

Système d'imagerie hyperspectrale embarqué sur un véhicule téléopéré aquatique pour la détection et l'identification automatique de déchets marins flottants

Nicolas Vandembroucke^{1,*}, Alice Porebski¹, Adam El Bergui¹
Rosa Sawan², Florence Viudes², Perine Doyen³, Rachid Amara²

¹ Laboratoire d'Informatique Signal et Image de la Côte d'Opale, UR 4491, LISIC, Université du Littoral Côte d'Opale, F-62100 Calais, France

² Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Université du Littoral Côte d'Opale, UMR 8187, LOG, CNRS, IRD, Université de Lille, F-62930 Wimereux, France

³ Université du Littoral Côte d'Opale, UMRt 1158, BioEcoAgro, USC Anses, INRAe, Université d'Artois, Université de Lille, Université Picardie Jules Verne, Université de Liège, Junia, F-62200 Boulogne-sur-Mer, France

* nicolas.vandembroucke@univ-littoral.fr

La gestion des déchets issus de l'activité humaine représente un enjeu environnemental et sanitaire majeur, notamment pour lutter contre la pollution marine. La pollution par les déchets plastiques demeure l'une des menaces environnementales les plus importantes et les plus persistantes pour les écosystèmes marins, affectant la biodiversité et la santé humaine. L'observation et la quantification de ces déchets qui polluent les environnements marins est nécessaire pour comprendre et combattre cette pollution.

Afin d'étudier cette pollution, différents équipements sont généralement utilisés pour l'échantillonnage des macro et micro plastiques dans les eaux de surface (bords de mers, plages, estuaires, zones portuaires, marais, cours d'eau, fleuve, rivière, étang, lacs, etc.). Les chercheurs du laboratoire LOG ont ainsi développé un drone aquatique muni de filets permettant cet échantillonnage [1]. Les prélèvements effectués par ces méthodes nécessitent un long et fastidieux processus d'analyse afin de déterminer la quantité et la nature exacte des plastiques présents.

Pour réduire ce temps d'analyse, le développement de solutions innovantes est nécessaire pour automatiser et standardiser l'observation de la pollution plastique dans différents environnements marins. L'imagerie hyperspectrale émerge ainsi comme une technologie récente appropriée pour caractériser, détecter et catégoriser les déchets marins automatiquement.

Dans le cadre d'une collaboration avec le LOG et l'unité BioEcoAgro, les chercheurs du laboratoire LISIC ont ainsi développé le prototype d'un véhicule téléopéré (ROV : *Remotely Operated Vehicle*) aquatique qui embarque un système d'imagerie hyperspectrale pilotable à distance pour l'observation de déchets flottant à la surface de l'eau et passant sous ce véhicule [2]. Ce système innovant est équipé d'une caméra hyperspectrale linéaire sensible dans le domaine du proche infrarouge et d'une rampe d'éclairage halogène émettant de la lumière dans ce même domaine spectral. Le dispositif optique monté sur la caméra permet de visualiser une ligne de visée devant laquelle passent les déchets. L'image hyperspectrale en deux dimensions de l'objet est alors constituée des images-lignes acquises successivement par la caméra où chaque pixel représente un spectre de la lumière réfléchi par la surface observée. L'ensemble est complété d'une unité centrale embarquée et d'un système de communication Wi-Fi longue portée permettant le contrôle à distance du système d'imagerie. Le ROV est attelé au drone aquatique du LOG afin d'obtenir un ensemble motorisé dirigeable à distance permettant son déplacement à la surface de l'eau. Le prototype ainsi développé a d'abord été testé et validé en laboratoire [2], puis calibré dans le bassin à houle et courant de l'IFREMER avec l'équipe du LHyMAR où une première base de données d'images hyperspectrales a été acquise en condition contrôlée [3].

Les premiers essais en condition réelle sur le fleuve « la Liane » ont montré la nécessité de poursuivre le développement informatique d'une application dédiée à l'acquisition à distance, à la sauvegarde automatisée en cas de détection d'objets, à la calibration spectrale et à la correction des images, déformées par les variations de vitesse et les mouvements de l'eau ainsi que par la trajectoire des objets.

L'analyse des images hyperspectrales ainsi acquises pour la reconnaissance automatique des déchets fait l'objet de travaux de thèse basés sur une méthode d'apprentissage profond qui utilise une architecture à réseaux de neurones convolutifs adaptée à ce type d'images. L'approche originale proposée permet en effet de traiter des données massives de grande dimension avec un modèle léger qui réduit le coût calculatoire de ces réseaux. Des premiers résultats très encourageants viennent confirmer les performances de cette approche et contribuer à la lutte contre la pollution plastique.

References:

[1] Gabriel Pasquier, Périne Doyen, Nicolas Carlesi et Rachid Amara, "An innovative approach for microplastic sampling in all surface water bodies using an aquatic drone.", *Heliyon*, vol. 8, no. 1: e11662, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11662>

[2] Ahed Alboody, Nicolas Vandembroucke, Alice Porebski, Rosa Sawan, Florence Viudes, Perine Doyen, et Rachid Amara, "A New Remote Hyperspectral Imaging System Embedded on an Unmanned Aquatic Drone for the Detection and Identification of Floating Plastic Litter Using Machine Learning," *Remote Sensing*, vol. 15, no. 14: 3455, 2023.

<https://doi.org/10.3390/rs15143455>

[3] Adam El Bergui, Florian Sellier, Alice Porebski, Nicolas Vandenbroucke, Périne Doyen, Rosa Swan, Florence Viudes, Guillaume Veillet, Rachid Amara, Jean-Valéry Facq et Benoît Gomez, "Benchmark dataset and classification of marine plastic waste acquired by a remote hyperspectral imaging system embedded on an aquatic drone," 5th Edition of the International Conference MICRO 2024, Septembre 2024, Lanzarote Canary Islands, Spain. <https://hal.science/hal-04978174>