Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »

AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT

Monsieur Florian CAVERNES soutiendra sa thèse le **8 décembre 2026** à **14h00** au **2 Avenue Marc Pélegrin 31400 Toulouse ONERA** , salle **Amphithéatre ONERA**, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité **Océanologie**.

TITRE DE LA THESE : Détection et identification de la pollution par les plastiques sur les surfaces continentales

RESUME : La production des matières plastiques ne cesse d'augmenter, atteignant 430,9 mégatonnes en 2025, tandis que 79 % des plastiques produits se retrouvent dans l'environnement. Bien que l'étude des impacts environnementaux se concentrent sur les environnements marins, la source des plastiques est essentiellement continentale et de multiples écosystèmes sont potentiellement impactés au cours de leur parcours environnemental. Ce travail de thèse a pour objectif de développer une approche multi-échelles pour cartographier la pollution par les plastiques sur les surfaces continentales par télédétection et de les identifier par type (PE, PET, PS et PP). Cette étude se base en grande partie sur des données d'imagerie hyperspectrale (IHS) acquises en laboratoire et par drone dans le domaine réflectif. Dans un premier temps, une base de données (BDD) spectrale des types de plastique est construite en concaténant des mesures provenant de différents instruments de télédétection sur un large panel de plastiques. L'analyse de cette BDD permet d'identifier les bandes d'absorption spécifiques à chaque type de plastique, utilisé ultérieurement pour définir les zones spectrales pertinentes pour leur identification par types de plastiques. La grande variabilité intra-type, essentiellement liée au niveau global du continuum, module fortement l'amplitude des signatures des plastiques. L'évaluation exhaustive des méthodes d'extraction de l'information basée sur l'utilisation conjointe des données spectrales brutes et normalisées, d'indices spectraux et de distances spectrales choisis, a permis de définir une chaine méthodologique de détection et d'indentification des plastiques. Pour évaluer cette méthodologie, deux campagnes de mesures drones ont été conduites : la première en milieu littoral et l'autre sur scène végétalisée. Pour ces deux campagnes, des acquisitions par IHS embarquée sur drone ont été réalisées à une résolution centimétrique. Les références terrain ont été construites de telle manière à intégrer une forte variabilité sur le type (caractérisés par mesures FTIR), et sur les tailles des échantillons. La phase d'entraînement se fait d'une part sur la BDD indépendante de plastique et d'autre part sur des spectres de fond de scène issus des images hyperspectrales. Cette approche permet d'avoir un modèle d'apprentissage adapté à la scène étudiée tout en préservant une objectivité sur les plastiques présents sur la scène. Ces expériences nous ont permis de comparer et quantifier les performances en fonction de (i) l'algorithme d'apprentissage utilisé, Séparateur Vastes Marges (SVM) et Forêt Aléatoire (RF) et (ii) du type de combinaisons de données d'entrée entre réflectances, spectres standardisés, indices spectraux et distances spectrales. Nous avons ainsi montré qu'il était possible d'identifier automatiquement, avec la même méthodologie, les types de plastiques sur ces deux scènes continentales à partir de mesures drones hyperspectrales avec des scores kappa supérieurs à 0,8 pour des plastiques centimétriques. De plus, la combinaison des spectres standardisés et des indices spectraux en réflectance permet d'obtenir les meilleurs résultats. Les évaluations réalisées sur les environnements littoraux et végétalisés montrent que le RF est plus robuste au changement de milieu que le SVM, ce qui en fait un modèle à privilégier pour une identification automatique par types par IHS drone sur les surfaces continentales. Enfin, nous avons exploré le potentiel de cette méthodologie pour l'identification subpixellique. Ces premiers résultats montrent qu'il est envisageable d'identifier le type de plastique pour des fractions surfaciques minimales de l'ordre de 5 % du pixel, et ce pour différents types de surfaces continentales. La détermination de l'abondance au sein d'un pixel persiste cependant parmi les défis scientifiques et laisse place à de futures voies exploratoire sur la caractérisation des plastiques sur les surfaces continentales.

Directeur de thèse :
Wolfgang LUDWIG, Centre de formation et de recherche sur les environnements méditerranéens - Université de Perpignan Via Domitia

Laboratoire où la thèse a été préparée : Centre de formation et de recherche sur les environnements méditerranéens

Le jury sera composé de :

Mme Audrey Minghelli, Professeure des universités, Université de Toulon **(Rapporteur)**
M. Mauro Dalla Mura, Maître de conférences, Gipsa Lab Grenoble INP **(Rapporteur)**
M. Wolfgang LUDWIG, Professeur des universités, Université de Perpignan Via Domitia **(CoDirecteur de these)**
M. Malik Chami, Professeur des universités, Sorbonne Université **(Examinateur)**
M. Romain Thoreau, Maître de conférences, AgroParisTech / UMR MIA Paris-Saclay **(Examinateur)**
M. Pierre-Yves Foucher, Directeur de recherche, ONERA Toulouse **(CoDirecteur de these)**
M. Romain Jatiault, Maître de conférences, Université de Perpignan Via Domitia **(Co-encadrant de these)**