

# Les agents du dépérissement des noyers en France : écologie, diversité et cycle de vie

Marie BELAIR

Présentation des travaux de thèse – Médailles d'argent Dufrenoy

Académie d'Agriculture de France

24 septembre 2025

Sous la direction :

Pr. Gaétan Le Floch

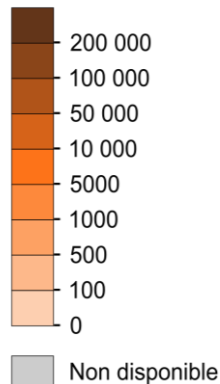
Dr. Flora Pensec

Dr. Adeline Picot



# La nuciculture dans le monde et en France

Surface dédiée à la culture  
de noyers en 2021 (ha)



Etats-Unis

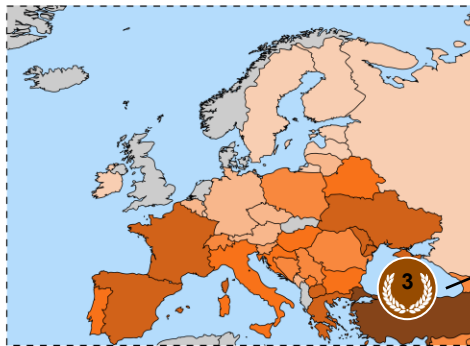
Production : 657 710 t

**Surfaces** : 157 829 ha

Chine

Production : 1 100 000 t

**Surfaces** : 279 853 ha



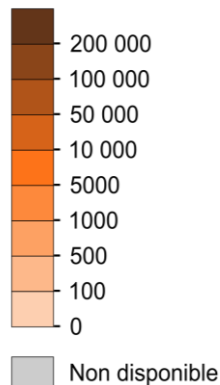
Turquie

Production : 325 000 t

**Surfaces** : 153 520 ha

# La nuciculture dans le monde et en France

Surface dédiée à la culture  
de noyers en 2021 (ha)



Etats-Unis

Production : 657 710 t  
**Surfaces** : 157 829 ha

Chine

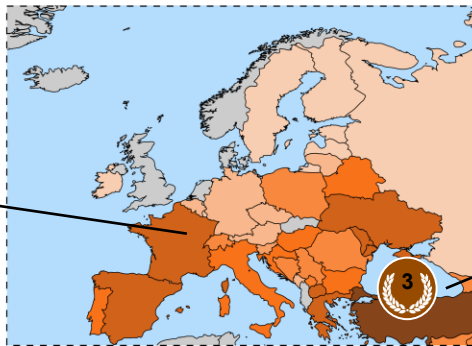
Production : 1 100 000 t  
**Surfaces** : 279 853 ha

France

Production : 37 740 t  
**Surfaces** : 26 850 ha (9<sup>ème</sup>)

Turquie

Production : 325 000 t  
**Surfaces** : 153 520 ha



# La nuciculture dans le monde et en France



2 principaux bassins de production...

... chacun associé à une AOP

## Bassin nucicole du Sud-Ouest



Nouvelle-Aquitaine

(≈ 11 568 ha)

Occitanie

## Bassin nucicole du Sud-Est

Auvergne-Rhône-Alpes  
(11 815 ha)



# L'émergence du dépérissement du noyer en France

## Anthracnose à *Gnomonia*

(*Ophiognomonia leptostyla*)



CABI 2019



SENuRA 2019

## Nécrose apicale du fruit

(*Alternaria* spp.,  
*Fusarium* spp.)

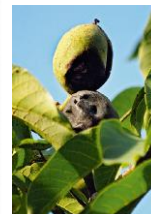


Moya-Elizondo *et al.* 2021

## Mouche du brou (*Rhagoletis completa*)



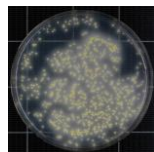
SENuRA 2019



SENuRA 2019



< 1925



CTIFL 2008

1931



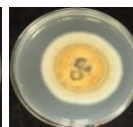
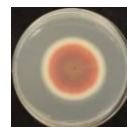
SENuRA 2019

1999



SENuRA 2019

2007



SENuRA 2019

## Anthracnose à *Colletotrichum* (*C. fiorinae*, *C. godetiae*)

## Bactériose (*Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*)

2015

## Dépérissement du noyer

# Le dépérissement du noyer à travers le monde

## Rapporté dans 15 pays

|     |                        |    |                    |
|-----|------------------------|----|--------------------|
| AU  | Australie              | GR | Grèce              |
| CHL | Chili                  | IT | Italie             |
| CHI | Chine                  | IR | Iran               |
| CO  | Corée du Sud           | RT | République Tchèque |
| EG  | Egypte                 | RO | Roumanie           |
| ES  | Espagne                | SL | Slovaquie          |
| EU  | Etat-Unis (Californie) | TU | Turquie            |
| HO  | Hongrie                |    |                    |

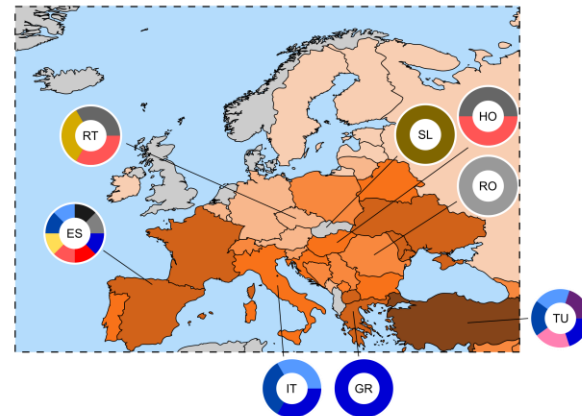
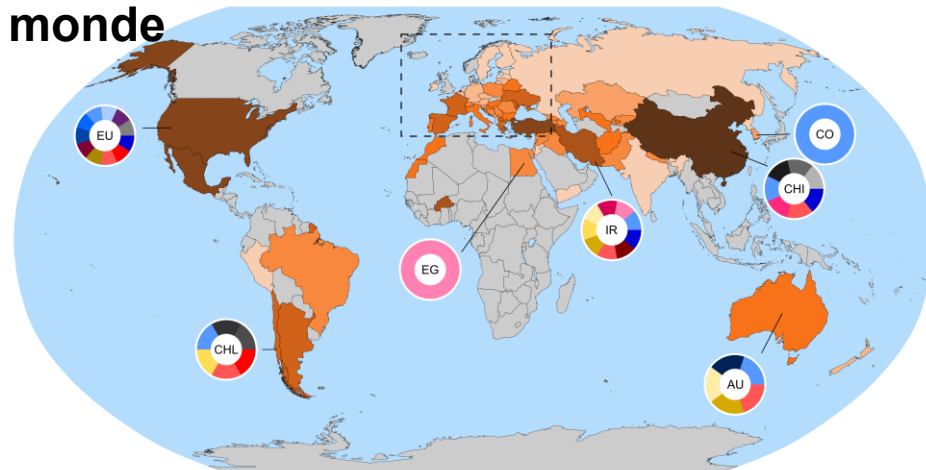
20 espèces de Botryosphaeriaceae (6 genres)

7 espèces de *Diaporthe*

|                                                                                                                 |                                                                                                                      |                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <i>Botryosphaeria dothidea</i> |  <i>Lasiodiplodia citricola</i>     |  <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> |
|  <i>Diplodia gallae</i>         |  <i>L. mahajangana</i>              |  <i>Diaporthe amygdali</i>        |
|  <i>D. mutila</i>               |  <i>L. pseudotheobromae</i>         |  <i>Dia. australafricana</i>      |
|  <i>D. seriata</i>              |  <i>L. theobromae</i>               |  <i>Dia. cynaroidis</i>           |
|  <i>Dothiorella gregaria</i>    |  <i>Neofusicoccum macroclavatum</i> |  <i>Dia. eres</i>                 |
|  <i>Dot. iberica</i>            |  <i>N. mediterraneum</i>            |  <i>Dia. foeniculina</i>          |
|  <i>Dot. omnivora</i>           |  <i>N. nonquaesitum</i>             |  <i>Dia. juglandina</i>           |
|  <i>Dot. plurivora</i>          |  <i>N. parvum</i>                   |  <i>Dia. nobilis</i>              |
|  <i>Dot. sarmentorum</i>        |  <i>N. vitifusiforme</i>            |                                                                                                                    |
|  <i>Dot. viticola</i>           |                                                                                                                      |                                                                                                                    |

Acteurs retrouvés en co-occurrence

→ Complexe d'espèces (pathobiome)



# Questionnement scientifique

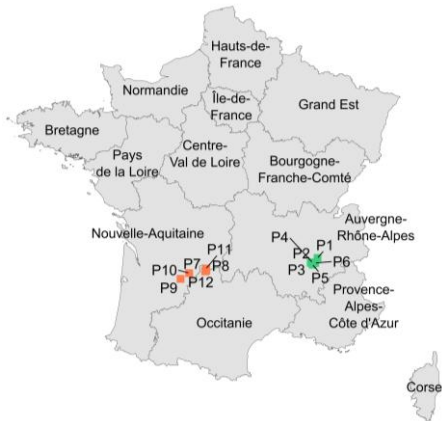
Quelles sont les **interactions** entre ces agents pathogènes ?

Quels sont les **agents fongiques** pathogènes **responsables** du dépérissement du noyer en France ?



Quelle est l'**origine** des populations de **Botryosphaeriaceae** émergentes ?

# Stratégie expérimentale



- 4 campagnes
- 5-15 échantillons
- 12 parcelles



Echantillons  
symptomatiques et  
asymptomatiques

Analyse culture-dépendante

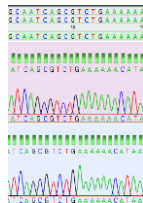
Analyse culture-indépendante

Isolement



1873 champignons

Identification  
morphologique  
et moléculaire  
par séquençage



Tests de  
pathogénicité

Diversité  
(Prévalence)

Extraction ADN total



Séquençage  
métabarcoding

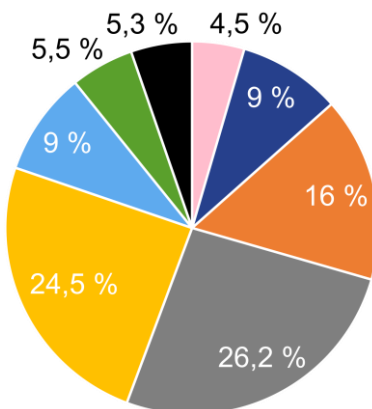
Communautés  
fongiques  
(Abondance relative)

tttgagtatacaact  
ttcgagcatagcact  
aacgtccaaaggagt  
ttggagcatagcact  
aacgtccaaaggagt  
ttcgagcatagcact  
atcgccaatggagt  
aacgtccaaaggagt  
aacgtccaaaggagt  
tttgagtatacaact

## ● Identification du complexe d'espèces

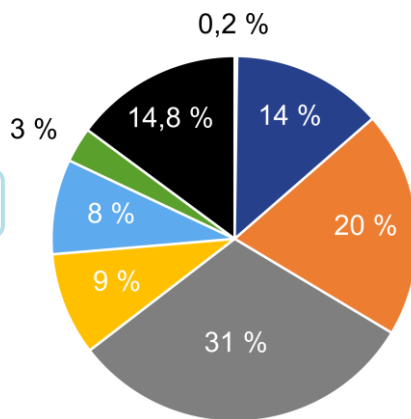
Analyse culture-dépendante

N = 1548 isolats



Analyse culture-indépendante

N = 3 883 374 reads

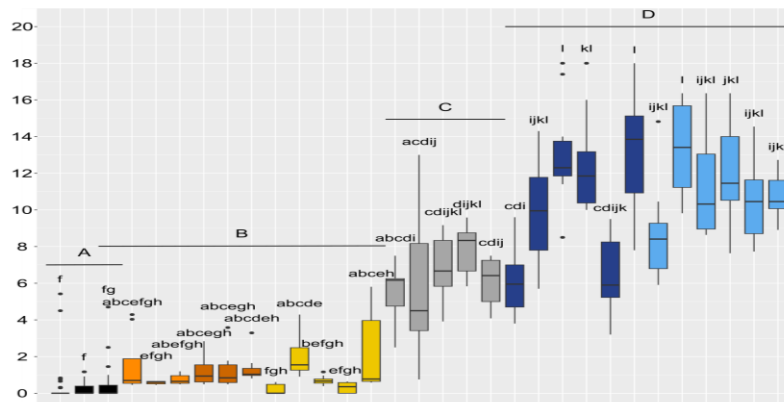


- *Alternaria* spp.
- *Botryosphaeria dothidea*
- *Colletotrichum fioriniae*
- *Colletotrichum godetiae*
- *Diaporthe eres*
- *Fusarium juglandicola*
- *Neofusicoccum parvum*
- Didymellaceae spp.
- Autres

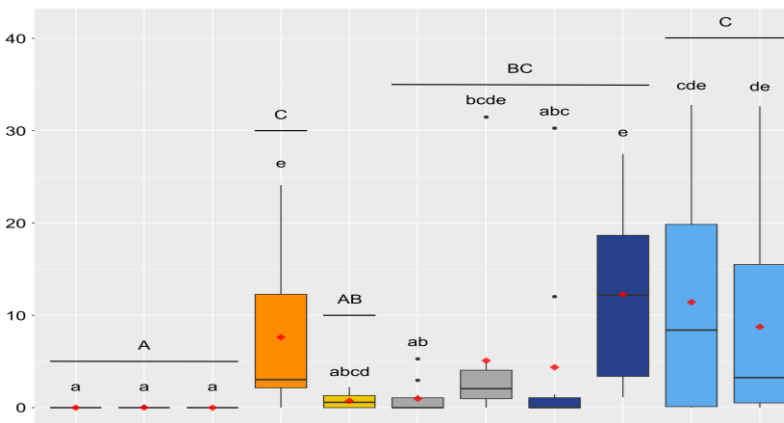
# ● Identification du complexe d'espèces



Longueur des lésions (mm)



Aire sous la courbe (%)



## Species

- *B. dothidea*
- *C. fioriniae*
- *C. godetiae*
- *D. eres*
- *F. juglandicola*
- *N. parvum*

→ Pathogénicité variable selon l'espèce et l'organe

→ Forte agressivité des Botryosphaeriaceae

# ● Origine des espèces de Botryosphaeriaceae



**PGTB**  
SEQUENCAGE | GENOTYPAGE

| Espèce             | Origine                      | Nb d'individus |
|--------------------|------------------------------|----------------|
| <i>B. dothidea</i> | Noyeraies Sud-Ouest (France) | 39             |
|                    | Noyeraies Sud-Est (France)   | 94             |
|                    | Vignobles (France)           | 5              |
| <i>N. parvum</i>   | Noyeraies Sud-Ouest (France) | 107            |
|                    | Noyeraies Sud-Est (France)   | 49             |
|                    | Vignobles (France)           | 43             |
|                    | Noyeraies (Californie)       | 5              |
|                    | Amanderaies (Californie)     | 14             |
|                    | Noyeraies (Espagne)          | 5              |
| Total              |                              | 361            |

Collection  
de thèse

UMR SAVE



KARE Center

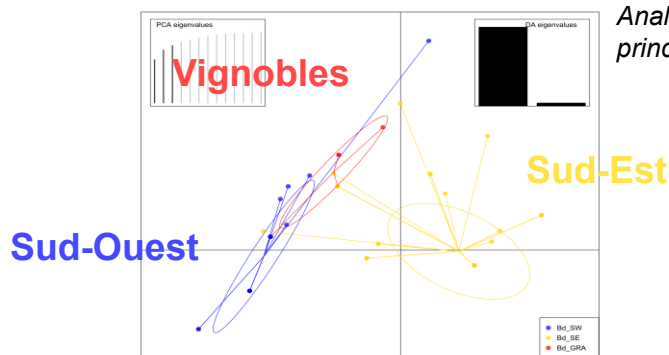


# ● Origine des espèces de Botryosphaeriaceae

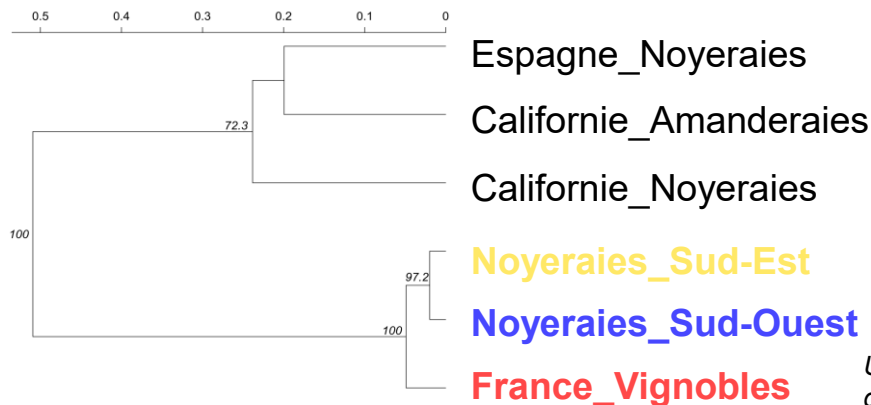
Espèce

*B. dothidea*

*N. parvum*



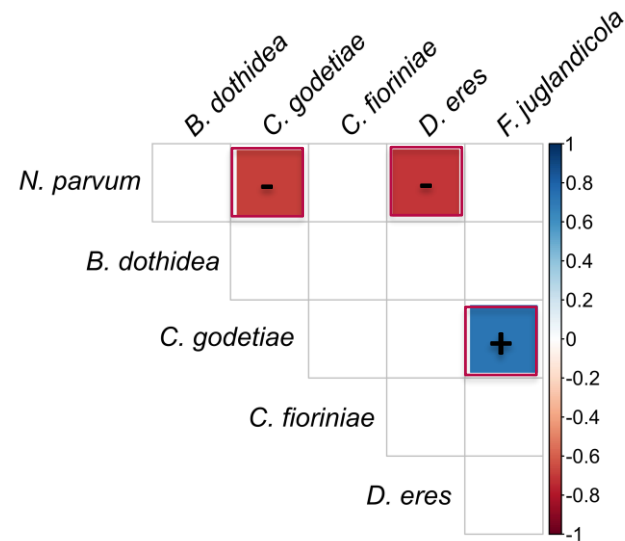
→ Proximité génétique entre les populations françaises **Vignobles** et **Noyeraies**



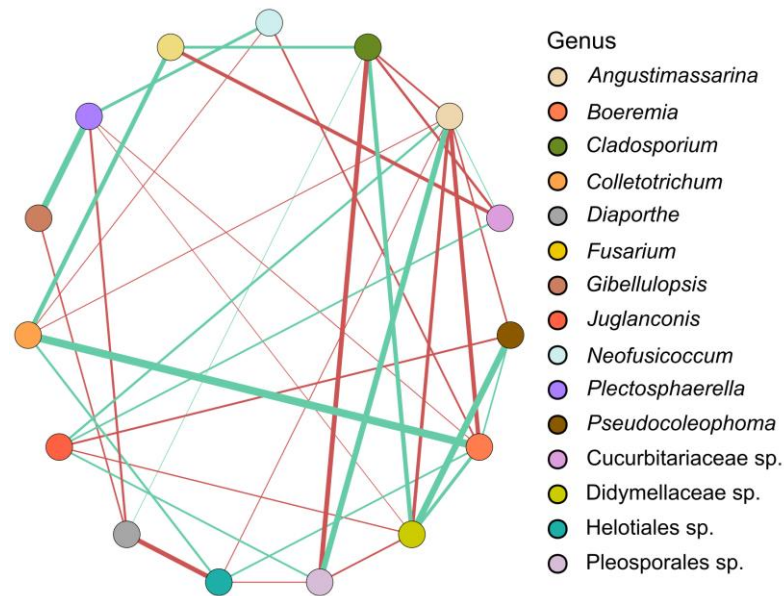
Unweighted Paired Group Mean Arithmetic dendrogram - UPGMA (Nei's distance)

# Les interactions au cœur du pathobiome

Analyse culture-dépendante



Coefficients de corrélation de Pearson



SparCC network

# Conclusions



Symptômes de  
nécroses sur fruits  
et rameaux de  
noyer en France

**Pathogènes directs**  
Botryosphaeriaceae et  
*Diaporthe*  
*Colletotrichum* (fruits)

Un pathobiome, des  
interactions

**Opportunistes**  
*Fusarium*, *Alternaria* ?

**Facilitateurs ?**  
*Colletotrichum* = voie  
d'entrée sur fruits ?

**Facilitateurs ?**  
Bactériose  
Ravageurs

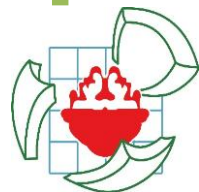
**Météo/Climat**  
(température,  
humidité,  
humectation)

**Etat de stress  
des arbres**

# MERCI !

## Producteurs

M. Martinais  
M. Chalaye  
M. Cohet  
M. Escoffier  
M. Belle  
M. Gauthier  
M. Delvert  
M. Jardel  
M. Guérin  
M. Charbonnel  
M. Castagne



Marie-Neige  
Hébrard



Yohana Laloum  
Aude Moronvalle



Cyrielle Masson



Projet SHERWOOD



Marie-France Corio-Costet  
Gwénaëlle Comont



Olivier Lepais



Amélie Weill



Themis Michailides  
Victor Gabri Martin

## Encadrement

Gaétan Le Floch  
Flora Pensac  
Adeline Picot

## Jury de thèse

Marie Foulongne-Oriol  
Marc Buée  
Cécile Robin

## Comité de thèse

Cécile Robin  
Florent Trouillas



Georges Barbier





# Merci de votre attention

Marie BELAIR

Présentation des travaux de thèse – Médailles d'argent Dufrenoy

Académie d'Agriculture de France

24 septembre 2025

Sous la direction :

Pr. Gaétan Le Floch

Dr. Flora Pensec

Dr. Adeline Picot

