



## Protection de la vigne

en France, la culture de la Vigne représente :

- 3% de la surface agricole utile (SAU), au 6° rang français pour la superficie cultivée
- 20 % de la consommation française en produits phytosanitaires\* (dont 80 % en fongicides)

*\*tonnage des matières actives vendues en France : 63 700 t. en 2009  
(2 milliards d'euros dont 0,87 pour les fongicides et 0,13 pour les insecticides)  
<http://www.uipp.org/>*



# FONGICIDES

**inhibiteurs de voies métaboliques  
regroupés en fonction de leur mode d'action général**

**Fongicides de surface (de contact) :**



**Fongicides pénétrants :**



**Fongicides systémiques :**



**Fongicides préventifs :**

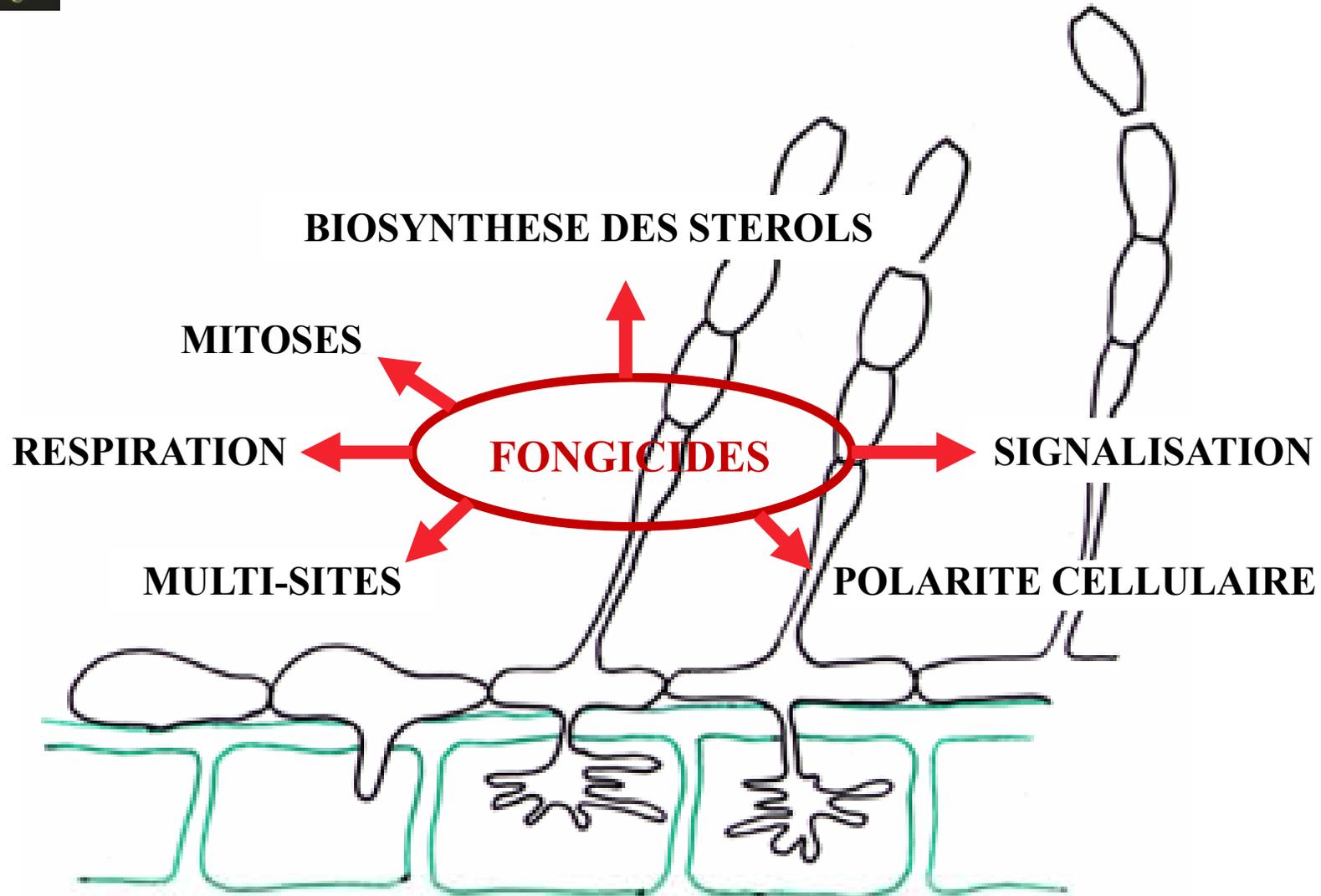


**Fongicides curatifs :**





# Fongicides actifs contre l' oïdium de la vigne



**e-phy**  
Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France



**ACTUALITÉ** voir toute l'actualité

- **Décision "CRUISER"**  
17 décembre 2008
- Modalités d'entrée en application du règlement (CE) n°396/2005 concernant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale et modifiant la Directive 91/414/CEE du Conseil  
03 septembre 2008
- Mise à jour des liens vers le nouveau site du Ministère de l'Agriculture  
05 octobre 2007
- Communiqué de presse du ministre sur le recours plus simple aux mélanges de produits phytosanitaires  
Paris, le 25 mars 2005
- Catalogue des usages en cours mise à jour 2002
- La liste des désinfectants agréés MRC au titre de l'arrêté du 28/02/57 est désormais consultable à <http://www.agriculture.gouv.fr> , cliquer ressources, santé et protection des animaux, maladies animales ou animaux d'élevage, pharmacie
- Comptes rendus de la Commission d'Etude de la Toxicité des produits antiparasitaires et assimilés à usage agricole.
- Comptes rendus du Comité d'Homologation des produits antiparasitaires à usage agricole.

**MENU**

|                                                                                                                      |                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Produits phytosanitaires         |  Usages                 |
|  Produits phytosanitaires retirés |  Comités                |
|  Substances                       |  LMR                    |
|  Effets non intentionnels         |  Toxicologie            |
|  Mélanges                         |  Matières fertilisantes |
|  Firmes                           |  Mentions               |
|  Recherche libre                |  Portail DGAL /SDQPV  |
|  Contacts                       |                                                                                                            |

Liste des SRPV

Effets sur la culture, sur les auxiliaires utiles, résistances



# LE SOUFRE

produit multi-sites : 

interagit notamment avec les groupements thiols de plusieurs enzymes



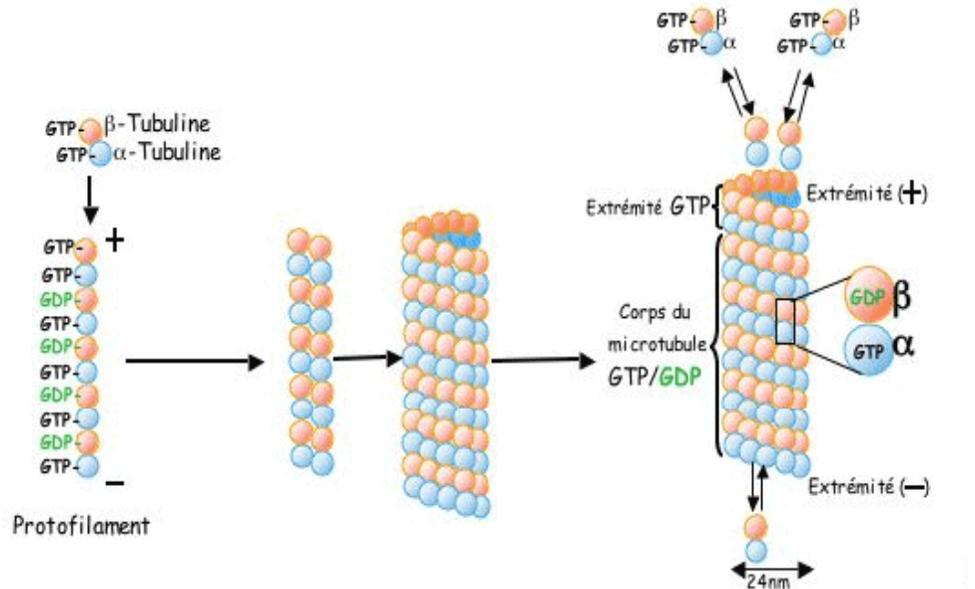
inactive des enzymes de la glycolyse, du cycle de Krebs, de la chaîne respiratoire

Risque de résistance :



# Thiophanate méthyl : seul **fongicide antimitotique** encore homologué en France sur Vigne

## DYNAMIQUE DE LA POLYMÉRISATION DES MICROTUBULES



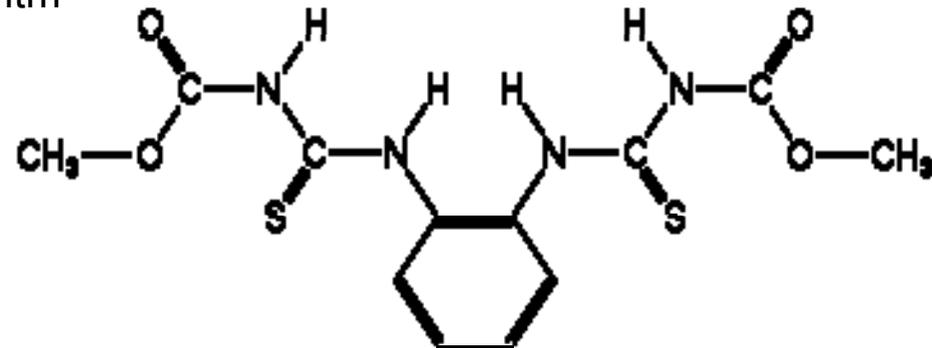
1-Assemblage du protofilament:  
polymérisation de dimères  
de tubulines  $\alpha$  et  $\beta$

2-Association latérale  
de protofilaments

3-Elongation du microtubule

- Développé à la fin des années 60 - Interfère avec la formation des microtubules en se fixant **spécifiquement** sur la  $\beta$ -tubuline fongique (pas ou peu d'interaction avec celle des plantes ou des mammifères)  $\Rightarrow$  bloque les mitoses en perturbant le fonctionnement du fuseau achromatique  $\Rightarrow$  arrêt de l'élongation des hyphes

<http://www.sciencebio.com/FacBio/FacBio.htm>



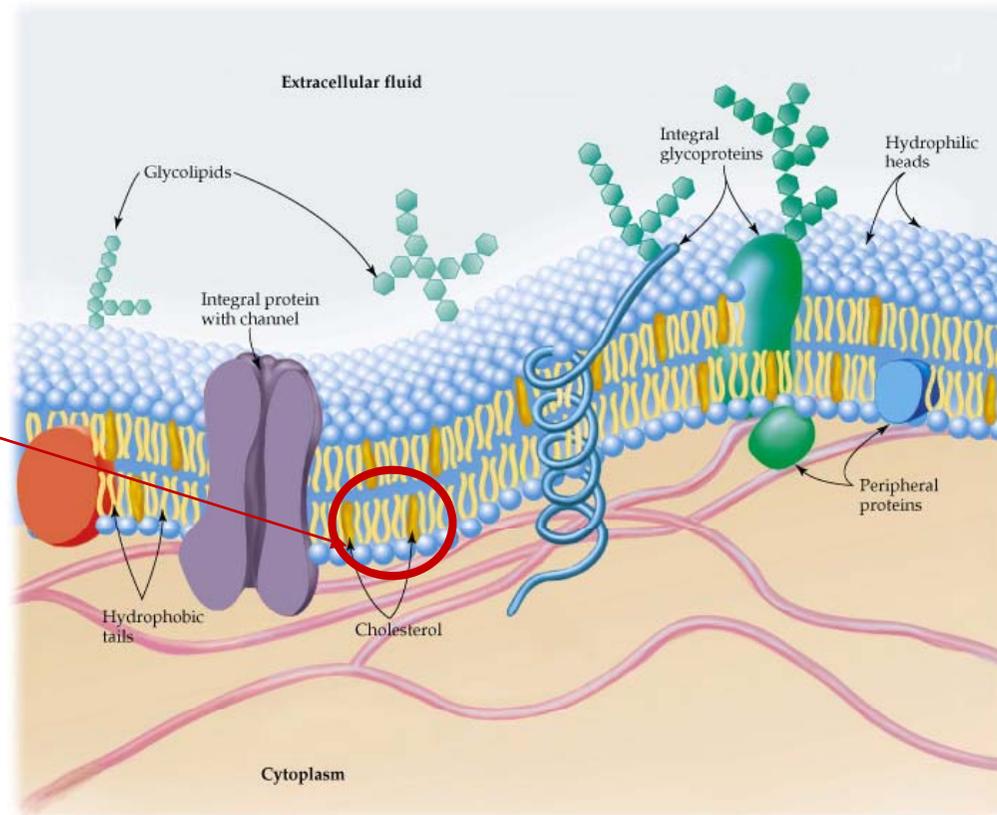


# La voie de biosynthèse des stérols, cible de fongicides



Stérols :

composants des membranes



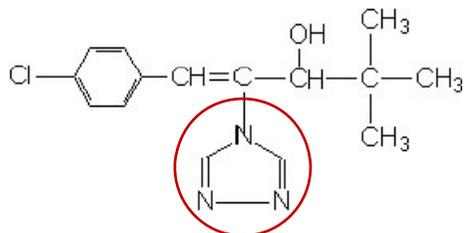
[http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/mcmurrygob/medialib/media\\_portfolio/index.html](http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/mcmurrygob/medialib/media_portfolio/index.html)



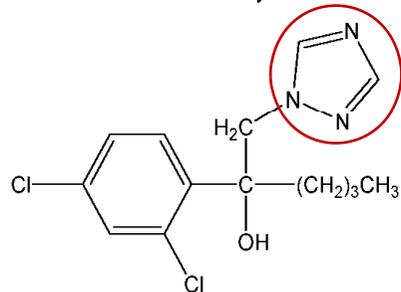
# Les inhibiteurs de la biosynthèse des stérols (IBS)

14DM : monooxygénase à cytochrome P450

les inhibiteurs de la 14DM: **IDM**

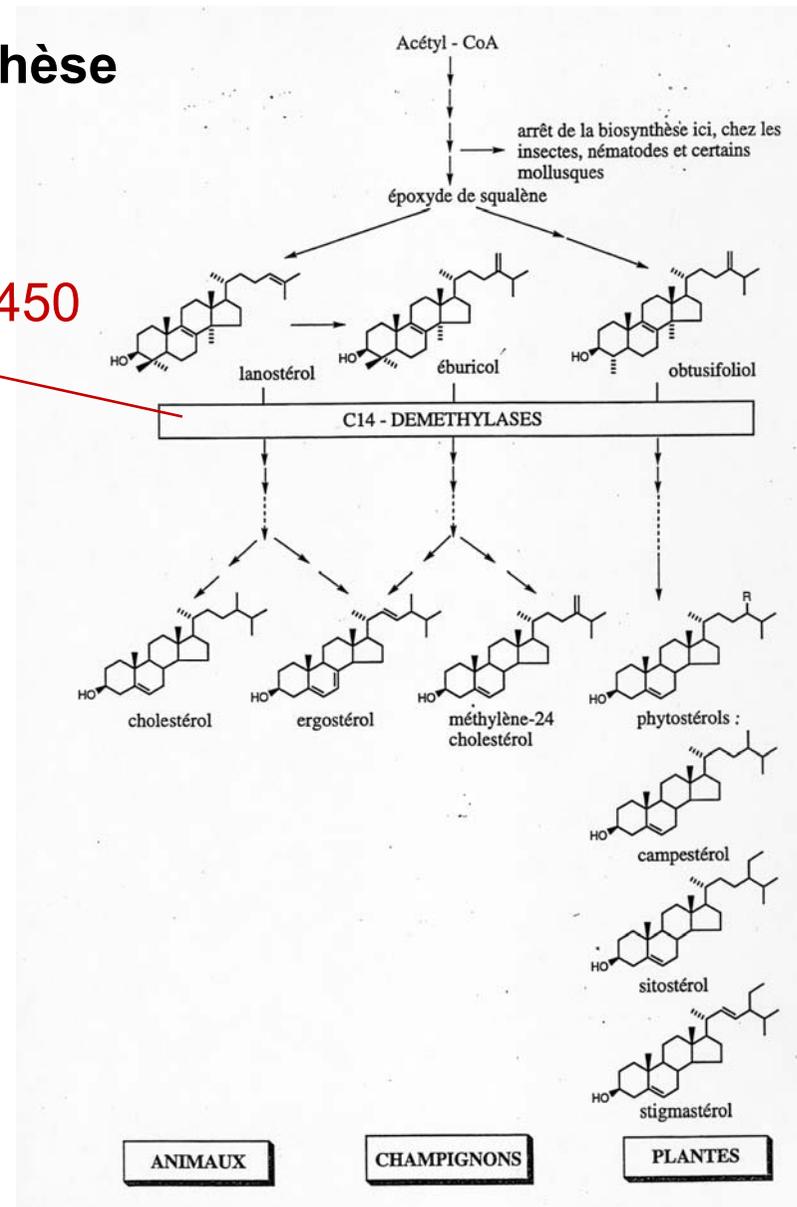


triadimenol



hexaconazole

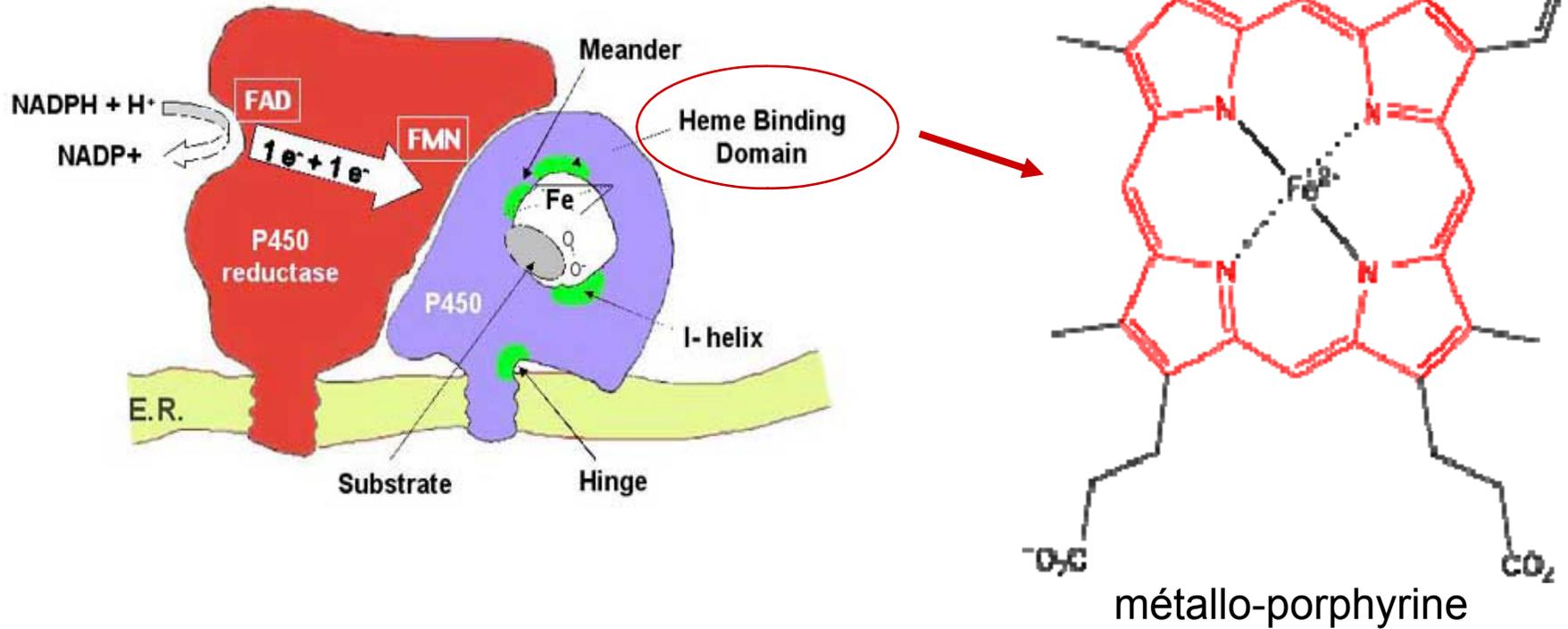
○ : hétérocycle azoté  
liaison avec le fer de l'hème





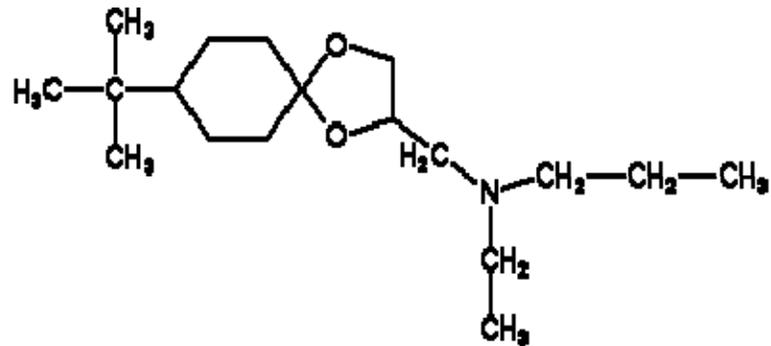
# Les cytochromes P450

monooxygénases présentes chez tous les organismes vivants

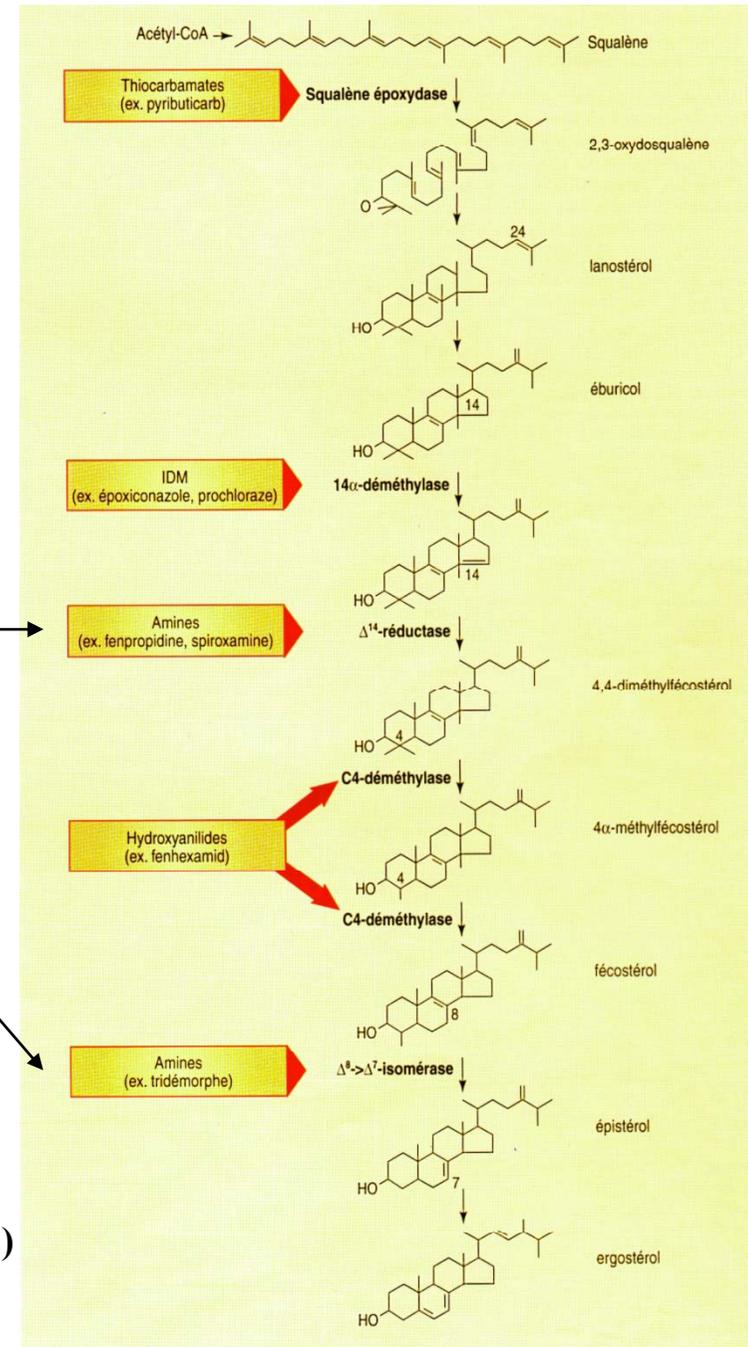




# Les IBS



spiroxamine



Leroux *et al* (2002)



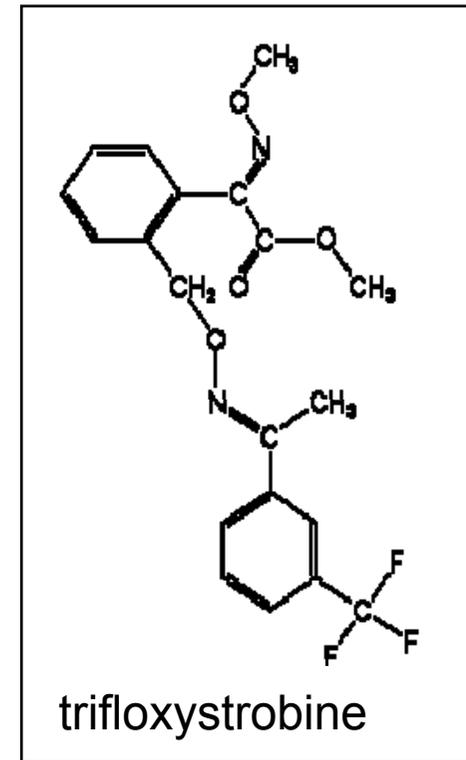
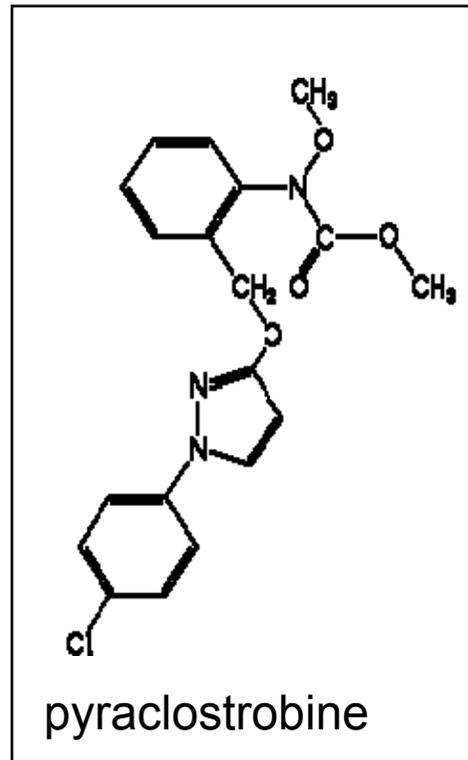
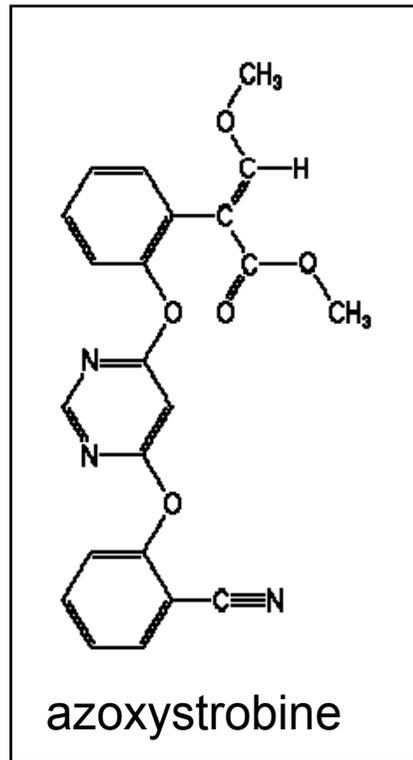
# LES STROBILURINES

Inhibition de la respiration du champignon



Inhibiteurs du complexe III des mitochondries

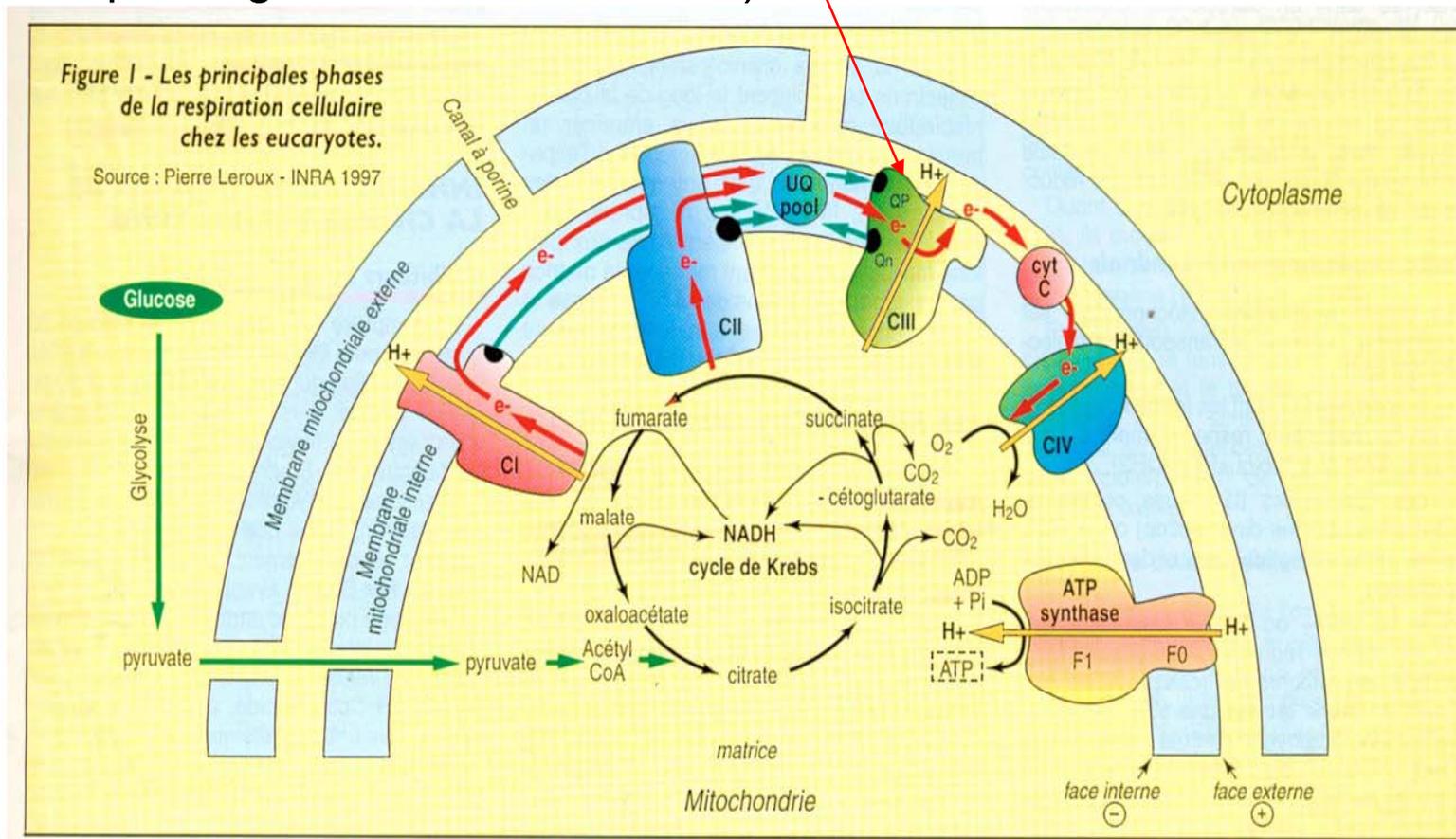
Se fixent sur la face externe du cytochrome b :QoI (quinone outside inhibitors)





# LES STROBILURINES : QoI (quinone outside inhibitors)

se fixent sur la face externe QP du cytochrome b (protéine codée par le génome mitochondrial)

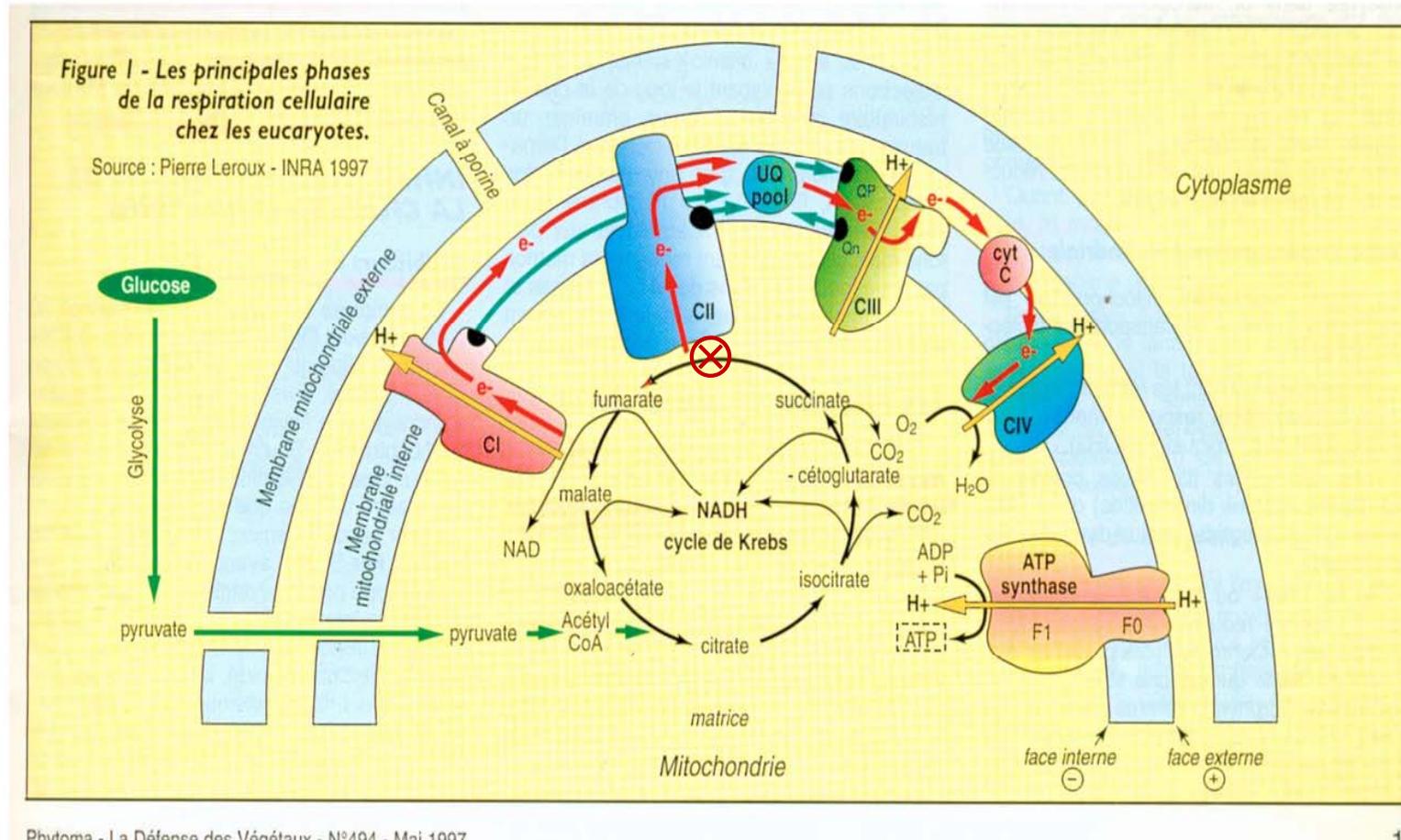


LEROUX P. (1997)



# LES CARBOXAMIDES

ex : le **Boscalid** ⊗ : inhibiteur du complexe II des mitochondries agit sur une enzyme du cycle de Krebs, la **succinate deshydrogenase**





## LES CARBOXAMIDES

**inhibent un processus essentiel pour le champignon : la production d'énergie;** le champignon devient incapable de transformer les nutriments qu'il absorbe en énergie et en meurt.

seule spécialité commerciale autorisée provisoirement depuis 2006 en France contre oïdium vigne :

**COLLIS (BASF AGRO) =**

**Kresoxim-méthyl** 100 g/L + **Boscalid (510)** 200 g/L

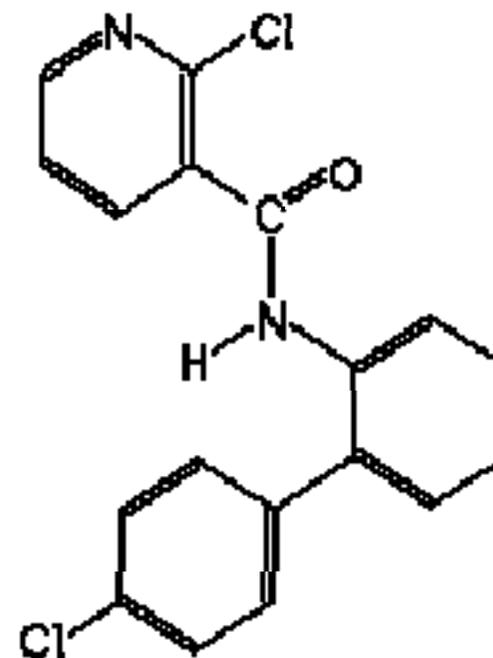
Usage autorisé provisoirement :

0.4 L/ha sur vigne / trait. parties aériennes / oïdium

DAR : 35 jours

*LMR boscalid : 2 mg/kg - LMR kresoxim-méthyl : 1 mg/kg*

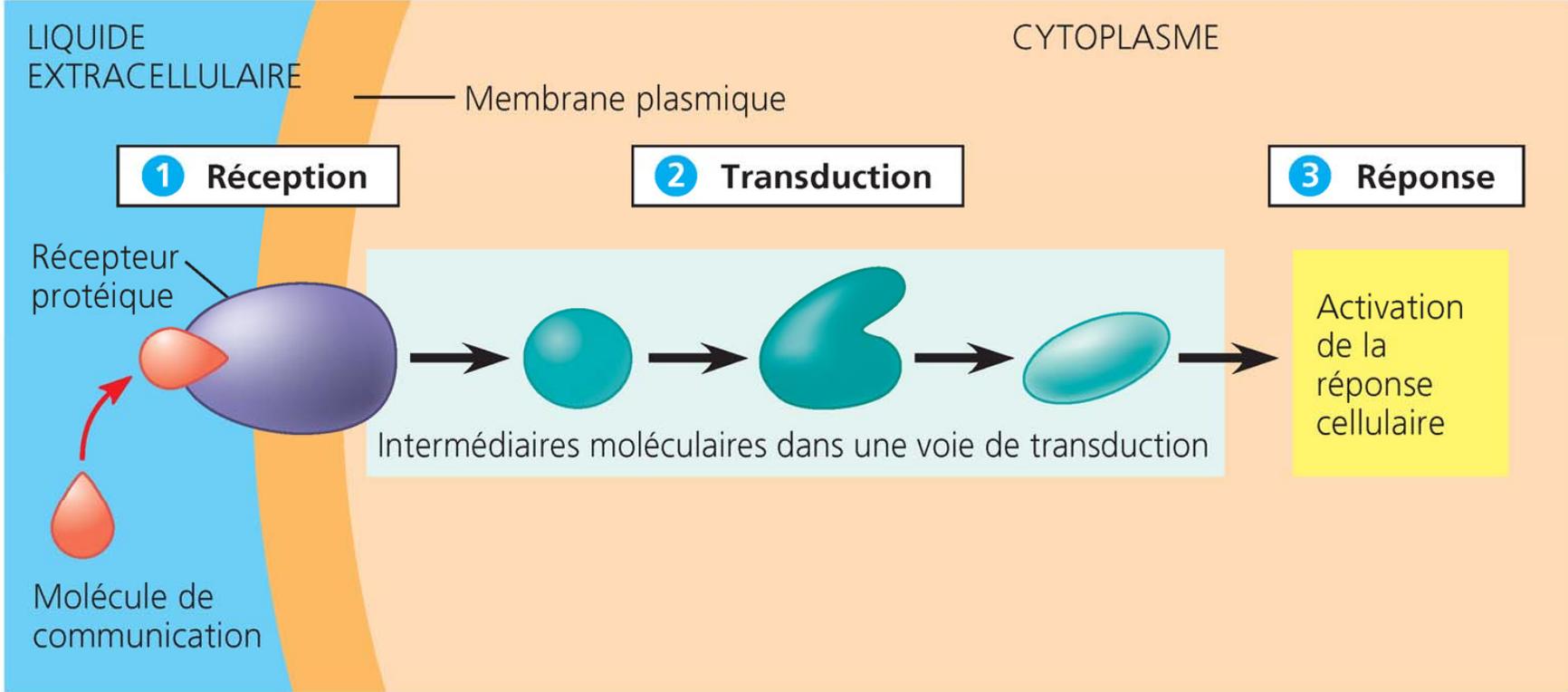
*2 traitements maximum par an pour les deux substances*



<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>



# Quinoxyfen et signalisation cellulaire

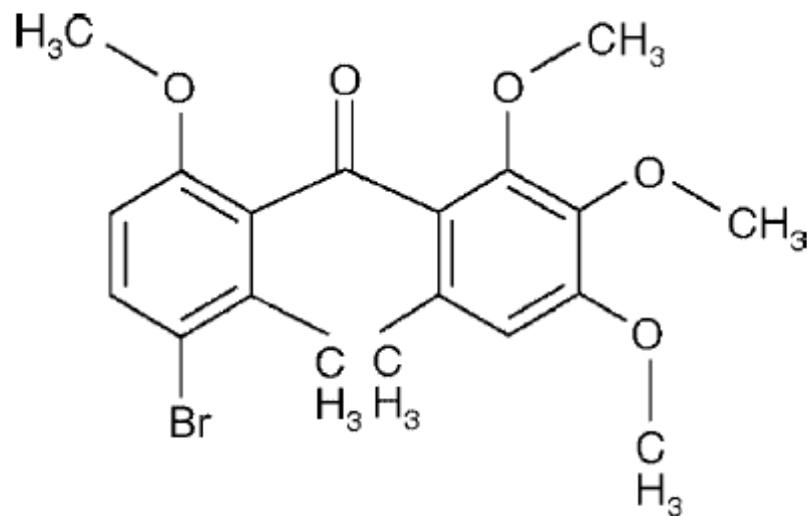


Transduction des signaux dans la cellule

Campbell N.A. et Reece J.B. (2007)



## Metrafenone



ex spécialité : VIVANDO (BASF Agro)

usage autorisé sur Vigne (traitement parties aériennes/Oïdium) depuis 2006

DAR 28 jours / 2 applications max à la dose de 0,2 L /ha

*LMR=0,30mg/kg*

<http://e-phy.agriculture.gouv.fr>

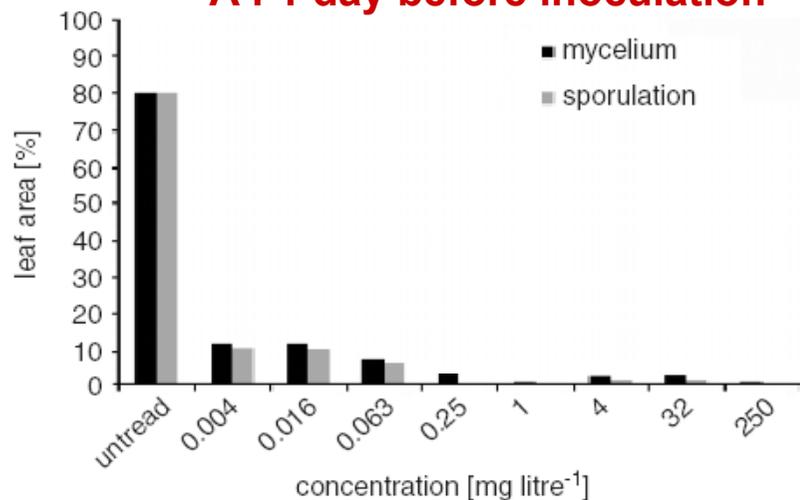


# Effect of metrafenone on development of *Blumeria graminis* on wheat

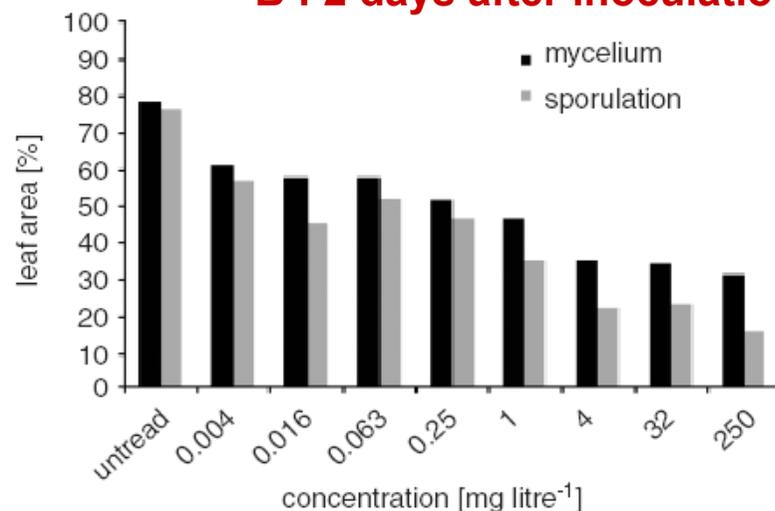
Opalski K.S. et al (2006)

at 7 days after inoculation and treatment

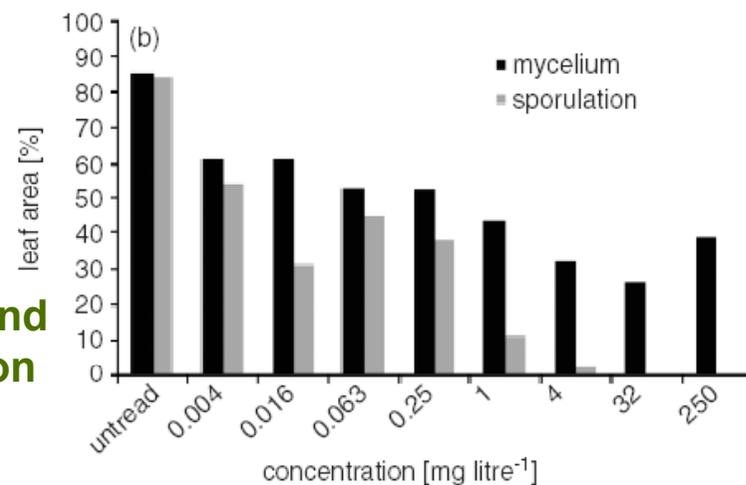
A : 1 day before inoculation



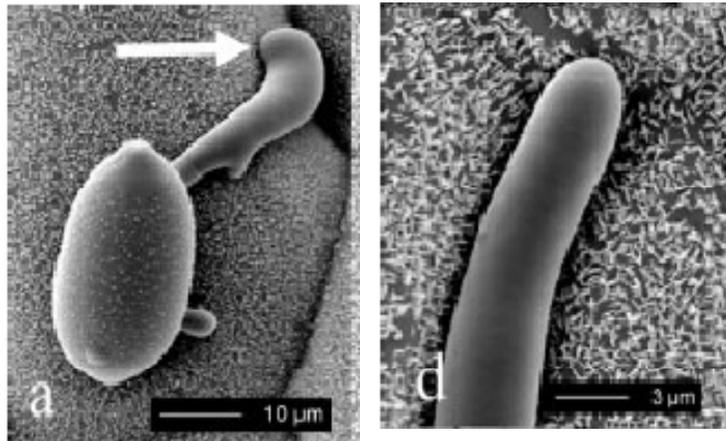
B : 2 days after inoculation



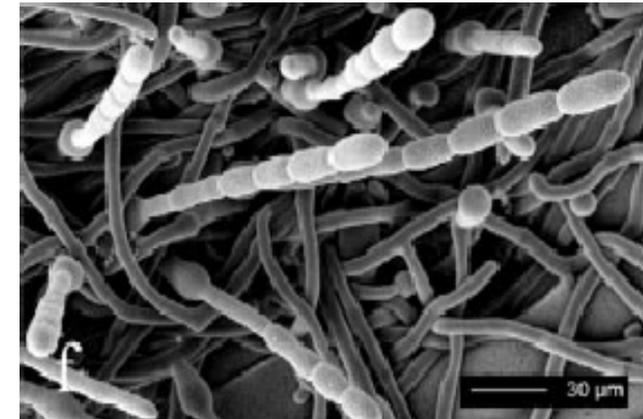
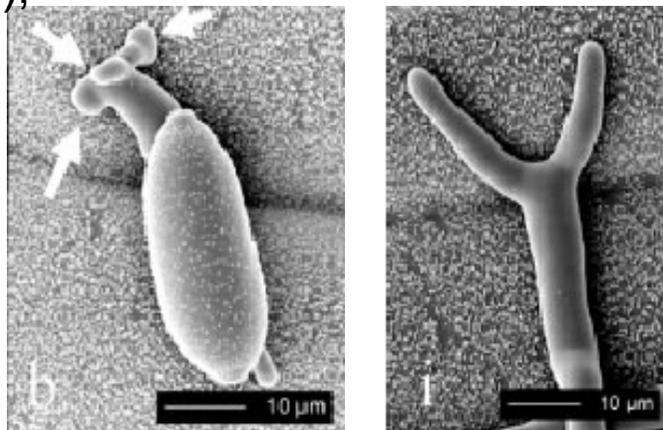
C : at 14 days after inoculation and treatment 2 days after inoculation



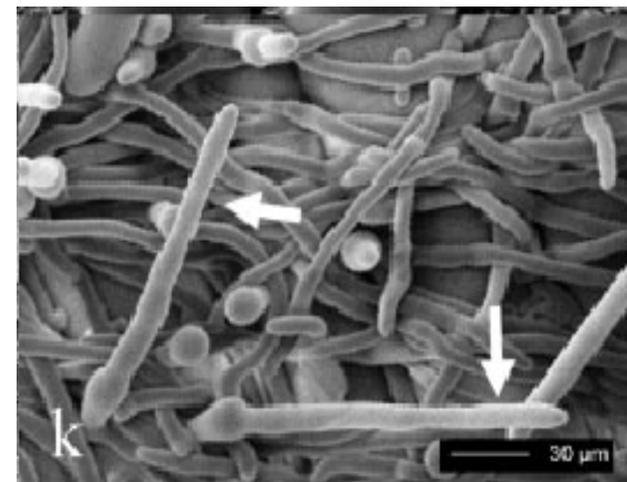
## Direct effect of metrafenone on fungal morphogenesis (*Blumeria graminis*)



Conidia formed one lobe (arrow) in the control (a) and were malformed and multilobed (arrows) after preventive treatment (b). In the control hyphae showed normal tips (d) After curative treatment the hyphal tips were bifurcated (i),



control : conidiophores that produced a chain of conidia were separated by regularly spaced septa (f).  
After treatment : the conidiophores were often tubular (arrow) (k).



*Opalski K.S. et al (2006)*



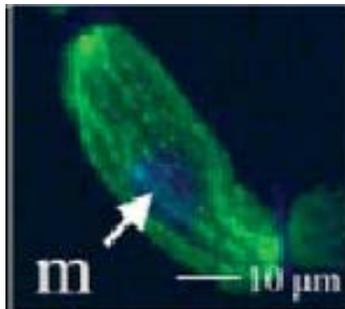
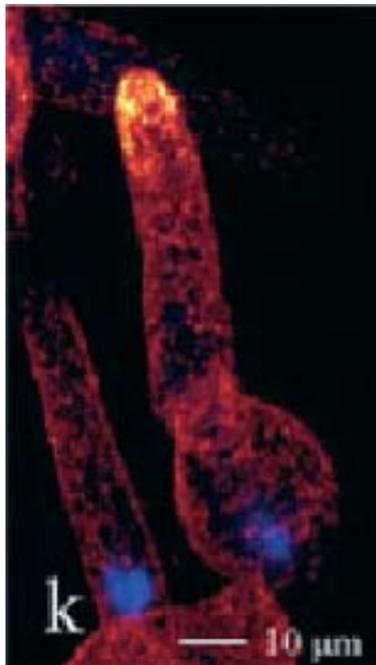
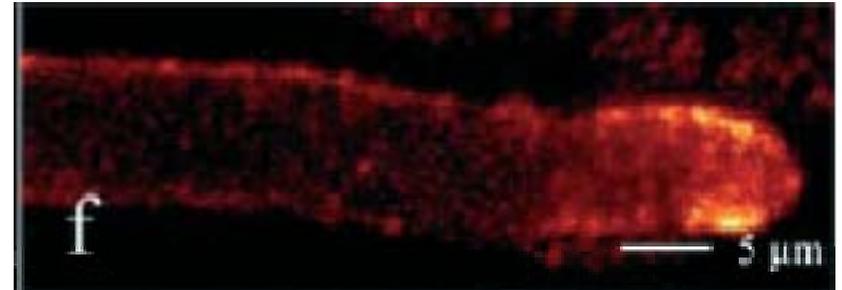
**Micrographs showing cytological features of *B. graminis* on barley leaves**  
*Opalski K.S. et al (2006)*

Untreated

after treatment with metrafenone (4mg/L).



hyphal tip

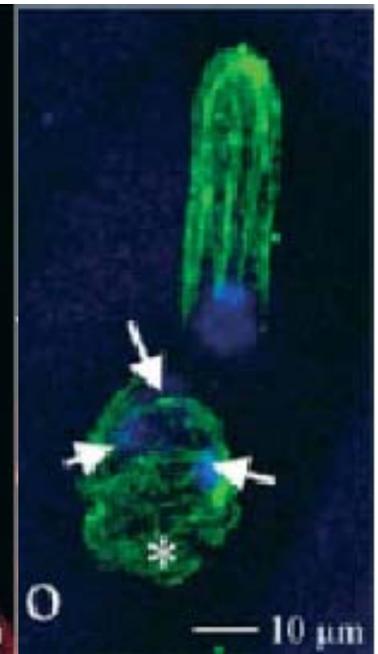
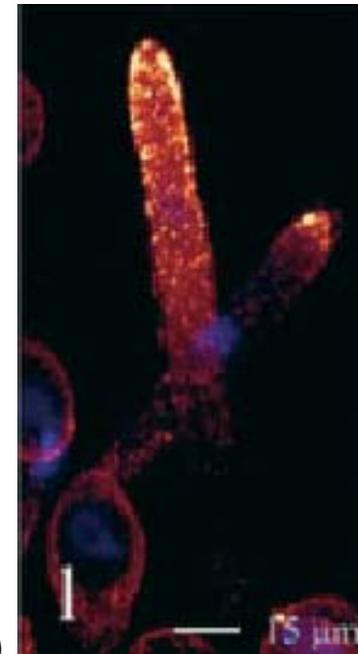


conidiophore

noyaux (flèches) : colorant Hoechst

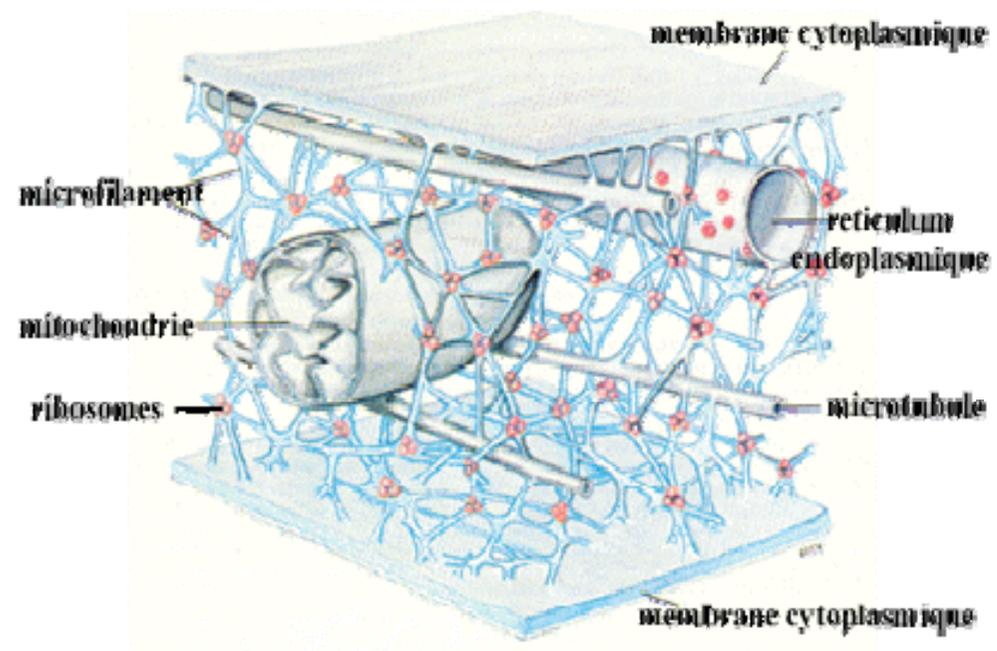
Localisation de :

- l'actine : avec Ac anti-actine (rouge)
- la tubuline : avec Ac anti-tubuline (vert)





## Cible potentielle de la **Metrafenone** :



<http://ead.univ-angers.fr/>

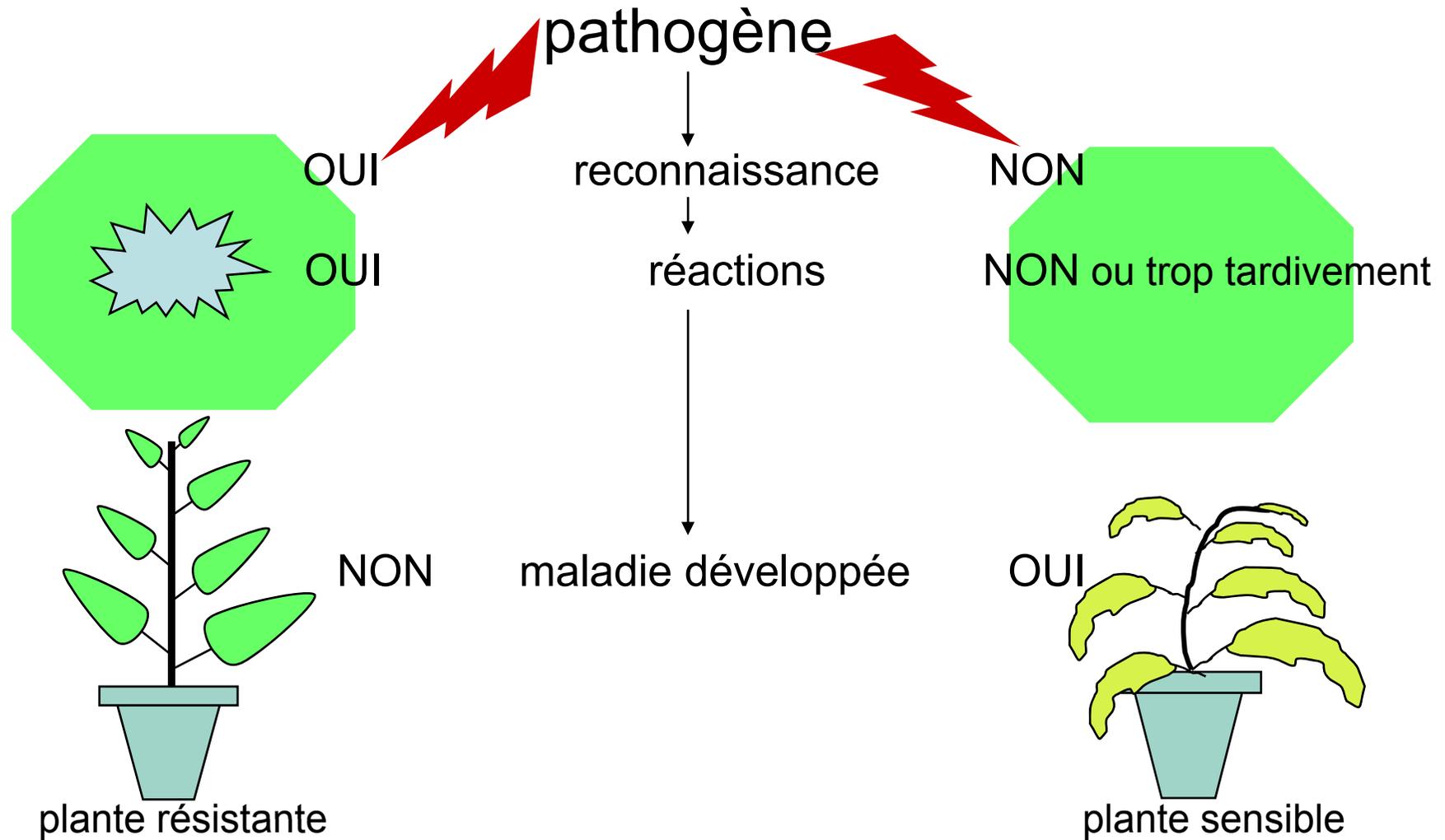


## **Anti-Oïdium Vigne :** **tableau récapitulatif des doses appliquées**

| <b>Substance active (s.a.)</b>    | <b>kg/ha</b>               | <b>nombre maxi de traitements par an</b> |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|
| <b>soufre poudre</b>              | <b>30</b>                  |                                          |
| <b>soufre mouillable</b>          | <b>10</b>                  |                                          |
| <b>thiophanate méthyl</b>         | <b>1,35</b>                |                                          |
| <b>tébuconazole (DMI)</b>         | <b>0,10</b>                | <b>3</b>                                 |
| <b>spiroxamine</b>                | <b>0,30</b>                | <b>3</b>                                 |
| <b>trifloxystrobine</b>           | <b>0,06</b>                | <b>2 à 3</b>                             |
| <b>kresoxim-méthyl + boscalid</b> | <b>0,04</b><br><b>0,08</b> | <b>2</b>                                 |
| <b>quinoxyfen</b>                 | <b>0,05</b>                | <b>3</b>                                 |
| <b>metrafenone</b>                | <b>0,08</b>                | <b>2</b>                                 |



# Méthodes alternatives à la lutte chimique : Stimulation des défenses naturelles (SDN)





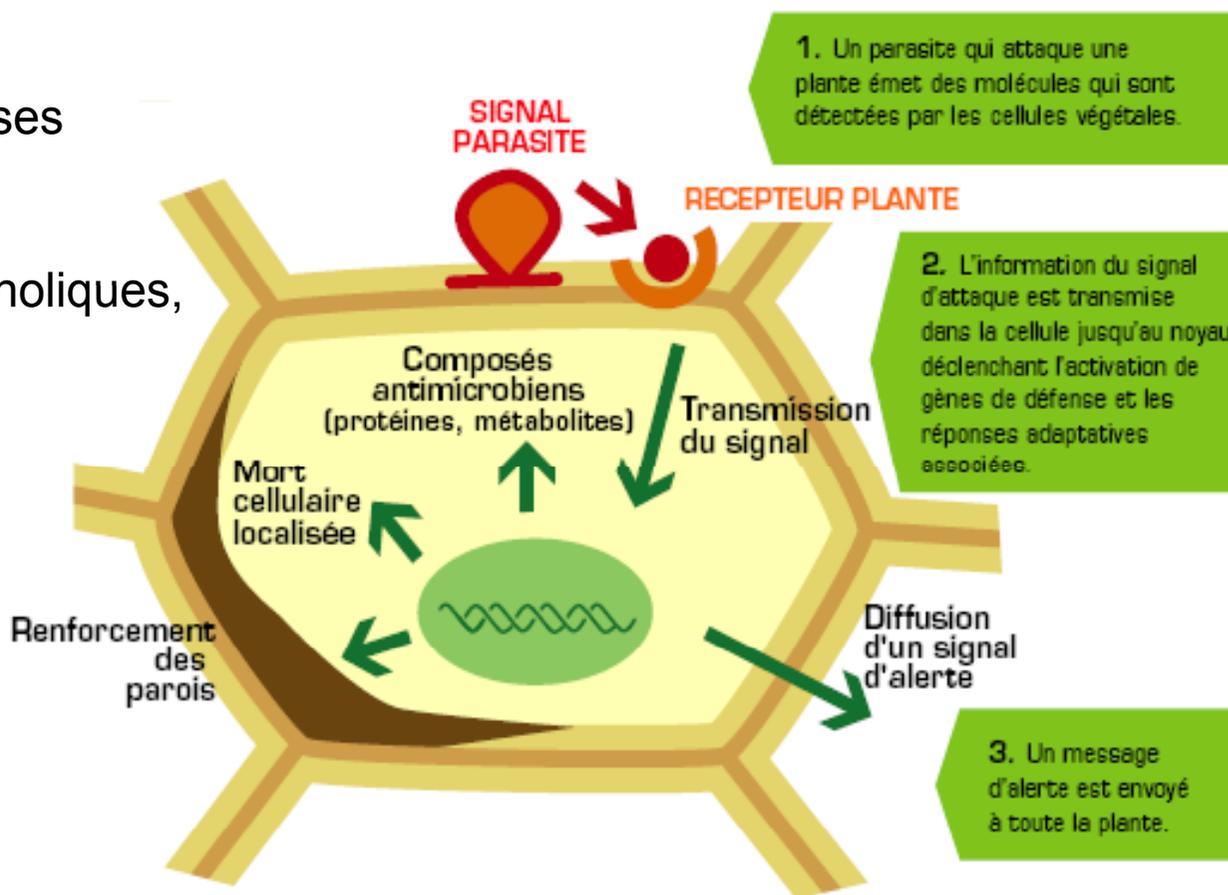
## Méthodes alternatives à la lutte chimique : Stimulation des défenses naturelles (SDN) : ELICITATION

Cascade d'évènements lors de l'**élicitation** (éliciteurs endogènes ou exogènes) :

- production FAO,  $H_2O_2$ ...
- activation de protéines kinases
- production de SA, JA, ABA



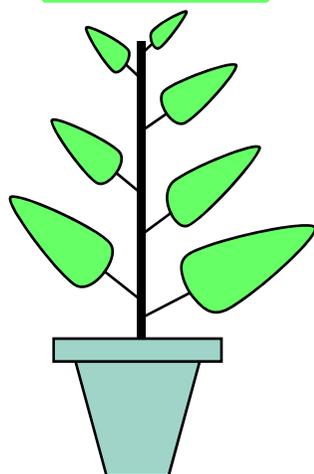
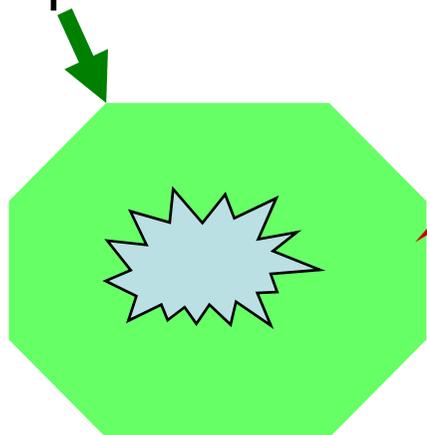
- synthèse de composés phénoliques, de phytoalexines
- accumulation de PR protéines (chitinases)
- mort cellulaire localisée





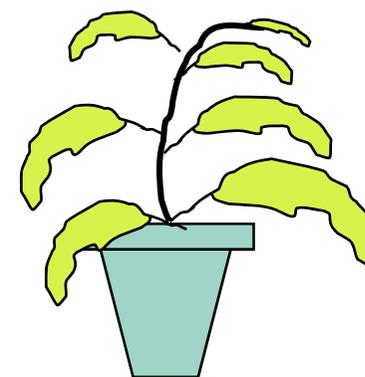
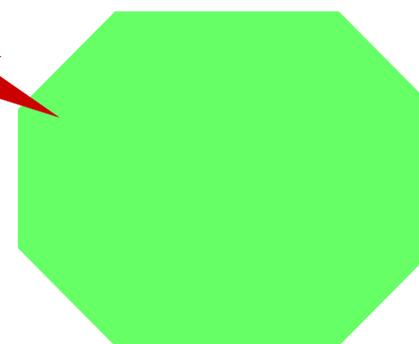
## Méthodes alternatives à la lutte chimique : Stimulation des défenses naturelles (SDN)

1 -prétraitement SDN



plante sensible prétraitée SDN

2 -pathogène



plante sensible



# Stimulateurs des Défenses Naturelles

application de SDN



protection possible contre bactéries, virus ou champignons

**de nombreuses molécules reconnues à effet éliciteur**  
**...très peu homologuées et commercialisées**

**SDN d'origine biologique homologués, sont dérivés de :**

- microorganismes
- plantes
- crustacés



## Stimulateurs des Défenses Naturelles

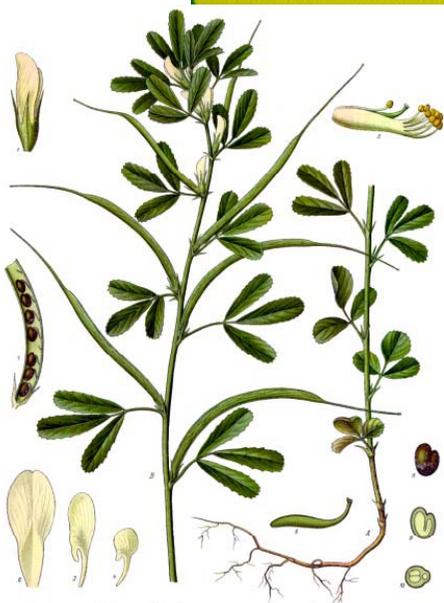
**principaux composés testés sur vigne :**

- glucanes d'algues (laminarine)
- BABA (acide  $\beta$  aminobutyrique)
- MeJA (methyljasmonate)

**seul produit ayant reçu une AMMP vigne :**  
**extrait de graines de fenugrec (Stifénia)**



**Stifénia**, nouveau Stimulateur de Défenses des Plantes HOMOLOGUÉ, protège la vigne contre l'oïdium jusqu'à la floraison.



Trigonella foenum-graecum L.  
Image processed by Thomas Schoepke  
www.plant-pictures.de

= 100% Extrait de graines de fenugrec SDN dont l'efficacité est proche de celle du soufre



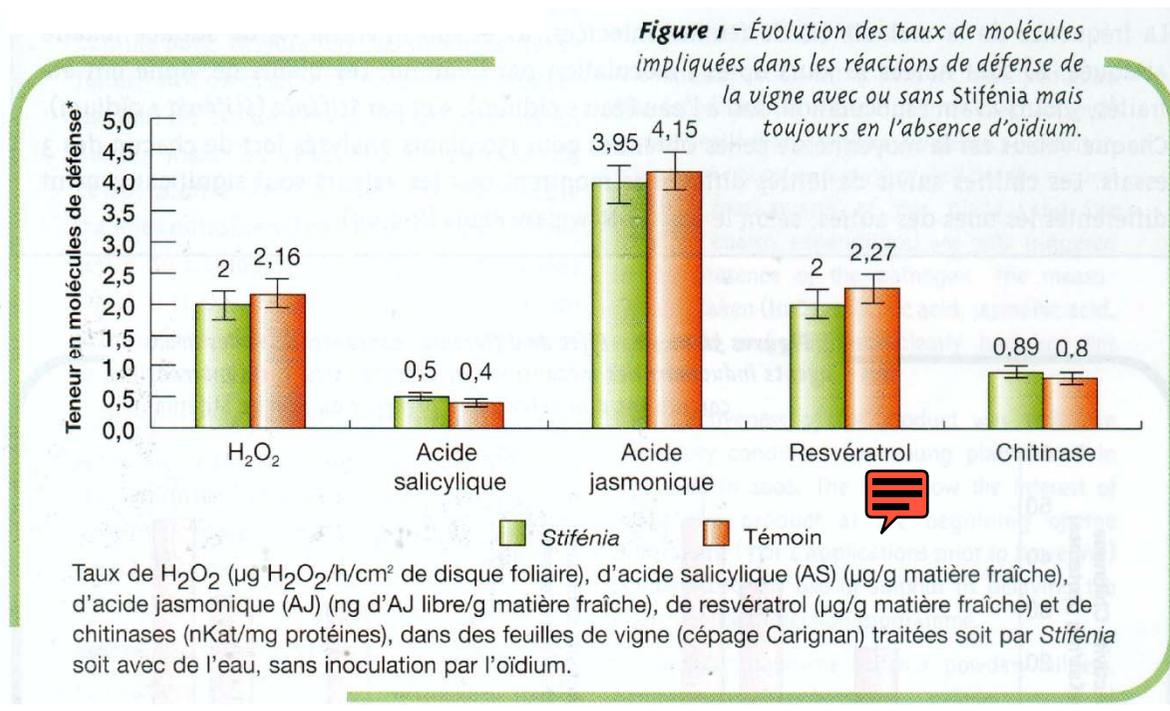
Société S.O.F.T.



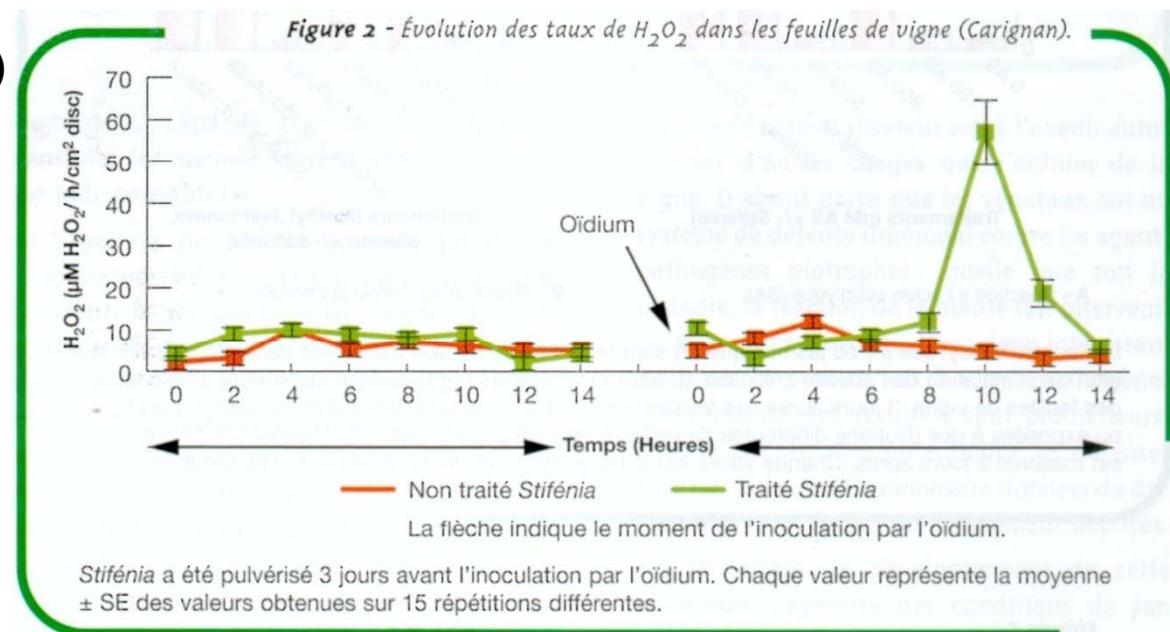
AMMP avec usage recommandé : 1,5 kg/ha, sur cépages très sensibles, 3 à 4 traitements successifs à 10 jours d'intervalle du stade 2-3 feuilles jusqu'à la floraison



# Stifénia : SDN **potentialisateur**

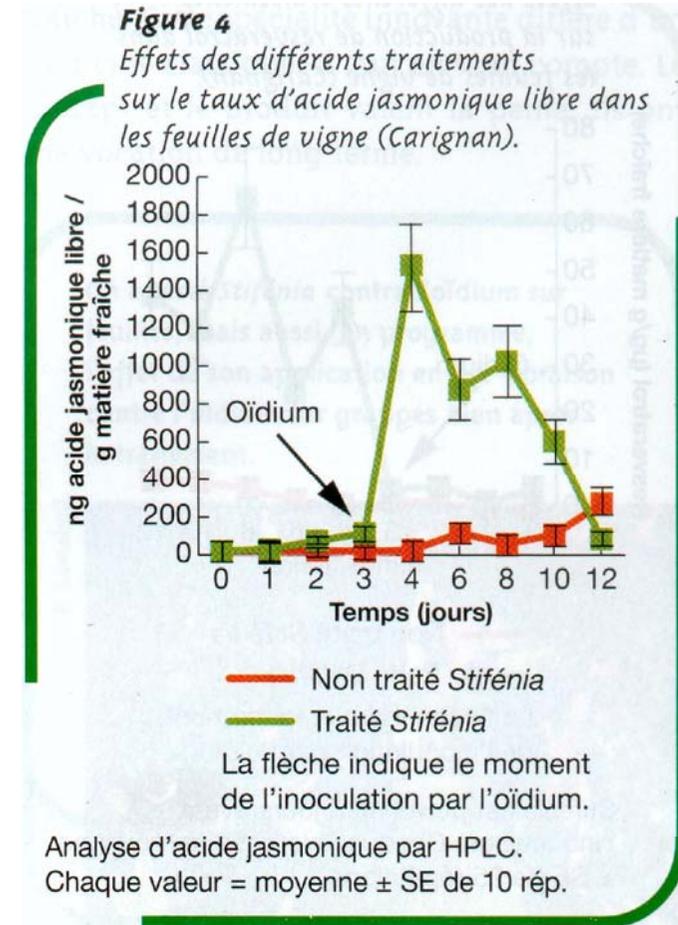
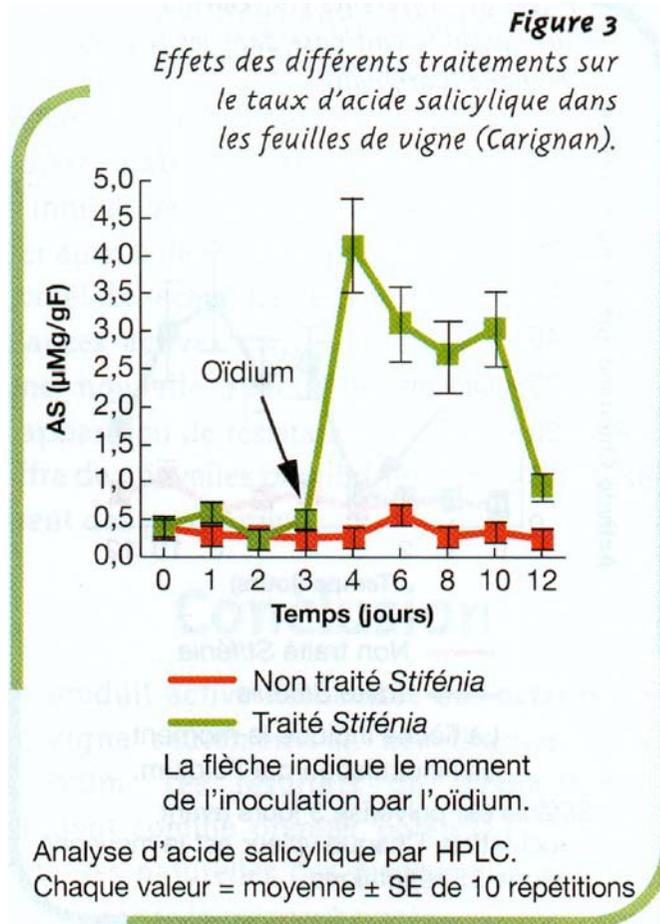


Martinez C. et Loison M. (2006)





# Stifénia : SDN potentialisateur



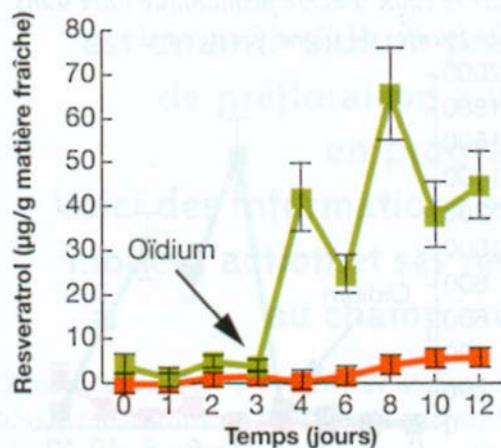
Martinez C. et Loison M. (2006)



## Stifénia : SDN potentialisateur

**Figure 6**

Effets des différents traitements sur la production de resvératrol dans les feuilles de vigne (Carignan).



— Non traité Stifénia

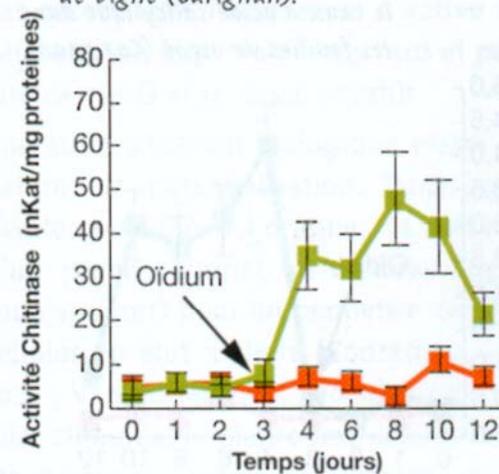
— Traité Stifénia

La flèche indique le moment de l'inoculation par l'oïdium.

Stifénia est pulvérisé 3 jours avant l'inoculation. Chaque valeur est la moyenne  $\pm$  SE de 25 répétitions.

**Figure 7**

Effets des différents traitements sur l'activité chitinase dans les feuilles de vigne (Carignan).



— Non traité Stifénia

— Traité Stifénia

La flèche indique le moment de l'inoculation par l'oïdium.

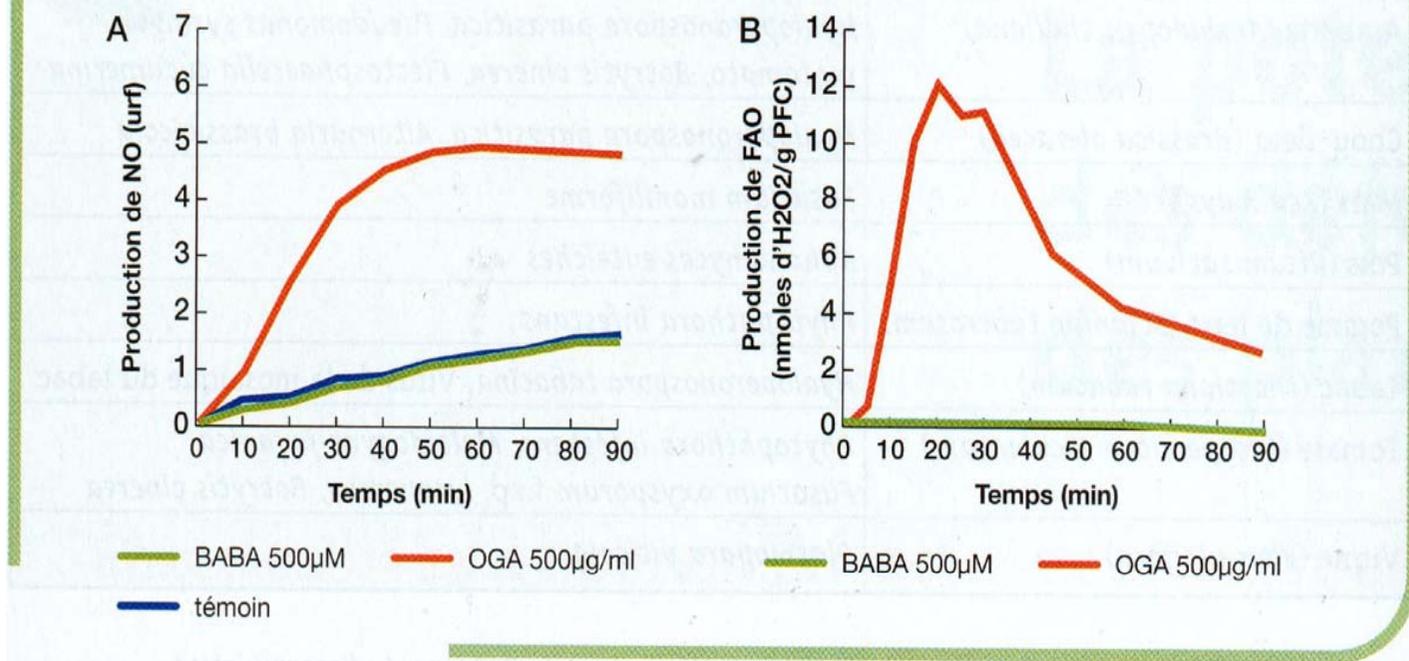
Stifénia est pulvérisé 3 jours avant l'inoculation. Chaque valeur est la moyenne  $\pm$  SE de 25 répétitions.

Martinez C. et Loison M. (2006)



# Potentialisation ≠ Elicitation

**Figure 2** - L'élicitation déclenche immédiatement des réactions de défense contrairement à la potentialisation. Production de NO (A) et de FAO (B) en réponse à un éliciteur (oligogalacturonates : OGA) ou à un potentialisateur (BABA) sur cellules de vigne non infectées.



Trouvelot S. et al (2006)

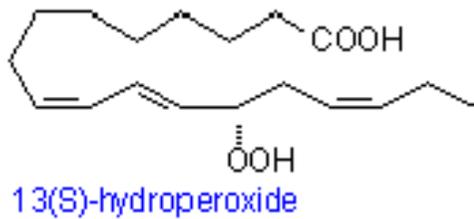




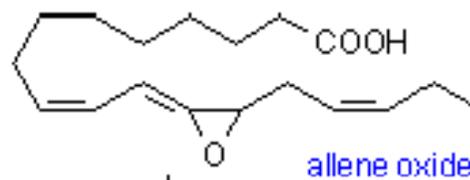
# Synthèse de l'acide jasmonique (JA)

C18:3

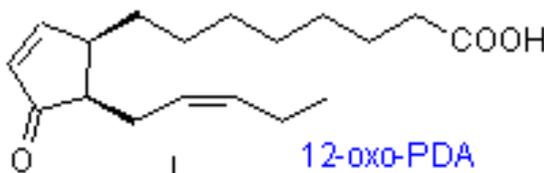
LOX



1

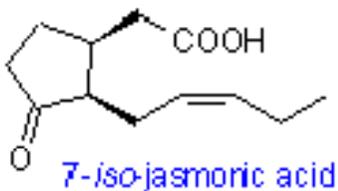


2

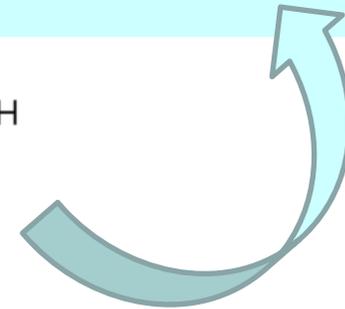
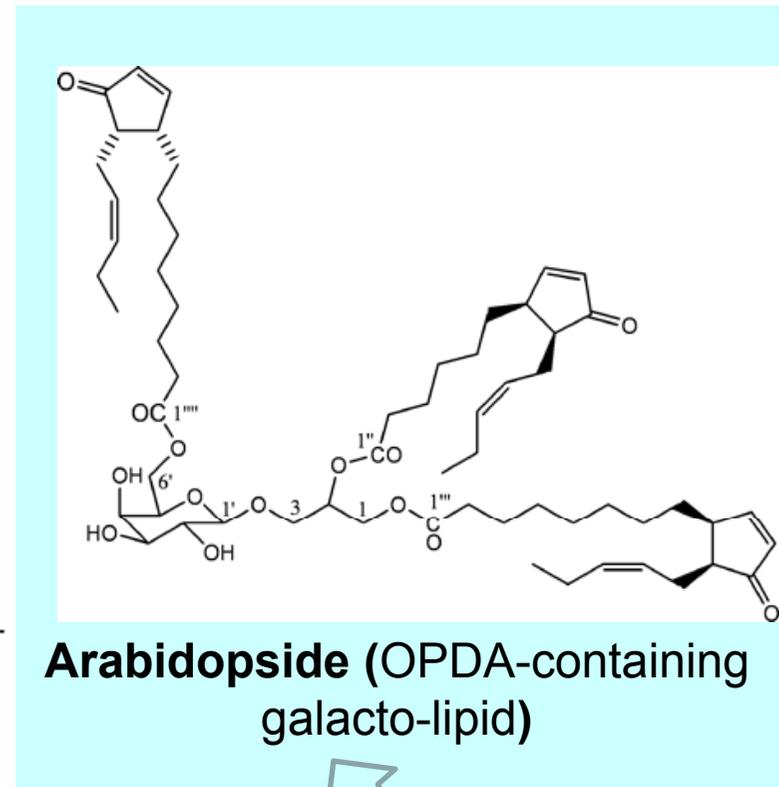


3

4



- 1 = allene oxide synthase
- 2 = allene oxide cyclase
- 3 = reductase
- 4 = 3 x beta-oxidation

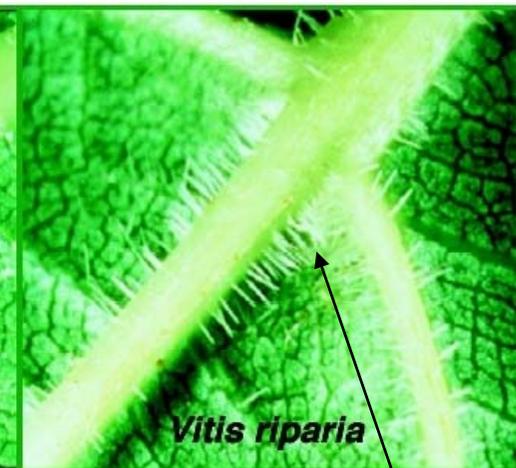
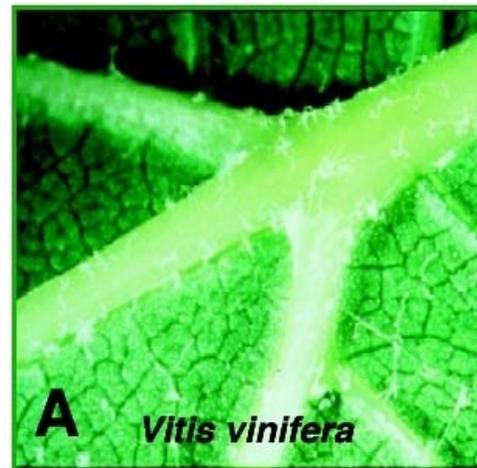
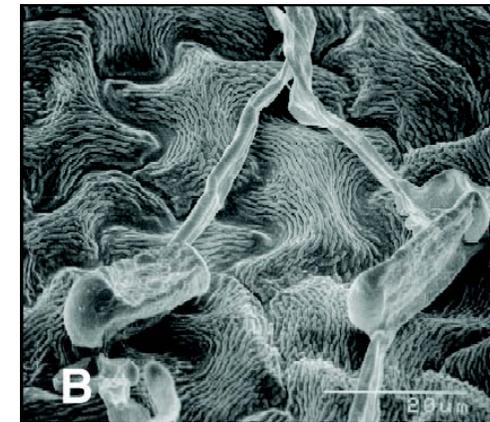
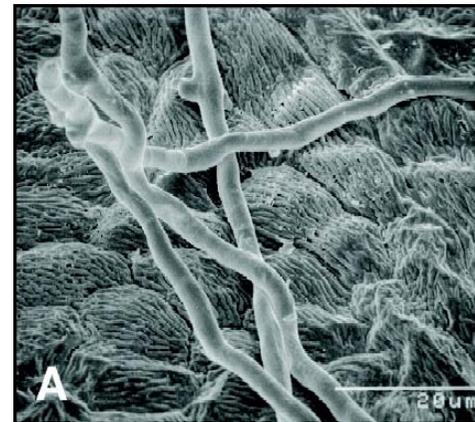
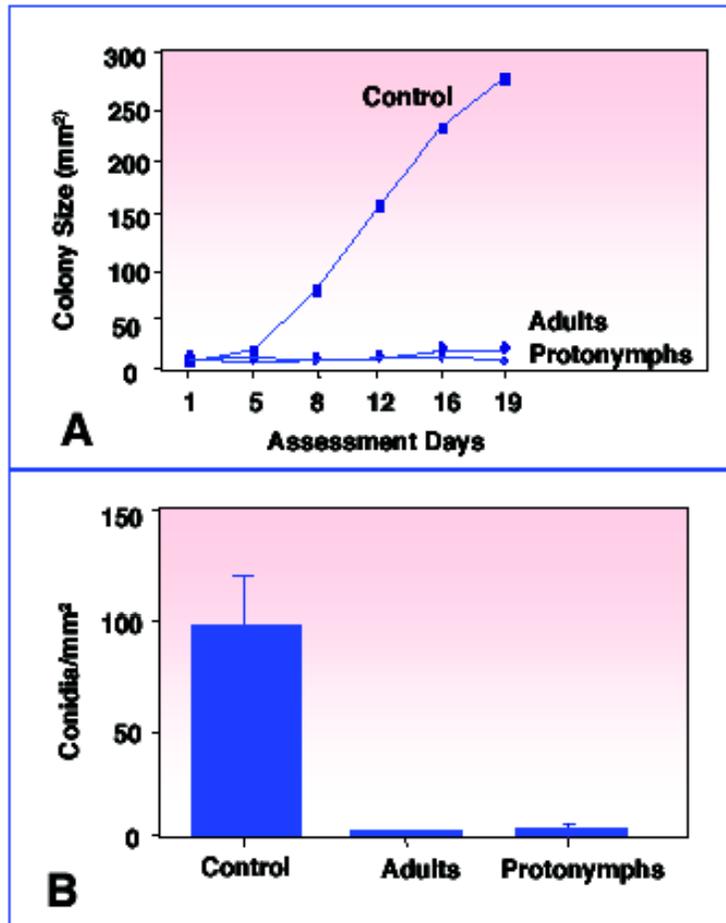


Andersson M.X. *et al* (2006)  
 Böttcher C. and Pollmann S.(2009)

# Lutte biologique



*Orthotydeus lambi* (acarien) peu sensible aux DMI et aux stobilurines à l'aide de son stylet, vide les conidies et le mycelium d' *E. necator* de leur contenu



<http://www.nysaes.cornell.edu/pp/faculty/gadoury/pdf/Heather's%20Poster.pdf>

domaties



# Lutte biologique

***Ampelomyces quisqualis*** : champignon hyperparasite d'oïdiums

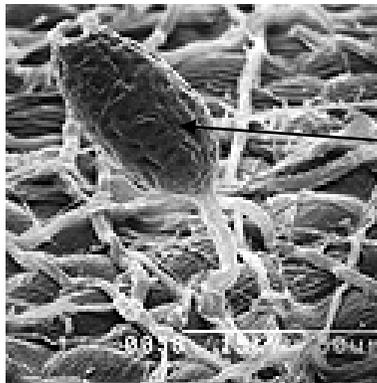
= biofongicide (nom commercial : AQ10 compagnie Ecogen USA)

formulation : poudre sèche, facilement soluble dans l'eau viabilité des spores > 12 mois  
homologué aux US, en Suisse mais pas en France

en vignoble : *A. quisqualis* peut attaquer les formes sexuées et asexuées  
d' *E. necator*

contrôle efficace de la maladie si appliqué en début d'épidémie

effet curatif à légèrement préventif; utilisé en protection intégrée.



pycnidies *A. quisqualis*



<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/ampelomyces.html>



## « Lutte génétique »

= amélioration variétale

Sensibilité à l' oïdium : varie suivant les espèces de Vitacées  
et en Europe, suivant les cépages

Ex : espèces totalement résistantes : *Vitis rotundifolia*, *labrusca*, *riparia*,  
*rupestris*

*Vitis vinifera* : espèce sensible mais cépages classés en :

-très sensibles : Sylvaner, Cabernet-Sauvignon

-sensibles : Merlot blanc, Sauvignon, Gewürztraminer, Pinot noir,  
Riesling

-peu sensibles : Syrah

créations de variétés résistantes issues d' OGM ou d'hybrides interspécifiques ?  
(mise en évidence d'un gène de résistance Run1chez *Muscadinia rotundifolia*)

impossible en l'état des réglementations en vigueur (variétés et techniques de  
culture imposées par le système d'AOC)