

Offre de thèse (36 mois)

Modélisation des capacités d'invasion de ravageurs forestiers et agricoles

Date de début : octobre 2026

Lieu: INRAE, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement.
URZF, Unité de Recherche de Zoologie Forestière,
2163 Avenue de la Pomme de Pin, Ardon, 45075 Orléans

Nous recherchons un(e) candidat(e) titulaire :

- d'un **Master 2 en mathématiques appliquées avec une appétence pour les questions en écologie**
- ou
- d'un **Master 2 en écologie/biologie avec une forte appétence pour la modélisation**

Résumé de la thèse :

Le nombre d'invasions biologiques est en augmentation constante en lien avec le commerce international, les flux de marchandises, le tourisme et le changement climatique. Un exemple récent concerne le nématode du pin, détecté pour la première fois en France fin 2025. Dans ce contexte, il est nécessaire de pouvoir évaluer rapidement les capacités d'invasion des ravageurs des plantes les plus préoccupants. Différents types de modèles (mécanistes, statistiques, machine learning) peuvent être développés dans ce but mais leurs performances respectives dépendent des données disponibles et des caractéristiques du système modélisé. Il est jusqu'à présent difficile de savoir comment choisir le modèle le plus adapté à une question donnée. L'objectif de cette thèse est de déterminer les principaux facteurs déterminant les performances de ces modèles, puis d'établir des règles de décision pour faciliter le choix du modèle le plus performant selon l'application visée.

Description de la thèse :

Contexte. Le nombre d'invasions biologiques ne cesse d'augmenter en lien avec la globalisation et le commerce international (Seebens et al. 2017). Parmi eux, les bioagresseurs des végétaux (insectes, nématodes, bactéries et pathogènes) entraînent dans certains cas d'importants impacts économiques, environnementaux et sociétaux que ce soit en agriculture ou en forêt. Une invasion biologique se caractérise par plusieurs étapes : 1) l'introduction d'une espèce transportée en dehors de son aire native, 2) son établissement dans un nouveau territoire, et 3) sa propagation pouvant causer des impacts (Blackburn et al. 2011). Parmi toutes les espèces introduites, seule une minorité arrive à s'installer durablement et à se propager. Il y a donc un enjeu à estimer et anticiper le risque d'invasion en prenant en compte ces trois étapes, notamment par la modélisation. Différents types de modèles peuvent être développés (Robinet et al. 2025) : des modèles mécanistes (impliquant une bonne connaissance de la biologie du bioagresseur), des modèles statistiques (impliquant un jeu de données adapté pour être représentatif des caractéristiques de l'invasion), et plus récemment modèles de type machine learning (impliquant un jeu de données suffisamment conséquent pour pouvoir entraîner et tester les modèles). Ces types de modèle ont des avantages et inconvénients bien connus. Il est également bien connu que la nature et la quantité des données disponibles a un impact sur la performance des modèles cartographiant les risques d'invasion (Dupin et al. 2011). Néanmoins, il n'existe pas de règle précise pour faciliter le choix de modèle en tenant compte des données disponibles et des caractéristiques du système modélisé.

L'hypothèse que nous souhaitons tester est qu'il est possible de formuler des règles de décision permettant de choisir le modèle le plus performant à partir de caractéristiques simples des données disponibles et du système plante hôte-bioagresseur considéré.

Objectifs de la thèse. Les objectifs de la thèse sont les suivants. **(1)** Comparer la performance des différents types de modèles selon un gradient de disponibilité de données et pour des systèmes plante hôte-bioagresseur plus ou moins complexes, puis établir des règles de décision pour choisir le type de modèle le plus adapté selon la situation considérée. **(2)** Tester ces règles de décision dans plusieurs études de cas, en particulier sur le nématode du pin, un ravageur forestier classé parmi les espèces de quarantaine prioritaires, détecté pour la première en France en novembre 2025 dont l'invasion est extrêmement préoccupante.

Méthodes. Question (1) (i) Collecter et préparer une gamme de jeux de données plus ou moins complets sur différents ravageurs, (ii) entraîner et tester différents types de modèles sur ces jeux de données, (iii) comparer leur performance prédictive, (iv) établir une règle de décision pour faciliter le choix des modèles. **Question (2)** (i) consolider un modèle mécaniste non publié à ce jour pour décrire l'invasion du nématode du pin, sur la base des dernières données (Robinet et al. 2019), pour pouvoir ensuite le comparer aux autres types de modèles, (ii) appliquer le modèle le plus performant à d'autres ravageurs en le recalibrant sur l'ensemble des données disponibles pour prédire plus finement leurs capacités d'invasion.

Collaborations. 1) Avec les partenaires modélisateurs du projet EU PhytoPRISM (notamment université de Warwick, UK) débutant à l'automne 2026 (15 partenaires de 6 pays européens), et avec ORCAE « Off-site Research Center for the Anticipation of Emerging pests in plant health », qui est une équipe INRAE « hors mur » en construction.

Encadrement de la thèse :

Christelle Robinet (Directrice de thèse, URZF, Orléans), christelle.robinet@inrae.fr

David Makowski (Co-directeur de thèse, MIA-SP, Saclay), david.makowski@inrae.fr

Modalité de candidature :

En ligne sur : https://www.adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=adumR&matricule_prop=72816
avant le 26 avril avec un CV, une lettre de motivation, l'ensemble des relevés de notes depuis le baccalauréat. Présélection entre le 27 avril et le 15 mai. Audition des candidats présélectionnés par l'École Doctorale (Orléans) entre les 3 et 5 juin.