

## Thèse (3 ans)

### Modélisation de la phénologie d'une espèce emblématique du changement climatique : la processionnaire du pin.

#### Directrices de thèse :

Dr. Christelle ROBINET <a href="mailto:christelle.robinet@inra.fr">christelle.robinet@inra.fr</a>	Prof. Christelle SUPPO <a href="mailto:christelle.suppo@univ-tours.fr">christelle.suppo@univ-tours.fr</a>
INRA – Centre Val de Loire Unité de Recherche de Zoologie Forestière 2163 av. de la Pomme de Pin 45075 Orléans cedex 2 FRANCE	IRBI – UMR 7261 Faculté des Sciences et Techniques Avenue Monge, Parc Grandmont 37200 Tours FRANCE

**Dates :** 01/10/2018 – 30/09/2021

**Lieu principal:** INRA, Orléans, France

#### RÉSUMÉ:

**Le contexte.** La processionnaire du pin (PP), *Thaumetopoea pityocampa*, s'est imposée sur le plan international comme modèle de réponse au changement climatique ces dernières années (citée dans le 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC en 2007, bio-indicateur ONERC depuis 2006). La PP est l'un des rares modèles pour lequel le lien de causalité direct avec le changement climatique a été clairement démontré [1,2]. Nous avons en effet montré que son expansion vers le nord et en altitude résulte de la **levée d'une barrière climatique** qui permet la survie hivernale de l'espèce dans des territoires jusqu'alors défavorables [3-5]. Alors que la hausse des températures hivernales constitue le véritable moteur de l'expansion observée à l'échelle européenne, elle ne permet pas d'expliquer à elle seule les variations régionales de la vitesse à laquelle elle s'opère. D'autres facteurs liés aux changements globaux pouvant moduler la vitesse d'expansion ont été mis en évidence, tels que la dispersion à longue distance due au commerce ornemental [6] et l'évolution des paysages [7]. L'adaptation locale de populations différenciées et leur flexibilité phénologique en réponse aux contraintes climatiques (grande variabilité phénologique entre régions et apparition récente de phénologies atypiques) pourraient également moduler leur établissement dans de nouveaux habitats et conduire à l'hétérogénéité observée [8]. Au-delà de l'aspect fondamental en écologie, la compréhension de la phénologie de la PP est nécessaire à l'optimisation de la lutte et constitue un enjeu de santé publique en raison du caractère urticant des derniers stades larvaires.

**La thèse.** L'hypothèse générale au cœur de la thèse portera sur cette interrelation entre la distribution des espèces et leur phénologie [9,10]. Chez les ectothermes, les décalages phénologiques peuvent résulter aussi bien de la relation entre vitesse de développement et température que de processus adaptatifs. Les réponses phénologiques sont cependant limitées par des compromis au cours du cycle de vie puisque les stades biologiques ont souvent des sensibilités et des besoins thermiques contrastés [9]. Un changement de phénologie affecte donc non seulement les conditions climatiques subies par un stade donné, mais peut aussi avoir des effets en cascade, parfois antagonistes, sur les stades suivants. La réponse globale est donc soumise à un forçage climatique qui exclut certaines phénologies maladaptatives alors qu'elles pourraient apparaître avantageuses pour un stade donné. **L'objectif sera de développer un modèle mathématique basé sur des données expérimentales et d'observation des stades clés du cycle afin de comprendre la réponse phénologique de la PP aux variations du climat dans différentes régions bioclimatiques.**

**Le plan de travail.** Trois approches complémentaires seront envisagées.

- **Expérimentations** : des expériences en conditions contrôlées et semi-naturelles seront réalisées pour déterminer les besoins en degrés-jours et les tolérances thermiques de chaque stade. L'étudiant bénéficiera d'enceintes climatiques, d'un local dédié à la manipulation de la PP, d'une pépinière d'arbres hôtes, de l'appui d'une équipe technique expérimentée.

- **Observations de terrain** : deux stades clés bornant le développement larvaire seront suivis en priorité : le vol des adultes et les processions de nymphose. L'étudiant les suivra dans des zones climatiques contrastées en France et en Europe. Il bénéficiera d'une collaboration avec une PME (Cap2020) développant des outils innovants de détection automatisée de ces stades.

- **Modélisation** : grâce aux données expérimentales de temps de développement, un modèle mathématique de type degré-jours, borné par les tolérances thermiques de chaque stade, sera développé puis validé grâce aux observations. Le modèle sera ensuite complété par l'ajout d'un terme de contrôle permettant de tester différentes stratégies de lutte.

L'étudiant bénéficiera des connaissances de l'équipe INOV de l'IRBI en écologie thermique et du savoir-faire de l'URZF en matière d'expérimentation et d'observation de terrain pour la processionnaire du pin.

**La valorisation.** L'étudiant pourra valoriser ses résultats non seulement dans le domaine académique sur un modèle reconnu et une question intéressante une large communauté scientifique mais aussi dans le domaine appliqué.

### **PROFIL SOUHAITÉ :**

Cette thèse s'adresse à un(e) étudiant(e) de Master 2 ayant une formation initiale en biologie, avec un fort intérêt à la fois pour l'expérimentation et pour la modélisation. Une expérience préalable en modélisation et/ou programmation sous R serait appréciée, mais n'est pas obligatoire. Permis B obligatoire. Limite d'âge: 30 ans au 01/01/2018.

### **CANDIDATURE :**

Envoyer votre CV, votre lettre de motivation et vos relevés de notes de Master (M1 et M2) aux deux directrices de thèse **avant le 15 avril** au plus tard. Une première sélection se fera sur dossier. Les candidats retenus seront alors convoqués pour un entretien fin avril 2018 avec les directrices de thèse. A l'issue de cet entretien, 3 candidats seront choisis et devront alors passer une audition auprès de l'Ecole Doctorale au mois de mai 2018 à Tours.

### **Références:**

- [1] Parmesan C (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Eco. Evol. Syst.*, 37:637-669.
- [2] Roques A (2015) "Processionary moths and climate change: an update", A. Roques (Ed.). Springer/Quae.
- [3] Battisti A, Stastny M, Netherer S, Robinet C, Schopf A, Roques A, Larsson S (2005) Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological Applications*, 15:2084-2096.
- [4] Robinet C, Baier P, Pennerstorfer J, Schopf J, Roques A (2007) Modelling the effects of climate change on the pine processionary moth expansion in France. *Global Ecology and Biogeography*, 16:460-471.
- [5] Robinet C, Rousselet J, Roques A (2014) Potential spread of the pine processionary moth in France: preliminary results from a simulation model and future challenges. *Annals of Forest Science*, 71: 149-160
- [6] Robinet C, Imbert C-E, Rousselet J, Sauvard D, Garcia J, Goussard F, Roques A (2012) Human-mediated long-distance jumps of the pine processionary moth in Europe. *Biological Invasions* 14:1557-1569
- [7] Rossi J-P, Garcia J, Roques A, Rousselet J (2016) Trees outside forests in agricultural landscapes: spatial distribution and impact on habitat connectivity for forest organisms. *Landscape Ecology*, 31: 243-254.
- [8] Robinet C, Laparie M, Rousselet J (2015) Looking beyond the large scale effects of global change: local phenologies can result in critical heterogeneity in the Pine Processionary Moth. *Frontiers in Physiology*, 6:334.
- [9] Briscoe NJ, Porter WP, Sunnucks P, Kearney MR (2012) Stage-dependent physiological responses in a butterfly cause non-additive effects on phenology. *Oikos*, 121:1464-1472.
- [10] Chuine I (2010) Why does phenology drive species distribution? *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365: 3149-3160.