

Invitation à la soutenance de thèse

**EXPLOITATION DES DONNÉES OPTIQUES MULTIMODALES POUR LA CARTOGRAPHIE DES
ESPÈCES VÉGÉTALES SUIVANT LEUR SENSIBILITÉ AUX IMPACTS ANTHROPIQUES**

**EXPLOITATION OF MULTIMODAL OPTICAL DATA FOR MAPPING PLANT SPECIES
ACCORDING TO THEIR SENSITIVITY TO ANTHROPIC IMPACTS**

Rollin Gimenez

Le 20 décembre 2023 à 10h
Salle des thèses de l'ISAE
10 Av. Édouard Belin, 31050 Toulouse

Devant le jury composé de :

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Mme Isabelle LAFFONT-SCHWOB | Université de Marseille LPED | Rapporteure |
| M. Sébastien LEFEVRE | IRISA | Rapporteur |
| Mme Anne PUISSANT | LIVE-CNRS | Examinatrice |
| M. Florian DELERUE | Institut Polytechnique de Bordeaux | Examinateur |
| M. Anthony CREDOZ | TotalEnergies | Encadrant |
| M. Arnaud ELGER | Université Toulouse III Paul Sabatier | Co-Directeur |
| Mme Sophie FABRE | Onera | Directrice |

Résumé

Les impacts anthropiques sur les sols végétalisés sont difficiles à caractériser à l'aide d'instruments de télédétection optique. Ces impacts peuvent cependant entraîner de graves conséquences environnementales. Leur détection indirecte est rendue possible par les altérations provoquées sur la biocénose et la physiologie des plantes, qui se traduisent par des changements de propriétés optiques au niveau de la plante et de la canopée. L'objectif de cette thèse est de cartographier les espèces végétales en fonction de leur sensibilité aux impacts anthropiques à l'aide de données de télédétection optique multimodale. Différents impacts anthropiques associés à des activités industrielles passées sont considérés (présence d'hydrocarbures dans le sol, contamination chimique polymétallique, remaniement et compactage du sol, etc.) dans un contexte végétal complexe (distribution hétérogène de diverses espèces de différentes strates). Les informations spectrales, temporelles et/ou morphologiques sont utilisées pour identifier les genres et espèces et caractériser leur état de santé afin de définir et de cartographier leur sensibilité aux différents impacts anthropiques. Des images hyperspectrales aéroportées, des séries temporelles Sentinel-2 et des modèles numériques d'élévation sont exploités indépendamment ou combinés. La démarche proposée repose sur trois étapes. La première consiste à cartographier les impacts anthropiques en combinant des données de télédétection optique et des données fournies par l'opérateur du site (analyses de sol, cartes d'activité,

etc.). La seconde étape vise à développer une méthode de cartographie de la végétation à l'aide de données de télédétection optique adaptée à des contextes complexes tels que les sites industriels. Enfin, les variations de la biodiversité et des traits fonctionnels dérivées des images hyperspectrales aéroportées et des modèles numériques d'élévation sont analysées en relation avec la carte d'impact au cours de la troisième étape. Les espèces identifiées comme espèces invasives ainsi que celles en lien avec les pratiques agricoles et forestières et les mesures de biodiversité renseignent sur les impacts biologiques. La cartographie des strates de végétation et la caractérisation de la hauteur des arbres, liées à une succession secondaire, sont utilisées pour détecter les impacts physiques (remaniement du sol, excavations). Enfin, les conséquences du stress induit sur la signature spectrale des espèces sensibles permettent d'identifier les impacts chimiques. Plus précisément, dans le contexte de l'étude, les signatures spectrales de *Quercus* spp, *Alnus glutinosa* et des mélanges herbacés varient en fonction de l'acidité du sol, tandis que celles de *Platanus x hispanica* et des mélanges arbustifs présentent des différences dues aux autres impacts chimiques.

Anthropogenic impacts on vegetated soils are difficult to characterize using optical remote sensing devices. However, these impacts can lead to serious environmental consequences. Their indirect detection is made possible by the induced alterations to biocenosis and plant physiology, which result in optical property changes at plant and canopy levels. The objective of this thesis is to map plant species based on their sensitivity to anthropogenic impacts using multimodal optical remote sensing data. Various anthropogenic impacts associated with past industrial activities are considered (presence of hydrocarbons in the soil, polymetallic chemical contamination, soil reworking and compaction, etc.) in a complex plant context (heterogeneous distribution of multiple species from different strata). Spectral, temporal and/or morphological information is used to identify genera and species and characterise their health status to define and map their sensitivity to the various anthropogenic impacts. Hyperspectral airborne images, Sentinel-2 time series and digital elevation models are then used independently or combined. The proposed scientific approach consists of three stages. The first one involves mapping anthropogenic impacts at site level by combining optical remote sensing data with data supplied by the site operator (soil analyses, activity maps, etc.). The second stage seeks to develop a vegetation mapping method using optical remote sensing data suitable to complex contexts like industrial sites. Finally, the variations in biodiversity and functional response traits derived from airborne hyperspectral images and digital elevation models are analysed in relation to the impact map during the third stage. The species identified as invasive species, as well as those related to agricultural and forestry practices, and biodiversity measures provide information about biological impacts. Vegetation strata mapping and characterisation of tree height, linked to secondary succession, are used to detect physical impacts (soil reworking, excavations). Finally, the consequences of induced stress on the spectral signature of susceptible species allow the identification of chemical impacts. Specifically, in the study context, the spectral signatures of *Quercus* spp., *Alnus glutinosa*, and grass mixtures vary with soil acidity, while those of *Platanus x hispanica* and shrub mixtures exhibit differences due to other chemical impacts.

Mots clés

Télédétection optique, hyper-(multi-)spectral, multitemporel, apprentissage automatique, végétation, impacts anthropiques, cartographie des espèces végétales