
Projet SentHyMED : bases de données multi-échelles et simulation de paysages de chênaies méditerranéennes par modélisation directe du transfert radiatif pour des images multi- et hyperspectrales

Karine Adeline^{*1}, Marianne Debye^{1,2}, Xavier Briottet¹, Jean-Baptiste Feret³, Florian De Boissieu³, Samuel Alleaume³, Josselin Giffard-Carlet³, Jean-Marc Limousin⁴, Jean-Marc Ourcival⁴, Florent Mouillot⁴, Jean Kempf⁴, Damien Longepierre⁴, Grégoire Vincent⁵,
and Jean-Philippe Gastellu-Etchegorry²

¹ONERA / DOTA, Université de Toulouse [Toulouse] – PRES Université de Toulouse – France

²Centre d'études spatiales de la biosphère – Université Toulouse III - Paul Sabatier – France

³Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale – Institut National de Recherche
pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement – France

⁴Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive – Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁵Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des Végétations – Institut de Recherche
pour le Développement – France

Résumé

La caractérisation de l'état des forêts méditerranéennes représente un enjeu crucial pour la prévention du risque incendie, et l'évaluation de l'impact de l'accroissement des sécheresses et des changements d'affectation des sols. La télédétection optique permet l'accès à un certain nombre de variables biophysiques et biochimiques de la végétation (ou des variables essentielles de biodiversité) qui permettent d'avoir une meilleure connaissance de la structure et du fonctionnement de ces forêts. Cependant, la précision d'estimation de ces variables dépend fortement de l'échelle d'observation (relative à la résolution spatiale des images), de la richesse spectrale des capteurs de télédétection (nombre de bandes spectrales, échantillonnage et résolution spectrale) et du temps de revisite (important pour le suivi et la prédiction de ces variables).

Un des objectifs du projet SentHyMED est d'évaluer la complémentarité de données multi- et hyperspectrales pour la cartographie de ces traits bio-physico-chimiques à des fins de détermination du stress hydrique de ces forêts. La présentation portera sur la description des jeux de données collectés et les premiers travaux de modélisation directe à partir de ces données, tels qu'explicités ci-dessous.

Huit campagnes ont été réalisées d'avril à octobre 2021, et en juin 2023, sur les deux forêts de Puéchabon et Pic Saint Loup, au nord de Montpellier (1). Les deux espèces de chênes étudiés sont *Quercus Pubescens* (à feuilles caduques) et *Quercus Ilex* (à feuilles persistantes).

^{*}Intervenant

Sur treize parcelles d'étude, les données collectées sont : inventaires forestiers de la canopée et du sous-couvert, indice de densité de végétation (PAI), mesures spectrales multi-variées (feuille, tronc, herbe, roche, etc.), humidité du sol, mesures leaf-clip SPAD et DUALEX, contenu en eau et matière sèche foliaire et autres traits par inversion des modèles PROSPECT (pigments, contenu azoté, etc.) (2,3). Ces collections de données ont été concomitantes avec des acquisitions Sentinel-2, et pour une date avec des acquisitions drone LiDAR et des aéroportées hyperspectrales Aviris-Next Generation à 1 m et 3 m. Des images PRISMA et DESIS sont également disponibles.

Ensuite, une étape préalable à l'estimation des variables de végétation avec des méthodes hybrides (physique & IA) consiste à évaluer l'adéquation de l'emploi du modèle de transfert radiatif DART (4) pour simuler des images de télédétection réalistes pour ces paysages de forêts méditerranéennes. La paramétrisation géométrique des scènes se base sur la reconstruction de maquettes 3D à partir des données LiDAR avec l'aide de la library lidR (traitement nuages de points), du code AMAPVox (voxelisation) (5) et l'usage de DART (transformation surfacique). La paramétrisation optique a été étudiée pour être optimisée pour la modélisation de la scène en évaluant l'impact de la réflectance du sous-couvert, l'impact de la contribution des éléments ligneux et la modélisation abstraite des propriétés optiques foliaires dans la réflectance totale de la canopée. Les simulations se sont faites avec le code pytools4dart (6). La comparaison entre les images simulées et celles mesurées (incluant des images simulées Biodiversity à 10 m à partir des images aéroportées à 1 m) montre les influences de la fraction de canopée, de la variabilité de la composition en espèces au sein des parcelles forestières, et de l'importance de considérer les éléments ligneux dans la modélisation de la scène (7).

(1) K. Adeline, J.B. Féret, H. Clenet, J.M. Limousin, J.M. Ourcival, F. Mouillot, S. Alleaume, A. Jolivot, X. Briottet, L. Bidet, E. Aria, ATM. Defosse, T. Gaubert, J. Giffard-Carlet, J. Kempf, D. Longepierre, F. Lopez, T. Miraglio, J. Vigouroux, M. Debue, Multi-scale datasets for monitoring Mediterranean oak forests from optical remote sensing during the SENTHYMED/MEDOAK experiment in the north of Montpellier (France), Data in Brief, Volume 53, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110185>.

(2) J.B. Féret, A. A. Gitelson, S.D. Noble, S. Jacquemoud, PROSPECT-D: towards modeling leaf optical properties through a complete lifecycle, Remote Sens. Environ. 193 (2017), doi: 10.1016/j.rse.2017.03.004

(3) J.-B. Féret, K. Berger, F. De Boissieu, Z. Malenovský, PROSPECT-PRO for estimating content of nitrogen-containing leaf proteins and other carbon-based constituents, ArXiv200311961 Q-Bio. (2020).

(4) Gastellu-Etchegorry, J. P., E. Grau, et N. Lauret. 2012. " DART: A 3D Model for Remote Sensing Images and Radiative Budget of Earth Surfaces ". in Modeling and Simulation in Engineering, édité par C. Alexandru. InTech.

(5) Vincent, Gregoire, François Pimont, et Philippe Verley. 2021. " Various PAD/LAD estimators implemented in AMAPVox 1.8 ".

(6) de Boissieu, Florian, Eric Chraïbi, Claudia Lavalley, et Jean-Baptiste Féret. 2019. " pytools4dart: Python API to DART Radiative Transfer Simulator ".

(7) M. Debue, G. Vincent, S. Alleaume, F. de Boissieu, X. Briottet, J.-B. Féret, J.-P. Gastellu-Etchegorry, J.-M. Limousin, D. Longepierre, K. Adeline, " Adequacy of Mediterranean forest simulations from DART radiative transfer model and UAV laser scanning data to hyperspectral images," Proc. SPIE 12727, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXV, 127270U (17 October 2023); <https://doi.org/10.1117/12.2678531>