

# Stage Master 2 en écologie forestière

Analyse du fonctionnement des forêts mélangées grâce à la technologie LIDAR

## Mot-clefs

écologie forestière, LIDAR terrestre, analyse d'image 3D, biostatistiques, biodiversité

## Encadrement

Camille ROUET, doctorant à l'INRAE, URFM ([camille.rouet@inrae.fr](mailto:camille.rouet@inrae.fr))

Xavier MORIN, chargé de recherche au CNRS, CEFE ([xavier.morin@cefe.cnrs.fr](mailto:xavier.morin@cefe.cnrs.fr))

## Sujet de stage

Le changement global impacte fortement la dynamique des forêts tant par le biais du changement climatique, de la hausse conjointe des dépôts azotés et du dioxyde de carbone atmosphérique que des changements d'usage des forêts (Ronce et al. 2015).

Les mélanges forestiers sont souvent cités en tant qu'outil d'adaptation des peuplements aux changements climatiques en raison de la multiplicité des services écosystémiques que ceux-ci procurent. En particulier, on considère que les mélanges produisent plus de biomasse, hébergent plus de biodiversité et sont plus résistants à certaines perturbations (Gamfeldt et al. 2013; Jactel et al. 2017; Zhang, Chen, et Reich 2012).

Cependant, le fonctionnement des peuplements mélangés reste mal connu, en raison d'une part de la longévité du cycle de vie des arbres et, d'autre part, du nombre de paramètres pouvant affecter la relation fonctionnement-diversité en forêt (Forrester et Bauhus 2016). Il n'est pas non plus établi que les mélanges forestiers montrent une meilleure résistance aux sécheresses à venir (Grossiord 2018).

Une meilleure connaissance des mécanismes régissant les interactions entre arbres et entre espèces est donc nécessaire. Ces mécanismes sont notamment déterminés par l'importance de la compétition et de la complémentarité entre individus dans l'usage de la lumière (Jucker, Bouriaud, et Coomes 2015), de l'eau (Anderegg et al. 2018) et/ou des nutriments (Richards et al. 2010).

Le LIDAR terrestre permet de capturer une représentation en 3D de la végétation environnante. C'est un outil puissant qui commence à être utilisé massivement par les forestiers. L'objectif du stage sera de traiter et d'analyser des données de scans LIDAR issues de placettes forestières suivies par l'URFM et le CEFE (sites du Ventoux et du Vercors). Les mesures ont été prises lors des étés 2021 et 2022 lors de la saison de végétation.



Photo d'un appareil de LIDAR terrestre en forêt et projection d'un scan 3D réalisé par LIDAR au Mont Ventoux. Résolution originale : 10142 x 4268 points. INRAE URFM

Les 32 parcelles du Ventoux, mises en place en 2002 et suivies à l'INRAE d'Avignon, sont représentatives des différents types de mélanges forestiers du Ventoux entre 1000 et 1500m d'altitude. Des mesures de l'indice foliaire (m<sup>2</sup> de feuille par m<sup>2</sup> de sol) ont également été réalisées à l'aide de photographies hémisphériques.

En plus des placettes suivies par l'INRAE, le projet inclue des placettes suivies dans le cadre du dispositif GMAP (Xavier Morin, CEFE, CNRS). Ce dispositif vise à évaluer le fonctionnement des mélanges forestiers (notamment, hêtre avec sapin et hêtre avec chêne pubescent) grâce au suivi de triplets de placettes en peuplements mélangés et en peuplements purs.

Deux logiciels dédiés à l'analyse des données de LIDAR terrestre en forêt pourront être utilisés : Computree (développé à l'ONF) et AMAPVox (développé à l'INRAE). Ces deux logiciels devront permettre d'estimer des paramètres clefs en écologie forestière : profil de LAD (Leaf Area Density) ; diamètre des arbres ; taille et forme des couronnes ; quantité de feuille par arbre ; biomasse des peuplements.

L'enjeu de ce stage sera d'utiliser les données de LIDAR afin d'analyser la structure (taille et diamètre des arbres, taille et forme des couronnes, répartition spatiale du feuillage) des forêts mélangées en comparaison des forêts monospécifiques. D'autres part, une comparaison entre la méthode de LIDAR terrestre et la photographie hémisphérique pour l'estimation du LAI pourra être effectuée.

Une étude de modélisation est en cours à l'URFM pour évaluer le fonctionnement éco-physiologique des peuplements du réseau GMAP. Cependant, les modélisations actuelles n'incluent pas d'hypothèse concernant d'éventuelles différences morphologiques (forme des couronnes) entre les individus de peuplements purs et mélangés. L'analyse des données LIDAR permettra donc d'éclairer l'importance de propriétés morphologiques dans le fonctionnement des peuplements mélangés (comme le *canopy packing*, voir Jucker, Bouriaud, et Coomes 2015).

## Laboratoire d'accueil

La / le stagiaire sera encadré à l'INRAE [Ecologie des forêts Méditerranéennes](#) (URFM) à Avignon, au sein de l'équipe Écologie fonctionnelle et dynamique des communautés.

L'URFM est une unité de recherche interdisciplinaire dont le projet est de comprendre et modéliser les dynamiques et le fonctionnement des forêts méditerranéennes. L'objectif à terme est de fournir des outils d'aide à la gestion durable des forêts mélangées dans un contexte de perturbations et de changement global.

L'URFM construit et anime des projets de recherche-développement dans le domaine de l'écologie des perturbations en prenant en compte l'évaluation des risques biotiques (insectes ravageurs, pollution et perte de diversité génétique) et abiotiques (sécheresse, incendie).

Afin de développer une écologie plus prédictive, l'URFM met en œuvre une approche de modélisation des processus physiques et biologiques, en s'appuyant sur la simulation numérique et l'expérimentation.

Les domaines d'application de nos recherches sont la gestion forestière et la conservation des ressources génétiques dans un contexte de changement climatique, ainsi que la prévention des incendies de forêt.

## Profil

Nous cherchons une personne qui soit capable d'apprendre et de prendre en main des outils informatiques nouveaux, notamment dans l'analyse d'image, et ayant de bonnes connaissances en écologie végétale et forestière.

Typiquement, le ou la candidate dispose de bonnes connaissances en écologie et un goût prononcé pour l'analyse et le traitement informatique ou, inversement, est spécialisée dans l'analyse de données et a un goût pour la recherche en écologie forestière.

Étudiant de niveau M2 dans un des domaines suivants : (bio-)informatique, (bio-mathématiques, foresterie, écologie, biologie végétale.

## Condition

La/Le stagiaire recevra une gratification de 3,90 € par heure, soit environ 568 € par mois.

## Contact

Le stage est à pourvoir dès janvier 2023.

Merci d'envoyer votre CV et lettre de motivation à [camille.rouet@inrae.fr](mailto:camille.rouet@inrae.fr) avant le 10 novembre 2022.

## Références

Anderegg, William R. L., Alexandra G. Konings, Anna T. Trugman, Kailiang Yu, David R. Bowling, Robert Gabbitas, Daniel S. Karp, et al. 2018. « Hydraulic Diversity of Forests Regulates Ecosystem Resilience during Drought ». *Nature* 561 (7724): 538-41. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0539-7>.

Forrester, David I., et Jürgen Bauhus. 2016. « A Review of Processes Behind Diversity—Productivity Relationships in Forests ». *Current Forestry Reports* 2 (1): 45-61. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0031-2>.

Gamfeldt, Lars, Tord Snäll, Robert Bagchi, Micael Jonsson, Lena Gustafsson, Petter Kjellander, María C. Ruiz-Jaen, et al. 2013. « Higher Levels of Multiple Ecosystem Services Are Found in Forests with More Tree Species ». *Nature Communications* 4 (1): 1340. <https://doi.org/10.1038/ncomms2328>.

Grossiord, Charlotte. 2018. « Having the Right Neighbors: How Tree Species Diversity Modulates Drought Impacts on Forests ». *New Phytologist* 228 (1): 42-49. <https://doi.org/10.1111/nph.15667>.

Jactel, Hervé, Jürgen Bauhus, Johanna Boberg, Damien Bonal, Bastien Castagneyrol, Barry Gardiner, Jose Ramon Gonzalez-Olabarria, Julia Koricheva, Nicolas Meurisse, et Eckehard G. Brockerhoff. 2017. « Tree Diversity Drives Forest Stand Resistance to Natural Disturbances ». *Current Forestry Reports* 3 (3): 223-43. <https://doi.org/10.1007/s40725-017-0064-1>.

Jucker, Tommaso, Olivier Bouriaud, et David A. Coomes. 2015. « Crown Plasticity Enables Trees to Optimize Canopy Packing in Mixed-Species Forests ». *Functional Ecology* 29 (8): 1078-86. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12428>.

Richards, Anna E., David I. Forrester, Jürgen Bauhus, et Michael Scherer-Lorenzen. 2010. « The influence of mixed tree plantations on the nutrition of individual species: a review ». *Tree Physiology* 30 (9): 1192-1208. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq035>.

Ronce, Ophélie, Catherine Boyen, Sophie Caillon, Anne Charmantier, Pierre Olivier Cheptou, Isabelle Chuine, Marie-Christine Cormier-Salem, et al. 2015. *Réponses et adaptations aux changements globaux : quels enjeux pour la recherche sur la biodiversité ? Prospective de recherche*. Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01594930>.

Zhang, Yu, Han Y. H. Chen, et Peter B. Reich. 2012. « Forest Productivity Increases with Evenness, Species Richness and Trait Variation: A Global Meta-Analysis ». *Journal of Ecology* 100 (3): 742-49. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01944.x>.