

Stage de modélisation en écologie forestière

Analyse d'incertitude des estimations de microclimat et de survie des plantules d'un outil d'aide à la décision et leur représentation graphique.

Lieu du stage : UMR ISPA, Villenave d'Ornon (Gironde)

Durée : 3 à 6 mois à partir de janvier 2026 (dates et durée flexibles)

Encadrants : Rémi Lemaire-Patin et Jérôme Ogée

Gratification : selon la réglementation en vigueur à la date du début du stage (actuellement 4.35€/heure)

Contexte :

Le renouvellement des forêts est en péril. En 2023, environ 25% des plantations en France ont échoué et 87% de ces échecs sont attribués à des causes abiotiques telles que des sécheresses estivales ou des gels tardifs (Rapport DSF, 2023). Avec des projections climatiques annonçant des périodes de sécheresse plus intenses et prolongées dans les années à venir, la situation risque de se détériorer encore davantage.

Cependant, les pratiques de gestion forestière peuvent jouer un rôle clé dans la réussite des plantations. En effet les pratiques de gestion forestière et notamment les régimes de coupe influencent grandement la structure de la canopée et donc le microclimat (température, humidité) maintenu par l'effet tampon de la canopée forestière (De Frenne et al. 2021). Dans le contexte landais du cordon dunaire, des études récentes ont montré par exemple que le maintien d'arbres semenciers permettait d'obtenir une régénération réussie grâce à l'apport pluriannuel de graines mais aussi à travers les modifications du microclimat sous leur canopée (Guignabert et al 2020). Néanmoins, ces résultats sont difficiles à extrapoler à d'autres contextes pédoclimatiques et, à ce jour, les forestiers ne disposent pas d'outil opérationnel leur permettant d'anticiper l'impact de leurs pratiques sur le microclimat en sous-bois et le renouvellement de leurs forêts.

Pour répondre à ces questions, le projet Sylvaclim, démarré en 2025, propose de développer un outil d'aide à la décision destiné aux formateurs et gestionnaires forestiers pour les accompagner dans la réussite du renouvellement des forêts. Sylvaclim s'appuie sur le modèle MuSICA (Ogée et al. 2003), un modèle à base physique développé par INRAE, conçu pour simuler le microclimat en sous-bois en fonction de la structure de la canopée arborée. En traduisant ces résultats dans chaque contexte pédoclimatique et de gestion forestière, Sylvaclim permet d'identifier les itinéraires de gestion limitant les échecs de plantations selon les différents scénarios climatiques. Un travail préliminaire a déjà permis de poser les fondations d'un premier prototype pour SylvaClim permettant de traduire les extrêmes climatiques en sous-bois en métriques de stress hydrique et thermique des plantules. Un travail est en cours afin de traduire ces métriques pour estimer le taux de survie des plantules.

Deux points restent critiques pour la réalisation de l'outil d'aide à la décisions : (1) la validation des prédictions de survie et (2) une bonne compréhension des incertitudes des prédictions du modèle. L'objectif de ce stage est de répondre à ce deuxième point.

De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B.R., Zellweger, F., Aalto, J., Ashcroft, M.B., Christiansen, D.M., Decocq, G., De Pauw, K., Govaert, S., Greiser, C., Gril, E., Hampe, A., Jucker, T., Klimes, D.H., Koelemeijer, I.A., Lembrechts, J.J., Marrec, R., Meeussen, C., Ogée, J., Tyystjärvi, V., Vangansbeke, P., Hylander, K., 2021. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology* 27, 2279–2297. <https://doi.org/10.1111/gcb.15569>

Objectif du stage :

Afin d'établir un prototype robuste de l'outil d'aide à la décision Sylvaclim, votre travail consistera à estimer, comprendre et représenter les incertitudes dans les prédictions du modèle MuSICA associées aux paramètres biophysiques du modèle (taux de recouvrement des couronnes, surface foliaire, hauteur des arbres,...). Cela vous conduira à effectuer une analyse de sensibilité afin d'identifier les paramètres clés dans l'incertitudes des prédictions, l'ordre de grandeur des effets considérés et leurs transmissions aux différentes prédictions du modèle : microclimat, indices de risques hydrique et thermique, survie des plantules. Un deuxième axe de travail est prévu pour proposer des représentations graphiques appropriées pour une bonne visualisation des incertitudes et leur intégration dans l'application Sylvaclim.

Collectif de travail :

Au-delà de l'équipe d'encadrement apportant une expertise technique et scientifique, un deuxième stage débutera dans le printemps pour travailler sur la validation des prédictions de survie. Un·e ingénieur·e CDD devrait compléter l'équipe à partir de février ou mars 2026 afin de coordonner une partie des travaux et les échanges avec les parties prenantes (RMT Aforce, expert·e·s thématiques, développeur·se·s d'application, ...). La·le stagiaire s'intégrera aussi dans le groupe d'animation du modèle MuSICA qui se réunit régulièrement pour partager sur les différents travaux autour du modèle. Enfin la·le stagiaire partagera la vie scientifique de l'UMR ISPA au sein d'INRAE (séminaires, animations scientifiques, formations, ...).

Compétences et qualités recherchées :

- Étudiant·e en Master d'écologie, de mathématiques appliquée ou en école d'ingénieurs avec un intérêt pour la modélisation, l'écophysiologie forestière et la recherche appliquée.
- Expérience requise en programmation, idéalement en R ou Python
- Une première expérience des analyses Monte Carlo ou autres techniques d'évaluation des incertitudes d'un modèle serait appréciée.

Modalités de candidature :

Envoyer CV, lettre de motivation, et, si possible, nom d'au moins une personne référente à remi.lemaitre-patin@inrae.fr. Des entretiens seront réalisés au fur et à mesure avec les candidat·es retenus·es.