

Offre de stage de Master 2

La régénération façonne-t-elle la forêt future ?

Une expérience virtuelle avec le modèle de dynamique forestière individu-centré TROLL

Stage de 6 mois entre janvier et août 2027
UMR AMAP, Montpellier, France, INRAE

Contexte

Les forêts couvrent environ 30 % des terres émergées, stockent près de la moitié du carbone terrestre, fournissent des ressources essentielles à des milliards de personnes et abritent plus de la moitié de la biodiversité connue sur Terre. Pourtant, les changements environnementaux actuels et futurs menacent leur fonctionnement et leur capacité à se maintenir dans le temps. Comprendre comment les forêts se renouvellent est donc essentiel pour prédire leur devenir. La régénération forestière – de la production et de la dispersion des graines jusqu’à l’établissement et à la croissance des jeunes arbres – joue un rôle central dans la résilience des forêts face aux perturbations et aux changements environnementaux. Pourtant, ces processus sont difficiles à observer et restent encore mal compris. Ils sont par conséquent encore relativement peu représentés dans les modèles de dynamique forestière (Bugmann et Seidl 2022; Díaz-Yáñez et al. 2024).

Les modèles diffèrent fortement dans la manière dont ils représentent la régénération: certains la simplifient fortement, tandis que d’autres intègrent de nombreux processus, tels que la production de graines, leur germination ou encore les réponses des plantules aux conditions environnementales (König et al. 2022). Quelles sont les conséquences de ces choix de modélisation sur les forêts simulées ? Quels processus sont importants de représenter et quels processus le sont moins ? C’est cette question que nous proposons d’explorer dans le cadre du projet [REGE-ADAPT du PEPR FORESTT](#).

L’objectif du stage sera de réaliser une expérience virtuelle de régénération en forêt tropicale avec TROLL, un modèle individu-centré de dynamique forestière (Maréchaux & Chave 2017 ; Maréchaux et al. 2025). Il s’agira de modifier la représentation de différents processus de régénération dans le modèle, puis d’observer comment ces choix se répercutent sur la forêt simulée. Vous explorerez ainsi, à l’aide de simulations numériques, des scénarios qu’il serait impossible ou extrêmement long de tester expérimentalement sur le terrain.

Objectifs du stage

Vous aurez pour mission de :

- Développer et/ou adapter le code de TROLL afin d’activer ou de désactiver certains processus de régénération (par exemple : pluie de graines, lumière) ;
- Concevoir et réaliser des expériences de sensibilité permettant d’isoler l’effet de ces différents processus ;
- Analyser les simulations avec R afin de quantifier leurs effets sur la structure, la composition et la diversité des communautés d’arbres simulées ;

- Interpréter les résultats d'un point de vue écologique et de modélisation, afin d'identifier les processus de régénération essentiels à représenter pour améliorer les prédictions de la dynamique forestière.

Un stage à l'interface entre écologie et modélisation

Ce stage vous permettra de travailler à l'interface de plusieurs domaines :

 **Écologie forestière** : Comprendre les mécanismes qui déterminent le renouvellement et la dynamique des forêts tropicales.

 **Modélisation** : Explorer le fonctionnement d'un modèle individu-centré de dynamique forestière et contribuer à ses développements.

 **Analyse de données et simulations** : Manipuler et analyser de grandes quantités de données issues de simulations avec R.

 **Recherche scientifique** : Participer à une expérience d'inter-comparaison de modèles menée dans le cadre d'un projet de recherche national et contribuer à une réflexion sur les bonnes pratiques de modélisation de la régénération forestière.

Encadrement

Au sein de l'[UMR AMAP à Montpellier](#), vous serez intégré.e à une équipe pluridisciplinaire et bénéficierez de l'expertise complémentaire de :

- **Emeline Chaste**, chercheuse post-doctorante, qui coordonne l'inter-comparaison de modèles au sein du projet REGE-ADAPT
- **Isabelle Maréchaux**, chercheuse en écologie et l'une des principales développeuses du modèle TROLL
- **Mélaine Aubry-Kientz**, enseignante-chercheuse en modélisation et écologie forestière
- **Philippe Verley**, ingénieur développeur en charge des développements du code de TROLL.

Cette équipe vous permettra d'être accompagné.e à la fois sur les aspects écologiques, statistiques, de modélisation et de développement informatique.

Profil recherché

Nous recherchons un.e étudiant.e de Master 2 avec :

- un intérêt pour l'écologie forestière, en particulier tropicale, et la modélisation ;
- une bonne maîtrise de R ;
- un goût pour l'analyse de données et l'interprétation de résultats de simulations ;
- une appétence pour le travail en équipe et les échanges scientifiques ;
- une curiosité pour le développement informatique constitue un atout, mais il n'est pas nécessaire d'être expert.e en programmation.

Ce que vous pourrez acquérir pendant le stage

À l'issue du stage, vous aurez développé des compétences en :

- modélisation de la dynamique des écosystèmes forestiers ;
- analyse et interprétation de simulations numériques ;
- programmation et développement de modèles ;
- analyse de données avec R ;
- comparaison de modèles et expérimentation virtuelle ;
- communication scientifique et travail en équipe de recherche.

Comment candidater ?

Merci d'envoyer un CV et une lettre de motivation, mentionnant le nom et le mail de votre responsable de master ainsi que les dates de stage souhaitées, réunis en un seul PDF à emeline.chaste@cirad.fr et isabelle.marechaux@inrae.fr, en précisant en objet : Candidature stage M2 – REGE-ADAPT / TROLL

Références :

- Bugmann & Seidl (2022). The evolution, complexity and diversity of models of long term forest dynamics. *Journal of Ecology*.
- Díaz-Yáñez et al. (2024). Tree regeneration in models of forest dynamics: a key priority for further research. *Ecosphere*, 15, e4 807.
- König, Mohren, Schelhaas, Bugmann & Nabuurs (2022). Tree regeneration in models of forest dynamics. *Forest Ecology and Management*, 520, 120390.
- Maréchaux, I., & Chave, J. (2017). An individual-based forest model to jointly simulate carbon and tree diversity in Amazonia: description and applications. *Ecological Monographs*, 87(4), 632-664.
- Maréchaux, I., Fischer, F. J., Schmitt, S., & Chave, J. (2025). TROLL 4.0: representing water and carbon fluxes, leaf phenology, and intraspecific trait variation in a mixed-species individual-based forest dynamics model—Part 1: Model description. *Geoscientific Model Development*, 18(16), 5143-5204.