

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2019-21**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DOTA/POS

Tél. : 05 62 25 26 28

Responsable du stage : Karine Adeline

Email. : [Karine.adeline@onera.fr](mailto:Karine.adeline@onera.fr)

### DESCRIPTION DU STAGE

Domaine d'étude : Télédétection et transfert radiatif

Type de stage       Fin d'études bac+5       Master 2 recherche       Bac+2 à bac+4

**Intitulé : Estimation des propriétés biophysico-chimiques d'une forêt méditerranéenne pour les missions spatiales hyperspectrales HYPXIM (CNES) et HYSPIRI (NASA)**

Sujet :

La rapide dégradation de la biodiversité de la végétation ces dernières décennies a mené les écologues à définir des variables essentielles pour la caractériser (EBV : Essential Biodiversity Variables). Elles sont déterminées à plusieurs échelles : écosystème, population et individu. La télédétection permet le suivi de certaines de ces EBV sur de grandes surfaces comme celles caractérisant les espèces d'arbres à l'échelle de la population (abondance, richesse, distribution) et l'évaluation des caractéristiques fonctionnelles pour chaque espèce d'arbres, dont leurs propriétés biophysiques et biochimiques. Ces derniers sont des indicateurs pertinents du fonctionnement des plantes, intervenant sur leur productivité et leurs fonctions écosystémiques. D'une part, les propriétés biochimiques les plus étudiées par télédétection sont les pigments foliaires (chlorophylle et caroténoïdes), le contenu en eau et en matière sèche, qui interviennent respectivement dans le cycle phénologique de la plante, son stress hydrique et sa biomasse. D'autre part parmi les propriétés biophysiques, celle la plus communément étudiée est la densité foliaire de l'arbre ou LAI (Leaf Area Index).

A partir de données de télédétection, l'estimation de ces propriétés nécessite une forte richesse spectrale dans le domaine optique 0.4-2.5um (notamment les propriétés biochimiques) et une résolution spatiale adaptée à l'échelle d'étude. Les futures missions satellitaires hyperspectrales d'observation de la Terre prévoient un choix de capteurs à une résolution spatiale de 30m avec un rapport signal-à-bruit élevé (EnMAP, HyspIRI) et à 8m avec un rapport signal-à-bruit plus faible (HYPXIM). Pour une résolution de 8m, les études pourront être conduites aux échelles individu/population (1 à 2 arbres dans un pixel), alors que pour une résolution de 30m, uniquement celle de la population (plusieurs arbres dans un pixel) pourra être envisagée. Pour des écosystèmes de savanes boisées (forêts éparées de climat méditerranéen), l'estimation des propriétés biophysico-chimiques sera sensible dans le premier cas aux caractéristiques relatives aux individus composant le couvert végétal dont particulièrement la structure des arbres (faible LAI, forte présence d'éléments ligneux, forme du houppier) tandis que dans le second cas s'ajouteront les caractéristiques générales de l'écosystème (faibles taux de couverture boisée et impact du sol).

L'objectif de ce stage est d'évaluer et inter-comparer les performances des futures missions HYPXIM et HYSPIRI pour élaborer une cartographie de propriétés biophysico-chimiques des arbres en forêt méditerranéenne.

Du fait des spécificités du milieu étudié, l'estimation de ces propriétés repose sur l'utilisation d'un outil de transfert radiatif DART [1] et une méthode d'inversion par LUT - Look up Table [2]. DART permet de simuler la réflectance de la canopée (simulant le spectre d'un pixel d'une image de télédétection) à partir de maquettes de modélisation 3D de l'arbre et de ses caractéristiques structurelles et biochimiques, en prenant en compte les contributions du sol et les conditions d'illumination. Une base de simulation correspondant à des réflectances de canopée simulées est générée à partir de la plage de variation des paramètres d'intérêt qu'on cherche à estimer. Ensuite, l'inversion consiste à minimiser spectralement la correspondance entre cette base de données de simulation et la réflectance mesurée (provenant de l'image de télédétection) afin de remonter à l'estimation des propriétés biochimiques. Le site de savane

boisée étudié se situe dans la Sierra Nevada, Californie, sur lequel plusieurs campagnes de mesures terrain ont été menées [3], complétées par une acquisition hyperspectrale aéroportée AVIRIS-Next-Generation à 2 m de résolution spatiale.

Les travaux de stage porteront sur (1) la simulation d'images synthétiques HYPXIM et HYSPIRI à partir de l'image aéroportée, (2) la génération de la base de simulation avec DART dont la stratégie de modélisation 3D de la scène va différer selon la résolution spatiale, (3) l'application de l'inversion pour l'estimation et la cartographie des propriétés biophysico-chimiques. A l'ONERA, des outils sont d'ores et déjà disponibles et devront potentiellement être mis à jour pour répondre à ces 3 étapes : pour (1) qui prennent en compte les configurations instrumentales (spatiales, spectrales et bruit) des capteurs [4], et pour (2) et (3) qui contiennent une chaîne de traitement pour traiter des données à résolutions spatiales dégradées (à partir de 18m)[5]. Ainsi, l'accent sera mis durant ce stage pour compléter cette chaîne de traitement pour de meilleures résolutions spatiales.

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet TOSCA CNES HyperMED - « évaluation des caractéristiques fonctionnelles des essences d'arbres pour le suivi de leur état de santé pour des écosystèmes de forêts méditerranéennes pour un imageur hyperspectral » et en soutien de la thèse de Thomas Miraglio - « Suivi de la résilience du patrimoine arboré méditerranéen par télédétection hyperspectrale ». Ce travail se fera en collaboration avec J. P. Gastellu-Etchegorry du Cesbio et S. Ustin de l'Université de Davis, Californie, USA.

Références :

[1] Gastellu-Etchegorry et al., Modeling radiative transfer in heterogeneous 3-D vegetation canopies. Remote sensing of environment, 58(2), 131-156, 1996.

[2] Adeline et al., the Role of Species, Structure, and Biochemical Traits in the Spatial Distribution of a Woodland Community, AGU Fall meeting, 2015.

[3] Ustin et al., Multiyear Multiseasonal Changes in Leaf and Canopy Traits Measured by AVIRIS over Ecosystems with Different Functional Type Characteristics Through the Progressive California Drought 2013-2015, AGU Fall meeting, 2015.

[4] Roussel et al., Comparison of two atmospheric correction methods for the classification of spaceborne urban hyperspectral data depending on the spatial resolution, IJRS, 39(5), 1593-1614, 2018.

[5] Stage 2018 ONERA de Jean-Victor Schmitt « Evaluation de l'impact de la structure d'un arbre sur l'estimation des propriétés biochimiques de la végétation ».

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? **Non**

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique            | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation        |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : **Non**

**Durée du stage :** Minimum : 5 mois Maximum : 5 mois (6 mois sur dérogation uniquement)

Période souhaitée : à partir de début mars 2019

### PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : traitement du signal/image, transfert radiatif, physique, modélisation 3D	Ecoles ou établissements souhaités : MR2 ou 3ième année d'école d'ingénieur
--	--