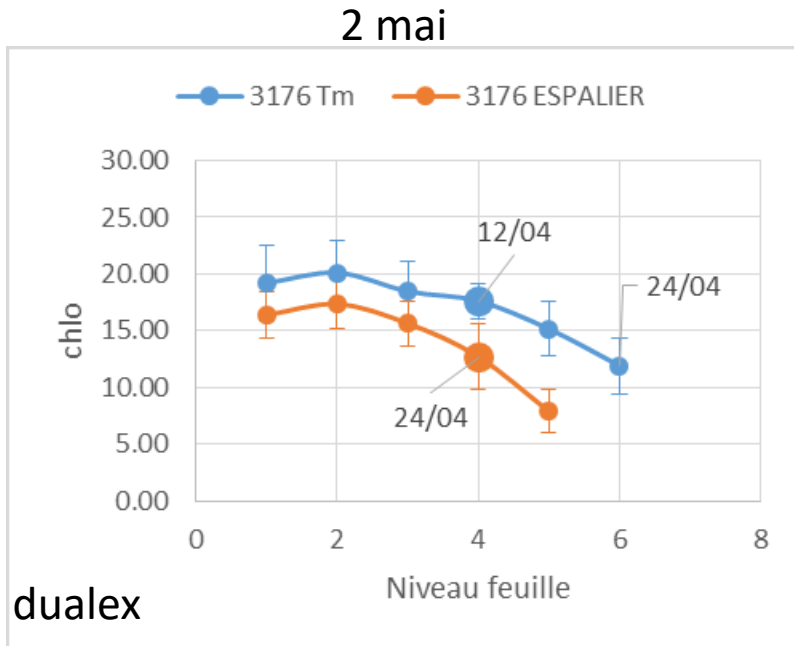


Les mesures traduisent des variations de phénologie et de fonctionnement physiologique :  
**Chaque variété a ses caractéristiques**  
**Pas forcément de lien avec la défense**

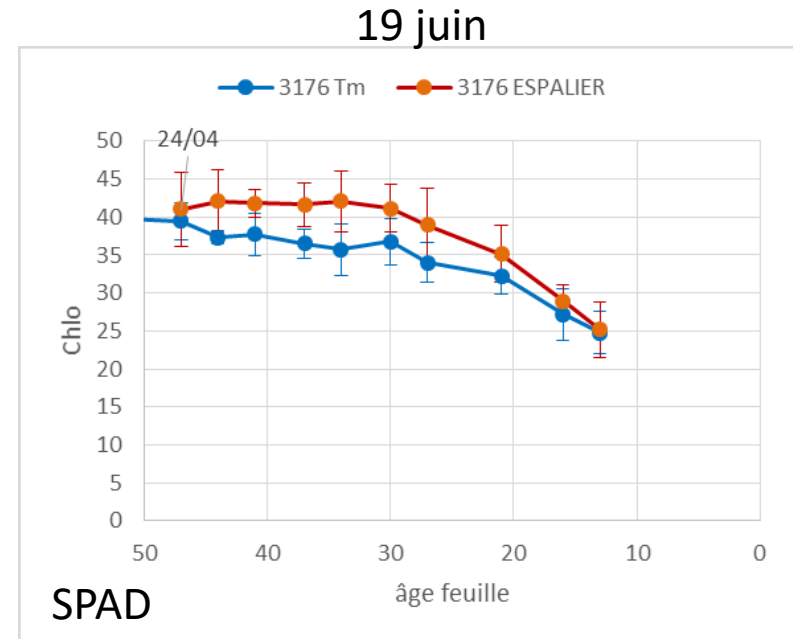


Comparaisons  
Taille minimale vs espalier

INRA Pech Rouge

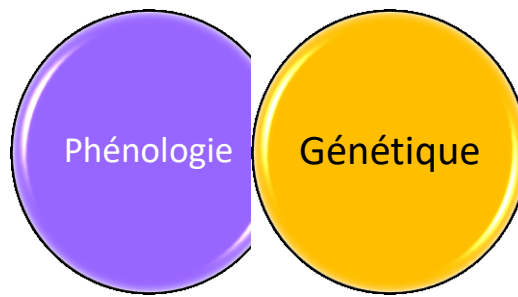


Taille minimale  
Début saison plus précoce,  
plus de chlorophylle



Evolution vers moins de chlorophylle,  
feuilles matures

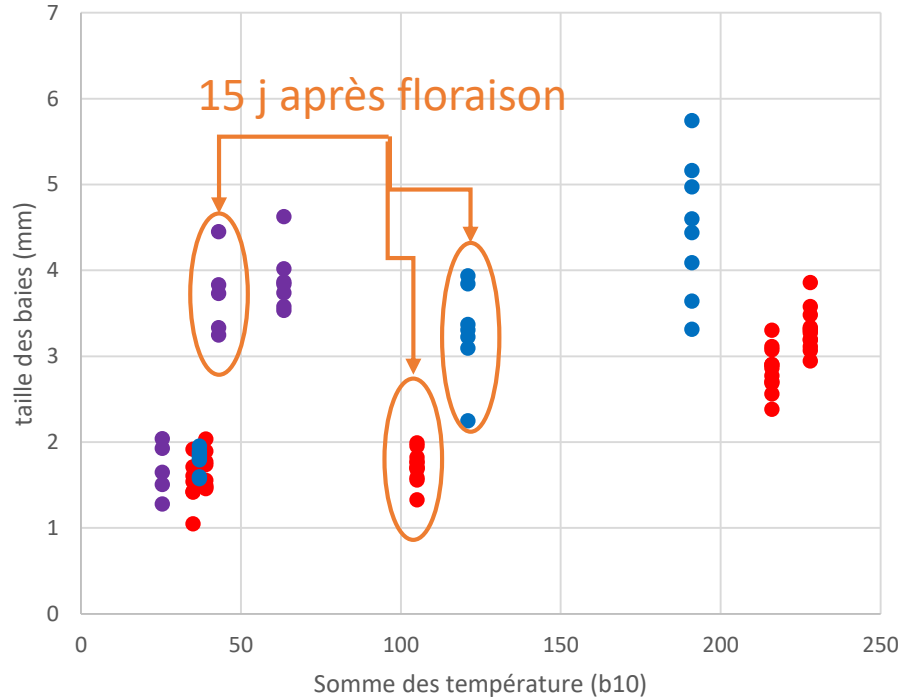
Différences de conduite entraînent des modifications physiologiques  
(moins de chlorophylle, moins d'azote)  
moins de feuilles actives ? Quid de la sensibilité ?



Mesures de diamètres des baies par imagerie



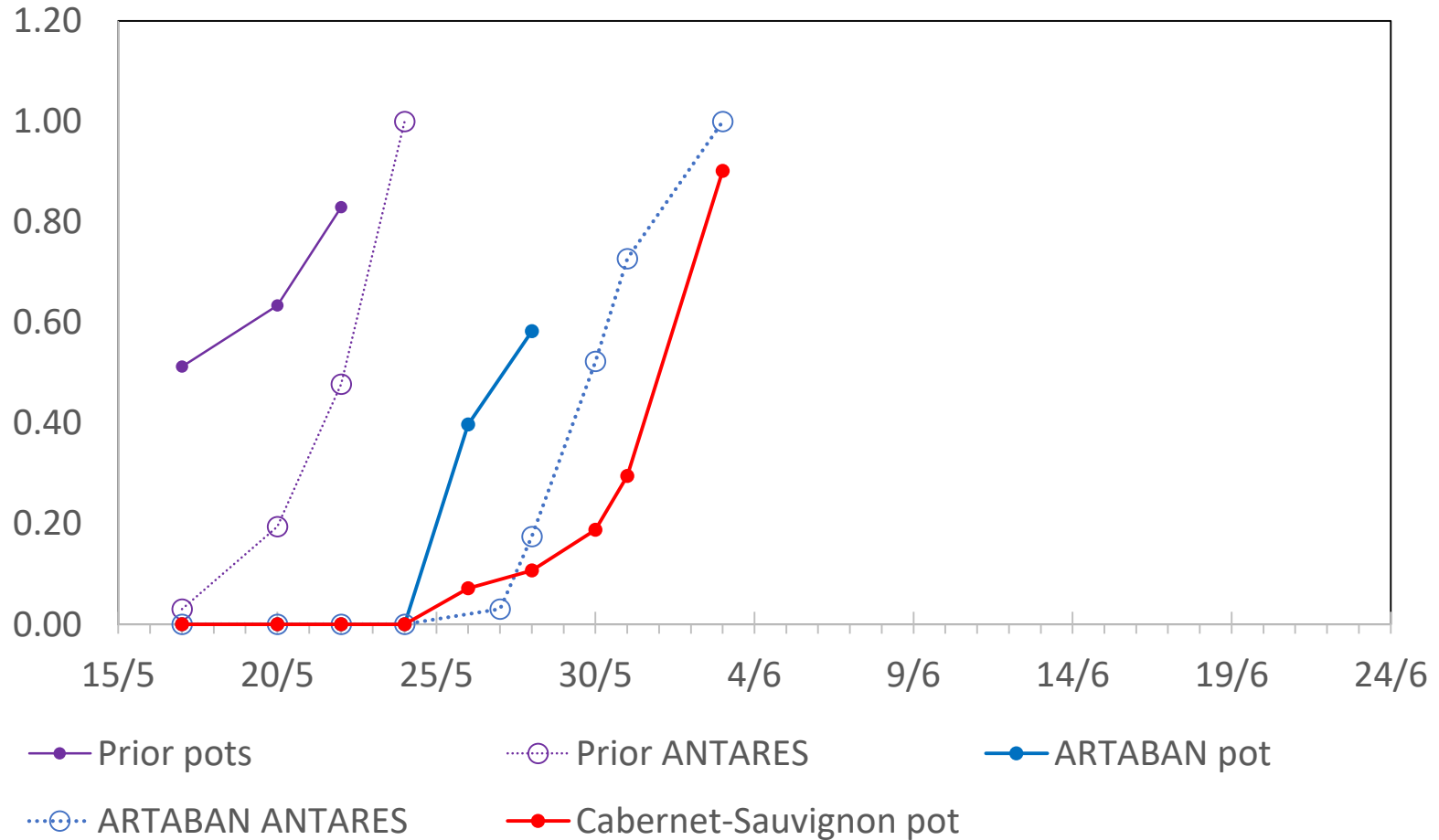
Variations importantes d'évolution de la taille des baies en fonction de la variété



Réponses physiologiques différentes ?

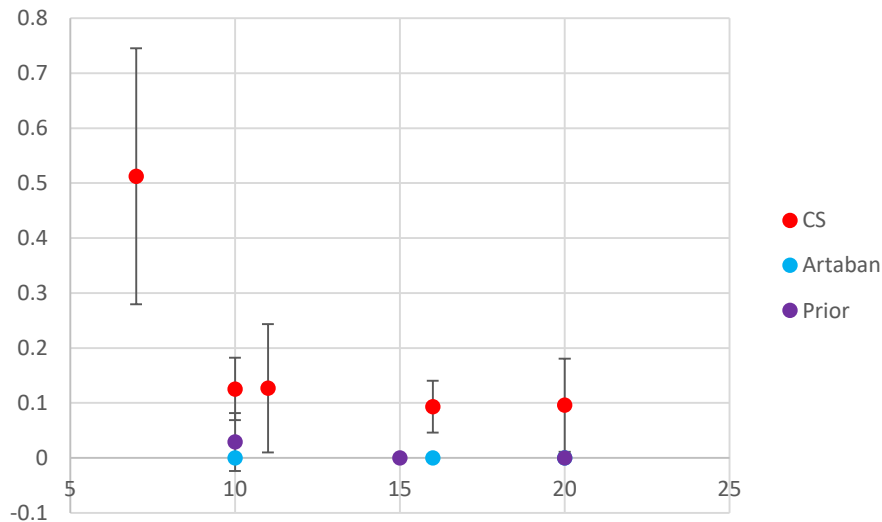
# Sur grappe : difficulté technique comparer des cépages de phénologie très asynchrones

Dynamique de floraison

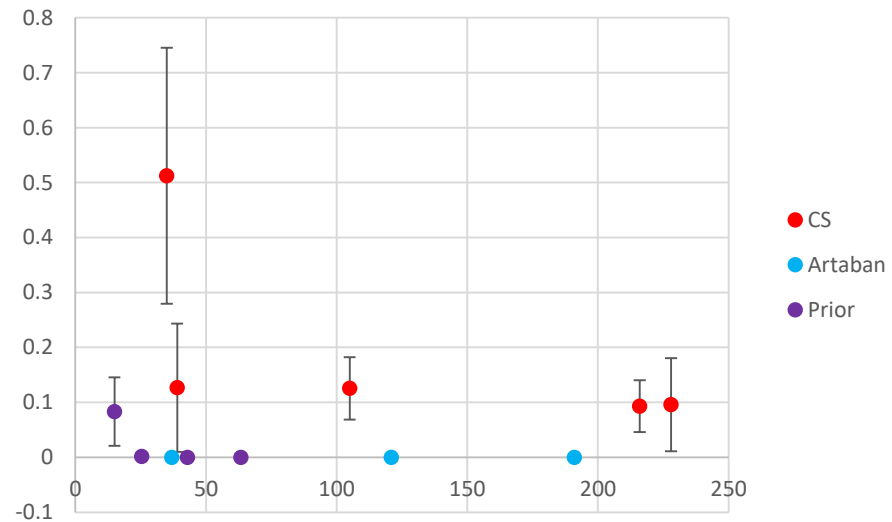


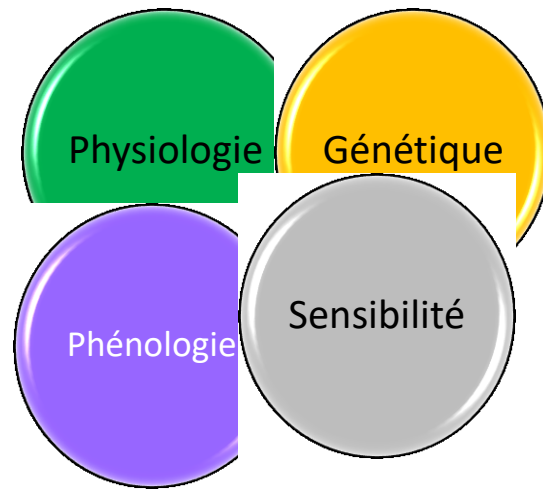
# Sévérité oïdium sur grappes (11 juillet – 22 et 35 jours après contamination)

Sévérité oïdium sur grappes en fonction du nombre de jours entre la floraison et la contamination



Sévérité oïdium en fonction de la somme de température entre la floraison et la contamination





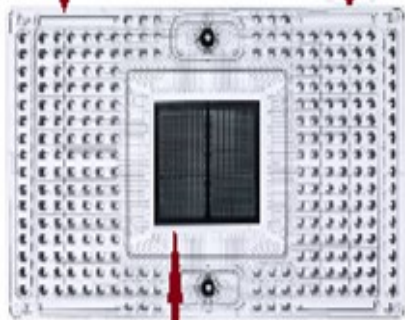
Relations entre expression de gènes de défense,  
niveau et type de résistance (**totale** vs **partielle** vs **ontogenique**), stade de  
développement (âge feuille vs jours après floraison),  
organe (feuilles vs grappes)

# Transcriptomique

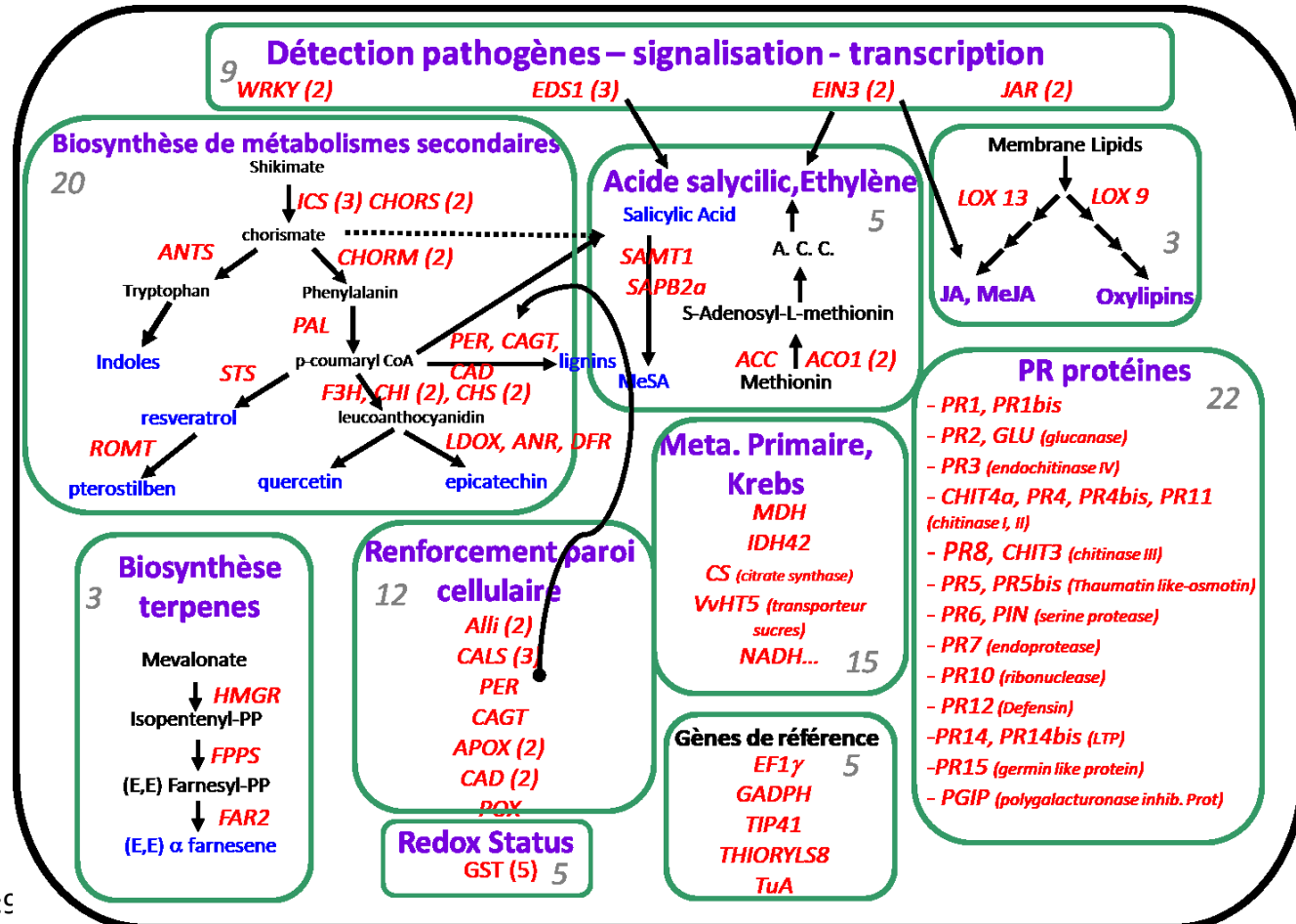
## Puce Neovigen96

10 voies métaboliques impliquées dans la signalisation, défense, métabolisme primaire

96 cDNA samples  
96 assays (primer pairs)



9,216 total reaction chambers



# Expérimentation feuilles

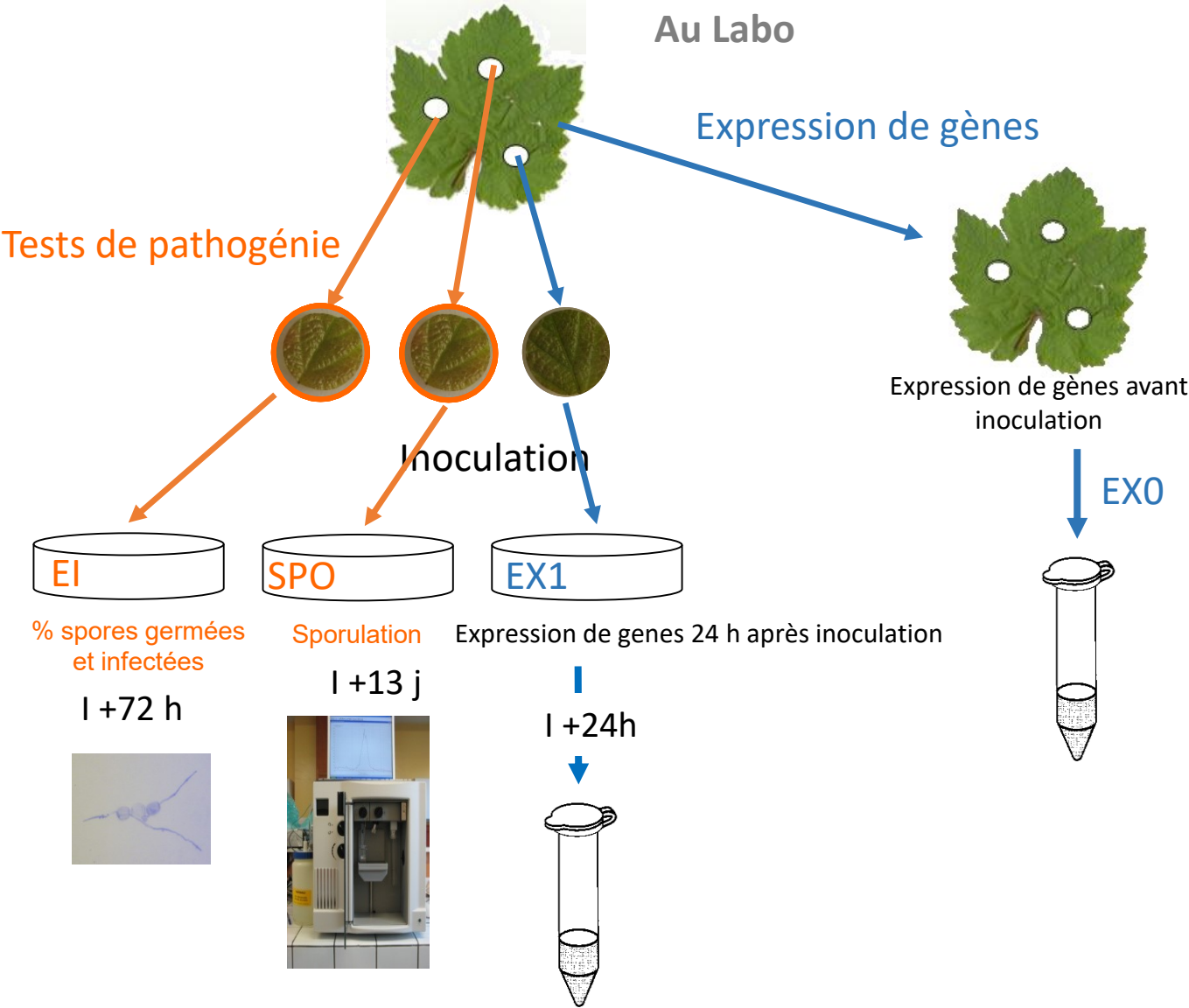
## Au Vignoble



Rameaux suivis Feuilles marquées / âge, Dualex

**4 âges foliaires**  
7 jours  
10 jours  
15 jours  
20 jours  
**3 variétés**

- Cabernet Sauvignon
- Prior
- Artaban





Marquage  
début  
floraison



# Expérimentation grappes



Contamination  
oïdium

## 3 stades phénologiques :

- Flo + 10 jours
- Flo + 15 jours
- Flo + 20 jours



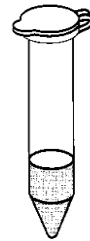
## 3 variétés

- Cabernet Sauvignon
- Prior
- Artaban

Au labo

Avant  
contamination

EXO



Expression  
gènes

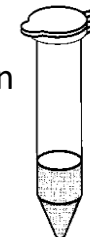


Au vignoble

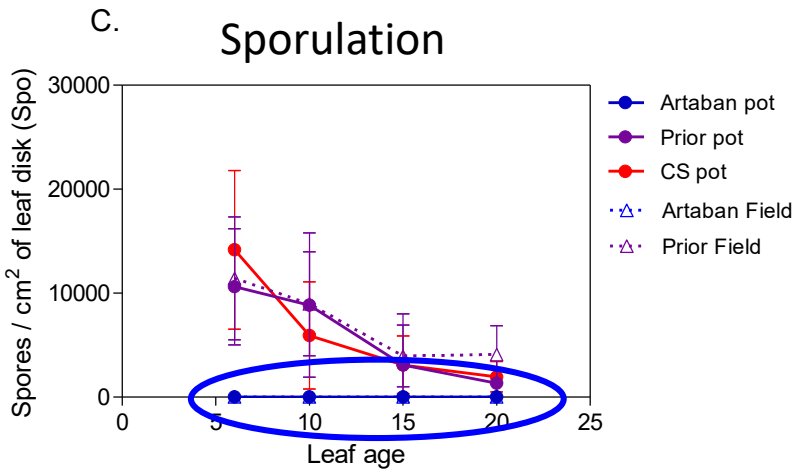
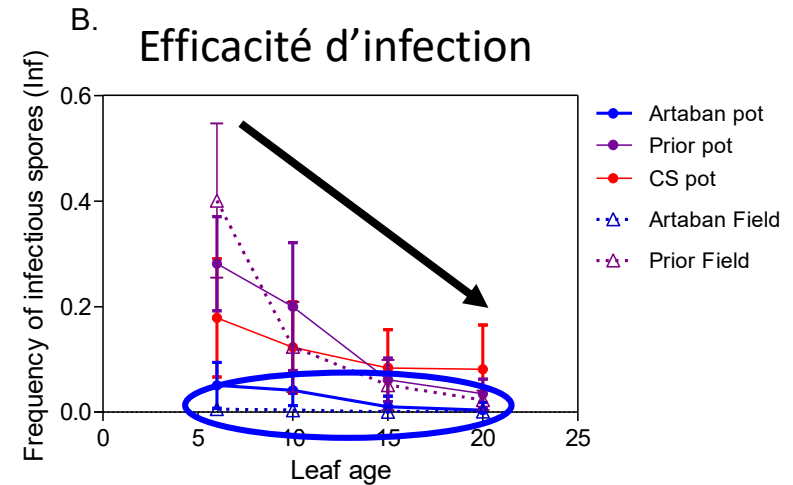
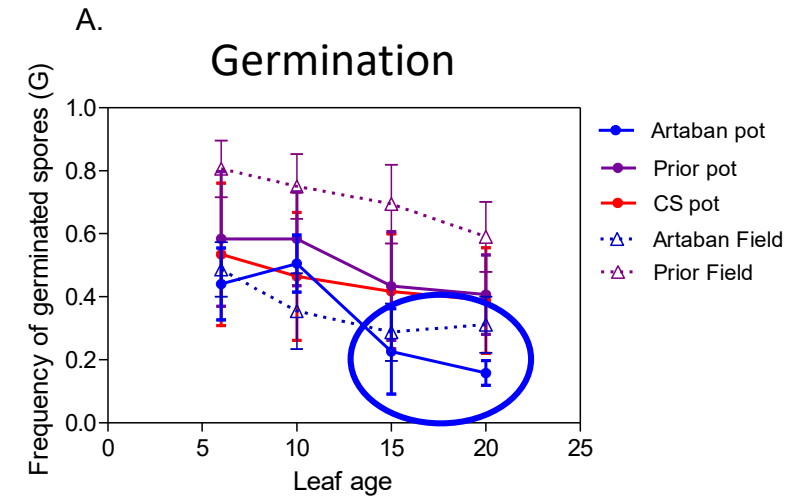


24h Après  
Contamination

EX1

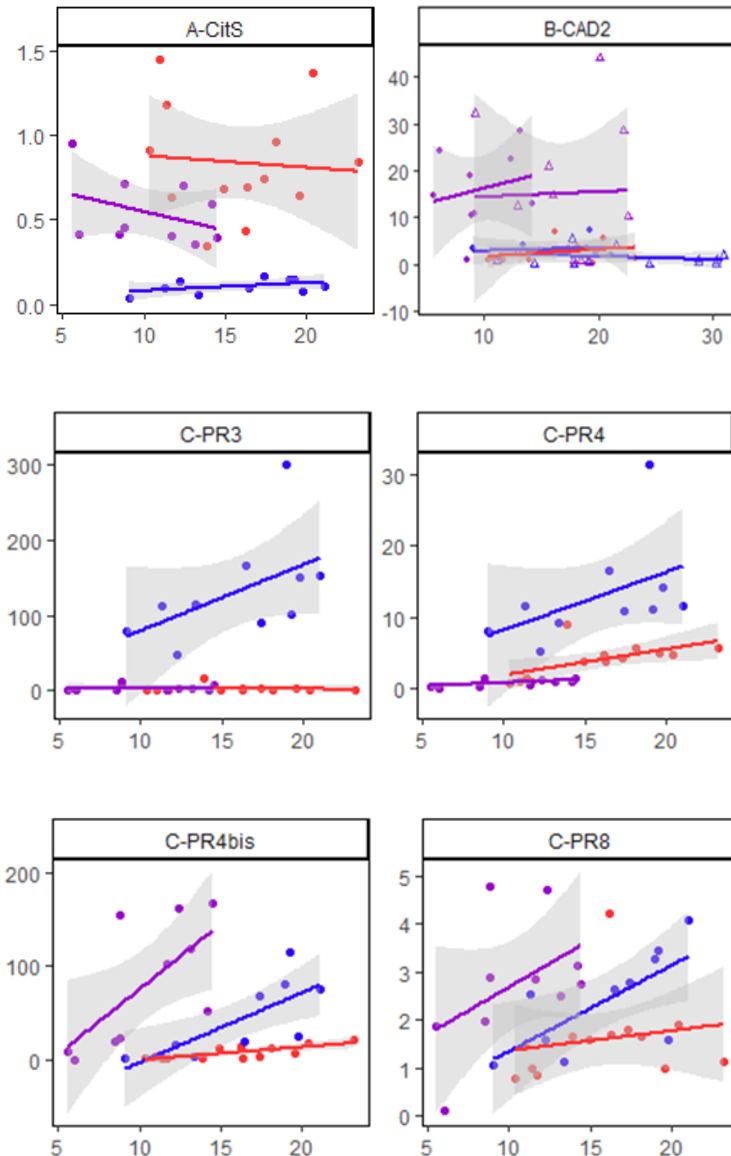


# Sensibilité à l'oïdium



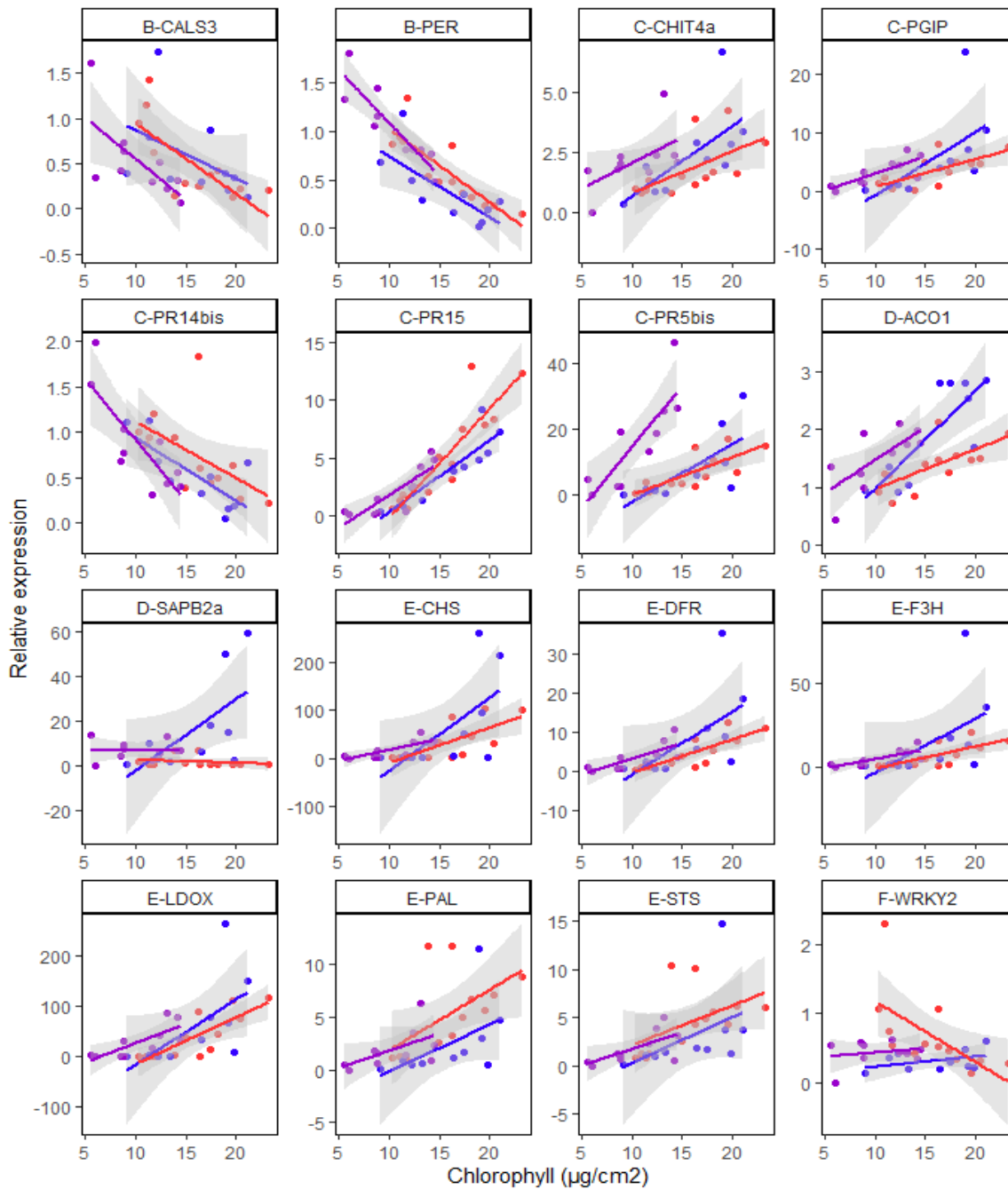
- Pour les trois traits de vie mesurés : **pas de différences entre le cépage sensible (CS) et la variété partiellement résistant (PRI)**
- La variété résistante (**Artaban**) a significativement moins de spores germées sur les feuilles plus âgées (inhibition de la germination)
- L'efficacité d'infection (spores ramifiées) est significativement plus faible pour **Artaban**
- Pas de sporulation pour **Artaban**
- Résistance ontogénique pour les trois cépages marquée pour l'efficacité d'infection

# Transcriptomique feuilles



Des gènes marqueurs de variété :

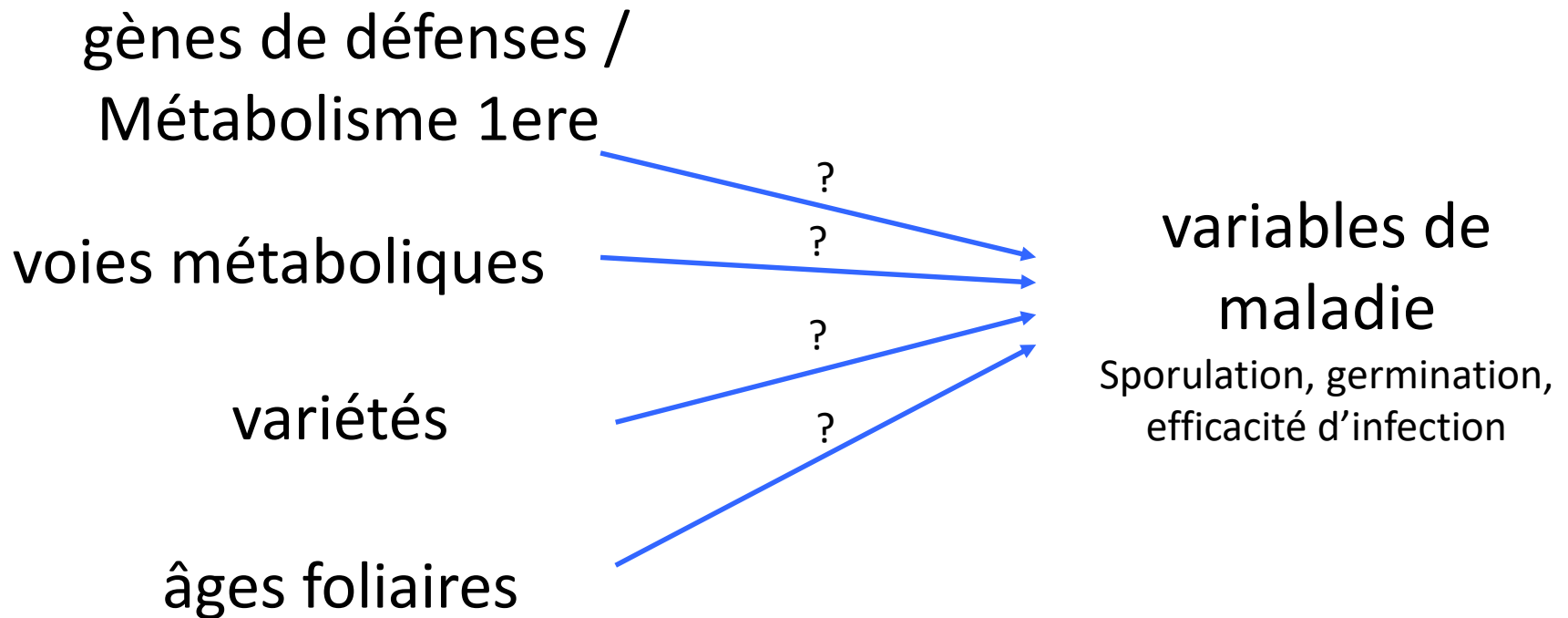
- **Du métabolisme primaire :**
  - Citrate synthase réprimée (**Artaban**)
  - CAD2 cinnamyl alcool deshydrogénase (synthèse de lignine) surexprimée (**Prior**)
- **De la défense :**
  - PR3 PR4 (chitinases) (**++ Artaban**)
  - PR4bis, PR8 (chitinases) (vieilles feuilles variétés résistantes)



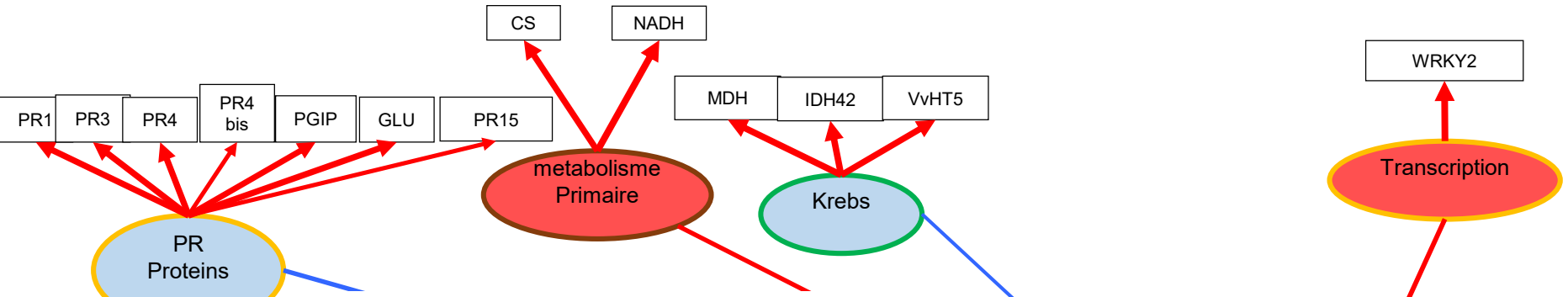
Des gènes marqueurs de la **résistance ontogénique**, non spécifiques d'une variété :

- renforcement **paroi** (PER – CALS3), **lipid transfert** (PR14bis)
- **PR proteines** (CHIT4a- PGIP – PR15 – PR5bis)
- Voie **Phenyl propanoid**

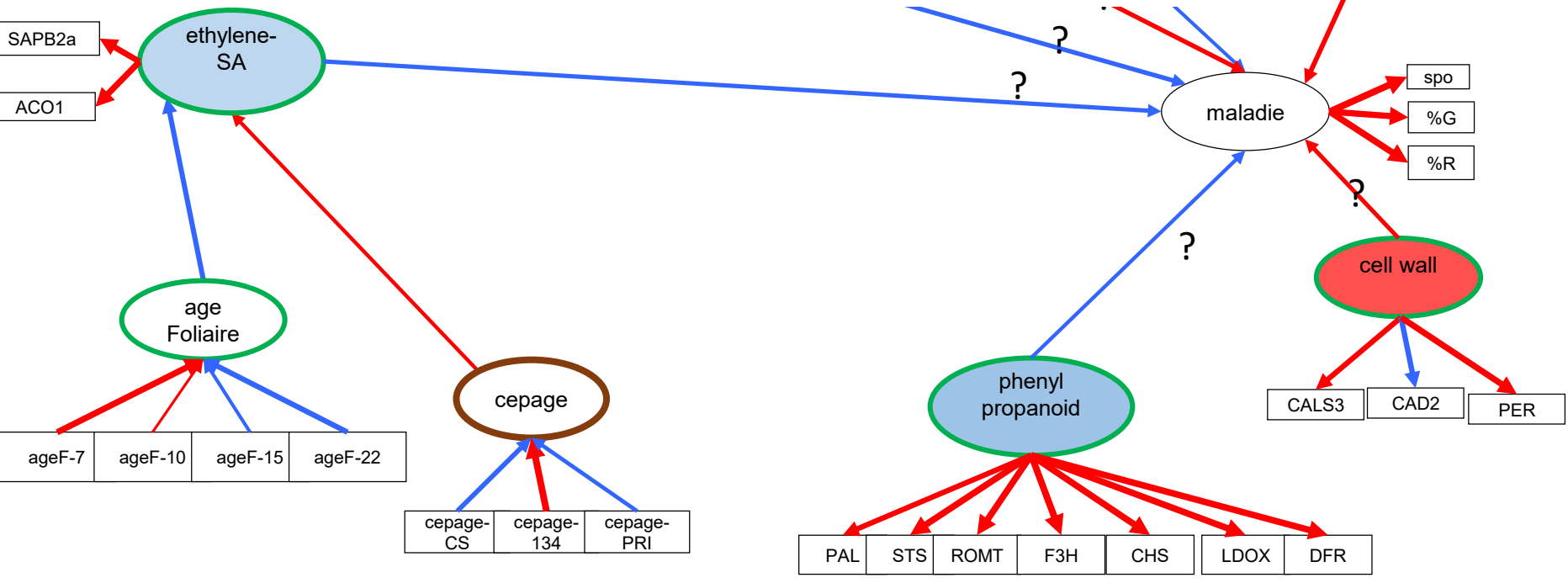
# Analyse de la relation entre l'expression des gènes et la maladie par PLS-PM



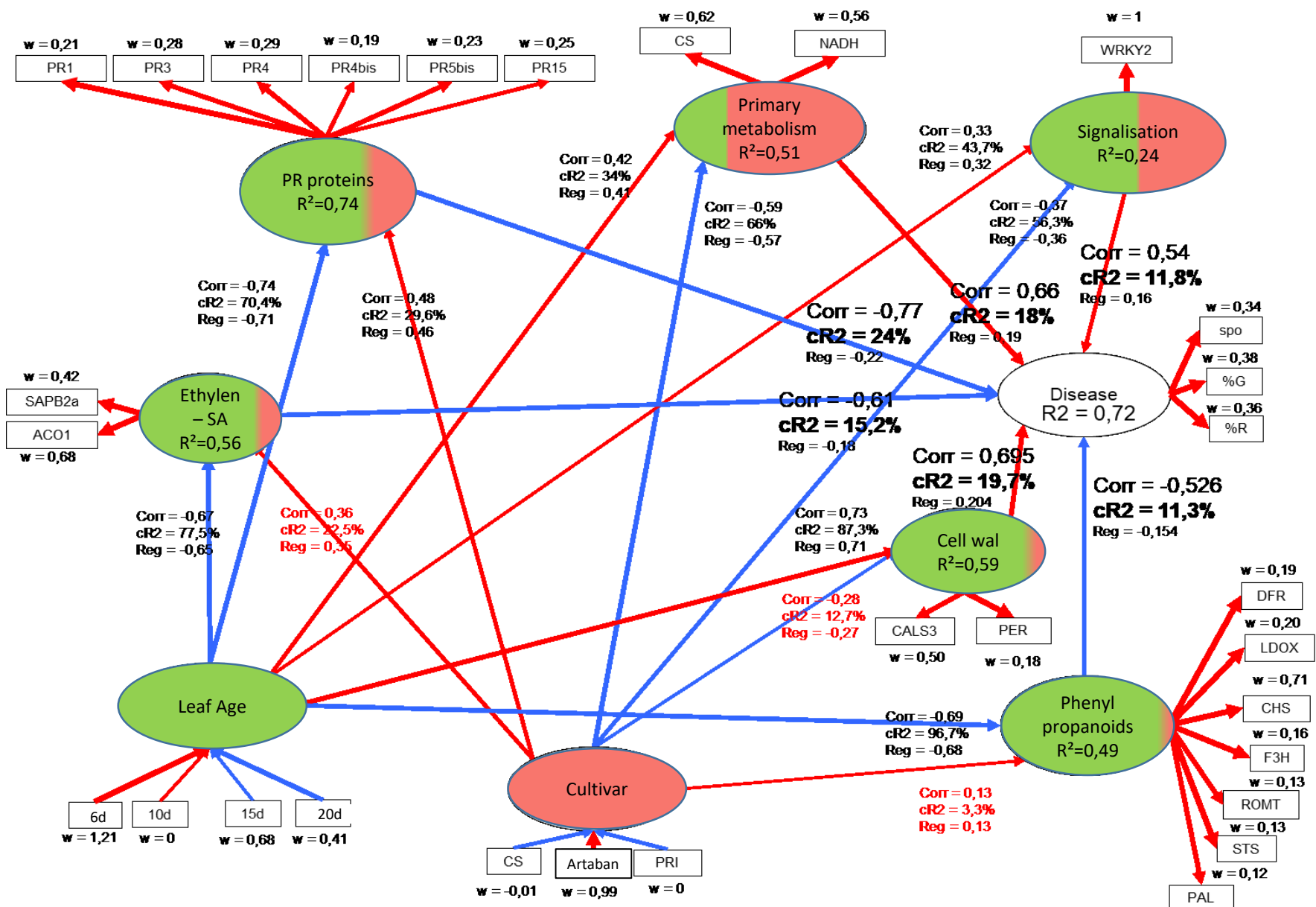
# Partial Least Square Path Modeling

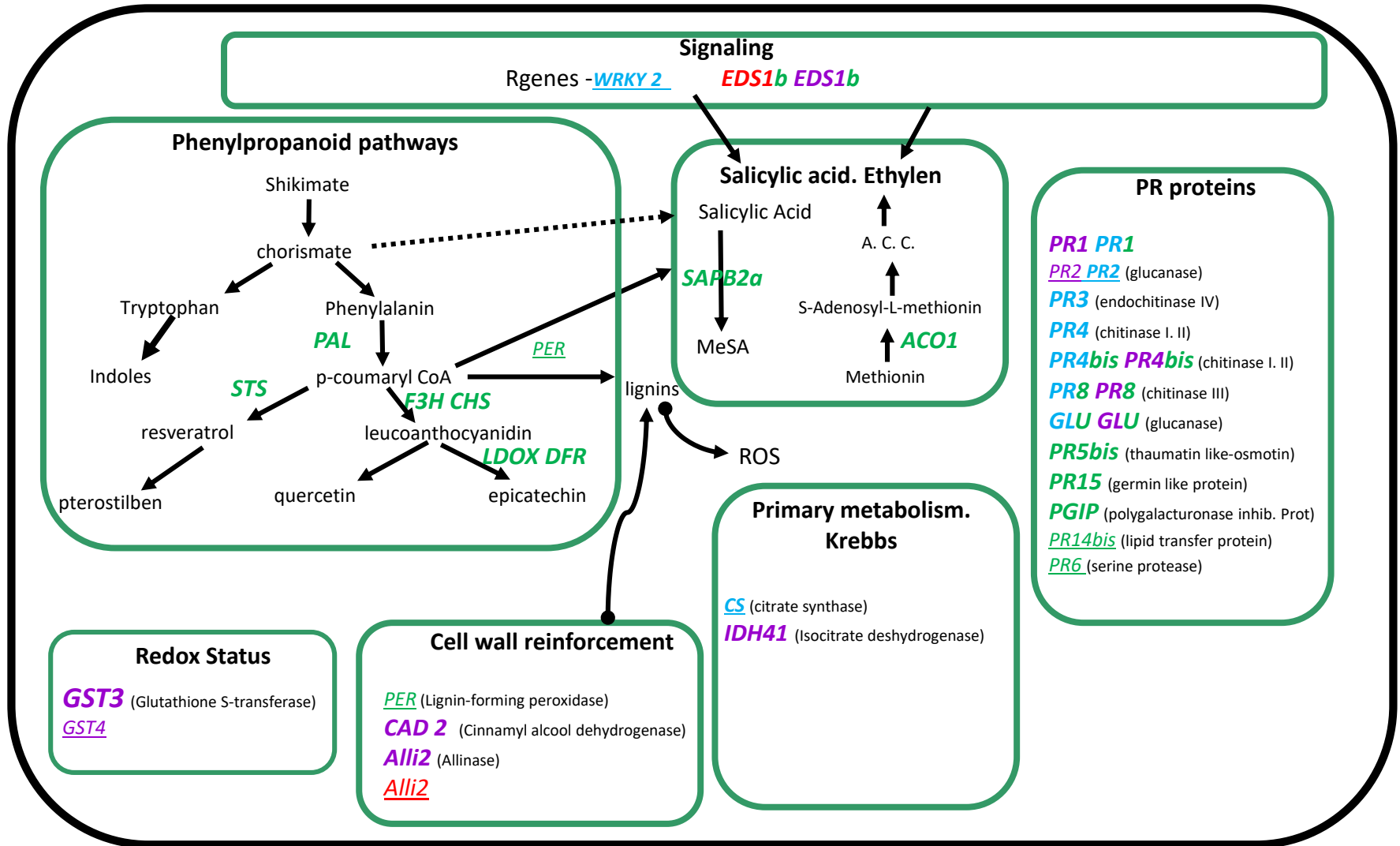


1 variable latente expliquée = Maladie  
 30 variables manifestes = Gènes, âge F, cépages, Spo, G, R  
 10 variables latentes explicatives = Voies métaboliques



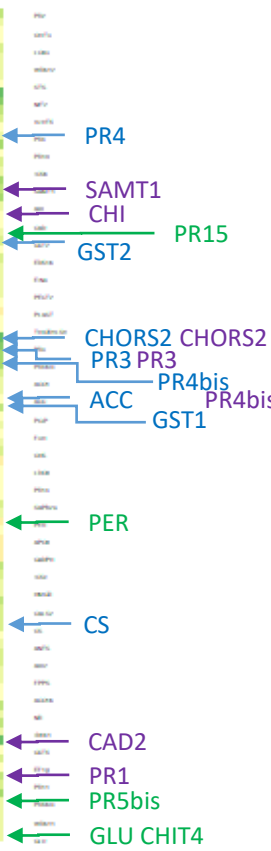
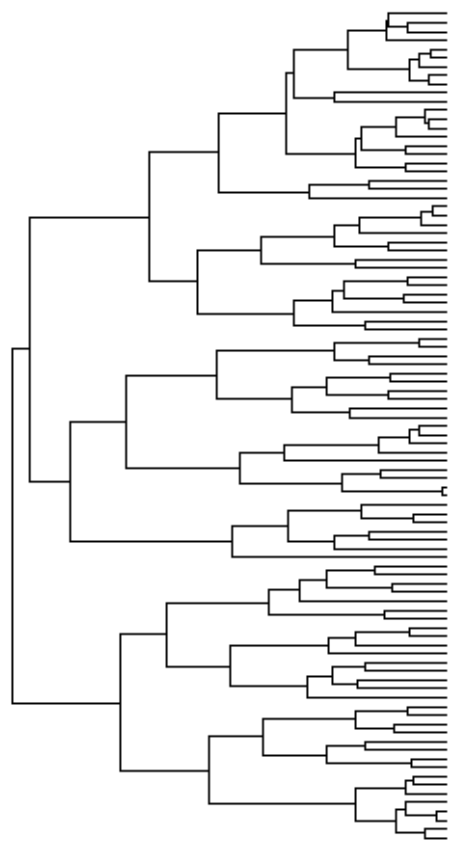
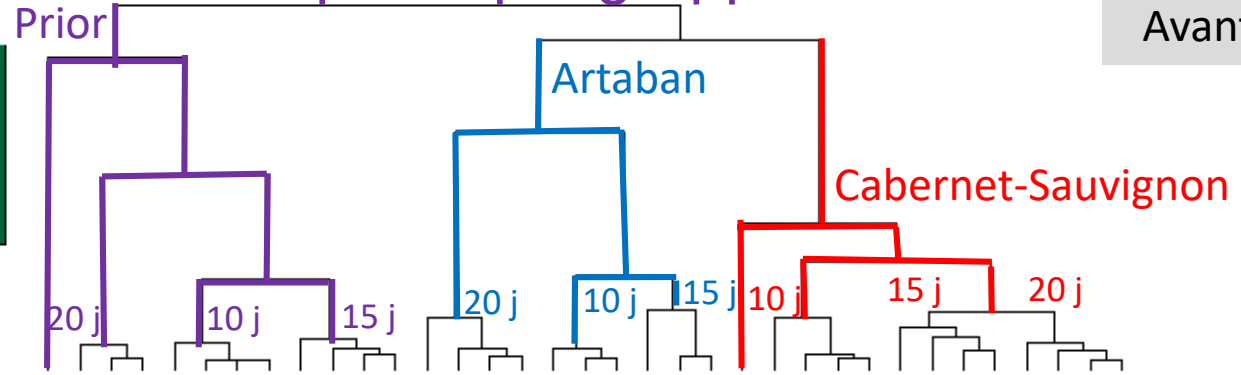
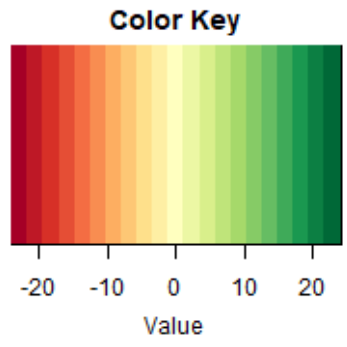
# Partial Least Square Path Modeling







# Transcriptomique grappes



PRI-20-4, PRI-20-2, PRI-20-1, PRI-20-3, PRI-10-2, PRI-10-1, PRI-10-4, PRI-10-3, PRI-15-3, PRI-15-2, PRI-15-1, PRI-15-4, LJI34-20-4, LJI34-20-3, LJI34-20-1, LJI34-20-2, LJI34-10-1, LJI34-10-2, LJI34-10-3, LJI34-15-4, LJI34-15-2, LJI34-15-1, CS-10-1, CS-10-2, CS-10-5, CS-10-4, CS-10-3, CS-15-2, CS-15-3, CS-15-4, CS-15-1, CS-20-2, CS-20-1, CS-20-3, CS-20-4

Dendrogramme correlation de Pearson

# Conclusions transcriptomique

- Des marqueurs cépages dépendant :

- ✓ **Artaban**

- ✓ Surexpression de gènes de PR protéines sur tous les étages foliaires : **PR3** (endochitinase IV), **PR4** (chitinase I II). **PR3 surexprimée de manière constitutive** (sans pathogène) **feuilles et grappes**.
- ✓ **Répression d'un gène du métabolisme primaire CS** (citrate synthase) avec ou sans pathogène **feuilles et grappes**

- ✓ **Prior**

- ✓ Surexpression d'un gène de renforcement des parois cellulaires **CAD2** (cinnamyl alcool deshydrogénase) **feuilles et grappes**.
- ✓ Répression des voies des flavonoïdes et stilbenes au profit de la voie des lignines (**grappes**)
- ✓ Favorise biosynthèse d'Acide salicylique non méthylé (répression SAMT1 surexpression CHORS2) (**grappes**)



## Conclusions transcriptomique

- Meilleure compréhension des mécanismes associés à la résistance :
  - ✓ **PR3, PR4** : corrélées à la réduction de sporulation et d'efficacité d'infection
  - ✓ **Glu** ( $\beta$ 1,3 glucanase) : amplification de la résistance en présence du pathogène ?
  - ✓ Autres gènes de la défense basale plus impliqués dans la résistance ontogénique (vieilles feuilles) (PR protéines **PGIP, PR15, PR4bis, PR11**, enzymes clefs de la voie des métabolites secondaires **CHS, Ldox, DFR, F3H**, des voies de l'éthylène **ACO1** et A. Salicylique **SAPB2a**)
- Résistance de **Prior** *in vitro* restreinte aux vieilles feuilles, mais beaucoup plus forte au vignoble, sur feuilles et sur grappes (privilège voies de l'Acide salicylique, synthèse de lignine). Une défense partielle, plus durable ?



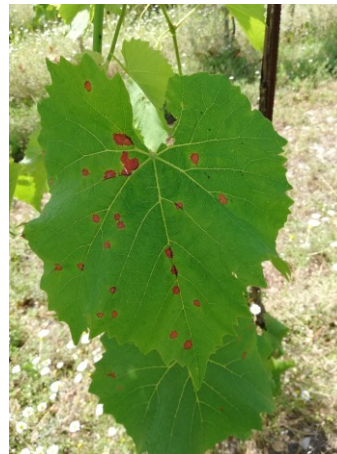
## Action 3

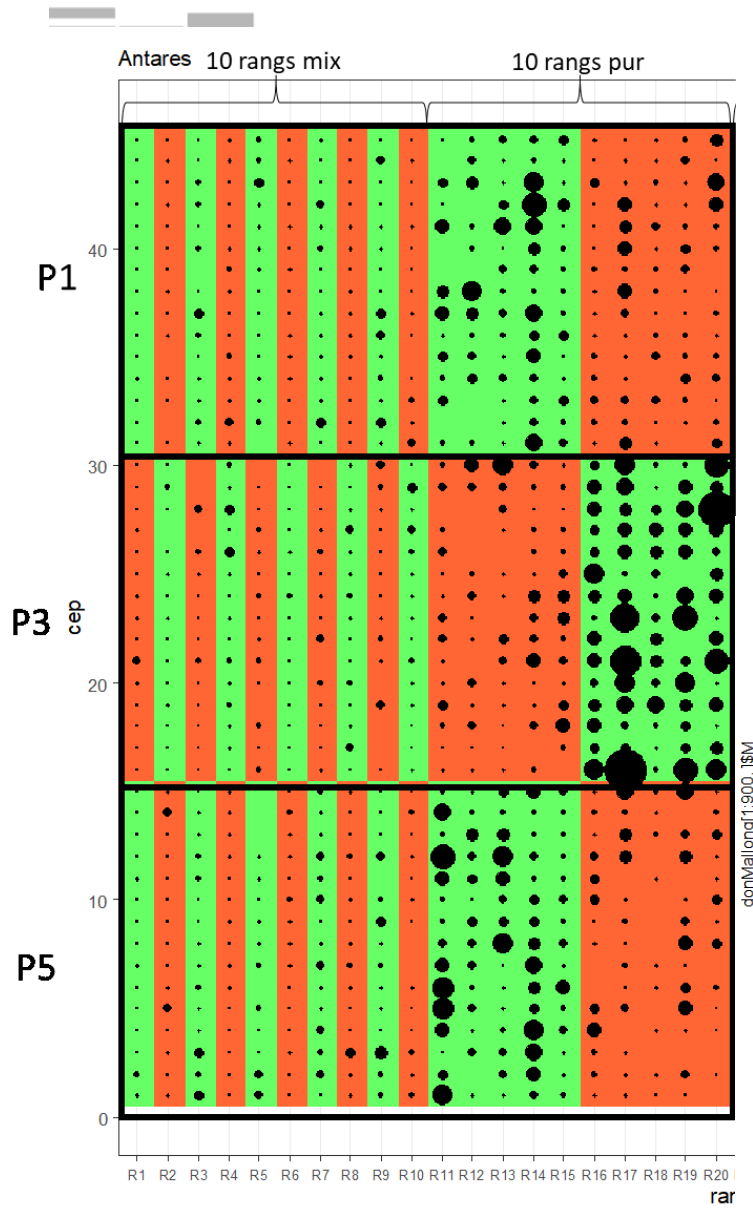
# Evaluation des dispositifs implantés vis-à-vis de maladies

2017-2019 : pas de dégât d'oïdium – mildiou malgré du  
zéro traitement et forte pression mildiou  
(peu de sporulation)



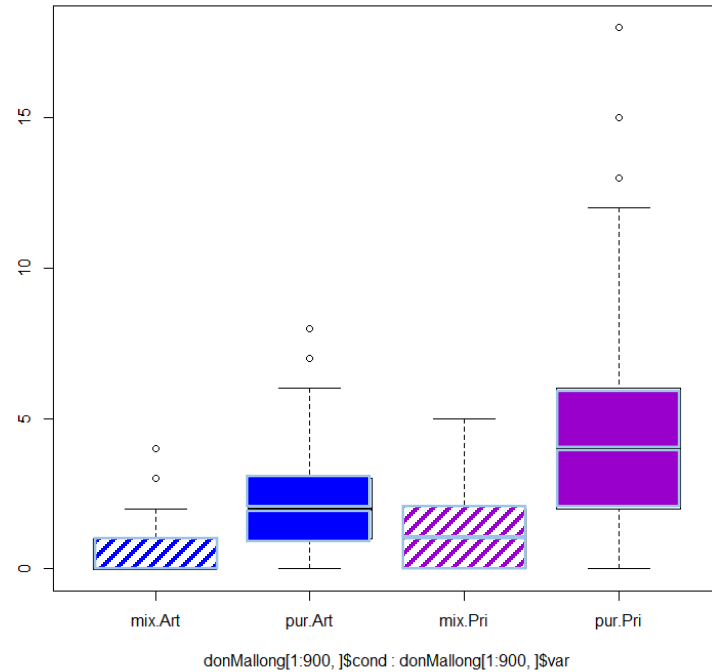
2019 : forte pression black rot



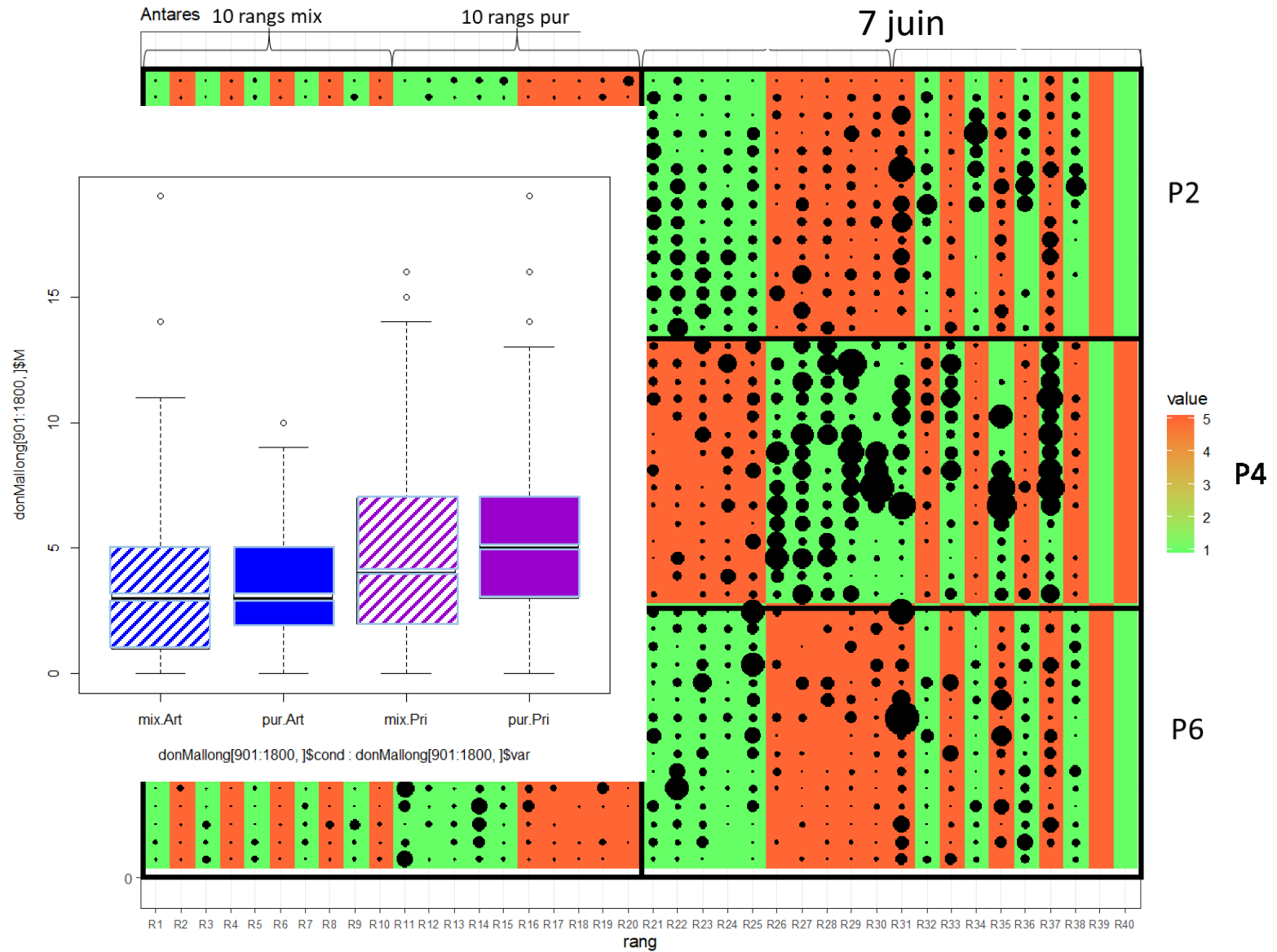


## Evaluation black rot foliaire sur la moitié du dispositif 28-29 mai

- Plus de maladie sur le Prior que sur Artaban
- Plus de maladie dans la zone 'pure'

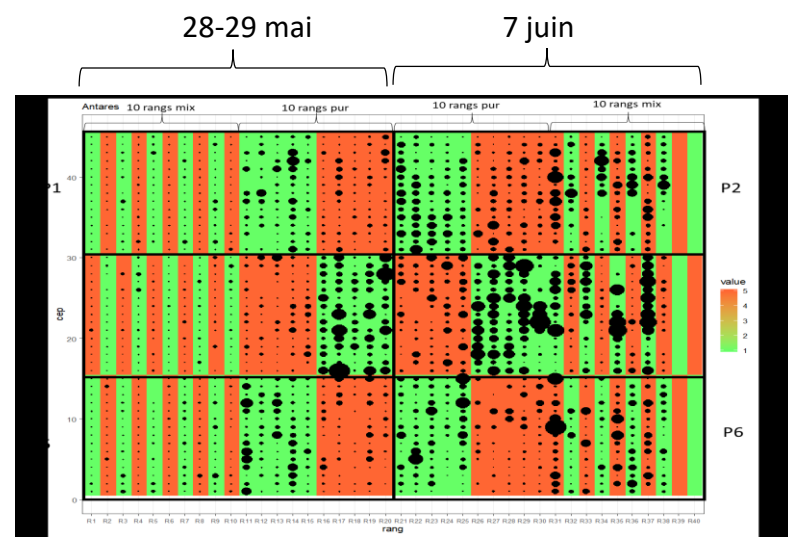
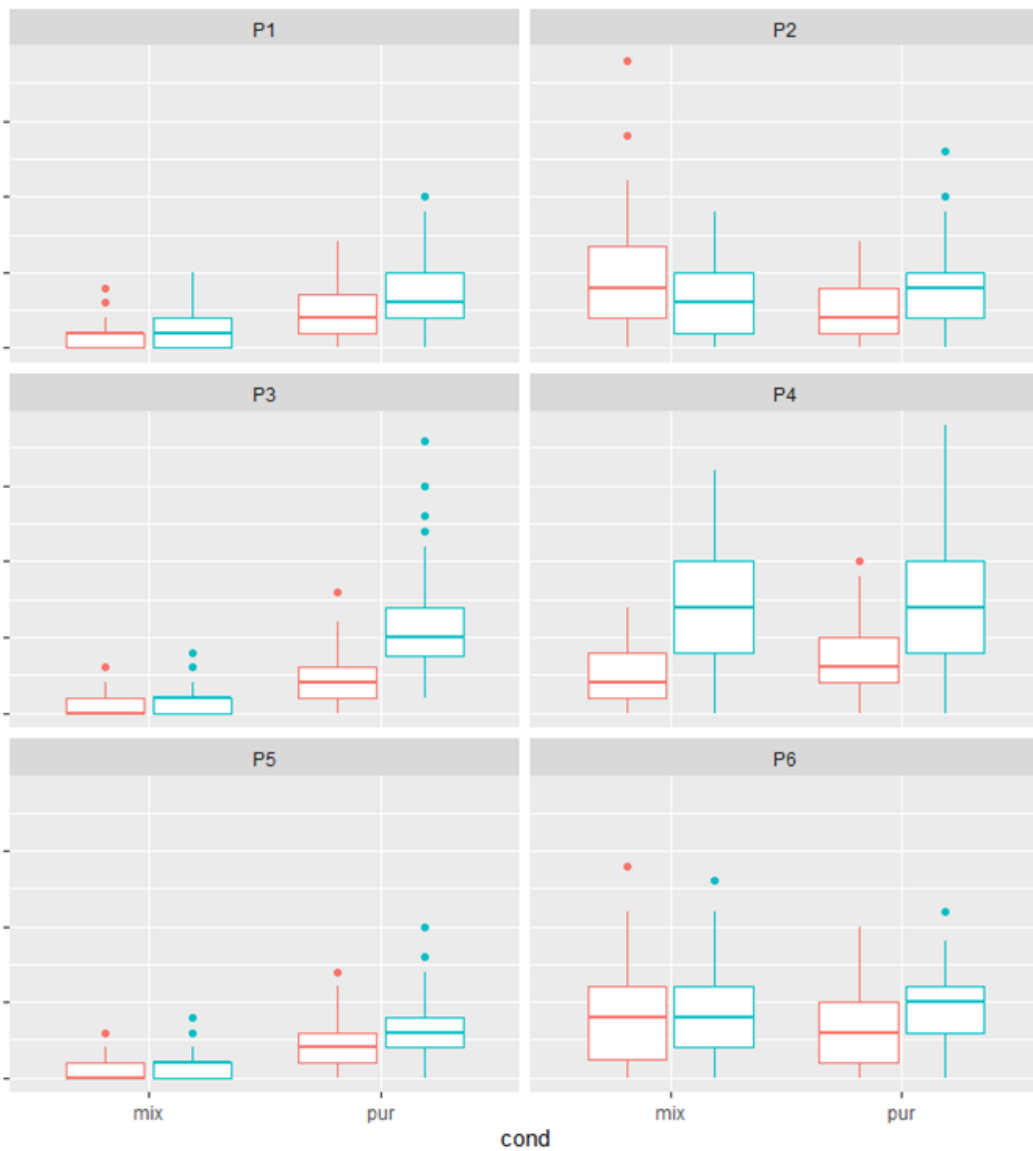


# Evaluation du reste du dispositif



28-29 mai

7 juin

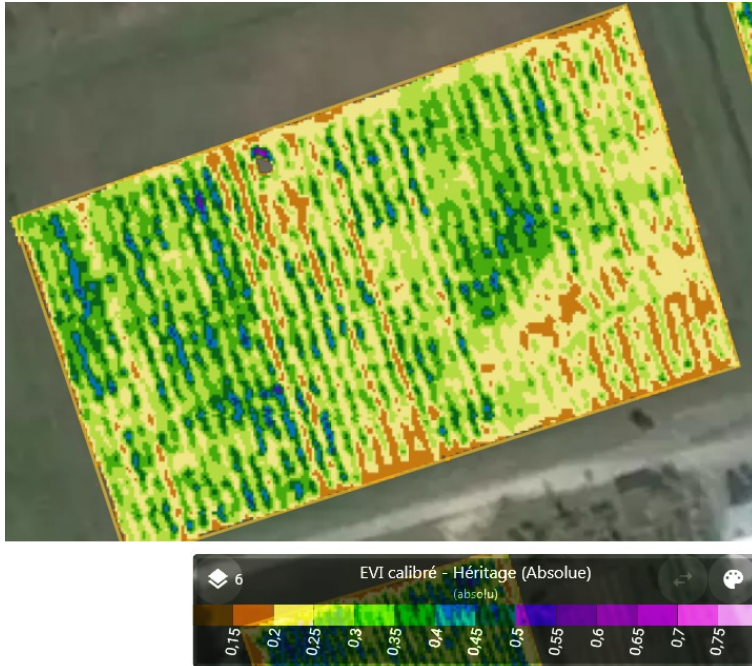


var  
▭ Art  
▭ Pri

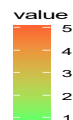
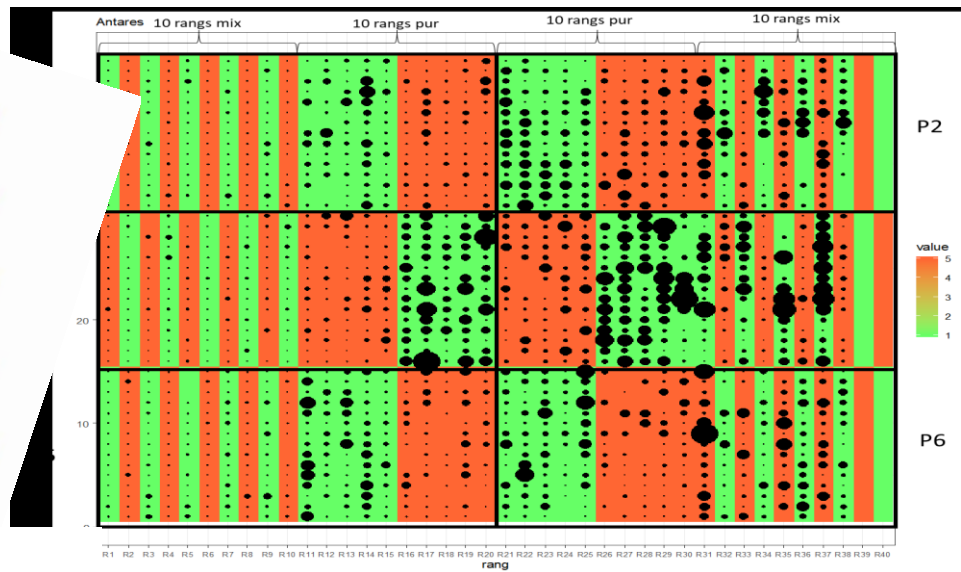
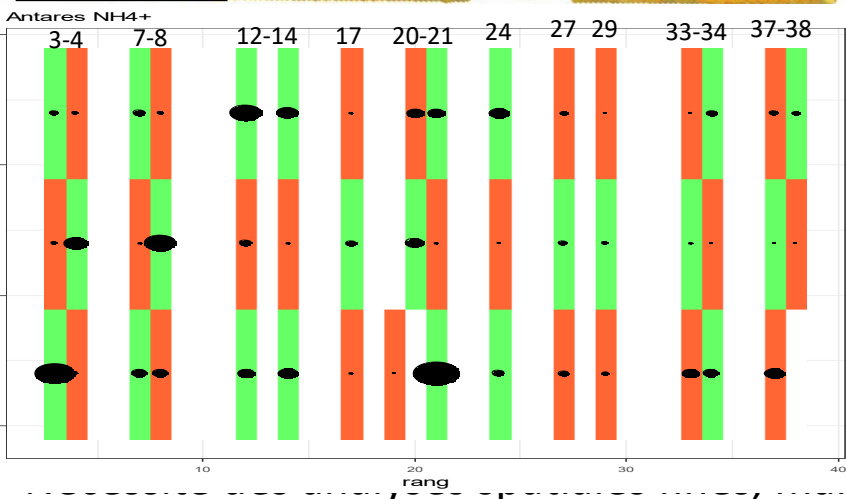
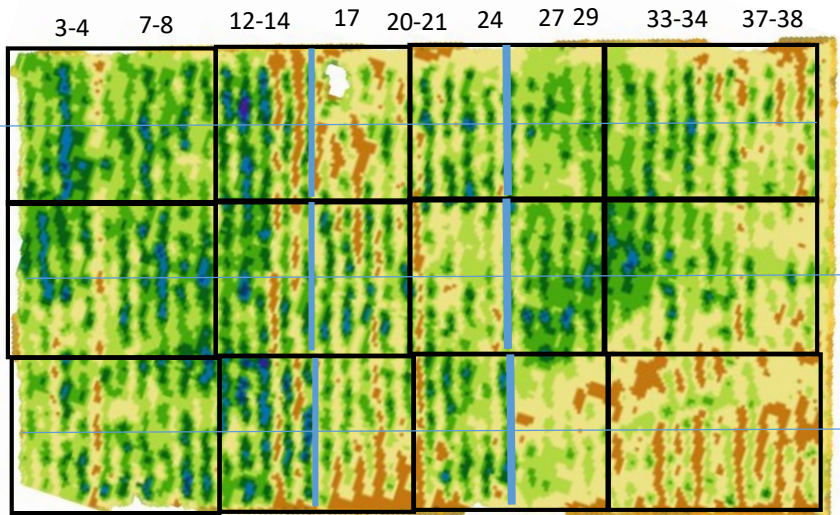
Résultats d'évaluations du niveau et de la répartition du black rot sur la parcelle ANTARES de Bordeaux (nombre moyen de feuilles infectées par cep) : 28-29 mai 2019 évaluation des rangs 1 à 20 (sous blocs P1, P3, P5), et au 7 juin évaluation des rangs 21 à 38 (sous blocs P2, P4, P6)



# EVI mesurée par drone (Enhanced Vegetation Index) (NDVI = normalized difference vegetation index)



Permet d'identifier les zones de densité de végétation  
Repérage zones vigoureuses et de sécheresse



artition du black rot sur l'ensemble du

vigueur

Itats pas aberrants compte tenu de la forte

dispersion des ascospores, de sa propension à attaquer des tissus très jeunes en croissance et de l'absence de gènes de résistance dans les deux variétés : black rot à surveiller !



# Perspectives

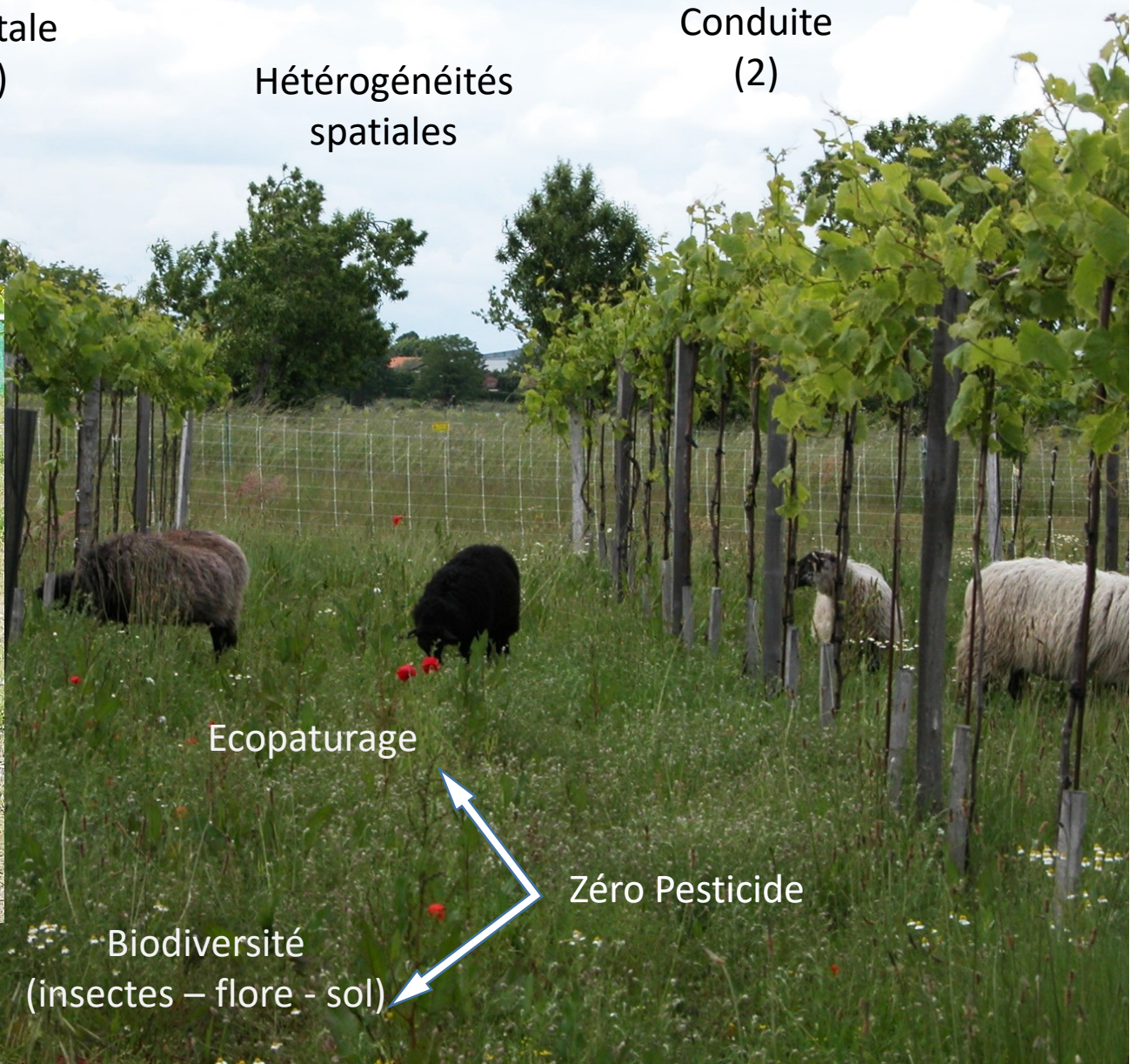
- Poursuite de la caractérisation du système avec les modes de conduites finalisés et la production de raisin et vin « nature »
- Explorer toutes les potentialités pour maintenir le système en zéro pesticide : induction des défenses, étude de la mycorhization du sol et de son rôle dans la limitation de l'azote
- Développement d'indicateurs de biodiversité valorisants pour une gestion « verte » de l'agrosystème
- La gestion de l'enherbement est déjà en évolution pour un agroécosystème zéro pesticide :

# 2019 : Evolution du Dispositif ANTARES

Résistance  
variétale  
(2)

Hétérogénéités  
spatiales

Conduite  
(2)

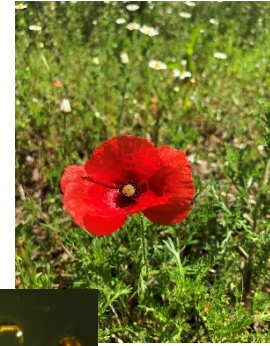


Ecopaturage

Zéro Pesticide

Biodiversité  
(insectes – flore – sol)







Merci pour  
votre attention

