

## Offre de stage M2

### **Modéliser la réponse du phytoplancton lacustre aux variations de température via une approche hybride IA couplant modèle mécaniste et réseaux de neurones artificiels**

**Supervision** : Loïc Chalmandrier et Arnaud Sentis

**Lieu** : UMR Recover - Risques, ECOSystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience - (INRAE/Aix-Marseille Univ.) au Tholonet à proximité d'Aix-en-Provence.

**Mots-clé** : communautés aquatiques, phytoplancton, réseaux de neurones, trait fonctionnel, température.

**Lien vers l'offre** : <https://jobs.inrae.fr/ot-30550>

Les écosystèmes aquatiques, et lacustres en particulier, subissent des pressions croissantes liées au changement climatique, affectant leur fonctionnement et les services écosystémiques qu'ils fournissent. Ces changements modifient les communautés phytoplanctoniques, qui sont à la fois principaux producteurs primaires et indicateurs de la santé des milieux d'eau douce. Cependant, prédire la trajectoire future du phytoplancton reste un défi majeur, notamment en raison de la complexité des processus écologiques qui le structure entre facteurs abiotiques (température, ressources) et biotiques (compétition, prédation).

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet PhytoTraitNet, qui vise à développer une approche innovante combinant modélisation mécaniste et intelligence artificielle (réseaux de neurones) pour prédire la structure des communautés phytoplanctoniques face au réchauffement climatique. Ce travail s'appuiera sur des bases de données de suivis de phytoplancton lacustre sur l'ensemble du territoire français (suivis de la Directive cadre-eau) et de traits fonctionnels pour prédire la réponse des communautés aux variations de température.

Le projet du/de la stagiaire sera de :

(1) caractériser des patrons de biodiversité (taxonomique et fonctionnelle) décrivant la variation des communautés de phytoplancton lacustre en France en réponse aux grands gradients environnementaux, plus particulièrement de température.

(2) Calibrer un modèle de compétition de Lotka-Volterra structuré par la température pour optimiser la prédiction de ces patrons de biodiversité. Pour cela, le/la stagiaire utilisera un nouvel outil de modélisation existant combinant équations différentielles ordinaires et réseaux de neurones afin de calibrer la réponse des espèces à l'environnement et leurs interactions biotiques.

La date de début de stage est flexible à partir de janvier 2027. Possibilité de continuer en thèse selon financement (demande en cours).

### **Environnement de travail**

Ce stage sera co-encadré par Loïc Chalmandrier et Arnaud Sentis (INRAE). Le/la stagiaire sera accueilli au sein de l'équipe Freshco (Fonctionnement et restauration des hydrosystèmes continentaux) sur le site INRAE du Tholonet au pied de la montagne Ste Victoire.

Ce projet est financé par le pôle ECLA (Ecosystème lacustres OFB/INRAE). Il se fera en collaboration avec des mathématiciens (D. Métivier - UMR Mistea et J. Arbel – INRIA – deux visites sont prévues). Au sein de l'unité, le/la stagiaire bénéficiera également d'interactions avec le projet ERC Climate countdown qui étudie les limites thermiques des organismes et communautés aquatiques.

### **Profil recherché**

- Master 2 en écologie quantitative, statistiques ou sciences des données avec une formation solide en modélisation (Python et R).
- Idéalement à la recherche d'un stage de six mois pouvant peut-être déboucher sur une thèse.
- Intérêt pour les enjeux environnementaux liés aux écosystèmes, en particulier aquatiques.

### **Candidature**

Les candidat.e.s intéressé.e.s sont invités à envoyer leurs candidatures avant le 31 octobre 2026 aux encadrants ([loic.chalmandrier@inrae.fr](mailto:loic.chalmandrier@inrae.fr) & [arnaud.sentis@inrae.fr](mailto:arnaud.sentis@inrae.fr)) avec une lettre de motivation expliquant leurs intérêts scientifiques, leur bulletin de note de M1 et un CV détaillant leur parcours et compétences.