

## Stage Master 2 (6 mois) à partir de janvier 2025

### Développement d'un logiciel pour la modélisation déterministe et la simulation de la propagation d'un pathogène transmis par un vecteur établi

#### INRAE (BioSP)

INRAE est un institut de recherche public œuvrant pour un développement cohérent et durable de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. Au sein du centre PACA d'INRAE, l'unité Biostatistique et Processus spatiaux (BioSP) développe des travaux en statistique, en systèmes dynamiques, en écologie-épidémiologie, et aux interfaces entre ces différentes disciplines avec un intérêt particulier pour les questions spatiales et spatio-temporelles. Les domaines d'application de ces travaux sont avant tout l'écologie, l'épidémiologie, l'agriculture et l'environnement.

Le nématode du pin est un organisme de quarantaine prioritaire à obligation de surveillance par les pays de l'UE. Il crée d'importants dégâts sur les pins. Présent au Portugal et en Espagne, mais encore absent en France à ce jour, ce pathogène est véhiculé par un insecte *Monochamus galloprovincialis* largement établi en France. Depuis 2012, l'insecte vecteur est surveillé avec des pièges déployés partout en France sur des périodes de temps spécifiques. L'objectif global du stage est de mettre au point un environnement informatique dédié à la simulation de ce type de scénarios épidémiques.

Dans ce contexte il s'agira de mettre en place les modules logiciels réalisant:

- A) l'estimation de l'abondance de la population du vecteur sur toute la France sur la durée de simulation à partir de :
- données d'entrée existantes : captures *Monochamus*, co-variables, paramètres
  - d'un script R-Nimble existant avec le modèle

Cette estimation se fera par la création d'un script de récupération des sorties du modèle et d'un script de krigeage sur une grille espace / temps fournie par le simulateur MSE (Mécanistico-Statistique Environnement, [mse.biosp.org](http://mse.biosp.org)) sur toute la France.

Si la durée du stage le permet, il serait également intéressant de perfectionner le code R-Nimble en l'optimisant et en automatisant la parallélisation des chaînes MCMC sur le cluster.

- B) la modélisation et la simulation des épisodes épidémiques à l'aide de modèles compartimentaux basés sur des équations aux dérivées partielles (EDP). L'objectif sera de mettre au point un modèle EDP représentant l'évolution spatiale et temporelle de la propagation d'un pathogène dans une population d'hôtes par un vecteur responsable de cette propagation. Pour cela, il s'agira de :
- écrire le modèle EDP modélisant la dynamique spatio-temporelle de l'épidémie
  - intégrer l'abondance de vecteurs estimée dans la partie A)
  - implémenter ce modèle dans l'environnement MSE ([mse.biosp.org](http://mse.biosp.org)). MSE est un environnement informatique en python qui permet la simulation de modèles EDP.
  - proposer des scénarios d'introduction et (établissement) dispersion du nématode du pin (pathogène).

Environnement informatique :

- GUIX pour la reproductibilité de la configuration logicielle.
- R, package Nimble (pour l'estimation de paramètres par approche bayésienne)
- langage python (utilisé pour le simulateur MSE existant)
- OS linux

**Compétences attendues :**

- modélisation de systèmes dynamiques
- connaissances en informatique
- connaissances en statistique bayésienne
- intérêt pour l'épidémiologie en santé des plantes
- curiosité scientifique et esprit de synthèse

Pour réaliser ce stage, vous pourrez vous appuyer sur vos encadrants pour les aspects mathématiques (statistiques et EDP) et informatiques (R, python, linux). Il n'est pas nécessaire d'être expert en ces domaines. Une formation initiale en mathématiques appliquées et en informatique est nécessaire. Une motivation pour le développement informatique en R et en python est indispensable.

**Modalités de stage**

Encadrants : Olivier Bonnefon, Marie Grosdidier, Emily Walker

Lieu de stage : Unité Biostatistique et Processus Spatiaux (BioSP) à INRAE Avignon, site St Paul

Conditions de travail : 35h/semaine du lundi au vendredi

Gratification : 4,05€/heure de travail effective

Convention à établir entre INRAE et l'établissement d'enseignement supérieur.

Fournir une attestation d'assurance de responsabilité civile avant le début du stage.

Pour postuler, vous pouvez dès à présent envoyer par mail votre **CV et une lettre de motivation argumentée** à Marie Grosdidier, Olivier Bonnefon et Emily Walker ([marie.grosdidier@inrae.fr](mailto:marie.grosdidier@inrae.fr), [olivier.bonnefon@inrae.fr](mailto:olivier.bonnefon@inrae.fr), [emily.walker@inrae.fr](mailto:emily.walker@inrae.fr)).

Cette offre prendra fin lorsqu'un.e candidat.e sera sélectionné.e pour le stage.