

Aperçu de la thèse présenté par  
**Candy Abboud**

Inférer et prédire les dynamiques d'espèces invasives  
« Focus sur *Xylella fastidiosa* »

**Soutenu le 11/12/2019**

Pr. Anne Gégout-Petit  
Dr. Sophie Donnet  
Pr. Florence Hubert (Présidente)  
Dr. Jimmy Garnier  
Dr. Samuel Soubeyrand (directeur)  
Pr. Éric Parent (directeur)



**Webinaire #2 – Santé des plantes  
Ressources naturelles & biologie contemporaine**

# Plan

- ① Cadre de Travail
- ② Questions de recherche
- ③ Méthodologie
- ④ Résultats principaux
- ⑤ Contributions

- 1 Cadre de Travail
- 2 Questions de recherche
- 3 Méthodologie
- 4 Résultats principaux
- 5 Contributions

# Invasions biologiques

► L'invasion de nouveaux territoires par des organismes exogènes est un sujet central de la modélisation mathématique.

En particulier :

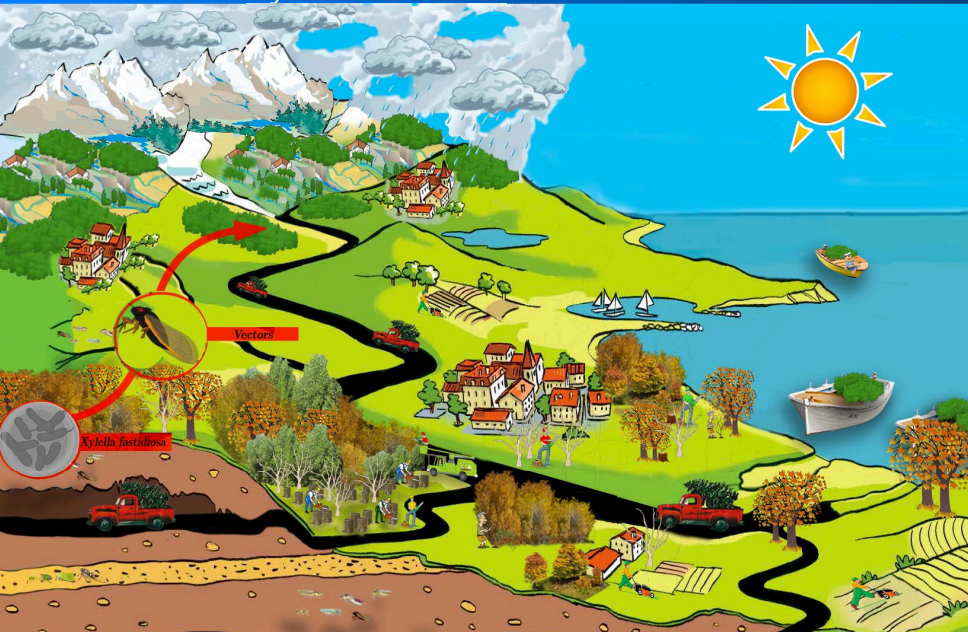
- Reconstruire la dynamique passée des espèces envahissantes
- Prévoir leurs futures étendues spatiales

► Etapes d'un processus d'invasion biologique:

- 1 Arrivée
- 2 Installation
- 3 Propagation

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{\partial u}{\partial t} = \overbrace{\Delta(D_{i\bar{T}}(\mathbf{x})u)}^{\text{Terme de Diffusion}} + \overbrace{f_{i\bar{T}}(u)}^{\text{Terme de Reproduction}}, \quad \text{dans } \Omega, \\
 \nabla(D_{i\bar{T}}(\mathbf{x})u(t, \mathbf{x})) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{x}) = 0, \quad \text{sur } \partial\Omega, \\
 \underbrace{u(\tau_0, \mathbf{x}) = u_0(\mathbf{x})}_{\text{Condition Initiale}}, \quad \text{dans } \Omega.
 \end{array} \right.$$

# Cas d'étude: *Xylella fastidiosa*

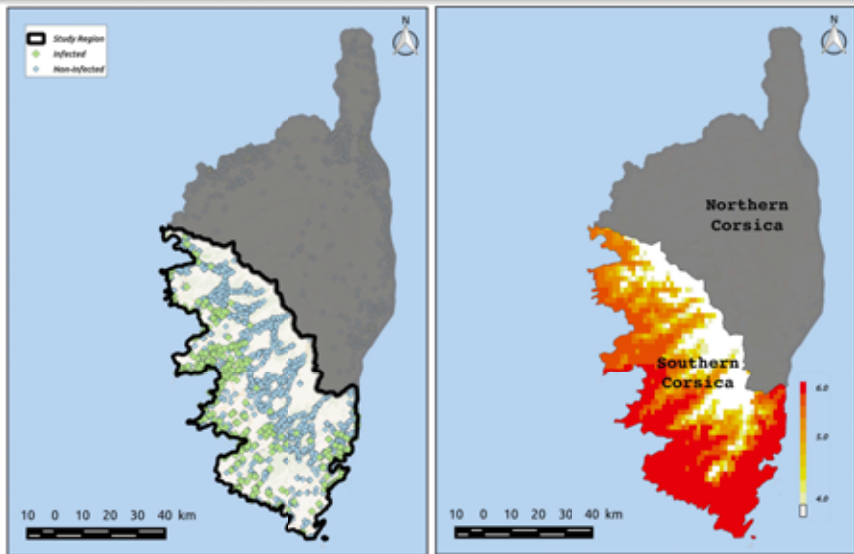


Vectors

*Xylella fastidiosa*



## Données de surveillance: situation en Corse-du-Sud



- ~ 9000 plantes échantillonnées depuis 2015 dont 900 diagnostiquées comme infectées (PCR en temps réel);
- Pour ces ~ 9000 plantes, on dispose des coordonnées géographique et des dates d'échantillonnage;
- On considère aussi  $T$ , la moyenne du minimum journalier des températures sur Janvier et Février entre 1995 et 2003;

# Plan

- 1 Cadre de Travail
- 2 Questions de recherche
- 3 Méthodologie
- 4 Résultats principaux
- 5 Contributions



# Questions de recherche

**Comment inférer  
la condition  
initiale d'une  
EDP modélisant  
une dynamique  
invasives?**

**Comment  
étendre ce  
cadre quand  
différents  
modèles sont en  
compétition?**

**Comment traiter  
dans ce cadre  
les introductions  
multiples de  
l'espèce  
invasive?**

Questions Méthodologiques

Questions Epidémiologiques

**Où & quand ont  
été introduites  
les souches de  
Xf en Corse?**

**Quelle est la  
vitesse de  
propagation de  
la bactérie ?**

**Quel est  
l'impact des  
températures  
hivernales sur sa  
dynamique?**

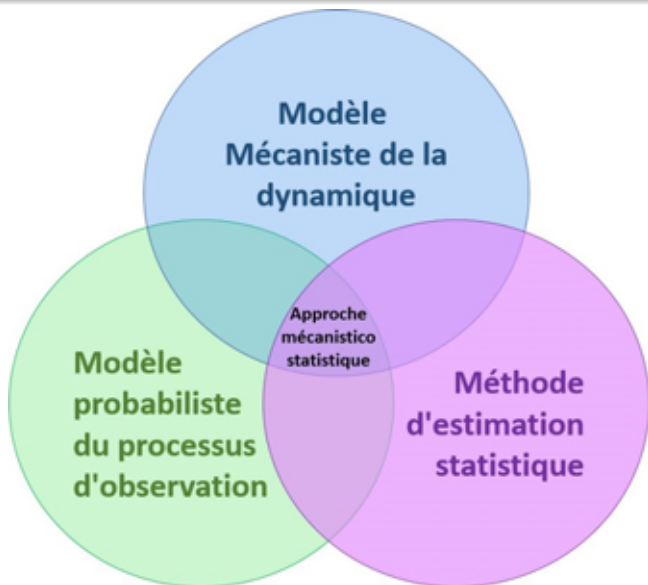
**Comment va  
évoluer dans le  
futur sa  
distribution  
spatiale ?**

- 1 Cadre de Travail
- 2 Questions de recherche
- 3 Méthodologie**
- 4 Résultats principaux
- 5 Contributions

## Lignes de recherche et leurs composantes respectives



# Approche mécanistico-statistique

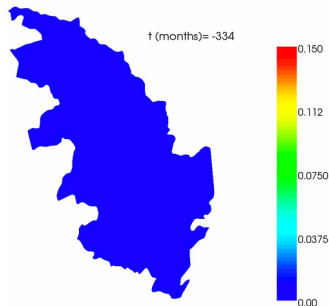


# Modèles et simulations numériques

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \Delta(D_{i\bar{T}}(\mathbf{x})u) + f_{i\bar{T}}(u), & \text{dans } \Omega, \\ \nabla(D_{i\bar{T}}(\mathbf{x})u(t, \mathbf{x})) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{x}) = 0, & \text{sur } \partial\Omega, \\ u(\tau_0, \mathbf{x}) = u_0(\mathbf{x}), & \text{dans } \Omega. \end{cases}$$



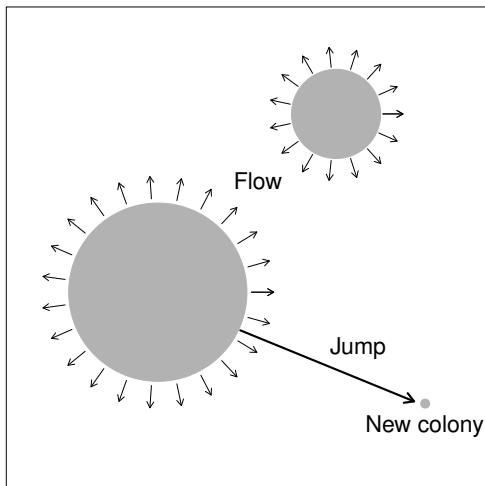
Sites d'échantillonnage



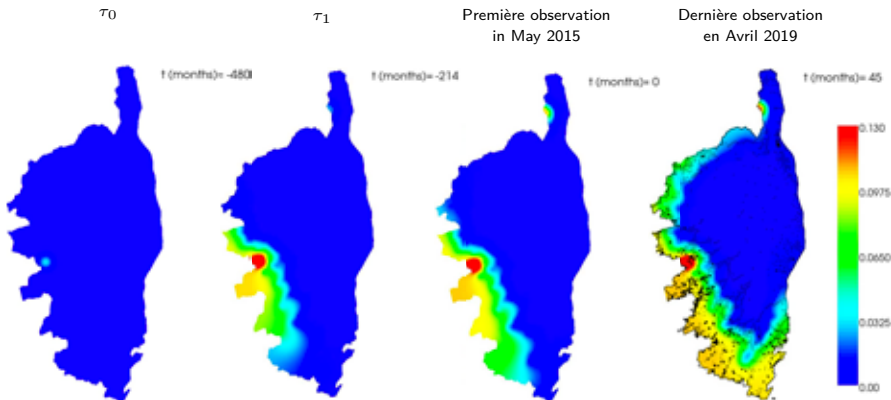
Simulation Numérique

# Modèles et simulations numériques

Illustration du flux et du saut pour un PDMP à introductions multiples



## Modèles et simulations numériques



- $(D, b, K, \alpha, x_0, y_0, x_1, y_1) = (3.1e + 05, 0.03, 0.1, 0.1, 1178530, 6.126555, 1217379, 6211505)$
- Première condition initiale était  $u(\tau_0, \mathbf{x}_0) = 0.01 \exp(-(5 \times 10^3 \|\mathbf{x} - \mathbf{x}_0\|)^2)$
- Sites des Xf-positifs (points noirs) et négatifs (points gris) observé entre Juillet 2015 et Avril 2019.

# Bayes' rule

La distribution *a posteriori* de l'inconnu, ci-après appelée  $\Theta$ , est dérivée par la règle de Bayes:

The diagram illustrates the components of Bayes' rule. The equation is 
$$[\Theta|Y] = \frac{[Y|\Theta] \times [\Theta]}{[Y]}$$

- A blue oval labeled "Vraisemblance" (Likelihood) has an arrow pointing to the  $[Y|\Theta]$  term in the numerator.
- A red oval labeled "Prior" has an arrow pointing to the  $[\Theta]$  term in the numerator.
- A green oval labeled "Evidence" has an arrow pointing to the  $[Y]$  term in the denominator.

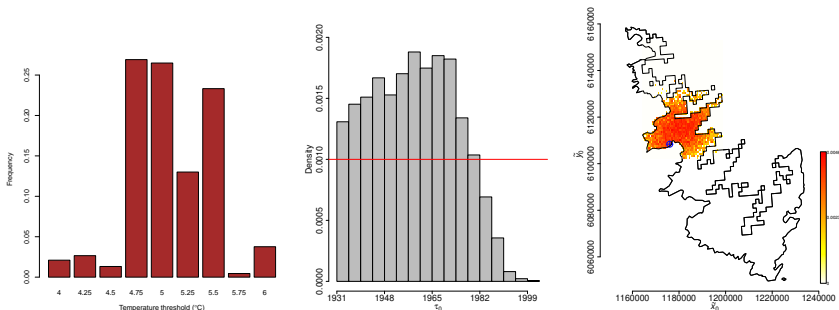


# Plan

- 1 Cadre de Travail
- 2 Questions de recherche
- 3 Méthodologie
- 4 Résultats principaux**
- 5 Contributions

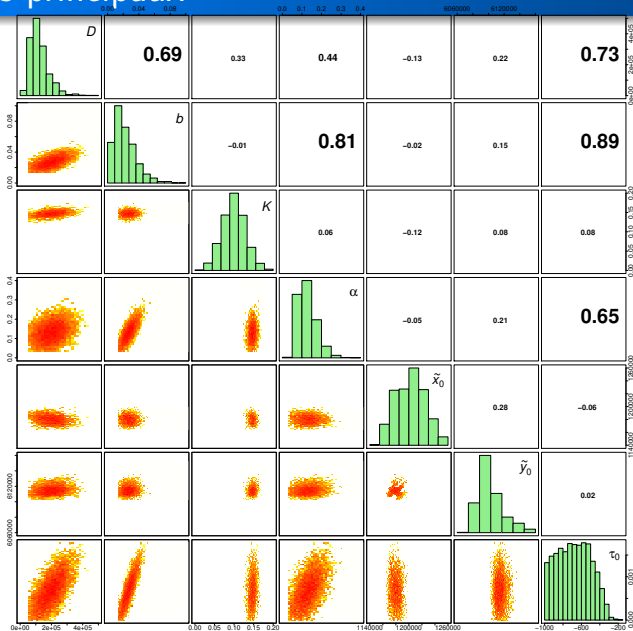
# Résultats principaux

Distribution *a posteriori* de  $\tilde{T}$  Distribution *a posteriori* de  $\tau_0$  Distribution *a posteriori* de  $\tilde{x}_0$



- Le prior de  $\tau_0$  est uniforme sur [1931, 2005] (ligne rouge).
- Le prior de  $\tilde{x}_0$  est uniforme sur l'espace délimité par le contour.
- La valeur inférée de  $\tilde{x}_0$  ayant la plus haute probabilité est indiquée avec une croix bleue.

# Résultats principaux



# Résultats principaux

$$D = \frac{\overbrace{(\text{longueur d'un déplacement en ligne droite par unité de temps})^2}^{\lambda}}{4 \times \text{durée d'une unité de temps}} \quad .^1$$

	Médiane	Moyenne	Ecart-type
$\lambda$ (mètres par mois)	155	155	27

<sup>1</sup>Turchin 1998, Roques 2016.

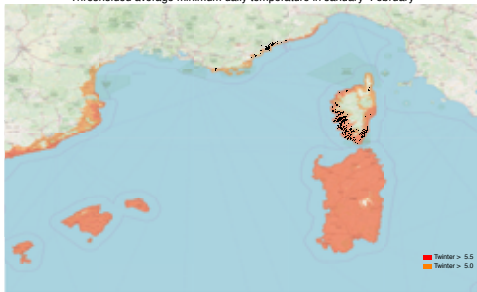
# Plan

- 1 Cadre de Travail
- 2 Questions de recherche
- 3 Méthodologie
- 4 Résultats principaux
- 5 Contributions**

# Contributions

- ❖ Utiliser les inférences pour informer les experts, les décideurs et d'autres intervenants
- ❖ Extrapoler le risque au-delà de la Corse-du-Sud

Thresholded average minimum daily temperature in January–February



- ❖ Elaborer des stratégies d'épidémio-surveillance en considérant des cartes de risque dynamiques
- ❖ Révéler le comportement global d'un nouveau pathogène récemment introduit dans un nouvel environnement

# SCHOOL OF MATHEMATICS & STATISTICS



## DR CANDY ABOUD

- **Research Assistant** (Mathematics)

**telephone:** 01413304751

**email:** [Candy.Abboud@glasgow.ac.uk](mailto:Candy.Abboud@glasgow.ac.uk)

- ❖ Explorer le paradigme des variations antigéniques du trypanosome (maladie africaine) grâce à des systèmes naturels.
- ❖ Volontariat auprès du Scottish COVID-19 Response Consortium (SCRC).