

Modélisation spatio-temporelle d'un pathogène invasif, *Hymenoscyphus fraxineus*

ModStatSap
14 mars 2017

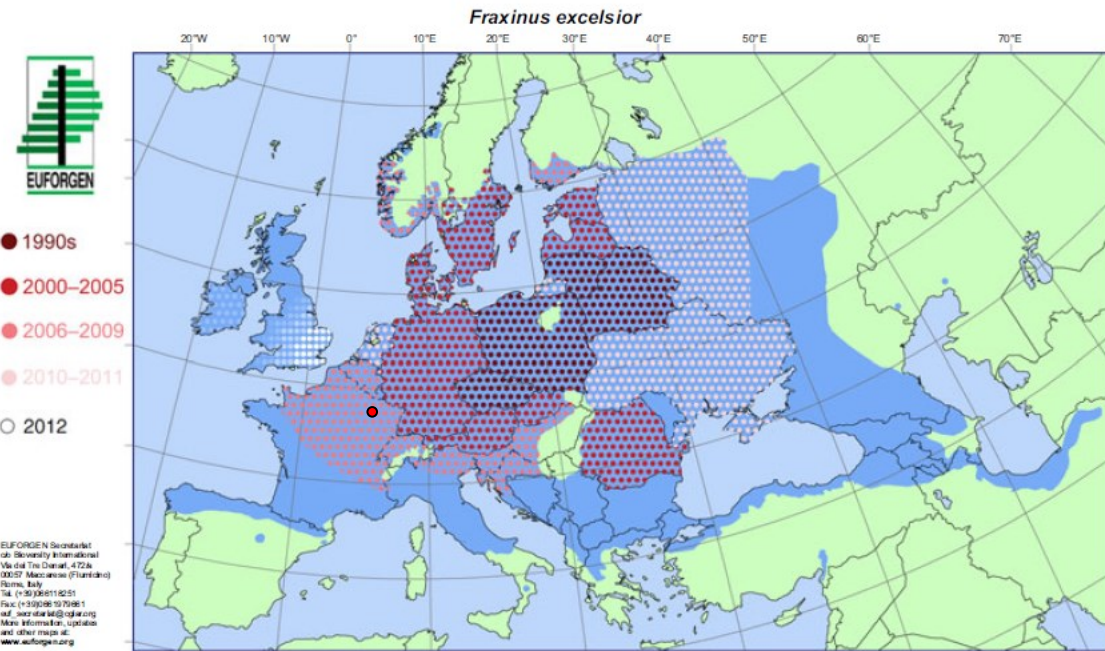
La Chalarose du frêne

- Emerge en Pologne en 1990

- Invasion rapide et massive
- 2008 en France

- Maladie causée par :

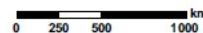
- Ascomycète → *Hymenoscyphus fraxineus*
- Hétérothallique : 2 mating types
- Introduction d'un nouveau pathogène invasif venu de l'Est de l'Asie



This distribution map, showing the natural distribution area of *Fraxinus excelsior*, was compiled by members of the EUFORGEN Networks

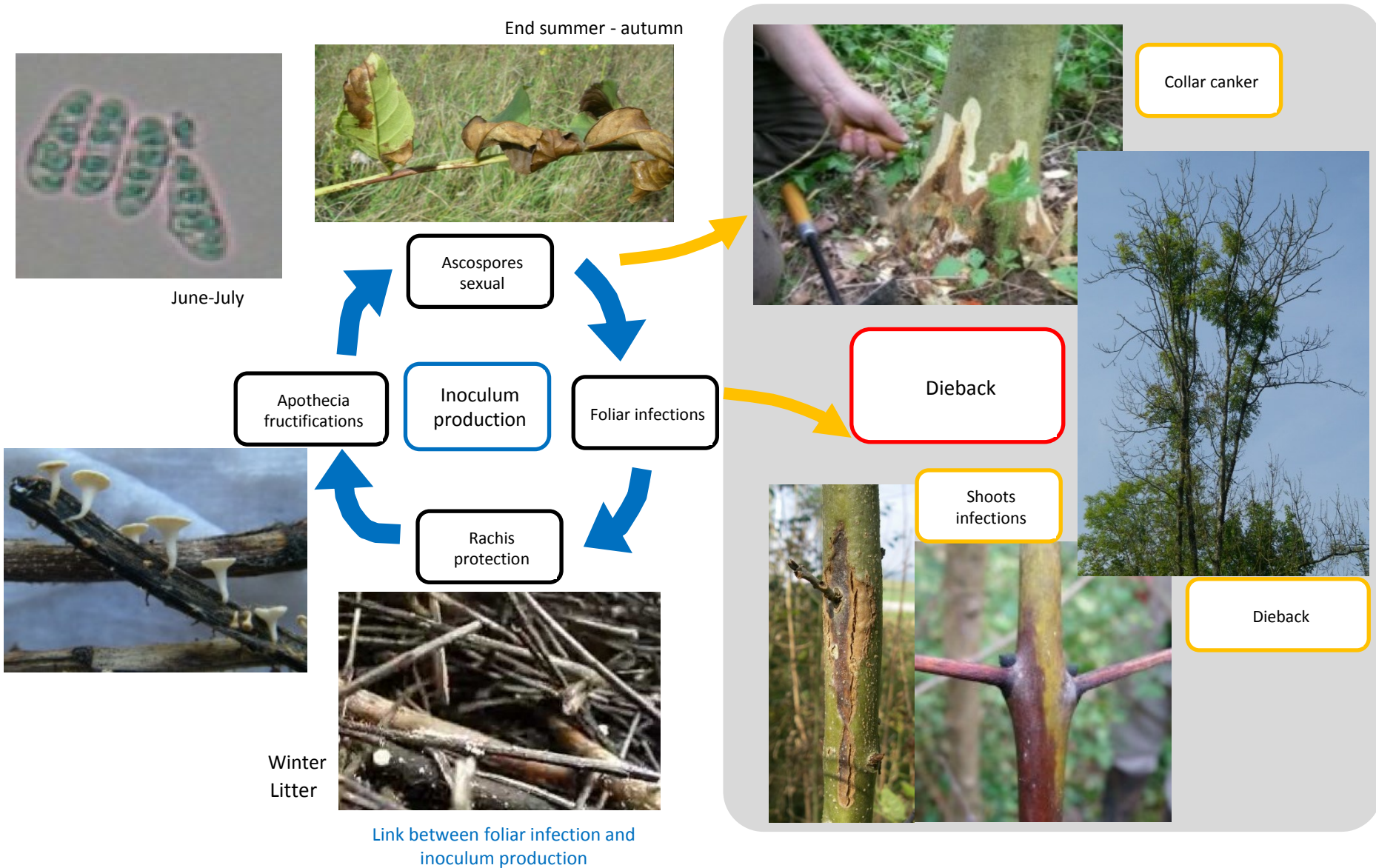
Citation: Distribution map of Common ash (*Fraxinus excelsior*) EUFORGEN 2009, www.euforgen.org.

First published online in 2003 - Updated on 30 July 2008



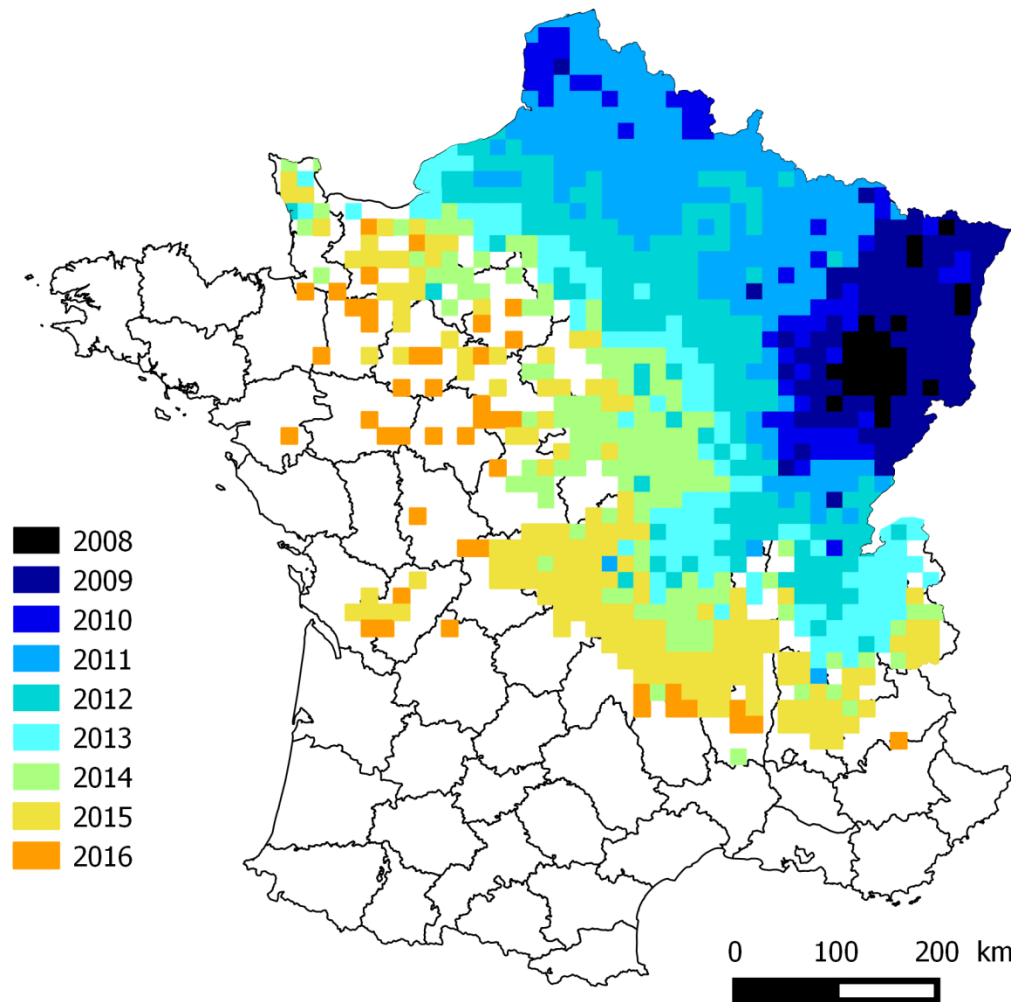
McKinney et al., 2014

Cylce biologique d'*Hymenoscyphus fraxineus*



Contexte français : données DSF

Année des premiers signalements de symptômes
de Chalarose dans un quadrat par le DSF



Premières observations
de symptômes en Haute-
Saône en 2008

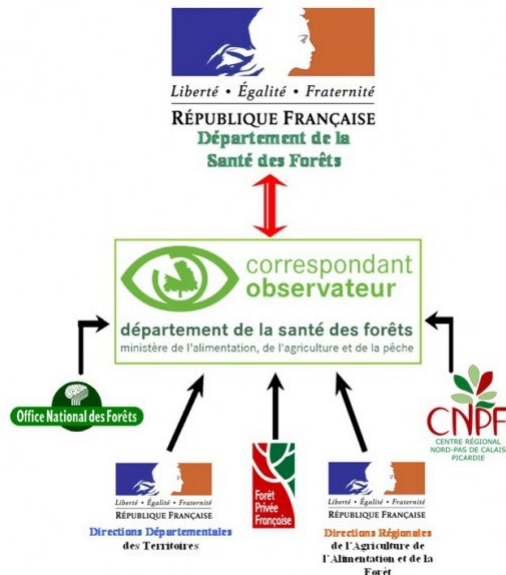
Objectifs

- Quelle est la vitesse de dispersion du pathogène?
 - Données symptomatiques
- Quels sont les facteurs environnementaux qui influencent cette dispersion ?
 - Relation environnementale (climat, hôte)
 - Spatial : France
 - Temporel : arrivé en 2008 et évolue chaque année

Approche : Modèle de réaction - diffusion

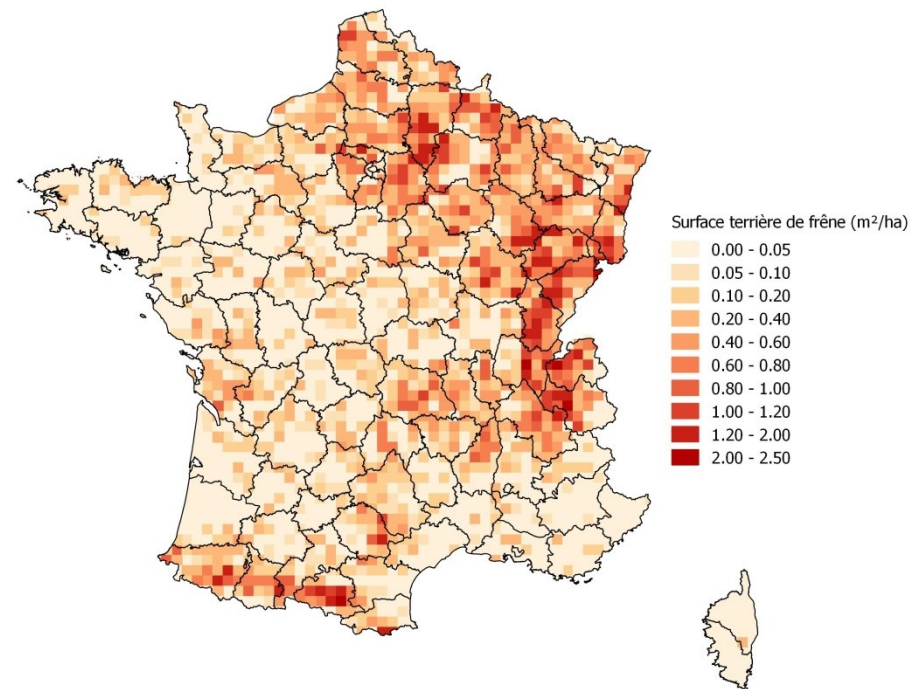
Les données symptomatiques du DSF

- Ponctuelles
- ~ 500 signalements / an
- Réseau de 220 Corespondants Observateurs formés pour la détection de problèmes phytosanitaires
- Positifs et négatifs
- Prévalence



Les données environnementales

- Densité d'hôte par l'IFN
- Températures par Météo France maille safran 16*16 km
- L'humidité représentée par les risques d'inondations du BRGM



Reaction-diffusion model



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Theoretical Biology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/yjtbi



A statistical-reaction–diffusion approach for analyzing expansion processes

Lionel Roques^{a,*}, Samuel Soubeyrand^a, Jérôme Rousselet^b

^a UR546 Biostatistics and Spatial Processes, INRA, F-84000 Avignon, France

^b UR 633 Zoologie Forestière, INRA, F-45166 Ardon Olivet, France

Les notations et les données

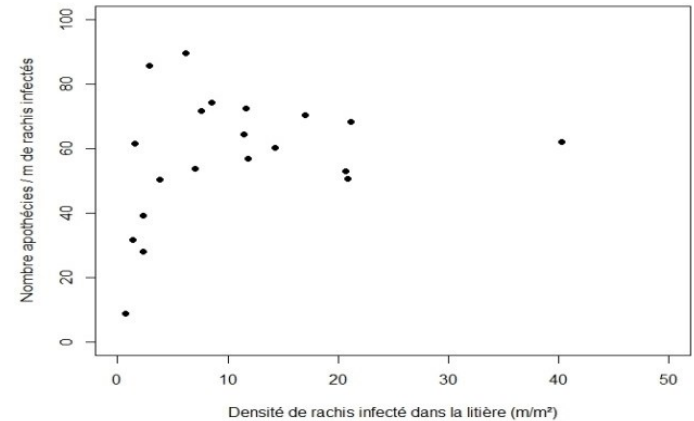
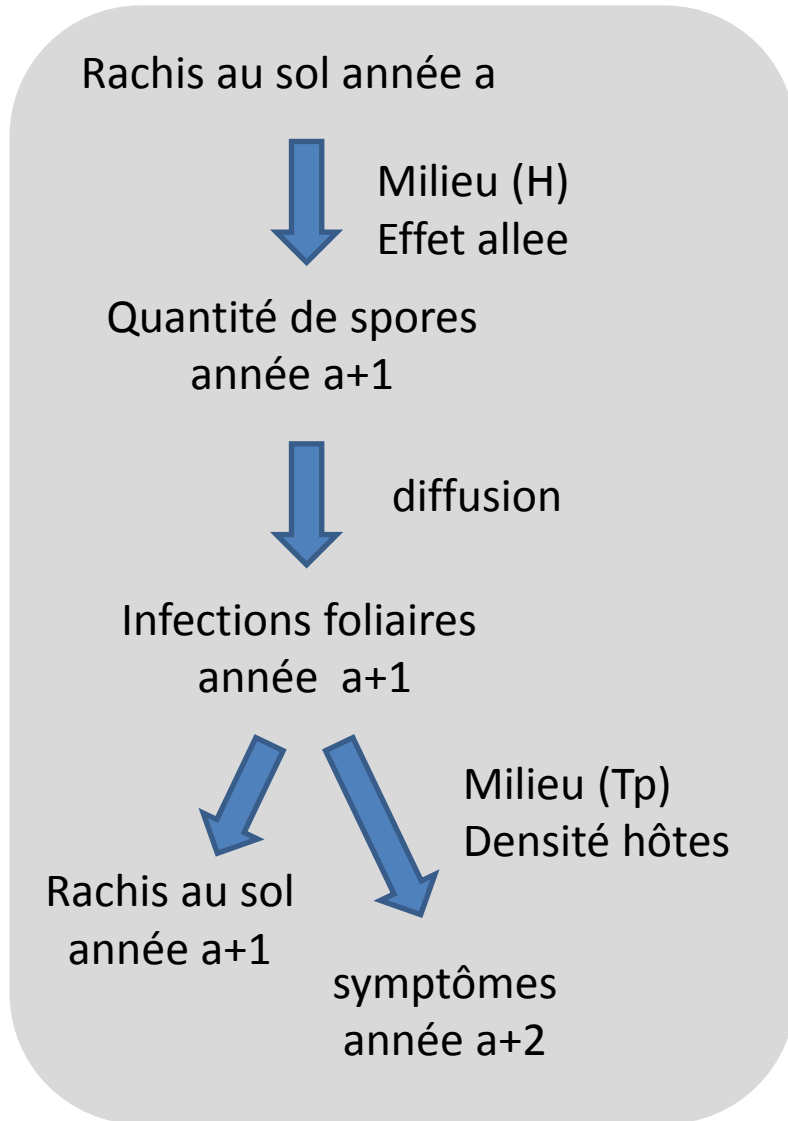
Site étudié : la France Ω divisée en quadrats ω_i de même aire $\rho = 16*16 \text{ km}^2$ avec une densité de frênes $d(i)$ (m^2/ha) constante sur les années d'étude, différente selon les quadrats

Le temps : discret pour le cycle de reproduction indexé par $a = 0, \dots, A$ avec l'intervalle entre a et $a+1$ de 1 an (1 cycle = 1an), mais diffusion continue des spores sur 2 mois (τ)

Observations : $sg_a(i)$ le nombre de signalements dans un quadrat avec m frênes inspectés /signalement (arbitraire, moyenne vraisemblable aux pratiques du DSF)

$p_a^k(i)$ proportion de frênes infectés parmi les inspectés au signalement k dans ω_i à la fin du cycle d'invasion de l'année a , pour $k = 1 \dots sg_a(i)$

Modèle déterministe pour le cycle d'invasion des spores



vent

T. Hauptman, B. Pěškur, M. de Groot et al

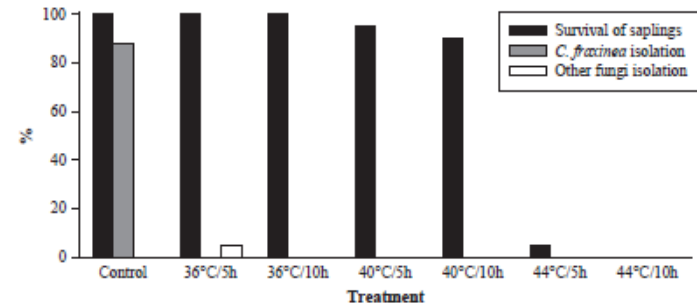
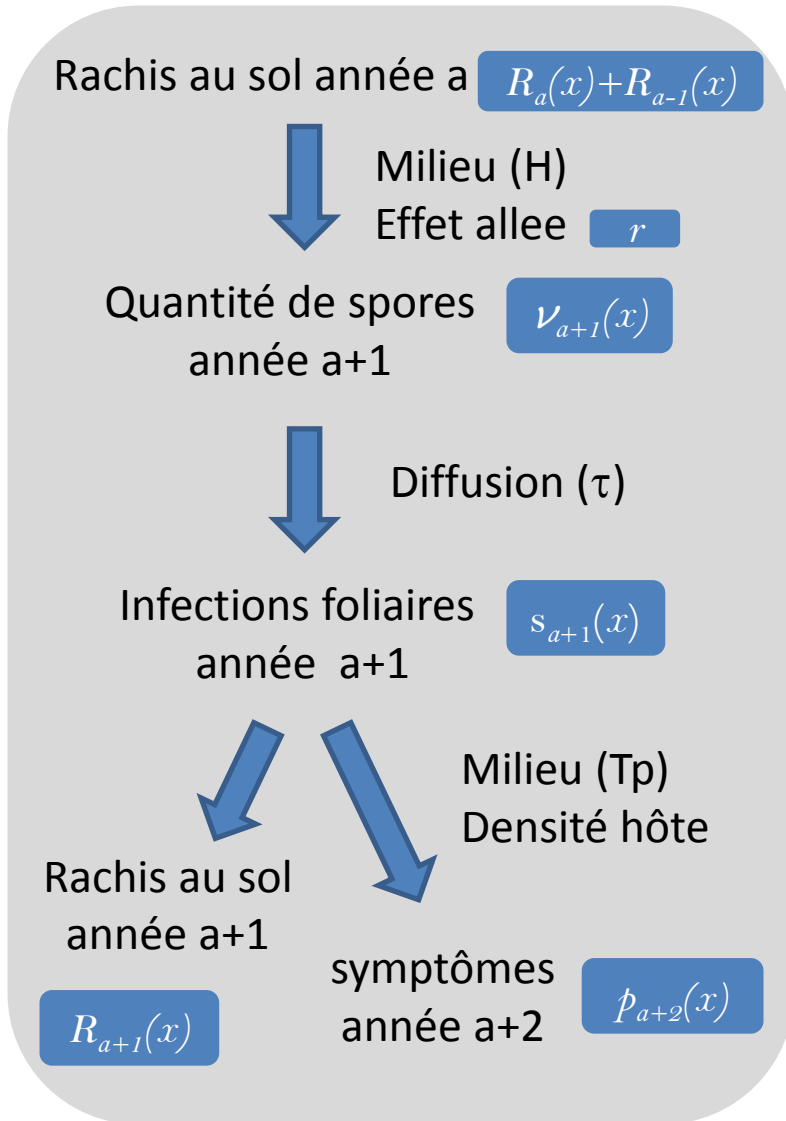


Fig. 5. Percentage of surviving saplings and percentage of *Chalara fraxinea* and other successful fungi isolations after HW-treatments in November 2010.



Modèle déterministe pour le cycle d'invasion des spores



$$R_a(x) + R_{a-1}(x) \geq r$$

$$\nu_{a+1}(x) = (\beta_0 + \beta_1 H) * (R_a(x) + R_{a-1}(x))$$

$$R_a(x) + R_{a-1}(x) < r$$

$$\nu_{a+1}(x) = (\beta_0 + \beta_1 H) * \frac{(R_a(x) + R_{a-1}(x))^2}{r}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = D \Delta w + \frac{\nu_{a+1}(x)}{\tau}$$

↘ Pertes, ailleurs

$$s_{a+1}(x) = w(\tau, x)$$



$$R_{a+1}(x) = (s_{a+1}(x) \wedge S) d(i) f(T)$$

avec $f(T) = (1 - \gamma T)^+$

Modèle aléatoire pour l'apparition des symptômes

Sur quadrat ω_i la quantité de rachis au sol est déterminée par $R_a(x) + R_{a-1}(x)$, $x \in \omega_i$,
 Un arbre localisé en x développe des symptômes si $\mathcal{Y}=1$, avec :


- $\mathcal{Y} = 0$, si $R_a(x) + R_{a-1}(x) = 0$
 - $\mathcal{Y} = \text{Ber}(0.95)$, si $R_a(x) + R_{a-1}(x) \geq r$
 - $\mathcal{Y} = \text{Ber}\left(\frac{(R_a(x) + R_{a-1}(x))^2}{r}\right)$, si $0 < R_a(x) + R_{a-1}(x) < r$
- p est le paramètre moyen de la bernouilli sur le quadrat
- sans symptômes
 +
 Nombre de frênes avec symptômes dans le quadrat
 $\delta_a(i)d(i)p \sim \text{Bin}(d(i)p, p)$

Au total, $m \text{ sg}_a(i)$ arbres ont été observés au quadrat i l'année a , et infectés selon :

$$m \text{ sg}_a(i) p_a(i) \sim H(m \text{ sg}_a(i), \delta_a(i), d(i)p), \quad \text{avec} \quad p_a(i) = \frac{1}{\text{sg}_a(i)} \sum_{k=1}^{\text{sg}_a(i)} p_a^k(i)$$

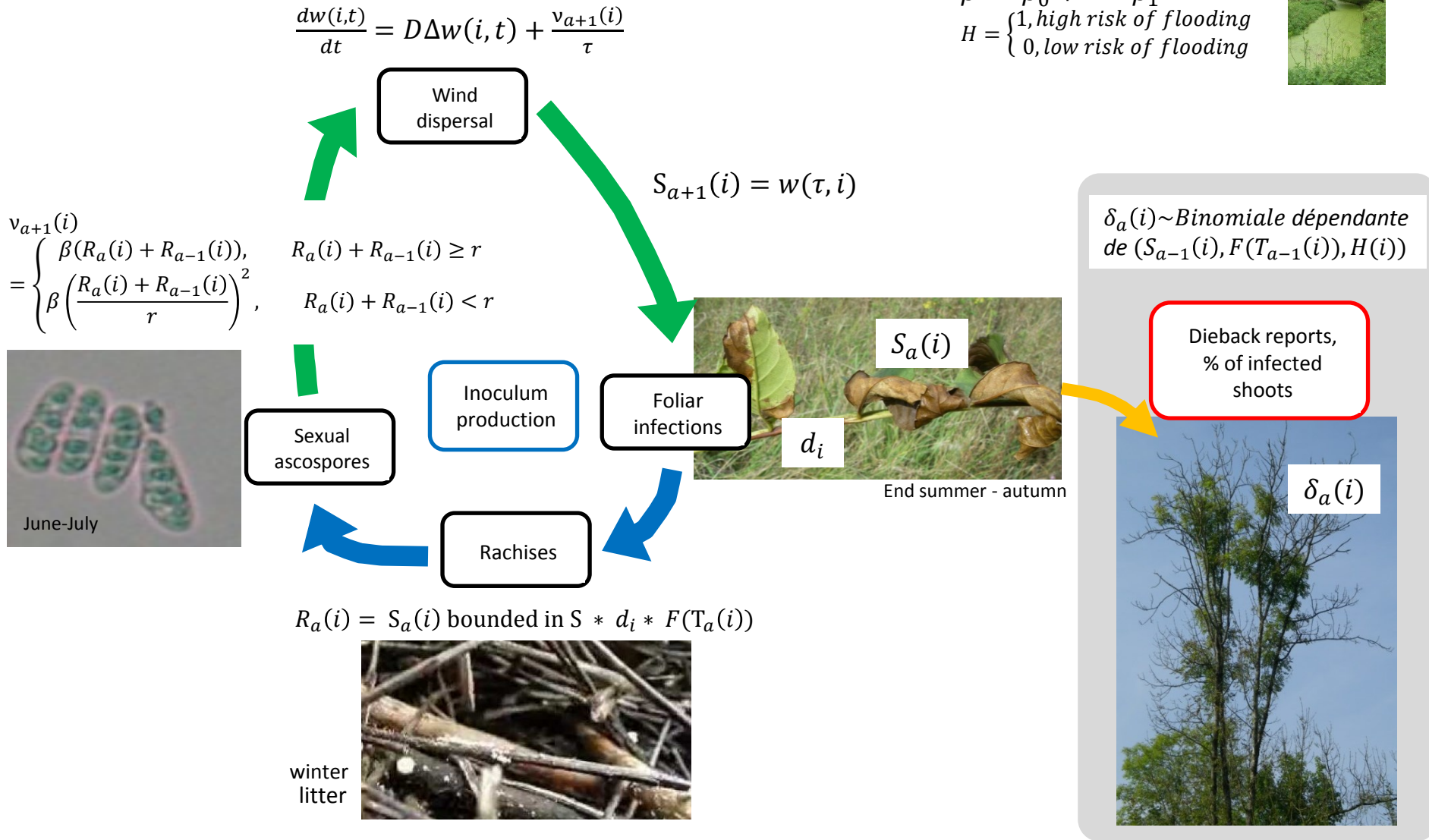
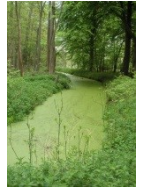
Quantités d'intérêt : $\delta_a(i)$ proportion de frênes infectés dans le quadrat i l'année a
 (ce que l'on cherche) r seuil de l'effet Allee
 D paramètre de la diffusion

Conclusion

$$F(T_a(i)) = (1 - \gamma T)^+$$


$$\beta = \beta_0 + H * \beta_1$$

$$H = \begin{cases} 1, & \text{high risk of flooding} \\ 0, & \text{low risk of flooding} \end{cases}$$



Merci de votre attention,

Des questions ?

Des suggestions ?