

# Prédiction et spatialisation de l'IBP par télédétection optique et LiDAR

Stage de Master 2 / Ingénieur 3A (2024)

## 1 Contexte

De nombreux travaux scientifiques ont été menés pour comprendre les relations entre la richesse ou la diversité en espèces animales et végétales d'une forêt et les caractéristiques des peuplements (diversité en essences, structure, milieux associés...). Ces relations permettent d'envisager une estimation indirecte de la diversité taxonomique en forêt à partir d'indicateurs simples qui peuvent être relevés par les gestionnaires forestiers. Parmi ceux-ci, 10 indicateurs clés ont pu être identifiés comme favorables à la biodiversité. Ils sont réunis au sein d'un outil d'aide à la gestion : l'IBP (Larrieu et Gonin 2008). L'**Indice de Biodiversité Potentielle** permet d'établir un diagnostic à l'échelle d'un peuplement et d'évaluer la capacité d'accueil en espèces animales et végétales en caractérisant 7 indicateurs ou facteurs liés à la gestion (diversité en essences autochtones ; structure verticale de la végétation ; densité de gros bois morts sur pied ; densité de gros bois morts au sol ; densité de très gros bois vivants ; densité d'arbres vivants porteurs de microhabitats ; présence de milieux ouverts) et 3 indicateurs liés au contexte (continuité temporelle de l'état boisé ; diversité des milieux aquatiques ; diversité de milieux rocheux). C'est devenu aujourd'hui un outil de diagnostic très répandu pour mieux prendre en compte la diversité taxonomique ordinaire dans la gestion sylvicole.

Actuellement, l'IBP est estimé à partir de relevés in-situ. Un score est attribué pour chaque facteur et ceux-ci sont ensuite agrégés pour obtenir une note finale. Cette note renseigne sur le niveau de diversité taxonomique forestière *potentielle* abritée par le peuplement. Malgré l'existence de protocoles opérationnels, l'estimation de l'IBP reste problématique sur de larges étendues. L'évaluation des facteurs sur le terrain requiert d'importants moyens humains et financiers. De ce fait, l'état de conservation des forêts n'est connu que très partiellement, que ce soit en forêt privée ou publique.

## 2 Sujet

La télédétection présente un potentiel important pour estimer certains facteurs de l'IBP, ou sa valeur finale, avec divers moyens d'observation (imagerie optique passive et active). L'objectif de ce stage est d'étudier l'apport de données LiDAR HD aéroportées de l'IGN, combinées à la BDOrtho HR (20 à 50 cm) pour prédire et spatialiser l'IBP ou certains de ses facteurs liés au peuplement et sa gestion forestière ( $IBP_{gestion}$ ). Nous faisons l'hypothèse que l'IBP peut être approché en combinant l'hétérogénéité spatiale de l'information spectrale fournie par l'imagerie optique 2D et l'hétérogénéité ou la complexité verticale du nuage de points 3D fourni par les données LiDAR.

Deux approches sont envisagées. La première consistera d'abord à identifier un certain nombre de variables dérivées des images et du LiDAR susceptibles d'être corrélées à l'IBP d'après les travaux antérieurs (i.e. variables d'hétérogénéité spatiale et structurale au sens large). Ces variables seront calculées à l'échelle de placettes forestières ou de peuplements (en cohérence avec les données terrain disponibles) et un modèle statistique sera ensuite calibré et validé. La modélisation fera appel à des méthodes statistiques de type GLM ou GAM, ou des méthodes d'apprentissage machine standards de type Random Forest. La fusion des deux sources de données est envisagée très simplement, par combinaison des caractéristiques (i.e. des variables explicatives/descriptives).

La seconde approche aura pour objectif de tester l'apport de méthodes d'apprentissage profond selon deux voies : la première, via un modèle de type UNet, en se plaçant dans un cadre de fusion multimodale prenant en compte les données multispectrales et les variables LiDAR (transformées ici en raster) ; la seconde, via des méthodes directement adaptées aux nuages de points 3D (ex. PointNet++ ou PCEDNet (Himeur et al. 2022)) qui sont encore peu utilisés en télédétection.

Du point de vue de la tâche d'apprentissage, la note  $IBP_{gestion}$  sera prédite en priorité. Toutefois, un apprentissage multi-tâches consistant à prédire chacun des facteurs ou un sous-ensemble de facteurs, en plus de la note IBP agrégée, pourrait aussi s'envisager pour gagner en performance (Carvalho et al. 2020). Cette tâche d'apprentissage sera adaptée en fonction des corrélations identifiées préalablement entre les variables de télédétection et les facteurs de l'IBP.

## 3 Profil du candidat et compétences attendues

Le candidat sera en Master 2 (Géomatique, Télédétection, Signal & Image) ou en 3ème année d'école d'ingénieur (type ENSG, ESGT...). Il devra maîtriser les concepts fondamentaux de la télédétection et si possible, avoir déjà une expérience dans le traitement de données LiDAR.

Les compétences attendues sont les suivantes :

- Bonne maîtrise des concepts de télédétection et de traitement d'images.
- Bonnes compétences en analyse de données, statistiques et apprentissage machine

- Solides compétences en programmation avec le langage Python (ou R)
- Bonne maîtrise des logiciels de type QGIS. La connaissance d'outils spécifiques au traitement de données LiDAR serait un plus (FUSION, LidR, CloudCompare)
- Rigueur, autonomie, ouverture d'esprit, prise d'initiatives
- Aptitude à s'intégrer dans une équipe pluridisciplinaire
- Bonne capacité de rédaction et de synthèse
- Maîtrise de l'anglais scientifique

#### 4 Conditions de réalisation

Durée du stage : 6 mois (à partir de Mars 2024)

Indemnité de stage : selon barème en vigueur (autour de 570€/mois)

Lieu du stage :

Laboratoire DYNAFOR – Campus de l'ENSAT

UMR 1201 INRAE/INP-ENSAT/EI Purpan

Av. de l'Agrobiopôle, BP 32607 - 31326 Castanet-Tolosan

Encadrement :

D. Sheeren, MCF INP-ENSAT (UMR DYNAFOR) : télédétection et géomatique

O. Martin, Post-doctorant (UMR DYNAFOR) : écologie forestière et LiDAR

N. Mellado, CR CNRS (UMR IRIT) : informatique graphique et science des données

Collaboration :

Y. Hamrouni et A. Brin (UMR DYNAFOR), L. Barthe (IRIT)

Pour faire acte de candidature, envoyez une lettre de motivation et un CV détaillé **au plus tard le vendredi 1 décembre 2023** à [david.sheeren@ensat.fr](mailto:david.sheeren@ensat.fr) pour un entretien la semaine suivante.