

ECOSCALES — Sujet de thèse financé (Durée: 3 ans) — *English version next page*

Titre: Théorie dynamique de la structuration spatiale multi-échelle de la biodiversité et des écosystèmes

Laboratoire: [Station d'Ecologie Théorique et Experimental de Moulis](#) (SETE) CNRS, Ariège, France

Directeurs de thèse: Jose Montoya (CNRS, SETE, Moulis — josemaria.montoyateran@sete.cnrs.fr)
François Rincon (CNRS, IRAP, Toulouse — francois.rincon@irap.omp.eu)

Les changements d'utilisation des espaces naturels par une population humaine en augmentation ont considérablement accéléré au cours des dernières décennies la perte des habitats et leur fragmentation pour la plupart des espèces de plantes et d'animaux [1], motivant le développement rapide du champ de recherche de l'écologie spatialisée. La théorie des metacommautés a notamment mis en avant le rôle de la dispersion spatiale dans la dynamique des populations et le maintien de la biodiversité [2], et il a été démontré que la dispersion contrainte des espèces dans l'espace pouvait mener à des changements importants dans la dynamique trophique et le fonctionnement des écosystèmes, notamment leur production primaire [3]. Pour autant, les modèles actuels en écologie ne parviennent toujours pas à reproduire la plupart des motifs empiriques émergeant des données — comme les relations d'échelle liant les propriétés des réseaux écosystémiques et leur surface, ou la distribution spatiale de la biodiversité [4,5]. Le développement d'une théorie causale dynamique prenant en compte le rôle de l'espace et la nature multi-échelle des interactions dans les dynamiques multi-espèces représente une frontière de recherche en écologie, qui appelle de nouveaux efforts de modélisation ambitieux [6].

L'objectif de ce projet de thèse est de comprendre comment les écosystèmes multi-espèces s'assemblent et évoluent dynamiquement au travers des échelles spatiales, et comment la biodiversité, les réseaux d'interaction et les fonctions des écosystèmes réagissent à la fragmentation spatiale. Ces questions seront abordées par une approche de modélisation théorique et numérique interdisciplinaire mêlant écologie et physique non-linéaire. Le.e étudiant.e contribuera au développement en cours d'un nouveau cadre numérique de modélisation dynamique spatio-temporel, et développera des modèles pour identifier les processus dynamiques structurant les distributions spatiales d'espèces et de communautés dans différents régimes d'interactions, de diversité, de dispersion, et de migrations sous l'effet de forçages environnementaux et/ou anthropogéniques comme la fragmentation des habitats. Il.e confrontera également ces modèles à des jeux de données écologiques empiriques existants pour tester la robustesse et la limitation des hypothèses habituellement faites concernant les distributions statistiques d'espèces pour interpréter de telles données. Enfin, le travail réalisé aura vocation à servir de base à la conception de nouvelles approches expérimentales, de collecte et d'analyse de données pour comprendre et trouver des solutions pour atténuer les effets de la fragmentation spatiale sur les écosystèmes et la biodiversité.

La thèse se déroulera à Moulis à la SETE, laboratoire qui cultive tout particulièrement une approche interdisciplinaire de la recherche en écologie. La thèse commencera en octobre 2024 (pas plus tard que février 2025). Nous ciblons des candidat.e.s avec un master de recherche en écologie, physique, ou mathématiques, avec un appétit particulier et des compétences de base solides pour la modélisation théorique et numérique. Des connaissances de base en C++, Python, et en programmation parallèle seraient fortement appréciées mais ne sont pas indispensables.

Le projet de thèse est financé sur ressources propres du CNRS à travers la MITI, et le financement offre les bénéfices sociaux habituels (santé, retraite) des employés CNRS.

ECOSCALES — PhD position (funded, duration: 3 years)

Title: Dynamical theory of the spatial and scale-dependency of biodiversity and ecosystems

Laboratory: CNRS [Station d'Ecologie Théorique et Experimental de Moulis](#) (SETE), Ariège, France

Supervisors: Jose Montoya (CNRS, SETE, Moulis — josemaria.montoyateran@sete.cnrs.fr)
François Rincon (CNRS, IRAP, Toulouse — francois.rincon@irap.omp.eu)

The field of spatial ecology has expanded rapidly over the last decades because land use changes by a growing human population have considerably increased habitat loss and fragmentation for most plant and animal species [1]. Metacommunity theory has highlighted the role of dispersal for population dynamics and the maintenance of diversity [2], and it has been shown that constraining species dispersal in space can lead to changes in trophic dynamics and ecosystem functions like primary production [3]. However, current ecological models are still unable to reproduce most empirical patterns — such as the scaling of ecosystem network properties with area, or biodiversity distribution across space — that emerge from data [4,5]. A systematic dynamical causal theory accounting for the role of space and multiple-species dynamics at different scales therefore represents a research frontier in ecology, and new, ambitious modelling approaches are called for [6].

The objective of this PhD project is to understand how multi-species ecosystems *dynamically* assemble and evolve across different spatial scales, and how biodiversity, species interaction networks and ecosystem functions respond to spatial fragmentation. This will be achieved through an interdisciplinary theoretical and numerical complex dynamical systems modelling approach mixing ecology and non-linear physics. The PhD student will contribute to the ongoing development of a new spatio-temporal dynamical numerical modelling framework and will use it to model, in multiple regimes of interaction, diversity, dispersion, migrations under environmental/anthropogenic stressors such as fragmentation, the causal dynamical processes shaping the spatial distributions of species and communities. He/she will then confront these models with existing empirical ecological datasets to test the robustness and limitations of species distributions assumptions usually made in the context of the interpretation of such analyses. Eventually, the work should provide a basis to design new experimental and data-driven approaches to study, and mitigate the effects of spatial fragmentation on ecosystems and biodiversity.

The work will take place in Moulis at the SETE, a place thriving on interdisciplinary research. The PhD should start in October 2024 (no later than February 2025). We target applicants with a master degree in physics, maths or ecology, with a solid appetite and skills for theoretical and computational approaches. Some basic knowledge of C++, Python & parallel programming would be welcome but is not mandatory.

The position is funded by the French CNRS through the MITI, and comes with the standard social (health insurance and pension) benefits of CNRS employees.

1. Fahrig, L. [Effects of habitat fragmentation on biodiversity](#). Annual review of ecology, evolution, and systematics, **34**, 487-515 (2003); Haddad, N. M., et al. [Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems](#). Science Advances, **1**, e1500052 (2015)
2. Holyoak, M., et al., eds. [Metacommunities: spatial dynamics and ecological communities](#). (U. Chicago Press 2005); Haegeman, B. & Loreau, M. [General relationships between consumer dispersal, resource dispersal and metacommunity diversity](#). Ecology letters, **17**, 175 (2014)
3. France, K. E. & Duffy, J. E. [Diversity and dispersal interactively affect predictability of ecosystem function](#). Nature, **441**, 1139 (2006)
4. Montoya, J. M. et al. [Ecological networks and their fragility](#). Nature **442**, 259 (2006)
5. Galiana, N. et al. [The spatial scaling of species interaction networks](#). Nature Ecology & Evolution **2**, 782 (2018); [Ecological network complexity scales with area](#). Nature Ecology & Evolution **6**, 307 (2022)
6. Kefi, S. et al. [Scaling up our understanding of tipping points](#). Phil. Trans. R. Soc. B **377**, 1857 (2022); Saade, C. et al. [Dynamics and stability of spatially structured ecosystems](#). PhD Thesis (2022)