Modélisation de l'impact du fomès sur la croissance du Pin maritime

Brigitte Lung-Escarmant, Didier Bert,
Xavier Capdevielle, Thierry Labbé,
Jean-Baptiste Lasnier, Raphaël Ségura,
Gilles Saint-Jean, Céline Meredieu

INRA, UMR1202 BIOGECO,
F-33610 Cestas, France

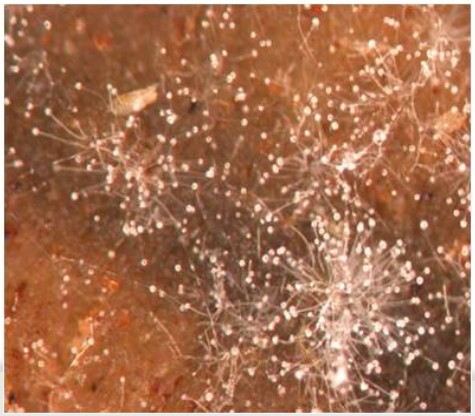
François de Coligny, INRA, UMR AMAP

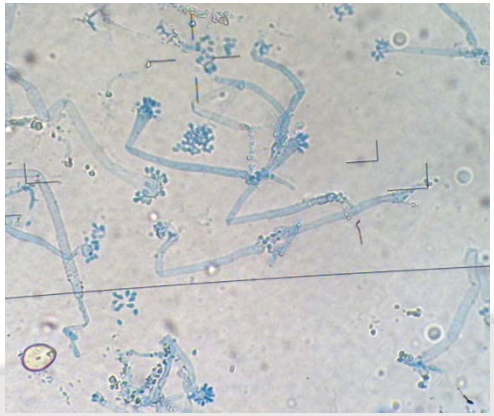
Le fomès : *Heterobasidion annosum*

Champignon racinaire pathogène

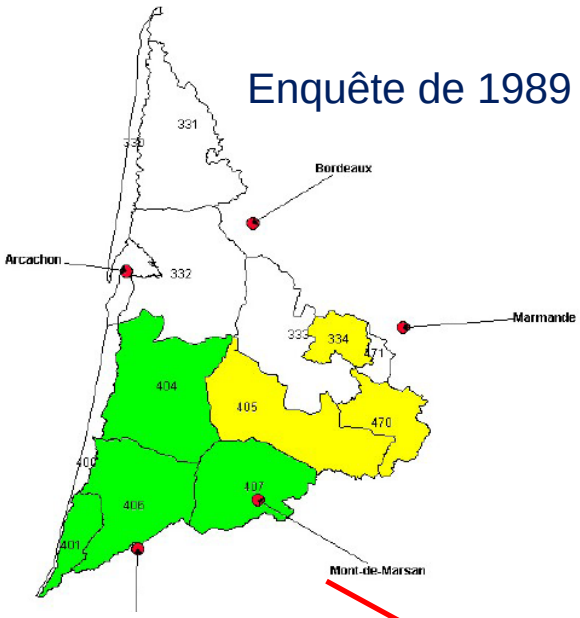
Pourridiés des résineux

Diagnostic en forêt et au laboratoire

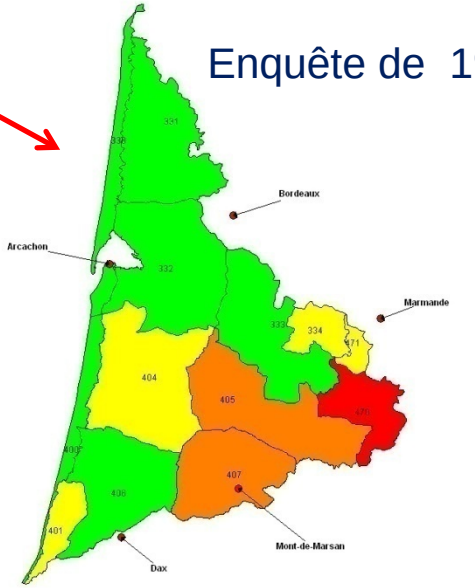




Des dégâts en forêt landaise



Campet (47)

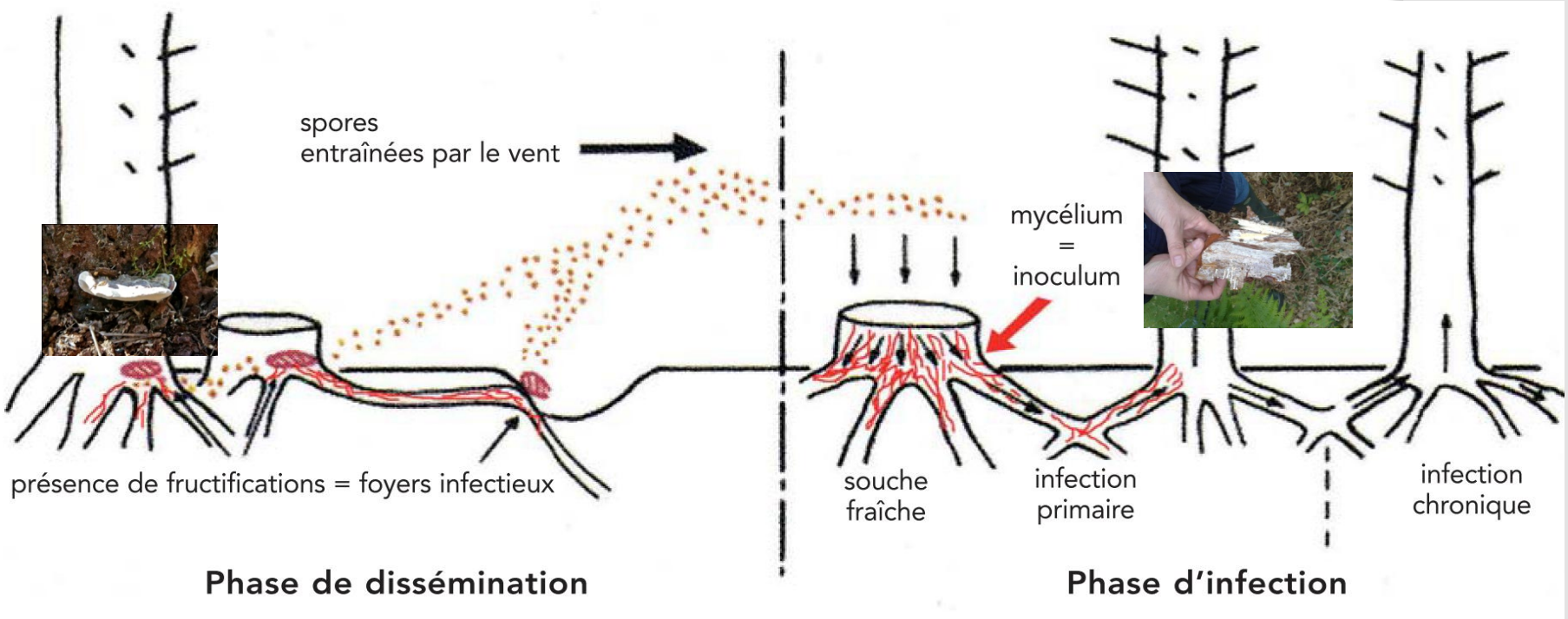


Forte progression des dégâts de Fomès dans le massif landais entre 1997 et 2005

(T. Aumonier – DSF 2008)

Lizay (Ile de Ré - 17)

Cycle de développement



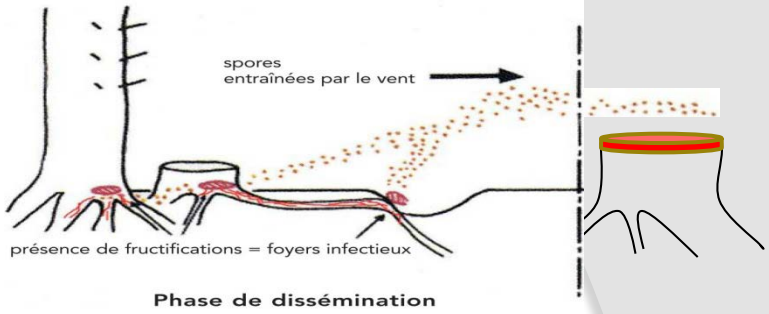
D'après C. Delatour, (Abgrall & Soutrenon, 1991)

- Apparition de carpophores → émission de spores sexuées → dépôt → infection et colonisation par le mycélium → transmission par contact racinaire

Comment modéliser la dynamique d'infection ?

- La dynamique du champignon
  - Le dépôt de spores
  - La colonisation des souches d'éclaircie
  - La propagation du mycélium aux arbres sains
- L'impact sur les arbres
  - Effets sur la croissance et la mortalité

Sur quelle distance se dispersent les spores?

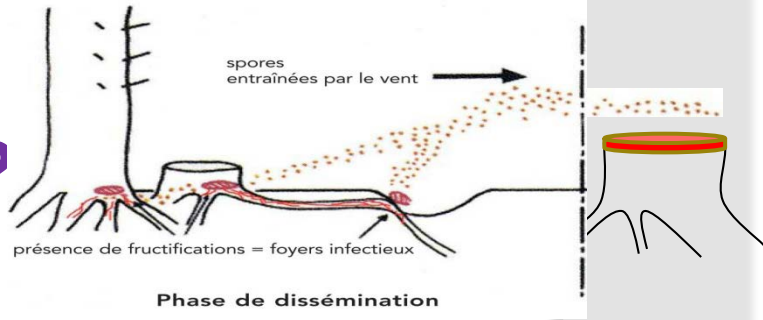


- Bibliographie internationale
  - Dispersion possible sur des centaines de km

MAIS

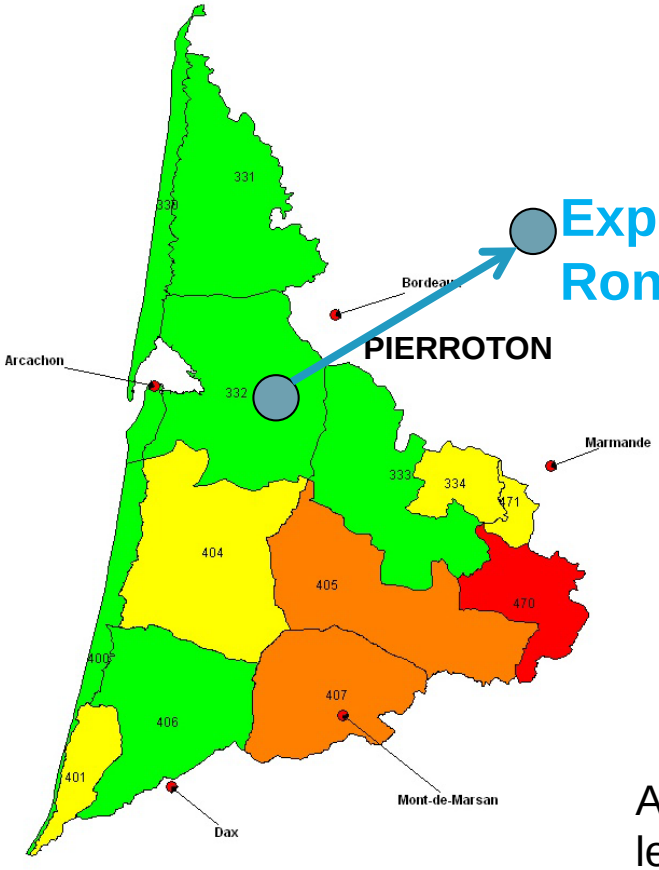
  - La viabilité des spores est faible à longues distances
  - La dispersion efficace des spores se situe entre 100 et 1 300 m.

Y a-t-il une période préférentielle de dispersion?



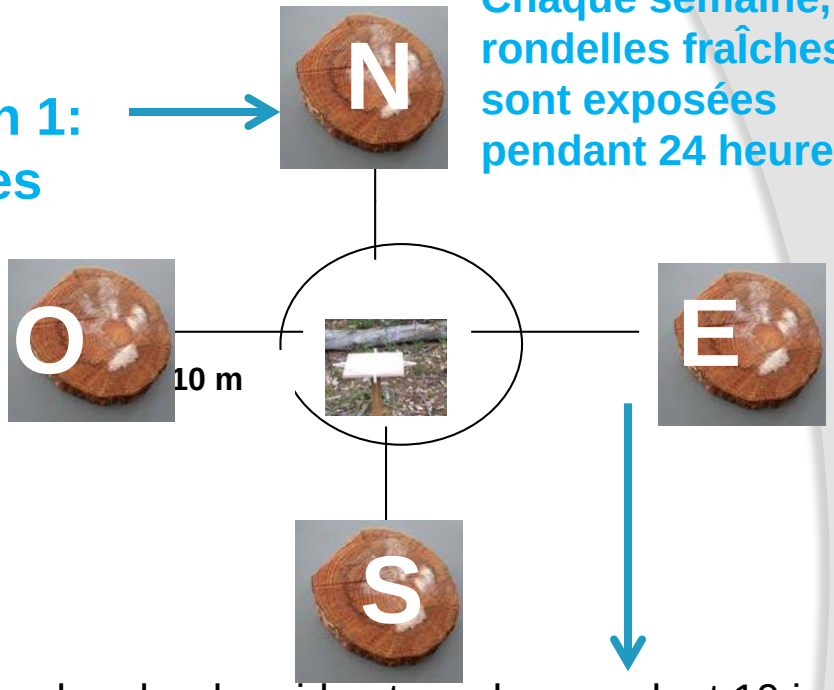
- Bibliographie internationale
  - Variable selon les régions du monde
  - En climat continental :
    probabilité maximale d'infection au cours de l'été et sans infection pendant l'hiver.
  - En climat atlantique (Angleterre) :
    toute l'année
  - En climat méditerranéen :
    probabilité maximale d'infection en hiver et sans infection pendant l'été.
- Des résultats d'expérimentation à l'INRA de Pierroton…

Suivi du dépôt de spores sur des souches fraîches



Experimentation 1: Rondelles pièges

Chaque semaine, 4 rondelles fraîches sont exposées pendant 24 heures.

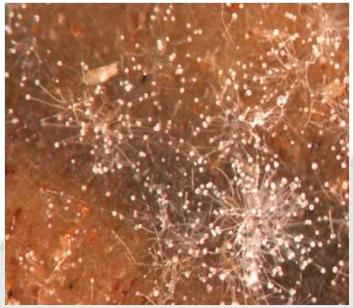


Après passage en chambre humide et sombre pendant 10 jours, les rondelles sont examinées et les colonies issues de la germination des spores sont comptées (stade imparfait de *H. annosum* (*Spiniger meineckellus*))

Experimentation 2: Souches d'éclaircie

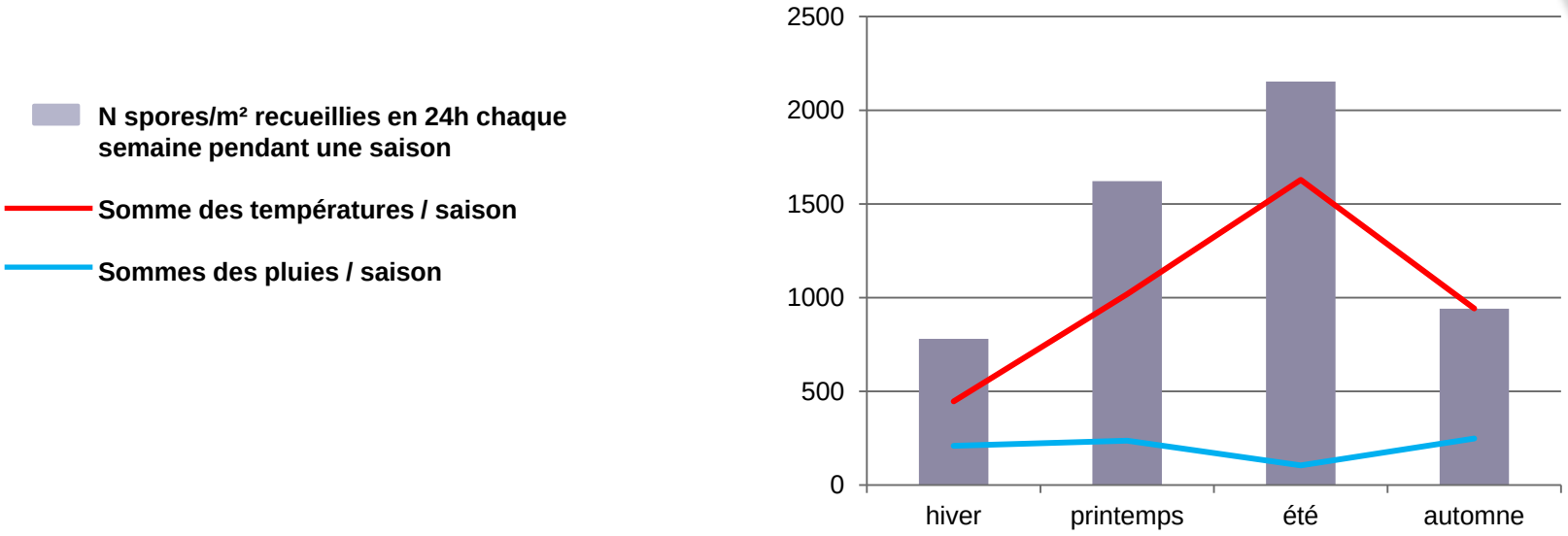
Dans 48 peuplements indemnes, répartis dans tout le massif, récolte de 50 rondelles de souches dans différentes stations et à différentes périodes (12 peuplements/saison/station)

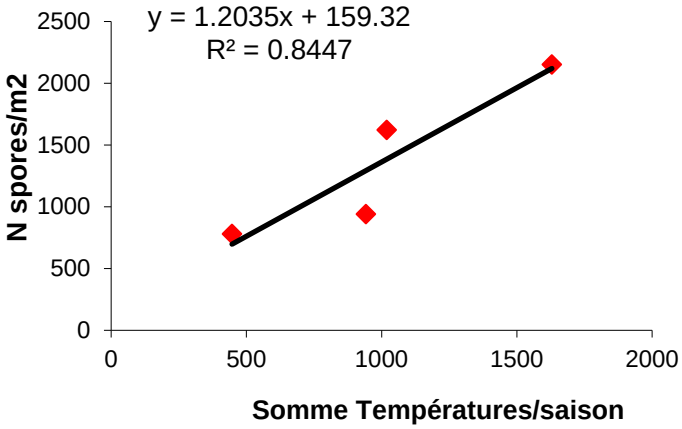
% souches infectées par le fomès

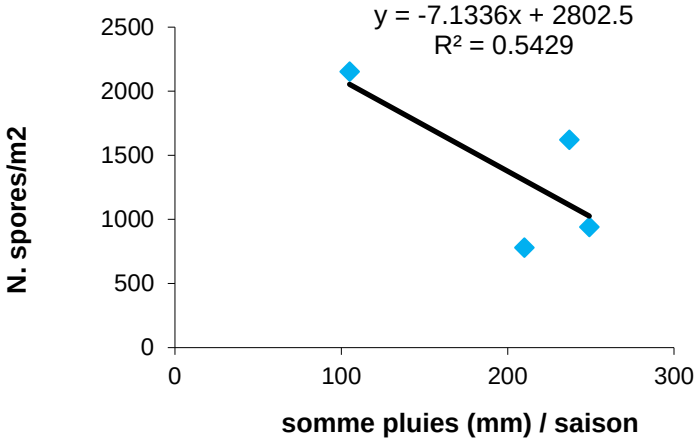


Nb spores/m²/24h (résultat de la germination des spores)

Experimentation 1: suivi du dépôt saisonnier de spores

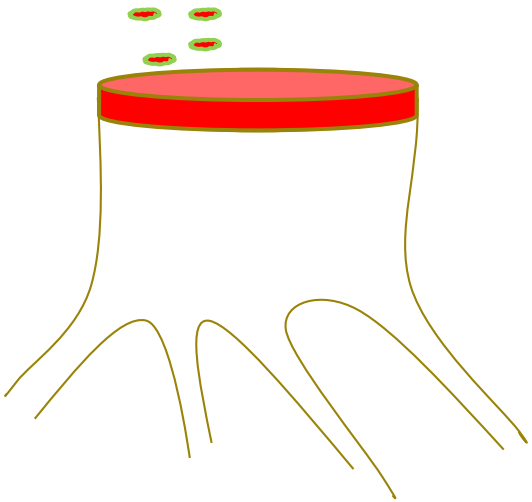


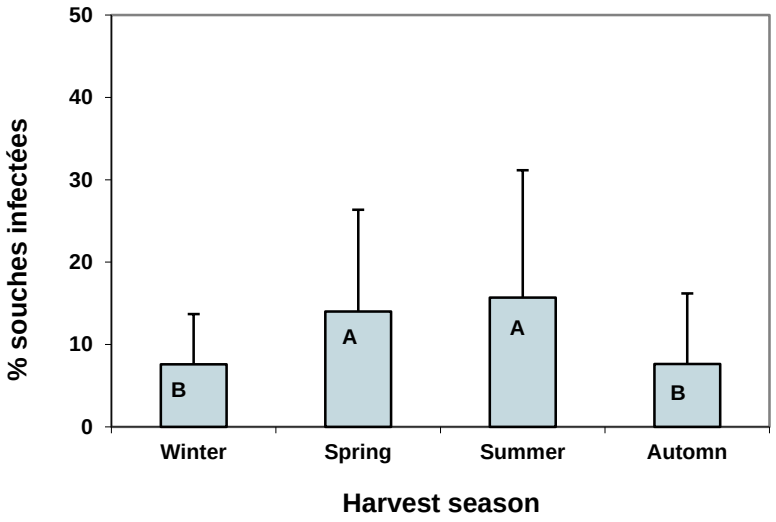




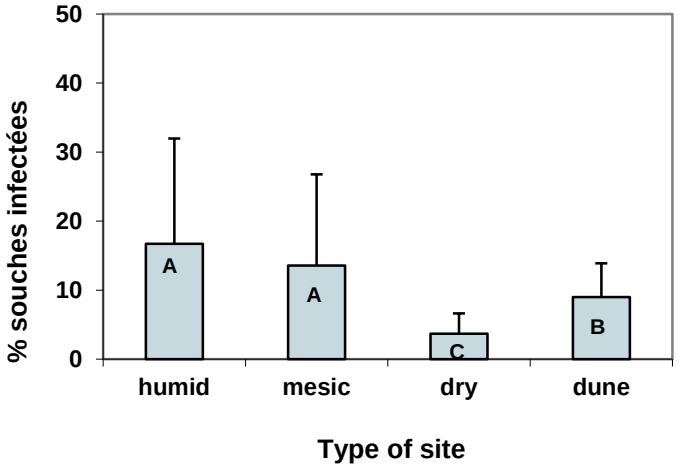
Experimentation 2 : Infection des souches d'éclaircie

Effet de la saison de la coupe

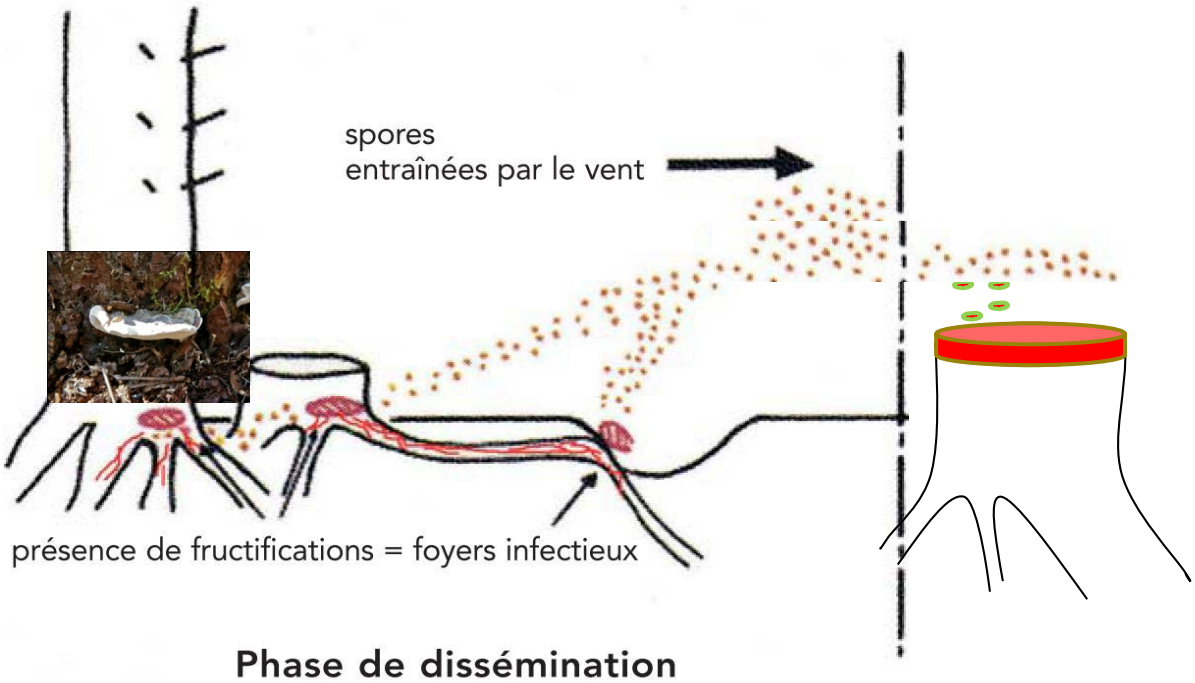




Effet du milieu



Modèle: Dynamique de l'infection
.1 Phase de dissémination aérienne



Prévision du nombre de souches fraîches infectées après une éclaircie : Pinf

- Nombre de spores par m² par saison

- Pourcentage de souches infectées après une éclaircie selon les facteurs édaphiques et selon la saison d'éclaircie

Colonisation des racines des souches d'éclaircie : Observations

Quatre ans après l'éclaircie :

Dans 6 peuplements parmi les 48 précédents sélectionnés dans quatre types de Landes

Dégagement des systèmes racinaires de 49 souches infectées et des deux arbres sains les plus proches

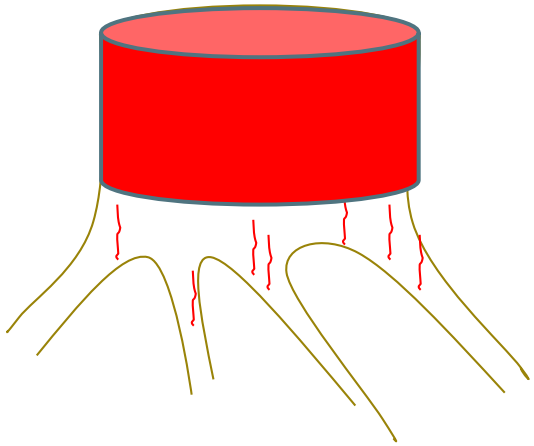
- **1 site humide: 16 systèmes racinaires à Herm**
- **1 site mésophile : 16 systèmes racinaires à Vieux Boucau**
- **2 sites de dune: 5 systèmes racinaires à La Teste ; 5 à Lit et Mixe**
- **2 sites secs: 4 systèmes racinaires à Morcenx ; 3 à Argelouse**

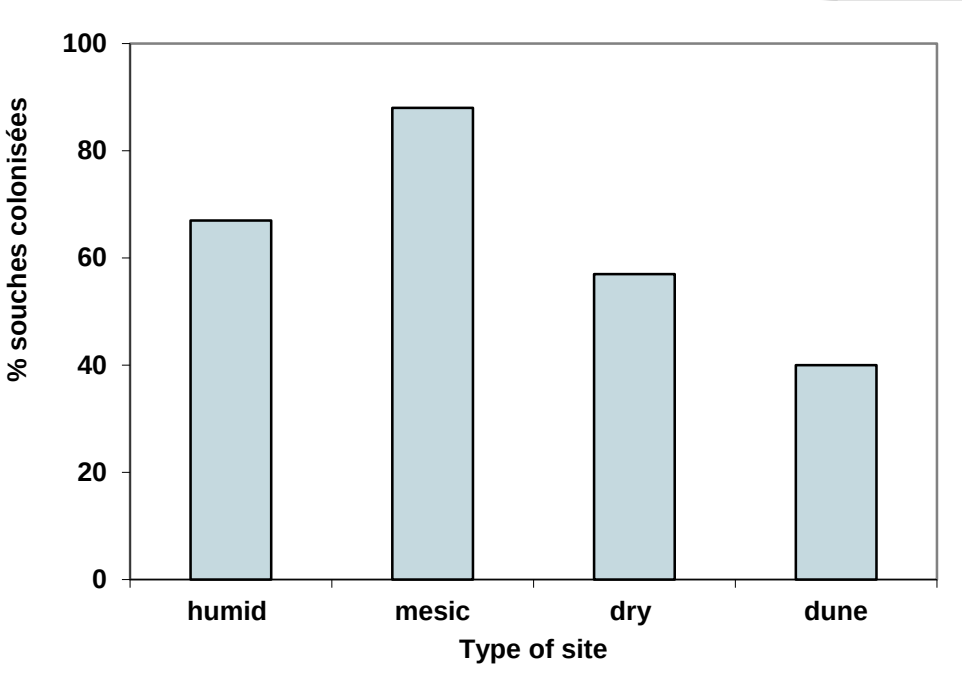
Mesures :

- % souches colonisées
- Longueur de racines colonisées (=> vitesse moyenne de croissance en cm/an)
- % de contacts racinaires infectés

Colonisation des racines des souches d'éclaircie : **Résultats**

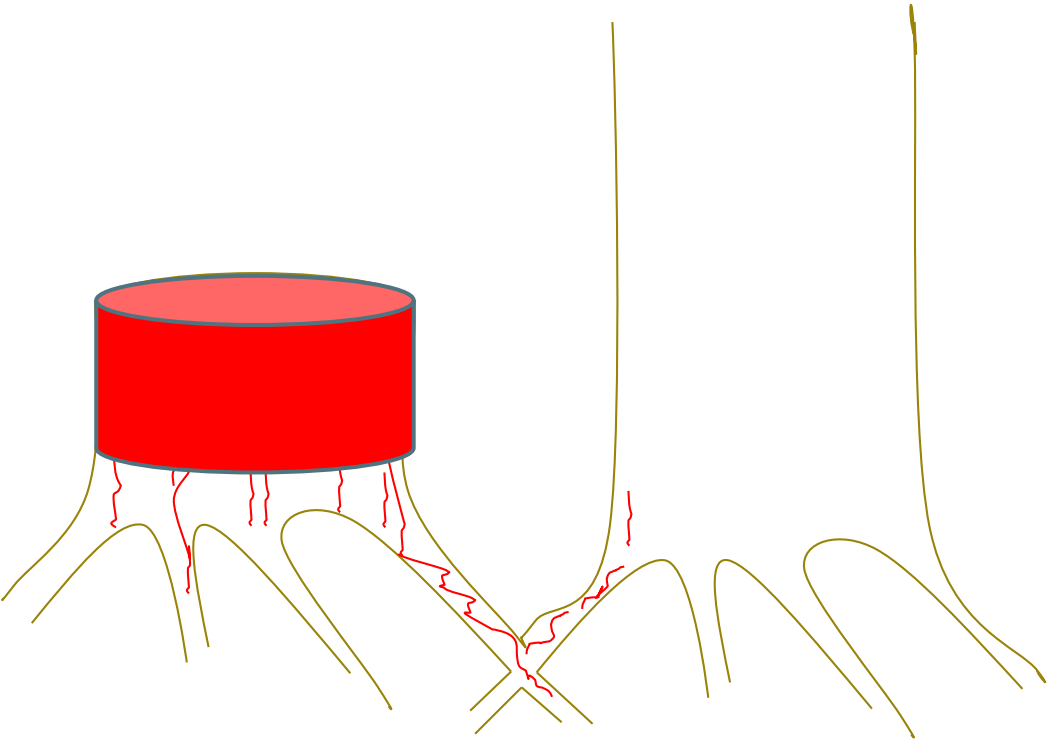
Probabilité qu'une souche infectée soit colonisée =f(Type de milieu)

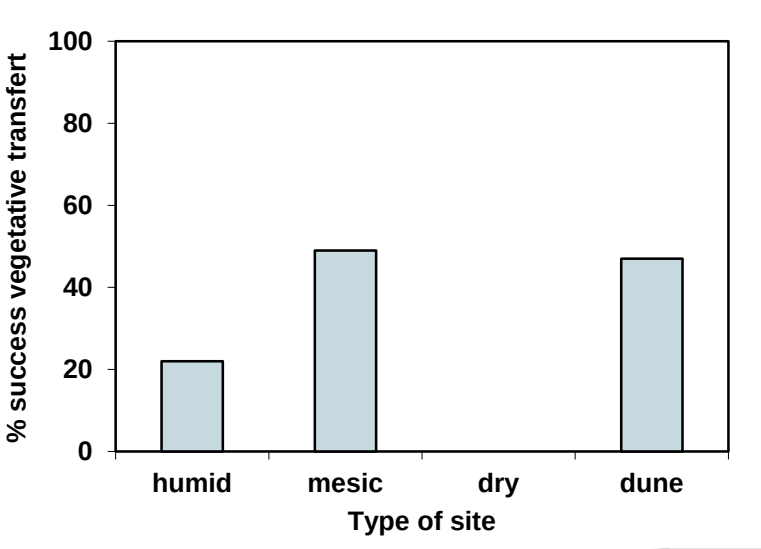




Colonisation des racines des souches d'éclaircie : Résultats

Probabilité du succès de transfert à un arbre sain = f(Type de milieu)





Colonisation des racines des souches d'éclaircie : Résultats

Taux de croissance du mycélium dans les souches

Types de milieu	Vitesse moyenne (cm /an**)**	Vitesse maximale (cm /an**)**
Humide	**30**	81
Mésophile	**35**	99
Dune	**25**	37.5
Sec	**15**	25
Moyenne (N = 49)	**26.25**	60.62

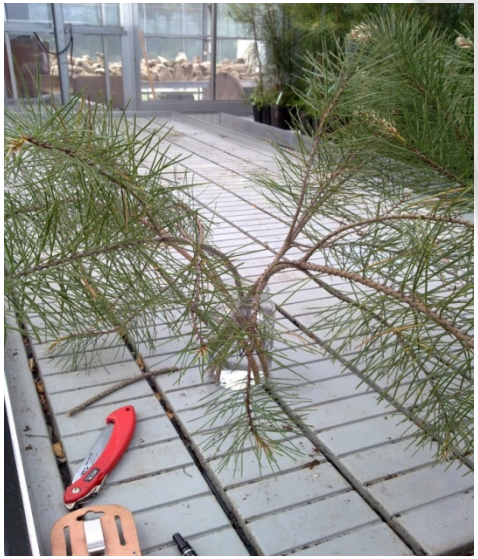
Inoculations artificielles : expérimentation

Inoculation de tige d'arbre de 2 ans (N=120)

Croissance du mycélium dans des tissus vivants

Après 75 ou 21 jours, mesure de la longueur de la nécrose

Inoculation dans des branches d'arbre de 8 ans (N=120)



Croissance du mycélium dans des tissus fraîchement coupés

Colonisation du bois

Taux de croissance du mycélium dans des tissus fraîchement coupés

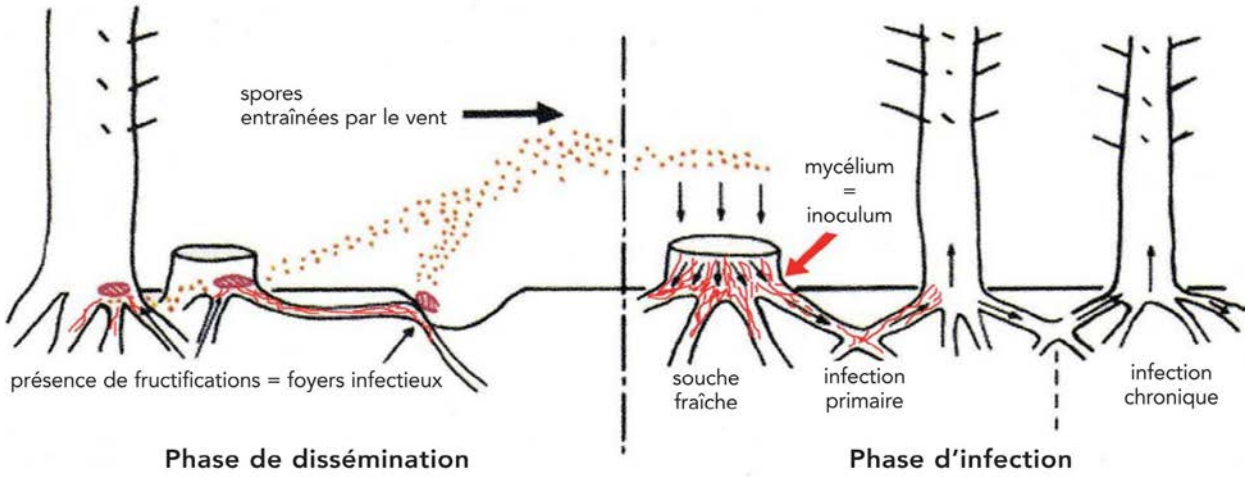
	Vitesse moyenne (cm / an)	Vitesse maximale (cm / an)
Moyenne dans les branches avec 6 isolats (N=44)	**25.83**	87
Moyenne dans les souches (N = 49) into the wild	***26.25***	*60.62*
Moyenne en Finlande (Pukkala 2005)	**50**	
Moyenne dans les branches avec 1 isolat (N=59)	**52**	114

Colonisation du bois

Taux de croissance du mycelium dans les arbres vivants

	Vitesse de croissance (cm / an)
Tige N=120	**6.64**
Moyenne en Finlande (Pukkala 2005, Bendz –Hellgren et al. 1999)	**10**

Modèle : Dynamique du champignon



1.Probabilité pour une souche fraiche d'être infectée par des spores : Pinf

- Nombre de spores par m² par saison

- Pourcentage de souches infectées après une éclaircie selon les facteurs édaphiques

- Efficacité du traitement

2. Probabilité pour une souche fraîche d'être colonisée : Pcol

- selon les facteurs édaphiques

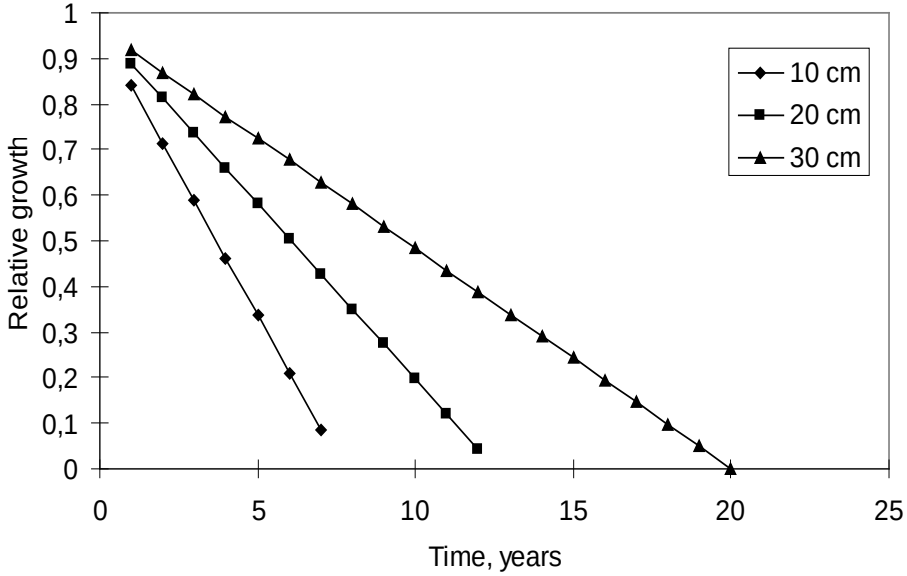
3. Croissance de H. annosum dans les souches/tissus vivants: Gha

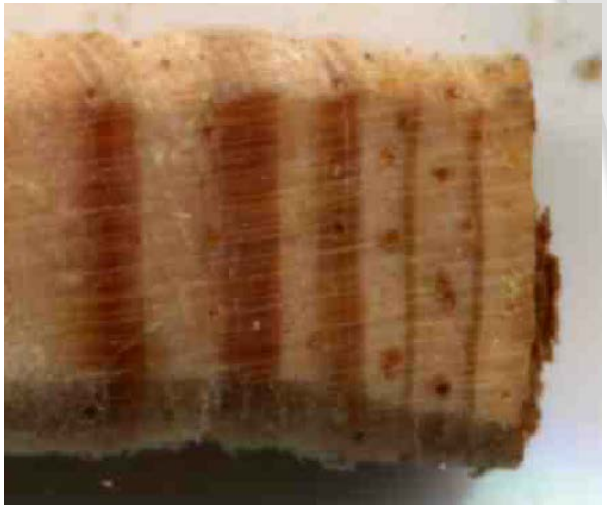
- taux de croissance selon les facteurs édaphiques et le type de tissus
- modélisation du rayon du système racinaire
- modélisation du nombre d'années d'infection et du rayon d'infection

4. Transfert végétatif aux arbres sains: PtransfertST

- selon les facteurs édaphiques

Effet du fomès sur la croissance des pins : Résultats





Pin sylvestre en Finlande (Pukkala 2005)

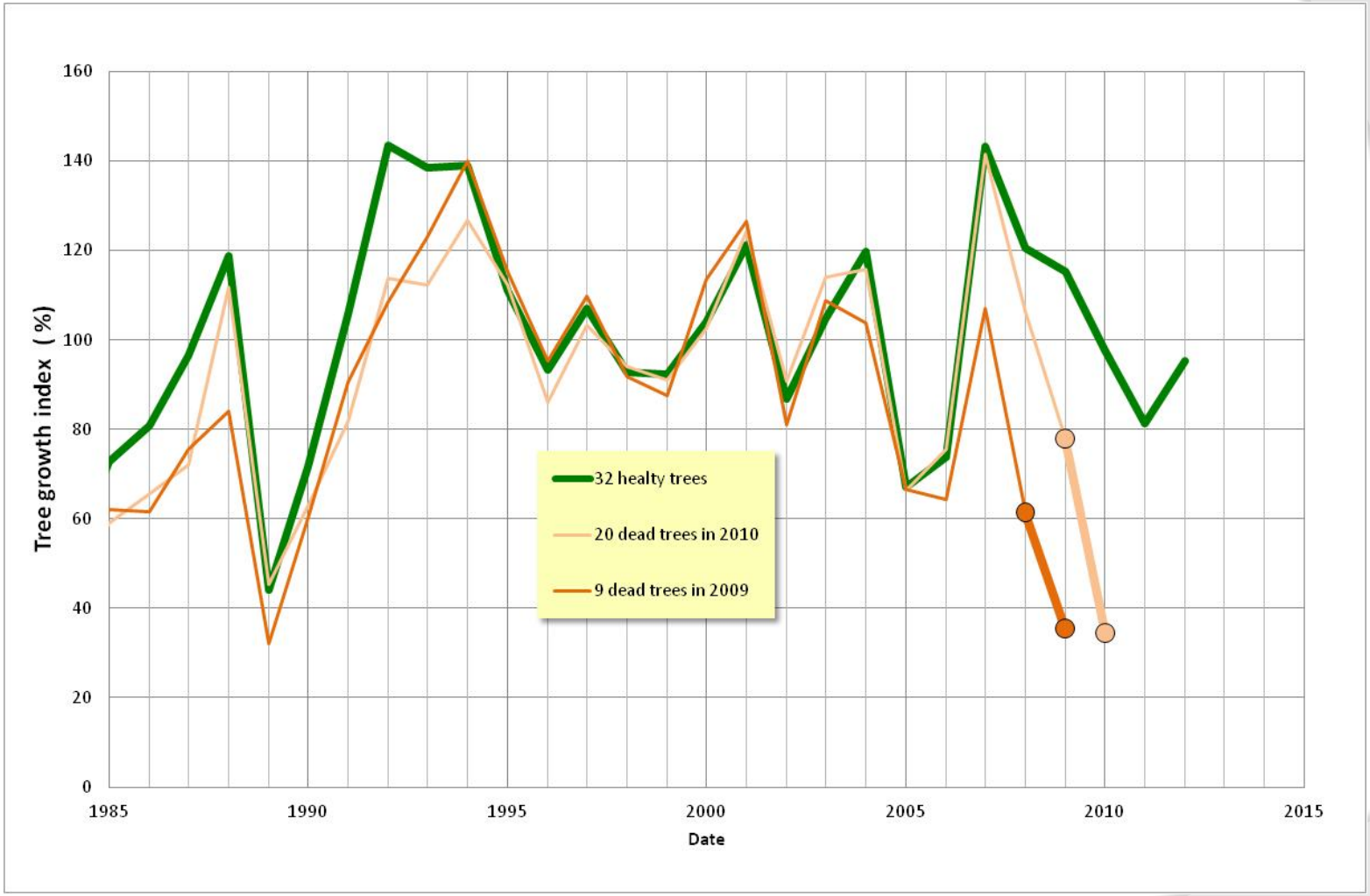
Pin maritime en France (Bert et al.)

Perte relative de croissance en diamètre

de 7 à 20 ans …….

2 ou 3 ans…?

Effet du fomès sur la croissance des pins : Résultats



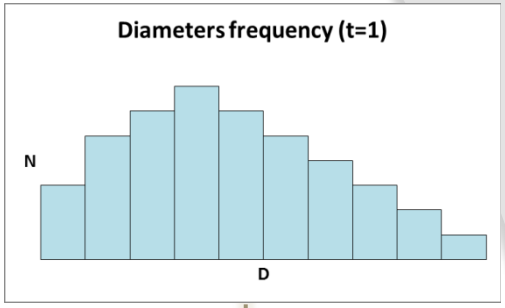
⇒Au moins deux années d'impact sur la croissance avant la mort

⇒Pas d'influence du diamètre initial

Schéma d'implémentation

t=1 **Peuplement initial (virtuel) ou réel**

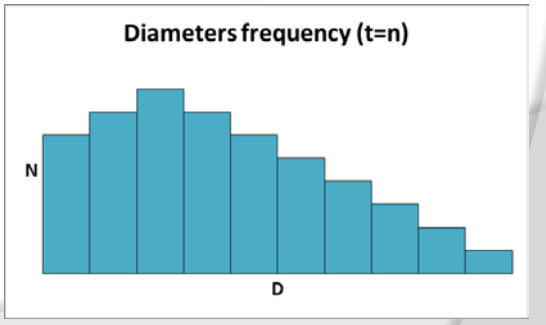
Peuplement initial:
Age≥7 ans, Densité,
G, Hdom



PP3→ modèle de croissance
pour le Pin maritime
calibré sur des arbres sains

$$D_{an2}=D_{an1}+\Delta Dt$$

Scénario sylvicole : éclaircies



t=n

Peuplement final :
Densité, G, Hdom

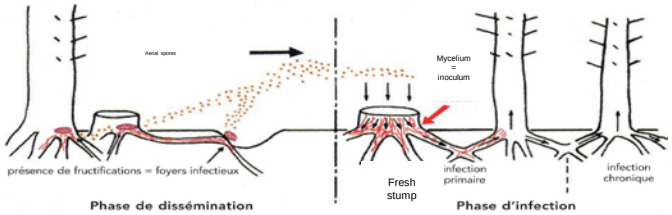
Peuplement à la coupe rase

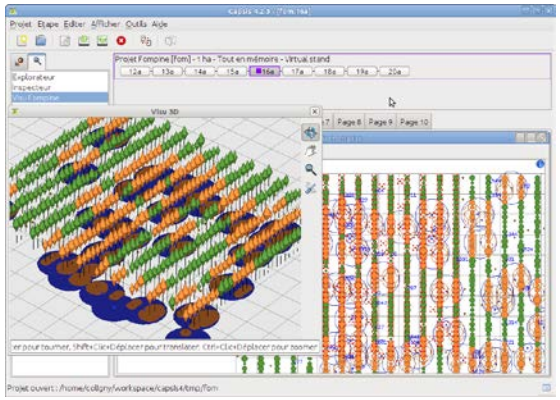
• Positions initiales de H. annosum au début de la révolution : position des souches infectées.

t=1

• Position des plants de Pin maritime au temps t=1

Dynamique du pathogène





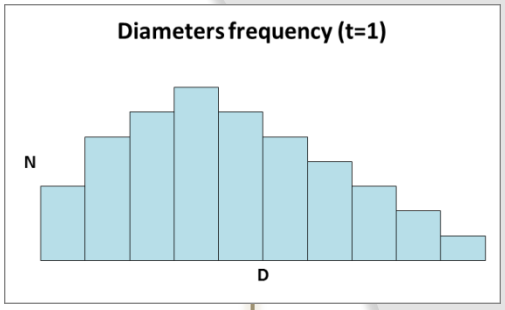
t=n

Peuplement précédent infecté ou non ; avec ou sans traitement des rémanents

Peuplement initial: Age≥7 ans, Densité, G, Hdom

Scénario sylvicole : éclaircies avec ou sans traitement des souches

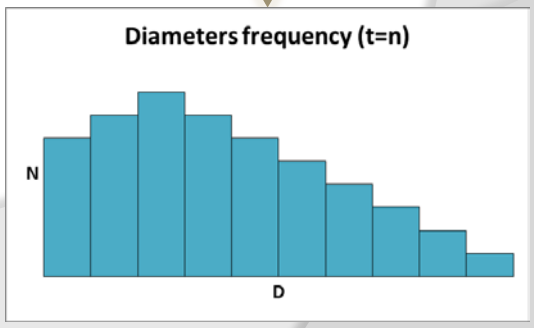
Peuplement final : Densité, G, Hdom



Impacts sur les arbres: croissance et survie

Pour un arbre infecté:
D_{an2}= (D_{an1}+ ΔDt
– Perte de croissance)

Si un arbre perd de la croissance 2 ans, il meurt.



TRAVAIL EN COURS

- Améliorer ou ajouter des équations ou des paramètres
  - Validation du modèle d'émission de spores
  - Impact sur la croissance
  - Schématiser la probabilité d'infection et la propagation dans le système racinaire
- Implémentation de Pinus pinaster (PP3 avec spatialisation)
- Ajout de FomPine
- Simulations et analyses de sensibilité
  - Optimisation de la gestion des sites infectées
- Validation de FomPine-PP grâce à un réseau de sites
  - Variabilité de sensibilité entre provenances de Pin maritime
  - Expérimentation de dessouchage
  - Expérimentation traitement de souches d'éclaircie/ Témoin (1 site)

RÉGION AQUITAINE
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT
FORRISK
UE/EU - FEDER/ERDF
SUDOE
Interreg IV B