

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2025-47**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DOTA/POS

Tél. : 05 62 25 25 42

Responsable(s) du stage : H. Dorbes

Email : hugo.dorbes@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Télédétection optique

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

Intitulé : Evaluation de l'impact de l'humidité sur la détection et la caractérisation de sols contaminés à partir de données hyperspectrales

Sujet :

L'augmentation des activités anthropiques au cours du siècle dernier notamment en lien avec l'urbanisation, l'agriculture, l'industrie et l'exploitation minière a conduit à une dispersion de polluants dans l'environnement. Cet essor a généré des contaminations substantielles des sols aux Eléments Traces Métalliques et Métalloïdes (ETMM) dont le plomb (Pb), l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces contaminations sont une menace pour la santé humaine et l'équilibre des écosystèmes à l'échelle des paysages, des communautés et des individus (Laffont-Schwob et al., 2016). Une surveillance à large échelle des changements spatiaux et temporels des ETMM est une condition préalable à la prévention et au contrôle efficaces de la contamination.

L'imagerie hyperspectrale à haute résolution spatiale couvrant le domaine réflectif (0.4-2.5 μm) est un moyen particulièrement prometteur pour assurer un contrôle efficace et précis de la contamination par les ETMM à grande échelle (Wang et al. 2024). Des bandes spectrales sensibles aux proxys du sol corrélés aux ETMM sont identifiables à partir de sa signature spectrale. Cette dernière est impactée par les composants du sol, la taille des particules et l'humidité, ce qui limite considérablement l'identification précise des bandes spectrales exploitables pour l'estimation des concentrations en ETMM. Pour caractériser les ETMM à partir de la réponse spectrale des sols, des méthodes statistiques basées sur des modèles paramétriques sont souvent appliquées. Elles nécessitent au préalable des mesures en laboratoire ou in-situ d'échantillons de sols pour construire les modèles.

Dans le cadre de plusieurs projets (APR CNES COMPOST et SHYMI, GREENBARRIERE, Horizon Europe EDAPHOS) (Béraud et al. 2023, Gimenez et al. 2023, Calmon et al. 2024, EDAPHOS), l'ONERA a constitué une base de données spectrales couvrant le domaine réflectif (0.4 – 2.5 μm) à partir de plus de 300 échantillons de sols prélevés sur des sites d'extraction de minerais, des friches industrielles et des zones agricoles... Ces mesures ont été réalisées sur des sols secs. La réponse spectrale d'un sol humide étant différente de celle du sol sec, les modèles d'estimation des concentrations en ETMM construits à partir des sols secs ne sont alors plus adaptés pour prédire les concentrations des sols humides.

L'objectif de ce stage est d'évaluer l'impact de l'humidité sur les méthodes de détection et de caractérisation des sols contaminés exploitant leurs signatures spectrales sur le domaine (0.4 – 2.5 μm).

Pour atteindre cet objectif plusieurs étapes sont nécessaires :

- Réaliser une étude bibliographique sur l'estimation des concentrations en ETMM à partir de données hyperspectrales,
- Compléter la base de données pour inclure des mesures spectrales de sols humides (Lesaignoux et al. 2013),
- Définir les bandes spectrales sensibles aux ETMMs non influencées par le contenu en eau,
- Mettre en place une méthode paramétrique,
- Appliquer la méthode sur les sols secs et humides, analyse de robustesse suivant le niveau d'humidité et le type de sol, bilan de performances.

Béraud, L., Elger, A., Rivière, T., Berseille, O., Déliot, P., Silvestre, J., Larue, C., Poutier, L., & Fabre, S. (2023). Impact of potentially toxic elements on pines in a former ore processing mine : Exploitation of hyperspectral response from needle and canopy scales. Environmental Research, 227, 115747. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115747>.

Calmon L., Prudent P., Fabre S., Montès N., Folzer H., Vassalo L., Labrousse Y., Khiat M.-O., Laffont-Schwob I., Faire cesser la perturbation pour la restauration écologique de sols contaminés : évaluation du rôle d'une barrière végétale en bordure d'une friche industrielle, REVER 13 : Restaurer et cohabiter mai 2024.

EDAPHOS <https://edaphos.eu/>

Gimenez R, Laloue A., Fabre S., Rejection methods for vegetation mapping using hyperspectral airborne data, International Journal of Remote Sensing, 2023, 44(16), DOI: 10.1080/01431161.2023.2240520.

Laffont-Schwob, I., Heckenroth, A., Rabier, J., Masotti, V., Oursel, B. & Prudent, P. (2016). Diffuse and widespread modern-day pollution. In Daumalin X. et Laffont-Schwob I. (dir.) REF2C (Ed.), Pollution of Marseille's Industrial Calanques: The Impact of the Past on the Present, 204–249.

A. Lesaignoux, S. Fabre, X. Briottet, Influence of soil moisture content on spectral reflectance of bare soils in the 0.4 – 14 μ m domain, International Journal of Remote Sensing, 2013, 34:7, 2268-2285.

Wang, Y., Zou, B., Chai, L., Lin, Z., Feng, H., Tang, Y., Tian, R., Tu, Y., Zhang, B., Zou, H., 2024. Monitoring of soil heavy metals based on hyperspectral remote sensing: A review. Earth-Science Reviews 254, 104814. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104814>.

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 : 3 mois Maximum : 3 mois

Période souhaitée : Entre mai et septembre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :
Connaissances dans un ou plusieurs domaines suivants : télédétection optique, physique de la mesure, mathématiques appliqués

Ecoles ou établissements souhaités :
Master (SIGMA, STPE...), ENSAT