

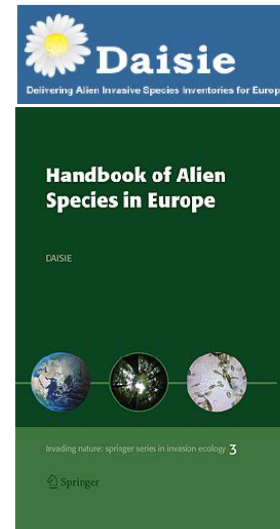
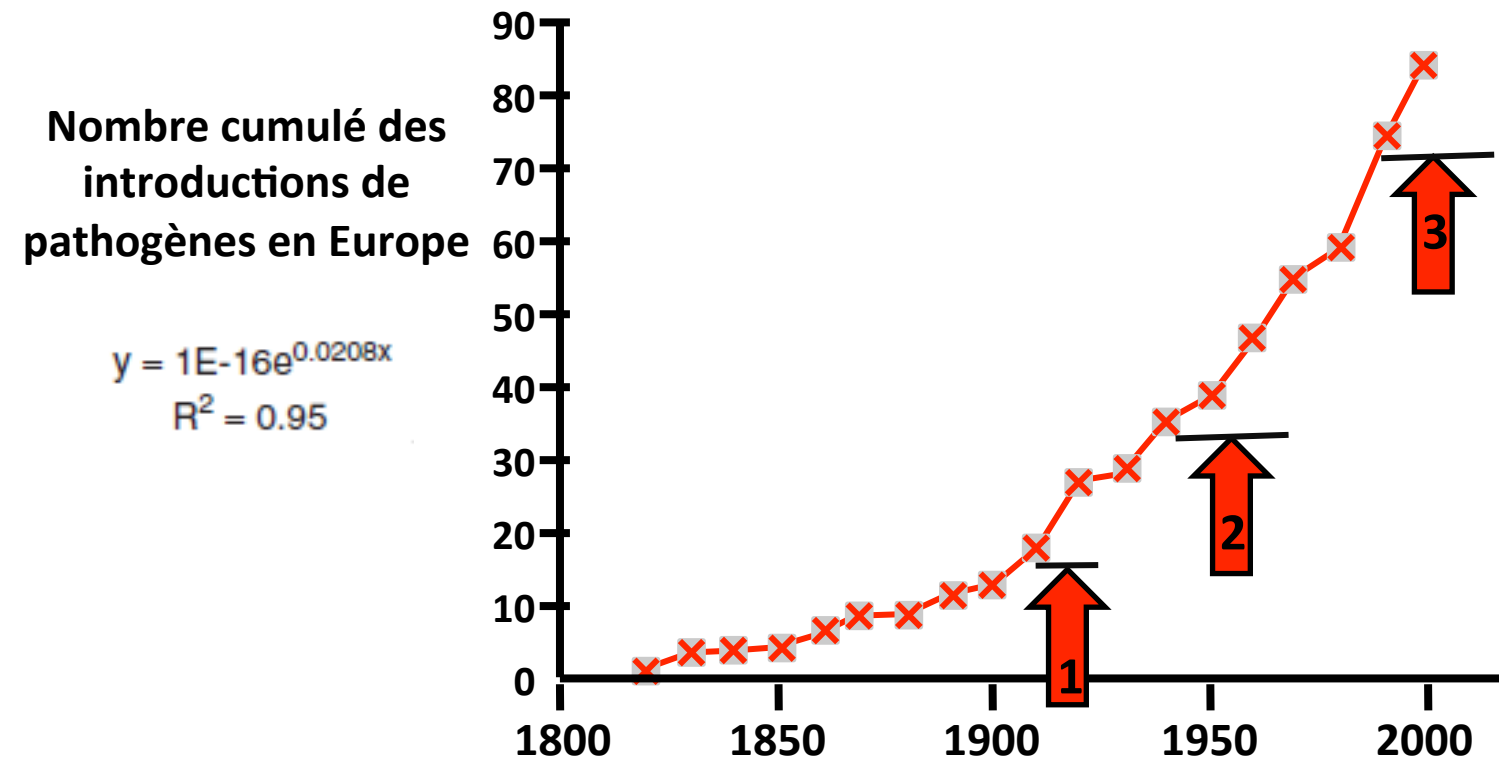
***Est-il possible de tirer des enseignements  
des introductions anciennes ?  
L'exemple de la graphiose de l'orme***

**Dominique PIOU; Fabienne BENEST ; Eric COLLIN**



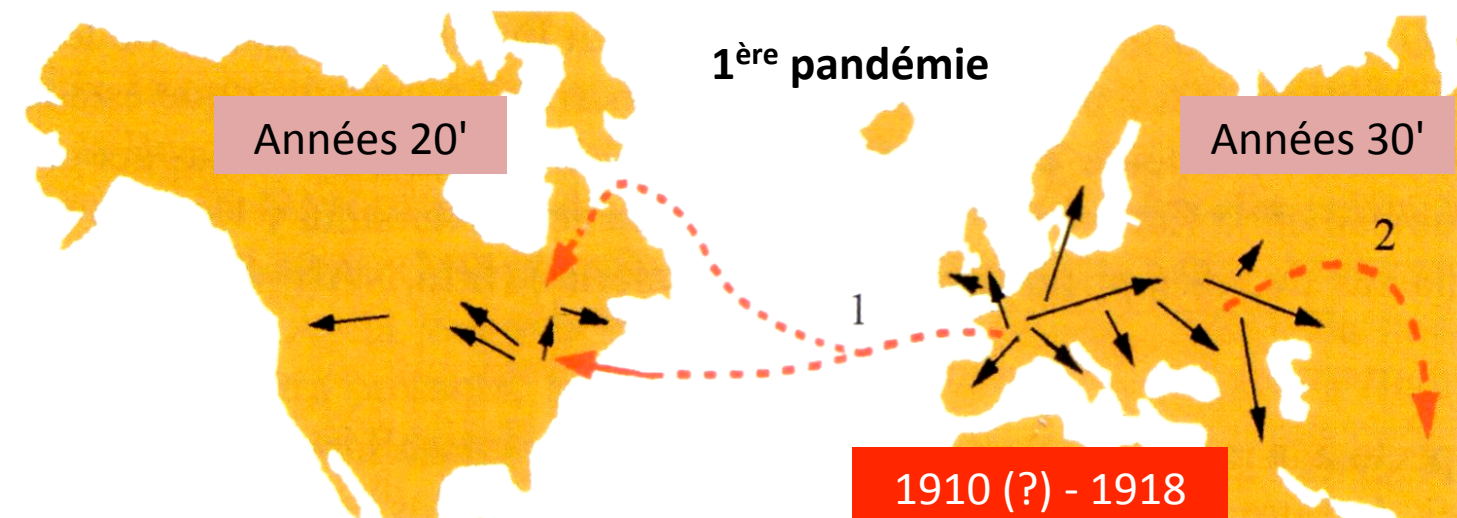
## 3 événements ont marqué (entre autres) les forêts européennes

- émergence de 3 pathogènes spécifiques ( 1/orme, 2/châtaignier, 3/frêne)
- 3 essences emblématiques (paysage, usage...)
- retentissements médiatiques ; prédictions catastrophiques
- "Black Swan Diseases" (consécutif à un événement rare, imprévisible, et à fort impact). (Ploetz et al, 2013)



# La graphiose de l'orme : quelques rappels

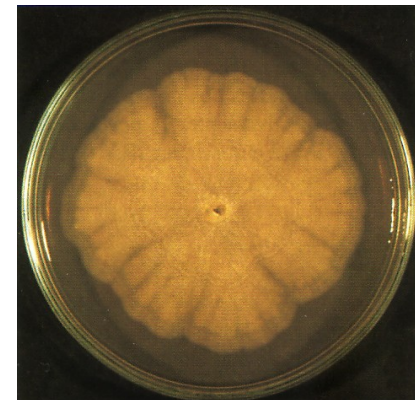
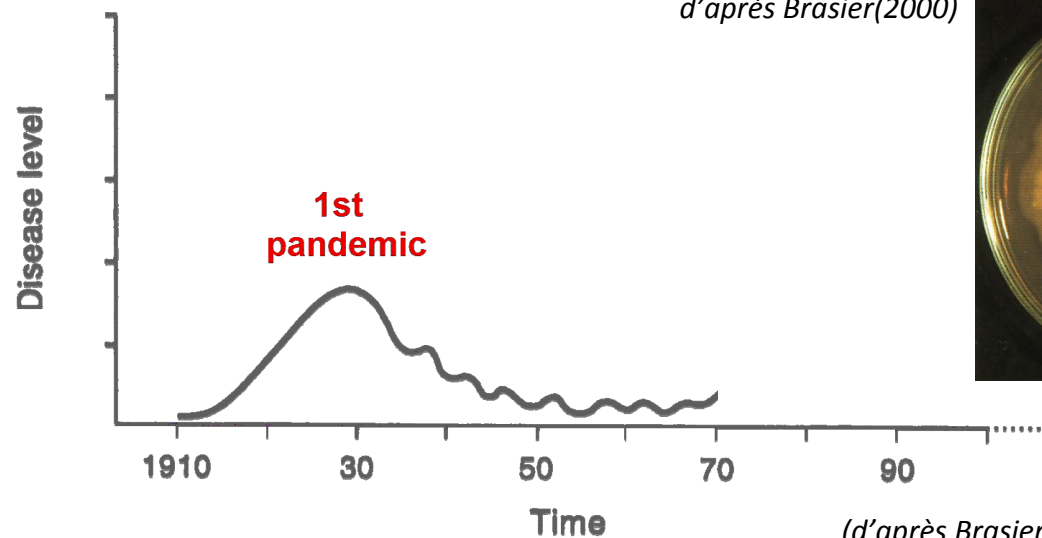
## Cas unique de deux pandémies successives



***Ophiostoma ulmi***  
(Buisman) Nannf., (1934)

d'après Brasier(2000)

- 10-40% des ormes européens affectés
- 50-70% en Amérique du Nord. Absence de régression

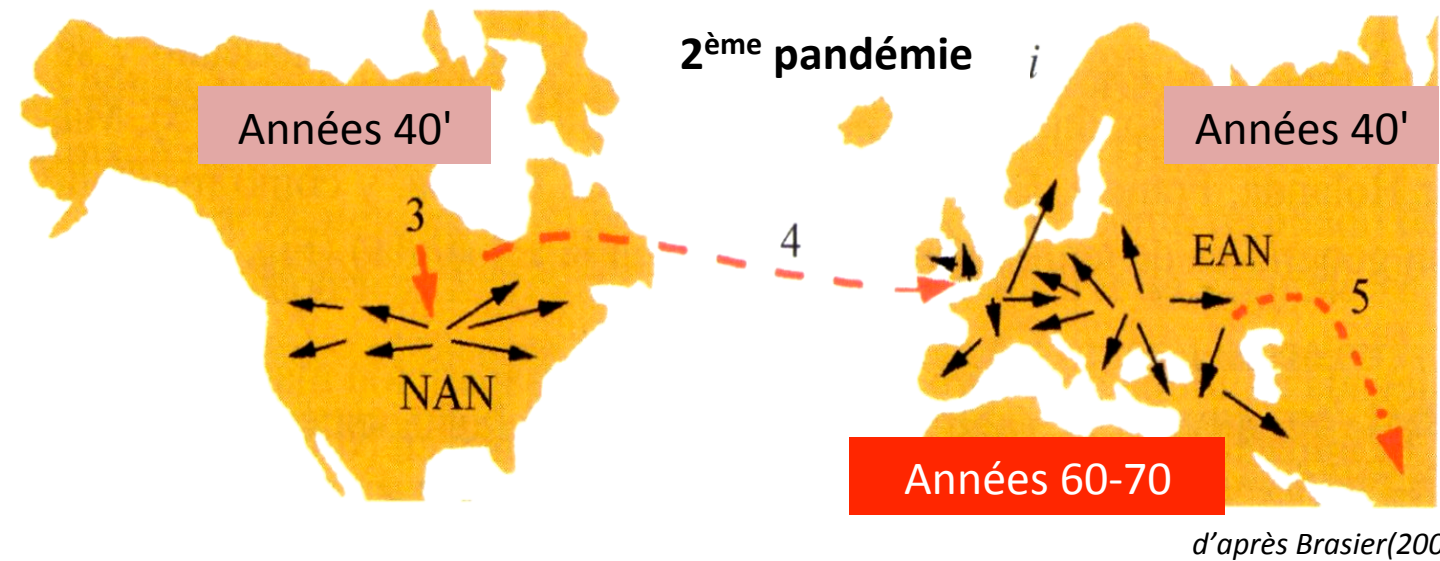


(d'après Brasier 1996)



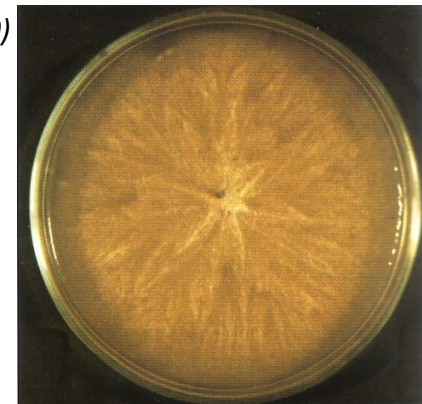
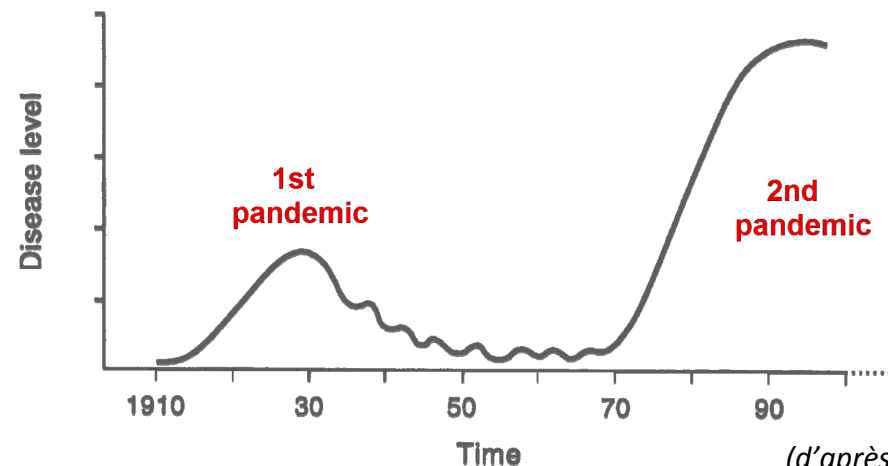
# La graphiose de l'orme : quelques rappels

## Cas unique de deux pandémies successives



*Ophiostoma novo-ulmi*  
Brasier, (1991)

- Très forte sensibilité des ormes européens
- Impact N. Am. moins évident





# *La graphiose de l'orme : quelques rappels*

Cas unique de deux pandémies successives

*2 espèces avec des traits de vie très différents*

	<i>O. ulmi</i>	<i>O. novo-ulmi</i>
Taux d'accroissement radial (mm/jour)	2,0 - 3,1	3,2 - 4,8
Température optimale de croissance	28 - 30	22 - 25
Température limite supérieure	35	32 - 33
Indice de production de cerato-ulmine	0-4	490 - 600
Virulence ( <i>% de défoliation après 12 semaines</i> )		
<i>U. minor var. vulgaris</i>	10 - 35	50 - 100
<i>U. X Commelin</i>	0 - 2	20 - 100

# La graphiose de l'orme : quelques rappels

Pathogènes **exotiques** transportés par des insectes **autochtones**

2 Scolytes plus particulièrement impliqués en Europe

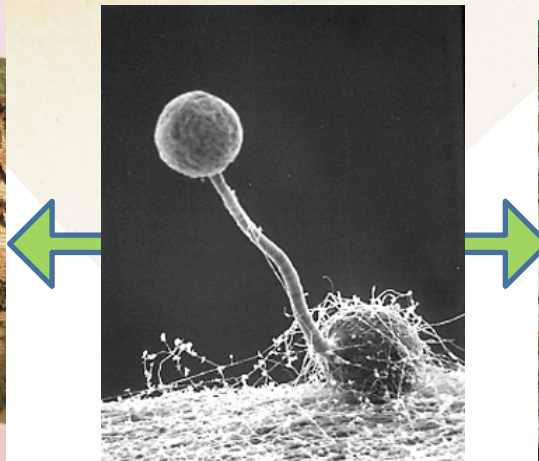
Petit scolyte de l'orme  
***Scolytus multistriatus***

- Écorce fine
- Dans toute l'Europe
- Introduit en Amérique du Nord, Australie, NZ



Le grand scolyte de l'orme  
***Scolytus scolytus***

- Écorce épaisse
- Principalement en Europe de l'ouest et du nord,....



# La graphiose de l'orme : quelques rappels

Pathogènes **exotiques** transportés par des insectes **autochtones**

Le pathogène est inoculé lors des repas de maturation des scolytes



*S. multistriatus* fore verticalement à l'aisselle de rameaux d' 1-2 ans.



*S. scolytus* décape à l'aisselle de rameaux plus âgés.



# La graphiose de l'orme : quelques rappels

Pathogènes **exotiques** transportés par des insectes **autochtones**

Les 3 ormes européens ne présentent pas la même sensibilité à l'**inoculation**

Forêts alluviales + haies  
Europe du Sud



Ulmus minor  
Orme champêtre

Montagne  
Europe du Nord



Ulmus glabra  
Orme des montagnes

Forêts alluviales  
Europe moyenne



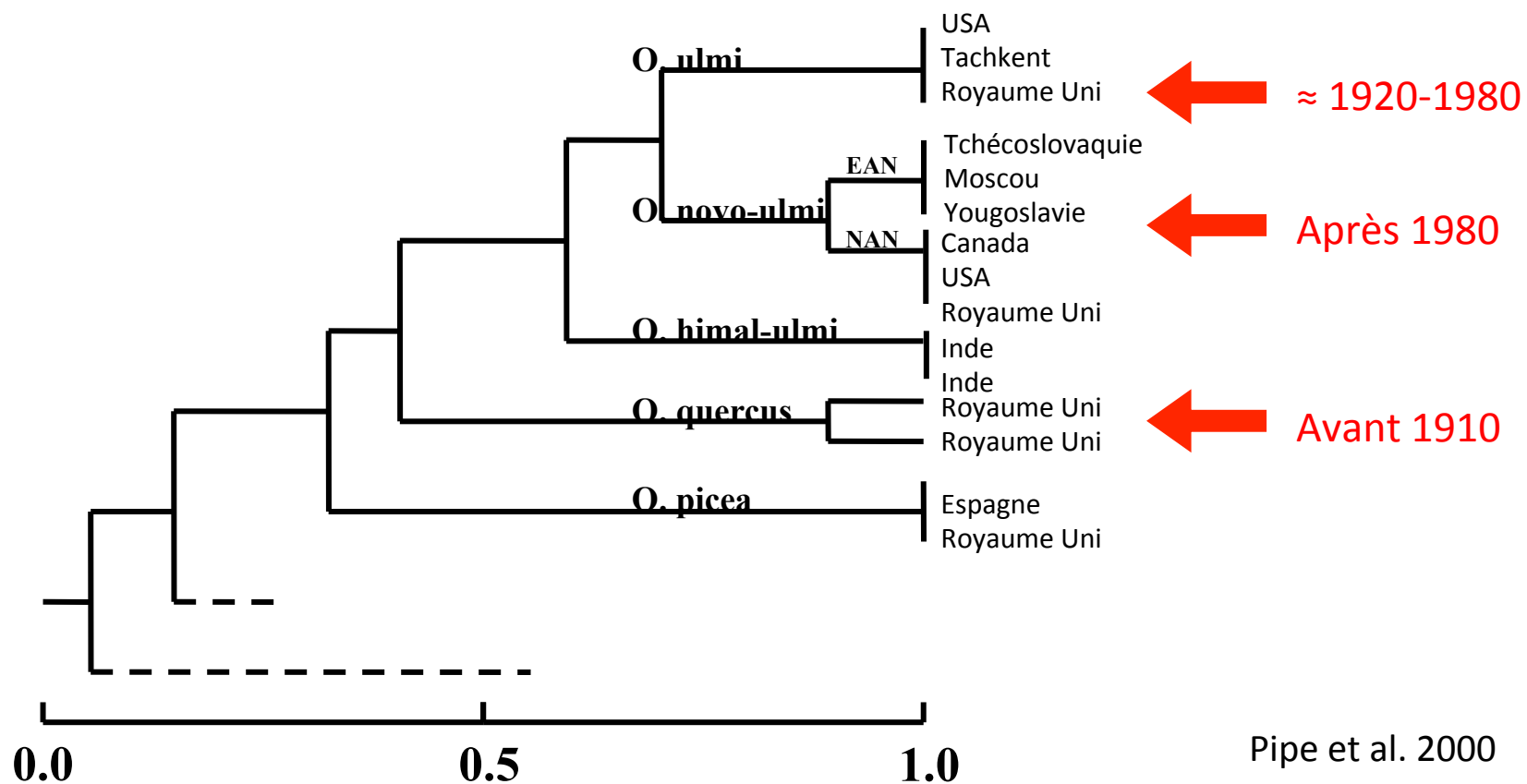
Ulmus laevis  
Orme diffus

**U. minor  $\approx$  orme hybride  $\gg$  glabra  $\approx$  laevis**

# La graphiose de l'orme : quelques rappels

Pathogènes **exotiques** transportés par des insectes **autochtones**

Cas original de substitutions successives d'espèces symbiotiques chez les scolytes



Dendrogramme suite à une analyse RFLPs-rDNA

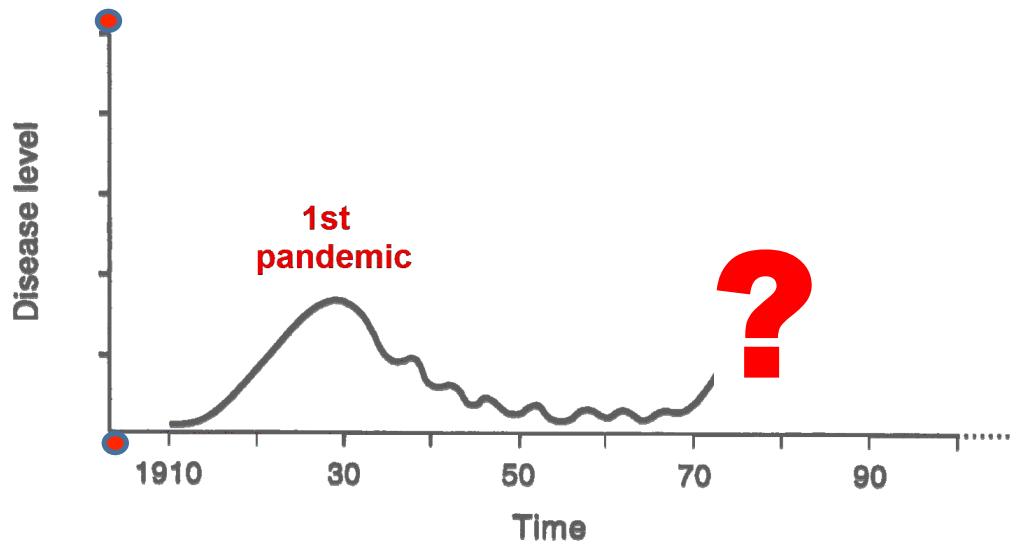
## **Quelques questions parmi (beaucoup) d'autres?**



- Les raisons de la régression de la première pandémie ?
- Les raisons de la non régression de la seconde pandémie ?
- Impact sur la diversité génétique des ormes ?
- Situation actuelle en France et conservation des ormes ?



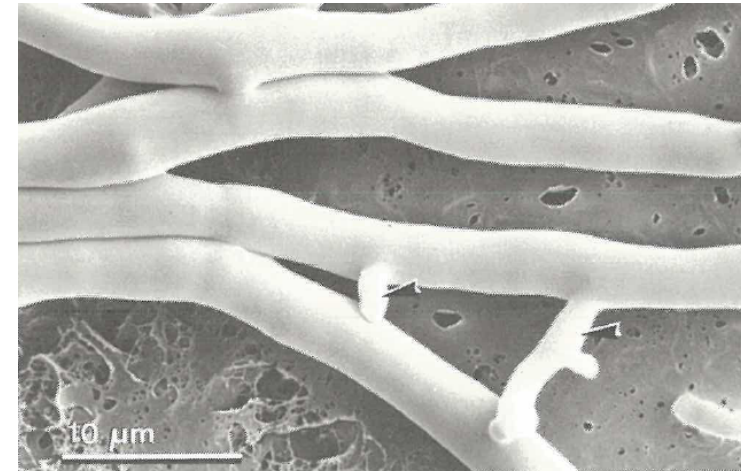
# Q1 : la régression de la première pandémie? (1/2)



- Sensibilité relativement faible des ormes européens

## ▪ Autres hypothèses (Brasier) :

- Développement clonal d'*O. ulmi*
- Propagation dans la population clonale d'*O. ulmi* (nombreux échanges cytoplasmiques entre souches compatibles) de "RNA virus" délétères



# Q1: la régression de la première pandémie? (2/2)

## ▪ Les Mycovirus

▪ Fréquents chez de nombreux champignons dont des pathogènes forestiers (*Cryphonectria parasitica*, *Heterobasidion annosum*, *Fusarium circinatum*, *Hymenoscyphus fraxineus*...*Diplodia sapinea*...).

▪ Tous n'ont pas une action sur la relation hôte-pathogène

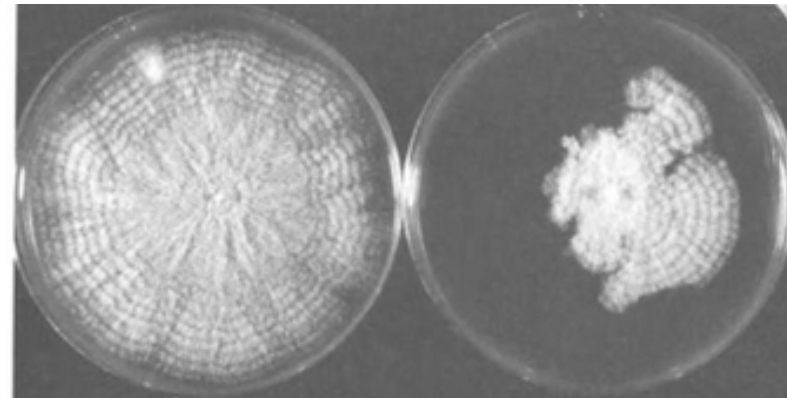
▪ 13 Mycovirus détectés chez *O. ulmi* et *O. novo-ulmi*

▪ d-factor

- réduction de la croissance mycélienne

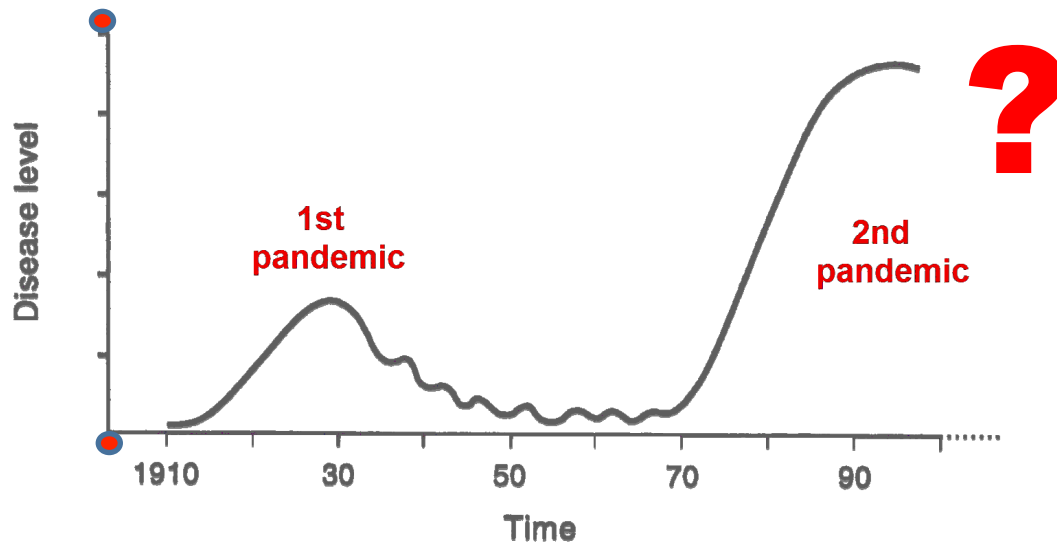
-faible viabilité des conidies :

la charge en spores des scolytes doit être beaucoup plus forte (X50) pour réussir l'infection



From Webber, J. F. (2012).

## Q2 : la non régression de la seconde pandémie? (1/1)



- Forte Sensibilité des ormes européens

### ▪Autres évènements (Brasier) :

- *O. novo-ulmi* a simultanément acquis des gènes d'incompatibilité végétative (vic) et d'accouplement (MAT-1) d'*O. ulmi* via transfert horizontal de gènes.
- Hybridation entre *O. novo-ulmi* d'Europe centrale X *O. novo-ulmi* nord-américain
- En conséquence, *O. novo-ulmi* est devenu génétiquement très diversifié, avec de nombreux groupes d'incompatibilité . Peu d'infections virales à travers l'Europe.



# Q3 : Impacts sur la diversité génétique des ormes ? (1/3)

## Quelques analyses de diversité génétique d'*Ulmus minor* en Europe

AUTEURS	ANNEE	METHODE	AIRE GEOGRAPHIQUE	REFERENCE
Machon et al.	1995	isozymes	France	Heredity, 74, 39—47.
Machon et al.	1997	allozymes	France	Heredity, 78, 12—20.
Cogolludo et al.	2000	isozymes	Espagne	Heredity 85, 157–166
Coleman et al.	2000	RAPDs	Angleterre	Botanical Journal of the Linnean Society 133, 241–262.
Goodall-Copestake et al.	2005	RAPD et ISSRs	Europe	Biological Conservation, 122, 537–546.
Fuentes-Utrilla et al.	2014	SSRs	Espagne et Baléares	Heredity, 113, 21–31.
Zebec et al.	2016	SSRs	Croatie	Acta Bot. Croat. 75 (1), 53–59
Buiteveld et al.	2016	SSRs	Pays Bas	Plant Ecology and Evolution, 49 (2): 165–176

**Aucune étude ne permet de conclure à une perte de diversité génétique d'*Ulmus minor* suite à la graphiose**

**Faible différenciation génétique entre populations d'*Ulmus minor* à l'échelle de l'Europe (sauf probablement en limite d'aire)**



# Q3 : Impacts sur la diversité génétique des ormes ? (2/3)

## Résultats identiques aux USA, incluant des échantillons d'herbiers d'avant l'épidémie



Conserv Genet (2016) 17:1001–1010  
DOI 10.1007/s10592-016-0838-1



RESEARCH ARTICLE

### Conservation of genetic diversity in slippery elm (*Ulmus rubra*) in Wisconsin despite the devastating impact of Dutch elm disease

Johanne Brunet<sup>1</sup> · Juan Zalapa<sup>2</sup> · Raymond Guries<sup>3</sup>

## Difficulté de trouver un exemple de réduction de la diversité génétique suite à l'introduction d'un parasite

*Ophiognomonia clavigignenti-juglandacearum*

MOLECULAR ECOLOGY

Molecular Ecology (2010) 19, 4876–4891

Range-wide distribution of genetic diversity in the North American tree *Juglans cinerea*: a product of range shifts, not ecological marginality or recent population decline

SEAN M. HOBAN,\* DANIEL S. BORKOWSKI,\* SUNSHINE L. BROSI,† TIM S. McCLEARY,\*



Conserv Genet (2012) 13:475–498  
DOI 10.1007/s10592-011-0301-2

RESEARCH ARTICLE

Widespread inbreeding and unexpected geographic patterns of genetic variation in eastern hemlock (*Tsuga canadensis*), an imperiled North American conifer

Kevin M. Potter · Robert M. Jetton ·

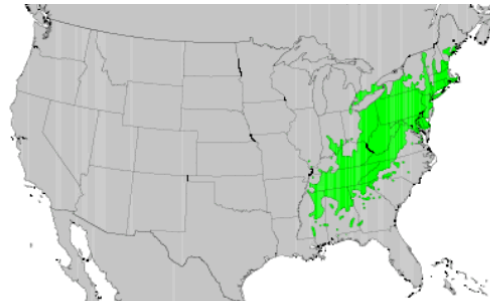
*Adelges tsugae*





# Q3 : Impacts sur la diversité génétique des ormes ? (3/3)

## Idem pour le chancre du châtaignier aux USA



***Castanea dentata* :**  
**espèce "clé de voute"**



Review

New  
Phytologist



### *Tansley review*

A conceptual framework for restoration of threatened plants: the effective model of American chestnut (*Castanea dentata*) reintroduction

Author for correspondence:  
David S. Temple

Douglas F. Jacobs<sup>1\*</sup>, Harmony J. Dalgleish<sup>1,2\*</sup> and C. Dana Nelson<sup>3\*</sup>

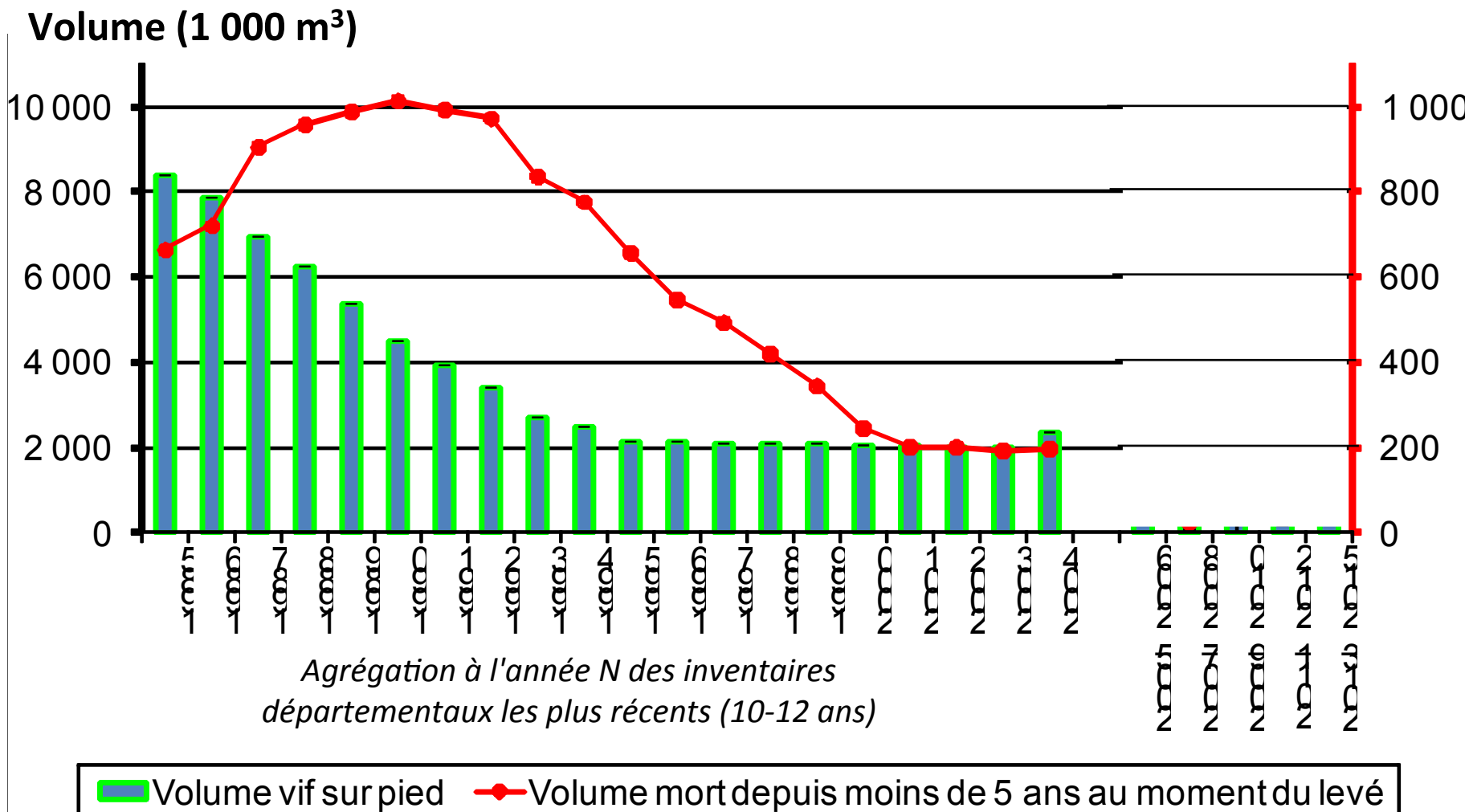
*It is unclear whether the low genetic diversity as observed using isozyme markers predisposed *C. dentata* to rapid population decline in response to the blight epidemic or whether it is a consequence of blight-induced population decline (Jacobs et al, 2013)*



# Q4 : Situation actuelle en France? (1/7)

## Les chiffres de l'IFN (Forêt)

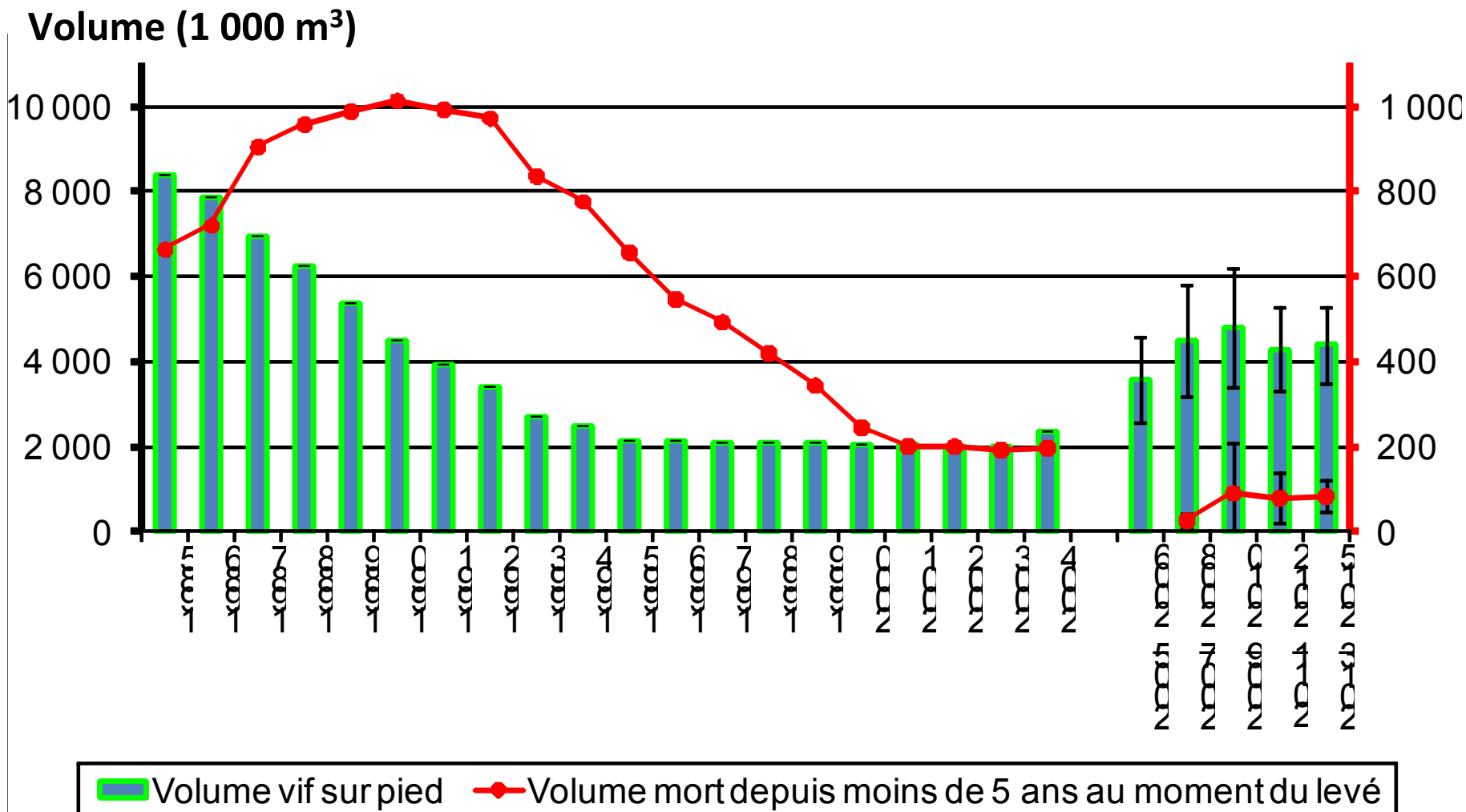
← Ancienne méthode →



# Q4 : Situation actuelle en France? (2/7)

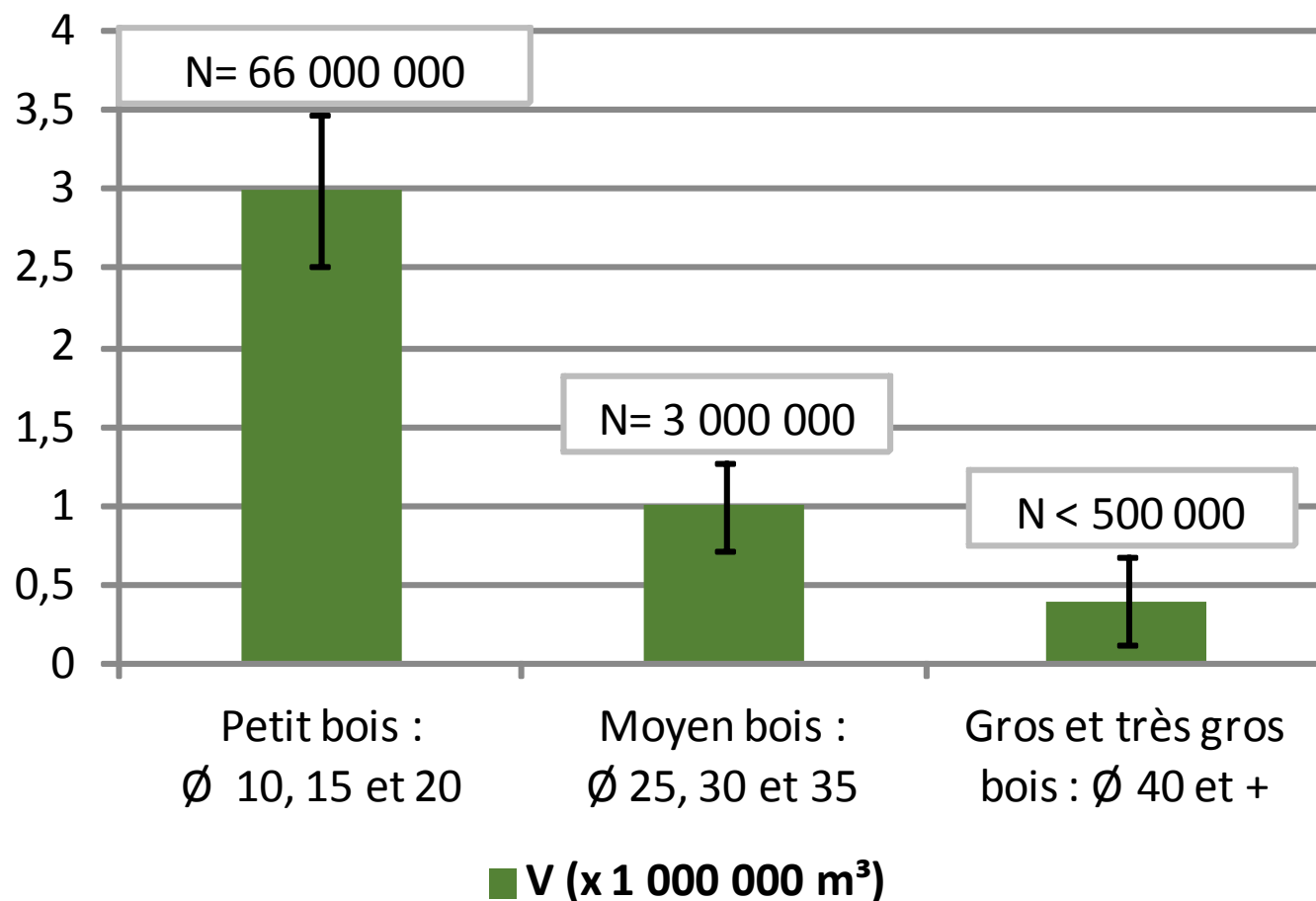
## Les chiffres de l'IFN (Forêt)

← Ancienne méthode → ← Nouvelle méthode →



# Q4 : Situation actuelle en France? (3/7)

## Les chiffres de l'IFN (Forêt)



Années de référence : 2011-2015

## Q4 : Situation actuelle en France? (4/7)

- L'orme n'a pas disparu... Forte stabilité des effectifs depuis 20 ans

### Hypothèse 1 : Diminution de l'agressivité du pathogène (évolution génétique).

- En G.B., 2011, ré-échantillonnage des 3 sites originaux d'éclosion des années 1970
- Comparaison du pouvoir pathogène des isolats 2001 vs 1983 sur *Ulmus procera* (*U. minor*)
- Aucune preuve d'atténuation de l'agressivité d'*O. novo-ulmi* ; les souches "2011" sont aussi agressives que celles de 1983





# Q4 : Situation actuelle en France? (5/7)

- L'orme n'a pas disparu... Forte stabilité des effectifs depuis 20 ans

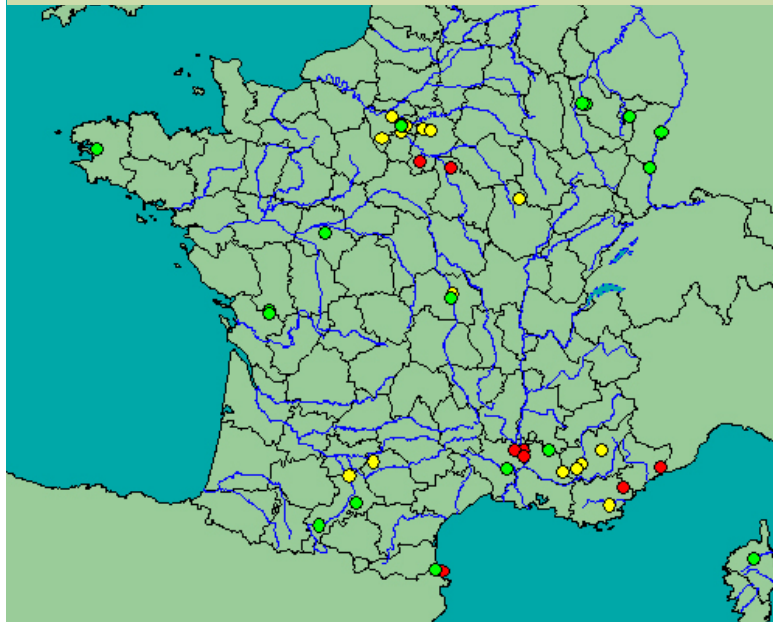
## Hypothèse 2 : Diminution de la pression d'inoculum ?

- Raréfaction des vecteurs (réduction de l'abondance des hôtes, parasitisme...)
- Diminution de la charge de spores viables sur les vecteurs ?
- Décalage des inoculations / maximum de sensibilité de l'hôte ?
- Aucune étude récente

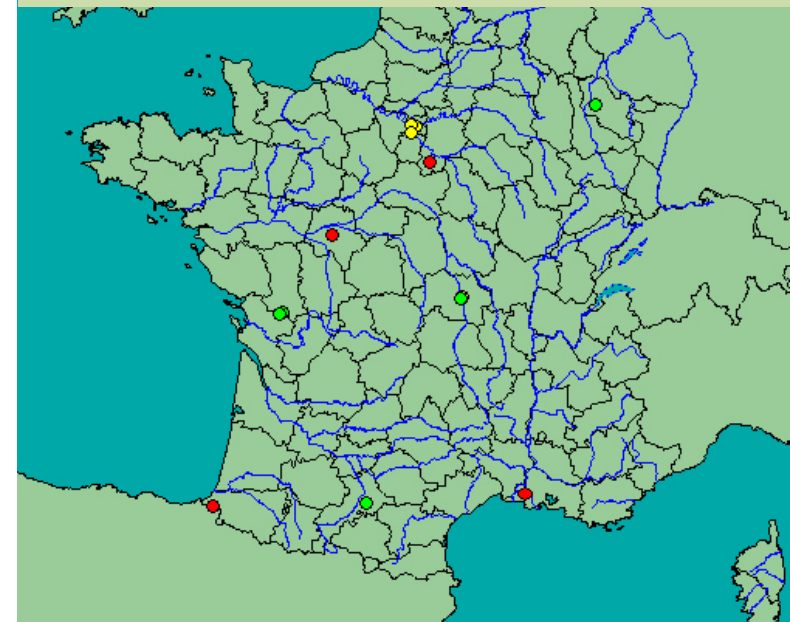
Réseau Entomologie de l'ONF (T. Noblecourt) ;

+ de 250 000 données en base (une espèce, une date, un lieu,  $\forall$  le nombre d'individus) s

85 données *S. multistriatus*



19 données *S. scolytus*



- avant 2000
- 2001-10
- après 2010

## Q4 : Situation actuelle en France? (6/7)

- L'orme n'a pas disparu...mais comportement différent suivant les espèces

### Hypothèse 3 : Augmentation de la résistance des ormes ?

- Années 80' : Ministères, pépiniéristes, chercheurs emboitent le pas des environmentalistes normands (DRAE, CREPAN) qui considéraient l'orme champêtre comme en voie de disparition et donc à conserver d'urgence sous forme clonale par bouturage.
  - 400 Clones de 1987-1992 à Nogent/Vernisson
- Inoculations répétées (sites ; années) de  $\approx$  200 clones (Pinon et al.2005, Ann. For. Sci. 62, 689-696)
  - *U. glabra est l'espèce indigène la plus sensible*
  - *Fort effet clone au sein des 3 espèces*
  - *Certains clones présentent une bonne faculté de récupération (= rémission)*
  - *Aucun clone n'est résistant / Témoins 'Sapporo Autumn Gold'<sup>®</sup> ou 'LUTECE<sup>®</sup> Nanguen')*
- Des essais au champ / Contaminations naturelle (Irstea)
  - *capacité limitée de guérison des meilleurs clones après contamination*
  - *" très variable entre individus d'un même clone*
  - *" demeure instable dans le temps ; des arbres présumés 'guéris' peuvent mourir suite à nouvelles contaminations.*
- Collection scientifiquement intéressante mais de peu d'intérêt pour la conservation

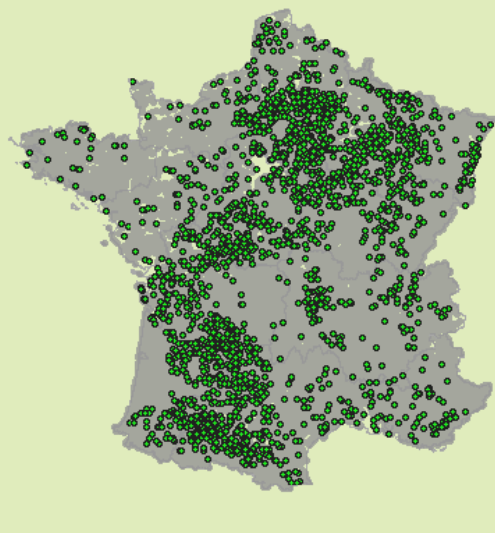
# Q4 : Situation actuelle en France? (7/7)

- L'orme n'a pas disparu...mais risques différents suivant les espèces

## Orme champêtre

- Très présent (forêts, haies)
- Rejette de souche
- Drageonne abondamment
- Fructification précoce
- Pas d'érosion génétique

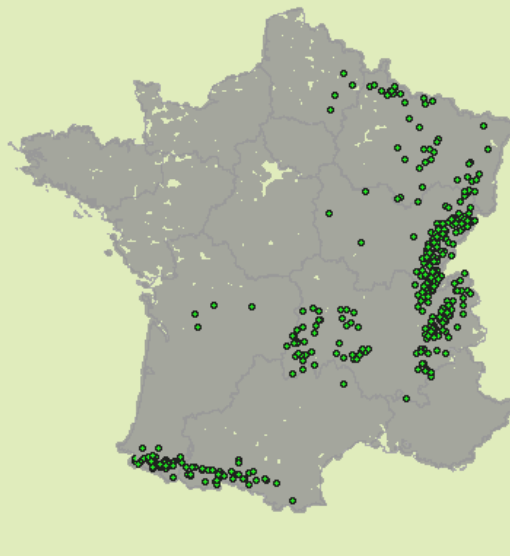
*Pas de mesures de conservation*



## Orme de montagne

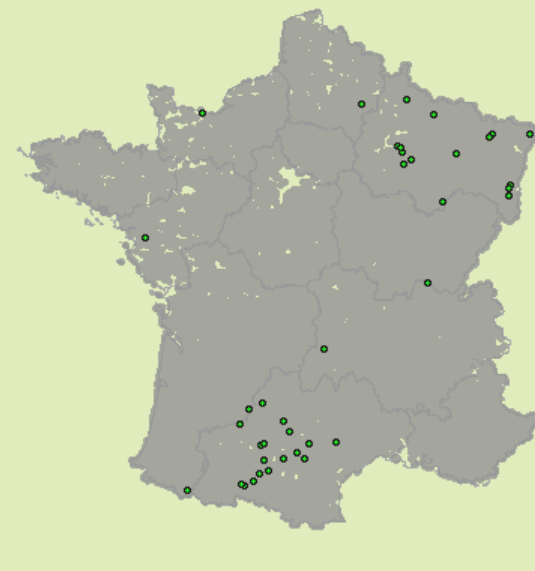
- Ne rejette ni drageonne
- Forte sensibilité graphiose
- Semis consommés par gibier...

*Mesure de conservations associant protection de l'habitat et sylviculture. (Unité de conservation)*



## Orme lisse

- Peu sensible aux scolyte
- Drageonne
- **M e n a c é** p a r fragmentation / destruction de son habitat
- Disséminé, pop. réduites
- **Risque d'érosion génétique**



# Q4 : Situation actuelle en France? (7/7)

- Réseau de Conservation dynamique paneuropéenne de l'Orme lisse (EUFGIS 2013)




*U. laevis* : 17 UC  
dans 7 pays

## En conclusion : Quels enseignements ?

- Le déroulement d'une épidémie n'est pas un long fleuve tranquille
- Succession d'évènements imprévisibles (nouvelle introduction, substitution de symbiotes, évolution génétique du pathogène, virus...) peuvent modifier profondément l'épidémiologie d'une maladie
- Perte de diversité génétique de l'hôte : le pire n'est jamais certain
- "Conservation génétique *ex situ* ou statique" vs "Conservation génétique *in situ* ou dynamique", à raisonner au niveau européen.
- Même après 100 ans de recherches sur la graphiose et des milliers de publications, des questions subsistent...et des recherches sont nécessaires pour prévoir à plus long terme.



A large, full-canopied green tree stands in a field of tall grass. In the distance, a stone cross is visible on a pedestal. The sky is blue with scattered white clouds.

Merci de votre  
attention.

*Orme champêtre ayant résisté à la graphiose à Saint-Crépin-aux-Bois.*