

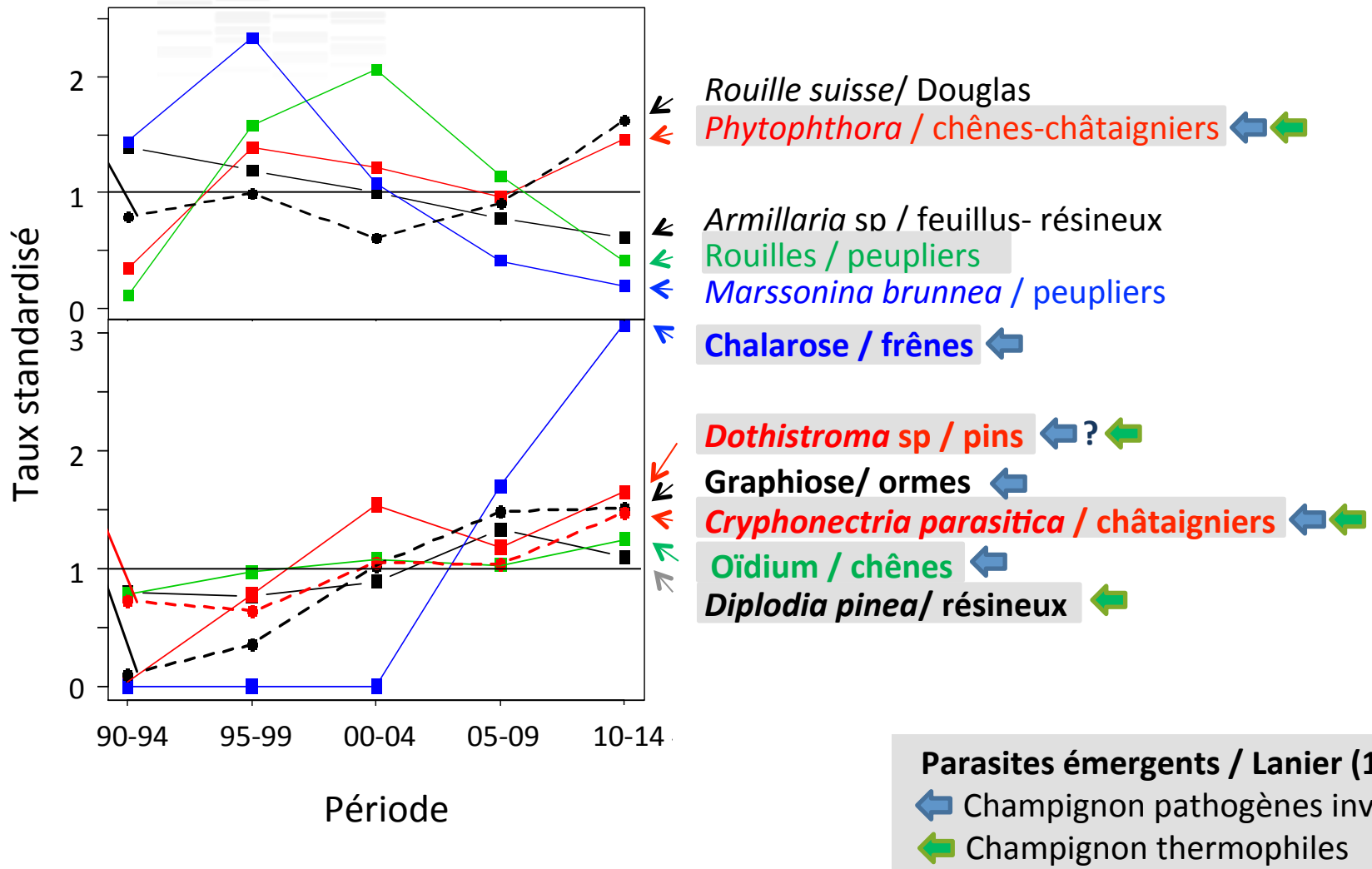
# Interactions entre changement climatique et agents pathogènes

**Benoit Marçais, Claude Husson, Bénédicte Fabre**  
**UMR Interactions Arbre / microorganismes, INRA-Nancy**



# Des problèmes biotiques nouveaux

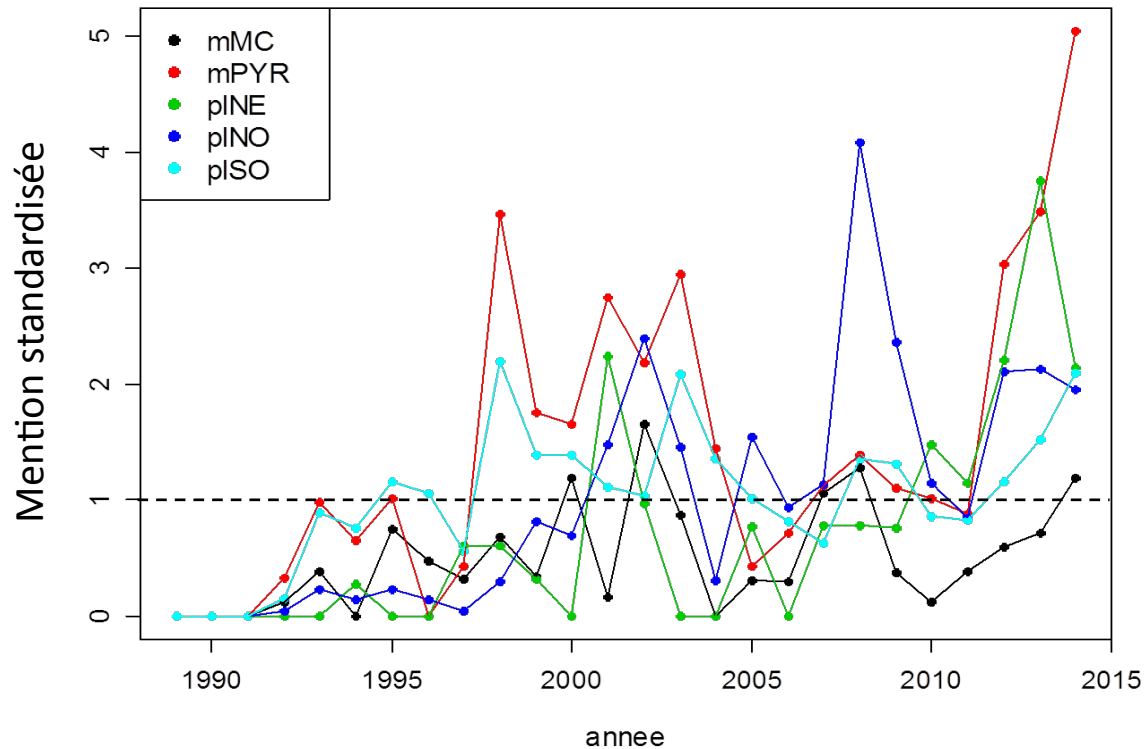
## Signalement de champignons pathogènes par le DSF



# Emergence de la maladie des bandes rouges

- Sur *Pinus nigra* subsp *laricio*
- Présente en France au moins depuis années 60
- Décrite dans Lanier (1976) "seulement à cause de son importance sur *P. radiata* dans l'hémisphère sud"

## *Dothistroma* needle blight



# Liés à un monde qui change

## Causes de l'émergence de la maladie des bandes rouges ?

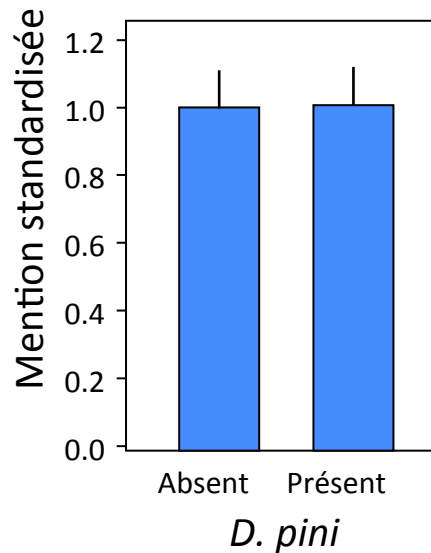
- *Dothistroma septosporum*

Décrit en France en 1966

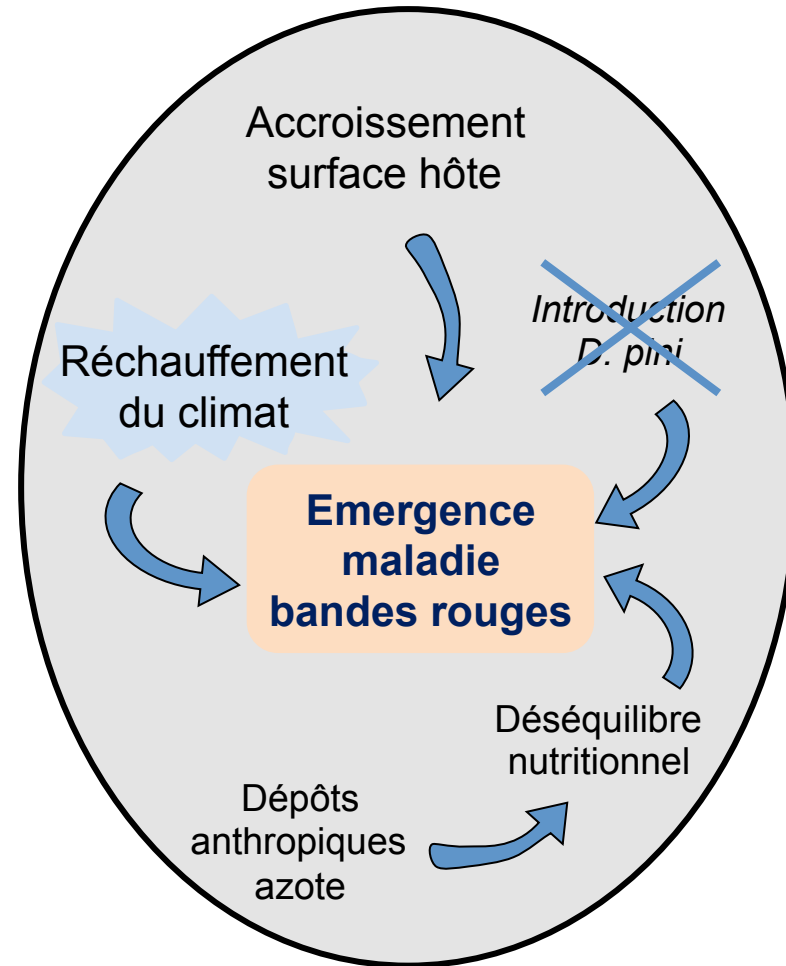
- *Dothistroma pini*

Morphologiquement similaire  
et causant le même symptôme

⇒ **50% des cas en France ...**

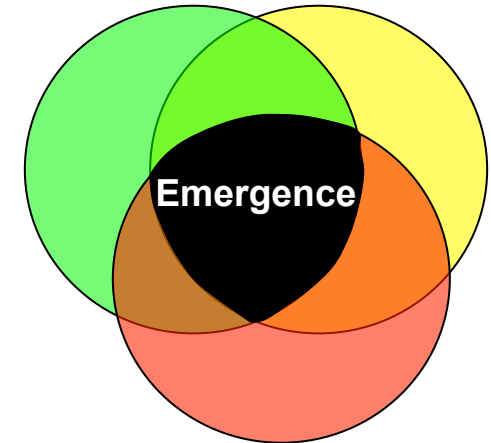
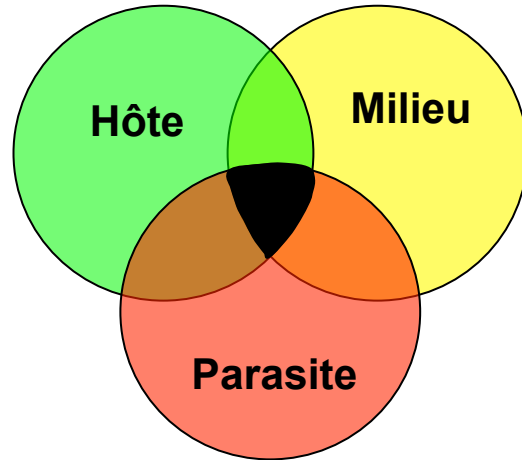


Fabre et al, Phytopath, 2011



# Les Mécanismes

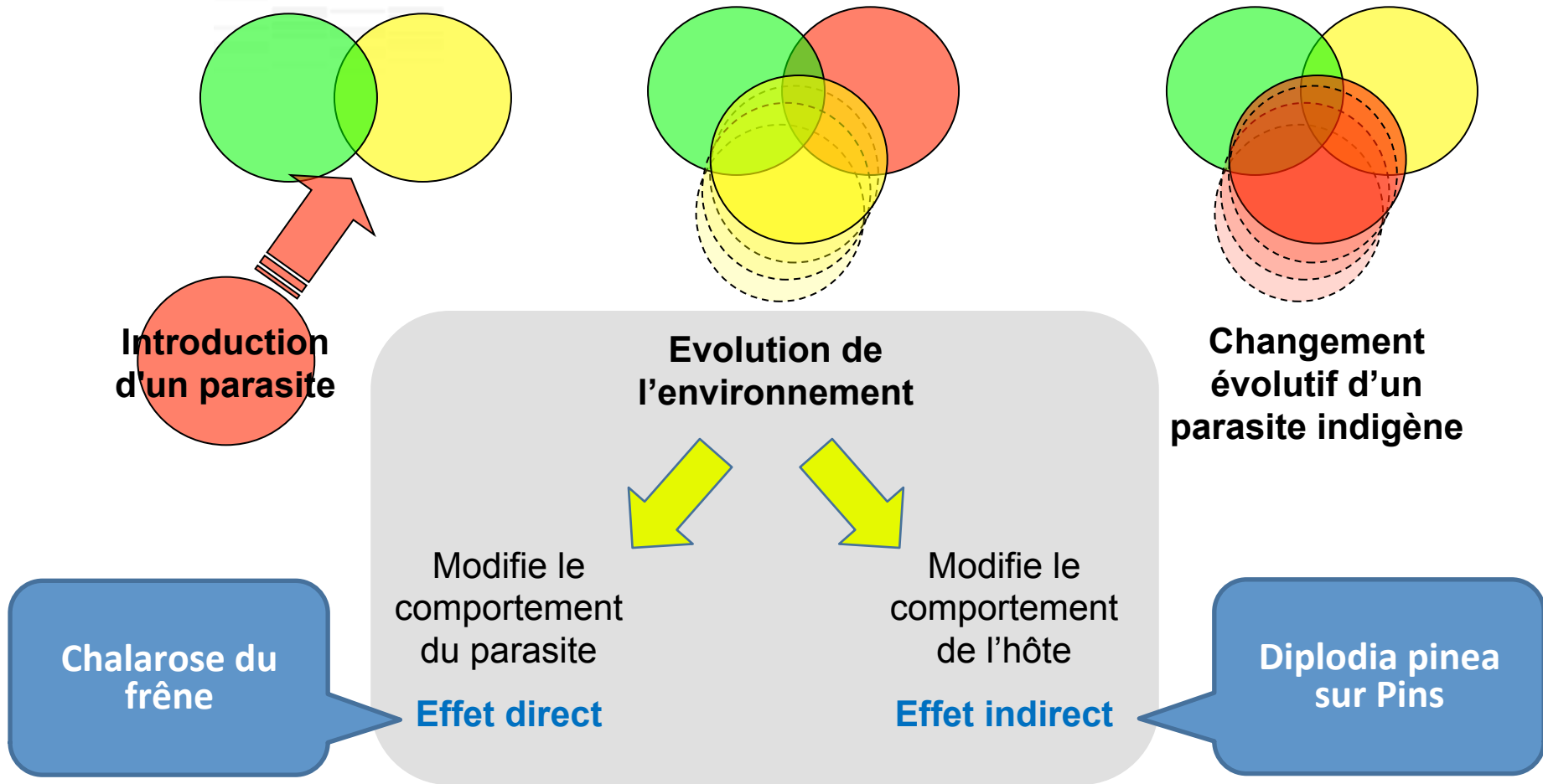
Le triangle parasitaire



Une maladie émergente résulte de **l'augmentation de l'adéquation** entre l'agent pathogène et son milieu (hôte + environnement)



# Plusieurs scénarii possibles...



lequel est responsable de l'émergence ?

# Les mécanismes en causes

## Direct

- **Survie de l'agent pathogène en conditions limites**

**Hiver:** *Phytophthora cinnamomi*, *Phytophthora xalni*

**Été :** chalarose du frêne, chancre bactérien du peuplier

- **Multiplication accélérée en conditions chaudes et /ou humides**

*Phytophthora cinnamomi*

*Diplodia pinea*

Maladie des bandes rouges

Plus généralement maladies foliaires

## Indirect

- **Stress des hôtes durant canicules / sécheresse**

*Diplodia pinea*

Plus généralement secondaires

- **Synchronie phénologique**

Oïdium du chêne

# Sphaerosporia, une maladie nouvelle des pins

***Diplodia pinea*, ascomycète infectant les pins (surtout pins noirs et sylvestre) et provoquant des dépérissements**

*Diplodia pinea* sur Pins noirs



(From D. Piou, DSF)

Aiguille de l'année  
nanifiées + fructifications



(From DR Owen, Tree Note)

- Maladie qui émerge en Europe au début des années 90
- Devient en quelques décennies un des principaux problème affectant les Pins
- Pourtant décrit dès fin du 19<sup>ième</sup> en France



# Un agent pathogène présent dans la majorité des pinèdes

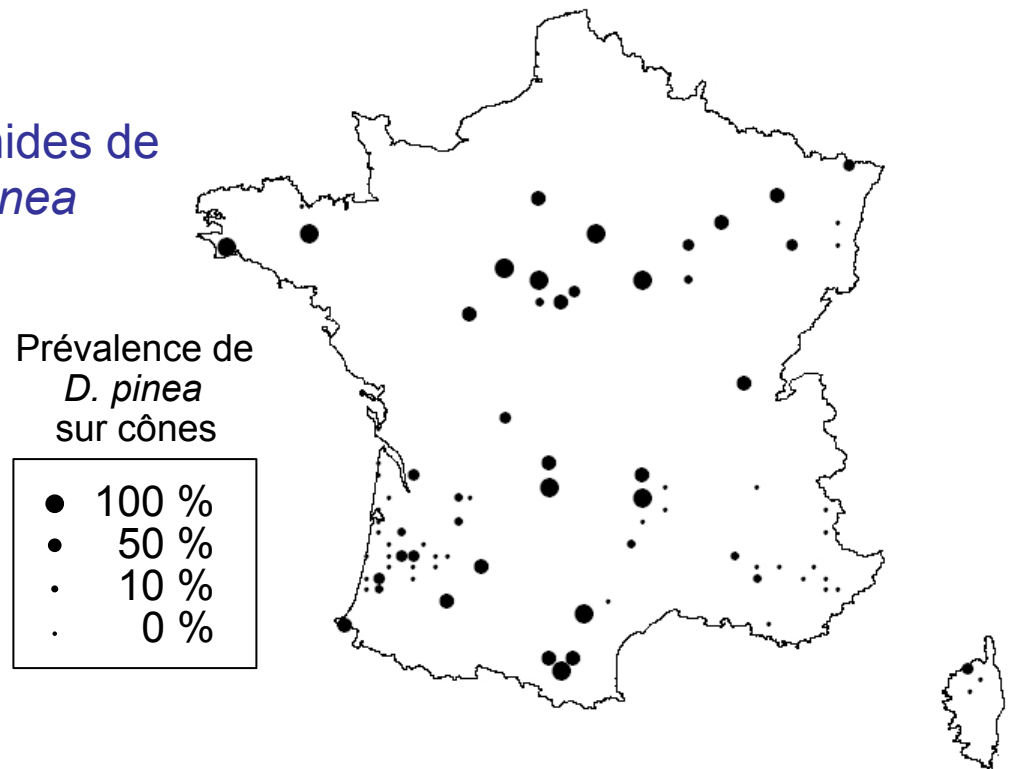
Colonise les cônes  
des pins



*D. pinea* sur cônes

Pycnides de  
*D. pinea*

Fréquence de cônes  
colonisés en France  
(réseau DSF 16 x16)

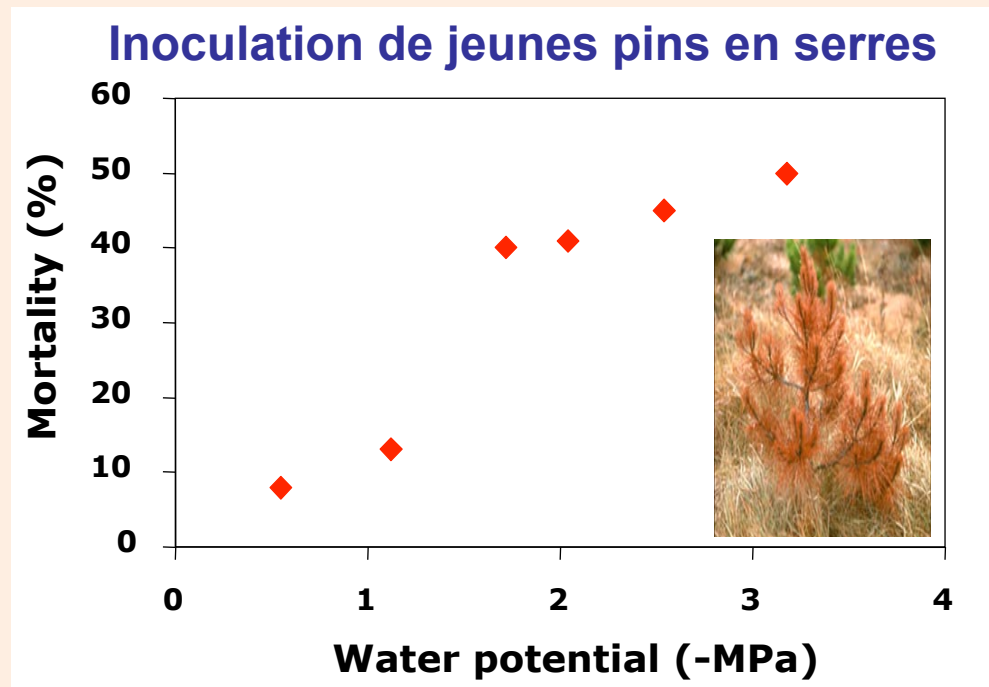


Et pourtant, très large majorité des peuplements de pins non affecté par *D. pinea* ...

Fabre et al (Global Change Biol., 2011)

# Sphaerosopsis, nécessité d'un affaiblissement de l'hôte

Fort effet favorisant d'un stress hydrique de l'hôte sur la sensibilité des pins



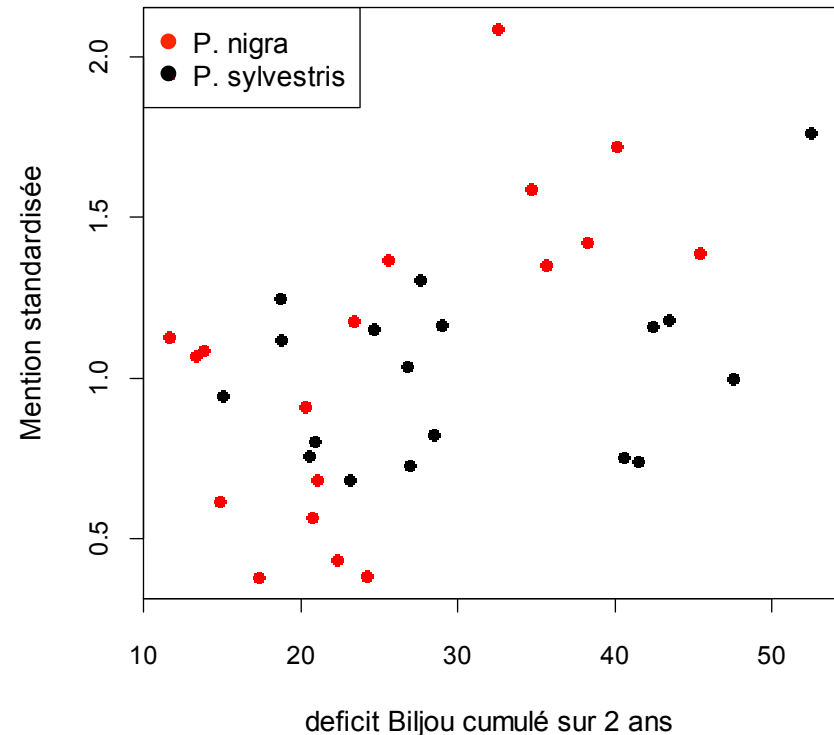
Maladie aussi favorisée par les orages de grêle et les excès d'azote

Stanosz *et al*

# Mention dans la base DSF

## fortement liée à

- Espèce de pins  
(*P. nigra* = *P. uncinata* > *P. sylvestris* > *P. pinaster* = *P. halepensis* = *P. pinea*)
- **Déficit hydrique cumulée des 2 dernières années**
- Température moyenne du printemps



# Aussi des opportunités :

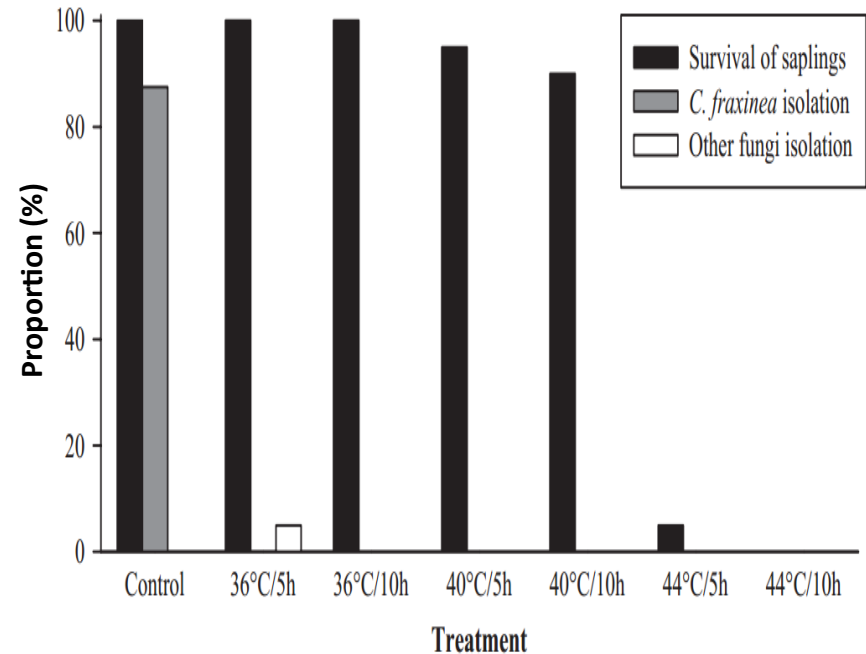
## *Chalara fraxinea* ne survie pas aux températures trop élevées

La chalarose a envahit la France après 2008  
Elle compromet la gestion de la frênaie



Hauptman et al, 2013

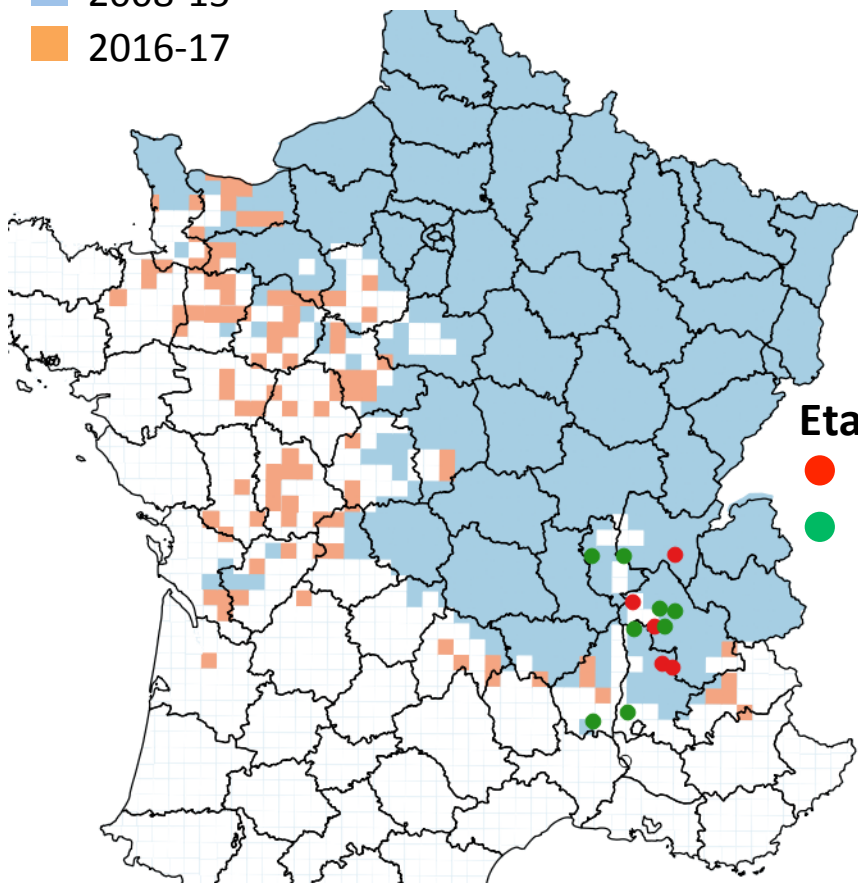
Mortalité de *H. fraxineus* quand température dépasse les 30-35°C



# Les canicules limitent la sévérité de la chalarose

## Arrivée chalarose (données DSF)

- 2008-15
- 2016-17

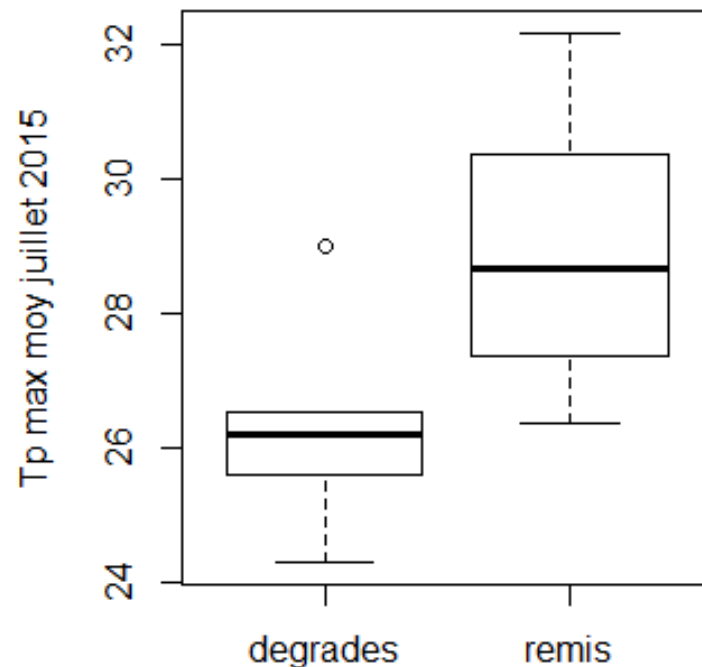


## Réseau de placettes Vallée du Rhône

Notation de la sévérité du  
déperissement en 2015 et 2016

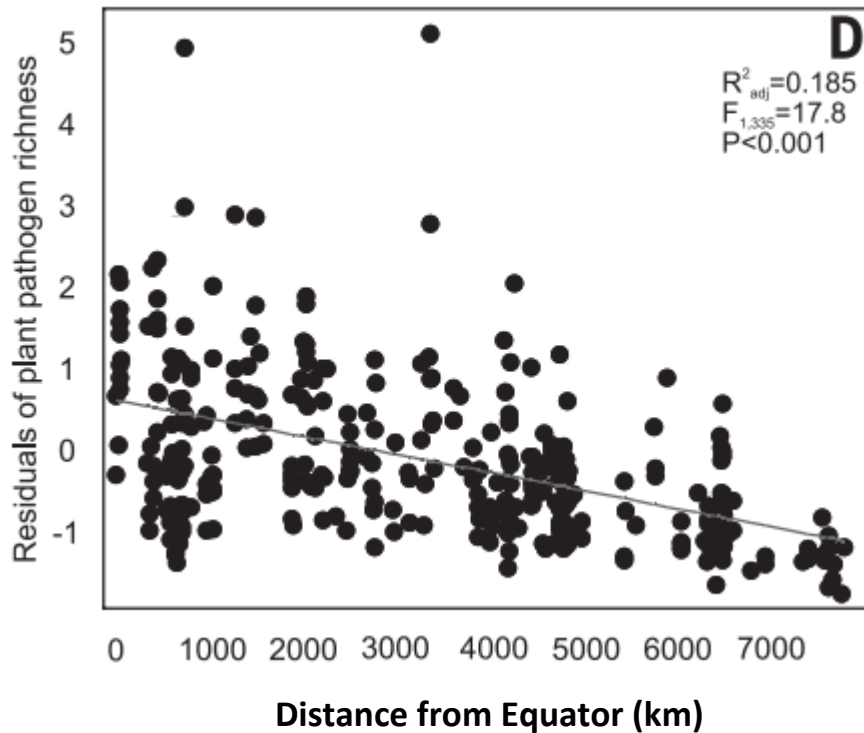
### Etat sanitaire

- Se dégrade
- S'améliore (rémission)



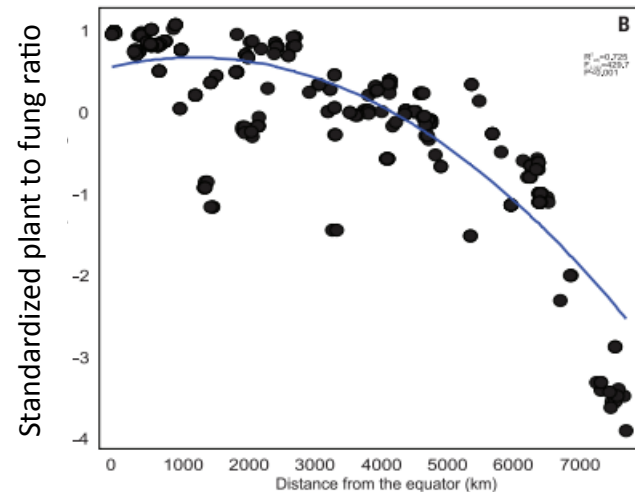


# La diversité des agents pathogène diminue avec la distance à l'équateur



Etude de la diversité des communautés fongiques sur des gradients latitudinaux

Par métagénomique  
A partir d'échantillons de sols



Tederso et al, 20145, Science

# Les émergences causées par l'évolution du climat sont-elles moins sérieuses ?

2 raisons rendent les invasions très pénalisantes :

## « Ennemis release »

Les espèces transférée d'un autre continent tendent à laisser derrière elles leurs ennemis naturels ⇒ succès des plantations exotique + risque de devenir envahissantes .

Mitchell & Power  
(Nature, 2003)

## Absence de co-évolution hôte / pathogène

⇒ possibilité de forte sensibilité (hôte naïf : exemple de la graphiose de l'orme)

Les parasites **indigènes** émergents après évolution du climat gardent leurs ennemis naturels

+ leurs hôte présente un certaine résistance générale

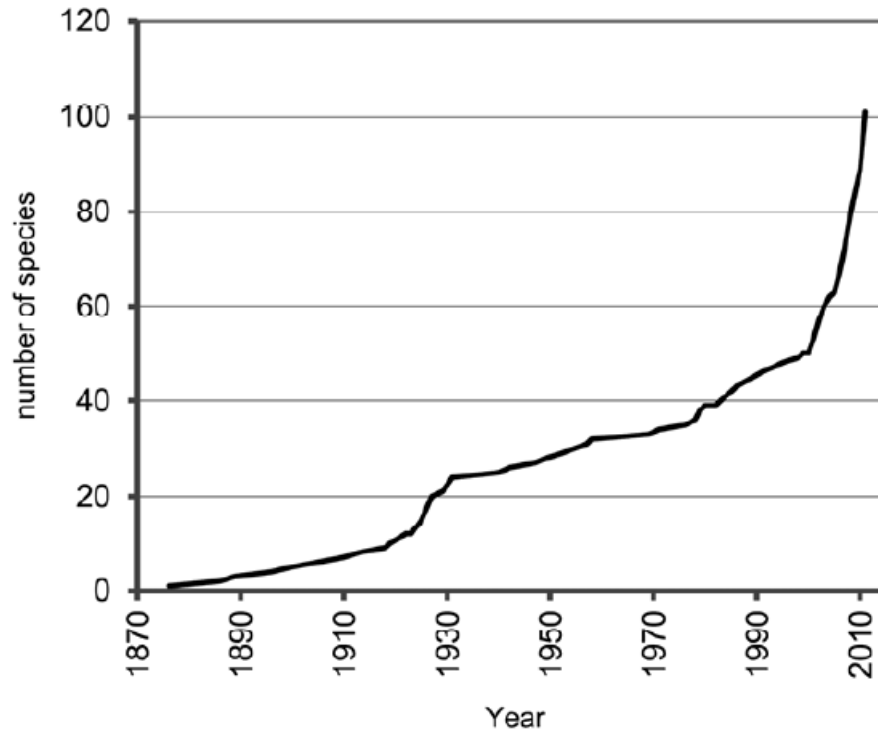
⇒ Limite les possibilités d'épidémies très sérieuses telles que la graphiose ou la chalarose

## Des incertitudes fortes et irréductibles ...

- **Fortes inconnues** sur les prochaines émergences
  - Faible proportion de systèmes biologiques existants effectivement étudiés
    - Méconnaissance des communautés de microorganismes en Europe ...
    - Majorité des invasions de bio-agresseurs liées à des organismes non encore décrit
- **Difficulté accrue par les interactions entre facteurs**
  - ex : Changement climatique et invasion

# Une biodiversité d'agents pathogènes mal caractérisée :

Evolution du nombre d'espèces décrites de *Phytophthora*



Liée à un effort de prospection et de description d'espèces dans les forêts tempérée d'Europe et d'Amérique du Nord

Difficulté de décrire les communautés de microorganismes du au manque d'outils verrou peu à peu levé par les techniques de séquençage à haut débit

# Une capacité des problèmes biotiques à limiter le panel d'essences forestières utilisables

## Emergence de maladies depuis 40 ans :

Graphiose de l'orme  
*Phytophthora* de l'aulne  
maladie des bandes rouges sur pin laricio  
Sphaeropsis sur pins  
*Phytophthora ramorum* sur mélèze  
Chalarose du frêne

## Des problèmes plus ou moins sévères sur des essences d'importance variée

**Orme** : non utilisable  
**Mélèze** : limite dans l'utilisation dans l'ouest de la France  
**Frênes et Pin laricio** : utilisation en suspens  
**Aulne** : contrainte forte sur la plantation  
**Pins** : *Sphaeropsis* limite peu utilisation Pins noirs





## Quelle adaptation possible ?

Imprédictibilité + capacité à limiter l'utilisation de certaines espèces

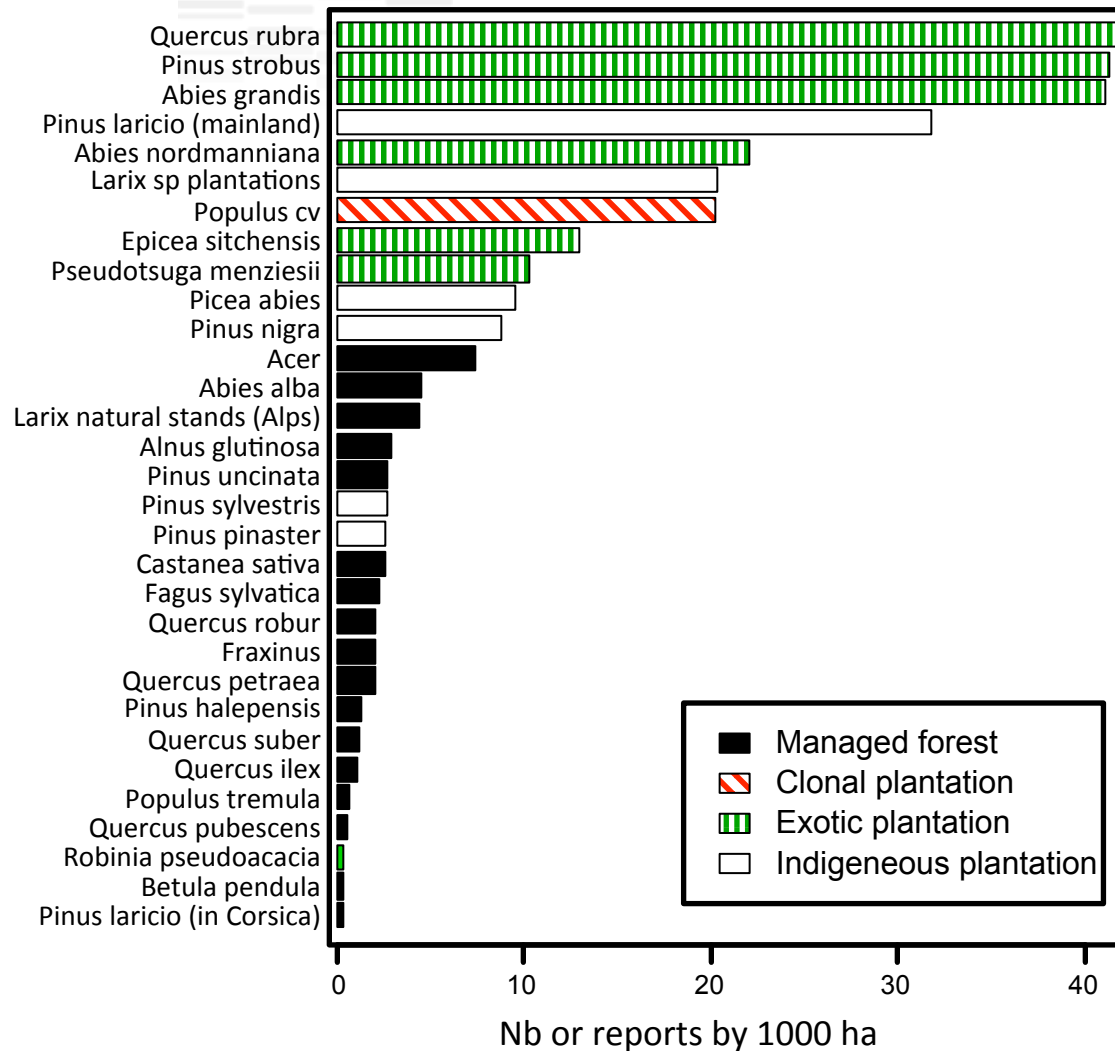
**Utiliser au maximum l'effet assurance de la diversité :**

Maintenir au niveau peuplement / massif / région une diversité d'essence suffisante

Dans le contexte européen avec une flore relativement pauvre, rend difficilement contournable recourt aux essences exotiques

Mais ceci n'est pas sans risque  
(saut d'hôtes, transfert de parasites)

# Les essences exotiques sont touchées par les parasites...



Analyse de la fréquence de problèmes sanitaires signalés par le DSF de 1989 à 2006 :

Grand succès du Douglas  
Mais, beaucoup d'autres  
essais mitigés

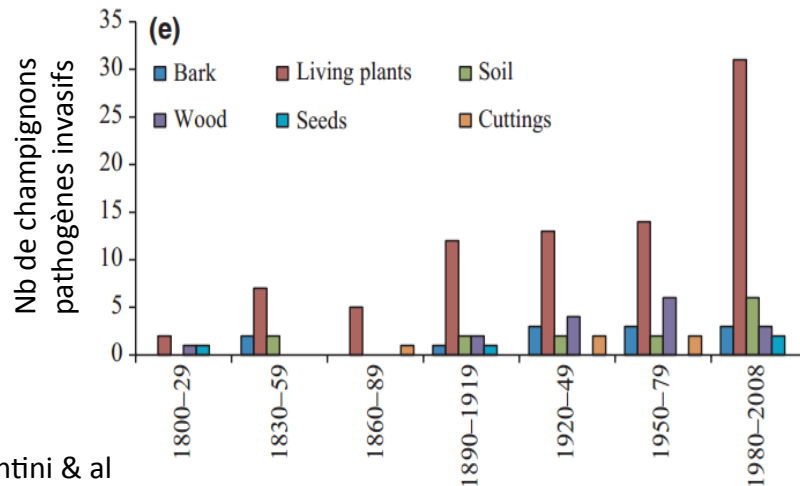
Desprez-Loustau & al  
(Ann Sci For, 2015)

# Transfert de parasites lors des introductions d'hôtes

Très courant et difficile à totalement éliminer

En particulier pour parasites foliaires / *Phytophthora*

Voies d'introduction des champignons pathogènes de plantes en Europe



Santini & al  
(New Phytol, 2013)

- Bien décrit pour les parasites des Eucalyptus (*Mycosphaerella* spp.)
- Parmi les pathogènes émergents ceux décrit comme dispersés par plants de pépinière infectés
  - *Chalara fraxinea*
  - *Mycosphaerella* spp (maladie des bandes rouges ?)
  - *Diplodia pinea*
  - *Phytophthora ramorum*
  - *Phytophthora cinnamomi*

Nécessité d'être particulièrement vigilant sur la quarantaine

# Conclusion

On sait que l'évolution du climat affecte le spectre d'agents pathogènes auquel on est confronté avec quelques cas bien documentés

Mécanismes les mieux identifiés seraient la levée des contraintes sur le passage de l'hiver, l'accroissement des contraintes hydriques ou l'aspect favorable de conditions chaudes et humide en cours de saison de végétation

Les incertitudes restent très fortes

et on ne voit pas comment on pourraient les réduire très significativement ...  
Importance de maintenir la veille sanitaire (épidémio-surveillance)

Les émergences limitent nos capacités d'adaptation au changement

Ennemis naturels à prendre en compte impérativement