

I N V I T A T I O N

**DEPARTEMENT OPTIQUE ET TECHNIQUES ASSOCIEES
(DOTA)**

**Cartographie fine de l'argile minéralogique par démixtion
d'images hyperspectrales à très haute résolution spatiale**

Soutenance de thèse – Etienne DUCASSE

03 avril 2019 à 14h00

Onera - Salle de l'auditorium -2 avenue E. Belin 31050 Toulouse

Devant le jury composé de :

VAN WESEMAEL Bas - Rapporteur (UCL)
DOUTE Sylvain - Rapporteur (IPAG-CNRS)
BRIOTTET Xavier - Directeur de thèse (Onera/DOTA)
ADELINE Karine - Co-encadrant de thèse (Onera/DOTA)
GRANDJEAN Gilles - Co-encadrant de thèse (BRGM)
DOBIGEON Nicolas - Examineur (ENSEEIH)
GOMEZ Cécile - Examineur (LISAH)
VAUDOUR-DUPUIS Emmanuelle - Examineur (UMR INRA)

Résumé

L'étude des sols argileux fait l'objet de nombreux travaux motivés par leur rôle dans les processus d'érosion, les catastrophes naturelles et l'agriculture de précision. La quantification des argiles gonflantes est aussi nécessaire pour évaluer la traficabilité d'une région ou le risque de retrait-gonflement des sols, responsable des dégâts sur le bâti. Parmi les argiles, les smectites ont les propriétés de gonflement les plus marquées par rapport aux autres argiles telles que l'illite ou la kaolinite, en milieu tempéré. Les techniques traditionnelles pour réaliser la cartographie des minéraux argileux des sols sont en général coûteuses, tant financièrement que temporellement, et sont basées sur des campagnes terrain. La télédétection hyperspectrale est une technique intéressante pour obtenir des cartes d'argile plus précises, à moindre coût et sur une zone plus importante. Néanmoins, elle est limitée par le fait que (i) les minéraux sont mélangés de manière intime dans les sols avec d'autres composants ; et aussi que (ii) à l'échelle aéroportée, le signal réfléchi du sol nu est mélangé à celui de la végétation au sein d'un pixel (résolution spatiale de l'ordre du mètre). Ces phénomènes de mélange, aux échelles microscopique et macroscopique, rendent difficile l'estimation du contenu en argiles minéralogiques. Le développement des drones ainsi que leur possibilité d'embarquer de nouvelles caméras hyperspectrales couvrant l'ensemble du spectre [0,4 - 2,5 μm] avec une haute résolution spatiale (environ 10 cm) et un rapport signal à bruit élevé ouvrent de nouvelles perspectives. L'objectif de cette thèse est de montrer l'intérêt de l'utilisation de méthodes de démixtion sur des données hyperspectrales à très haute résolution spatiale pour estimer le contenu en minéraux argileux du sol, et plus précisément des argiles responsables du retrait-gonflement, les smectites. Dans un premier temps, les méthodes de démixtion existantes sont utilisées sur une base de données d'images hyperspectrales acquises en laboratoire sur des mélanges contrôlés de minéraux contenant des argiles (montmorillonite de la famille des smectites, illite, kaolinite) et d'autres minéraux courants dans les sols

(quartz, calcite). Comme les minéraux sont mélangés de manière intime, des méthodes de démixage, linéaires et non-linéaires sont décrites et comparées. Les résultats obtenus montrent que les algorithmes non-linéaires ont des performances similaires aux algorithmes linéaires. De plus, l'effet de la variabilité des données sur la précision de l'estimation des abondances a pu être réduit en utilisant des prétraitements spectraux. Dans une dernière étape, la comparaison des méthodes de démixage est étendue à des mesures en environnement extérieur. Cette analyse repose sur une campagne de mesure en extérieur où des images hyperspectrales sont acquises depuis une nacelle (12 m de hauteur environ avec 1,5 cm de résolution spatiale), complétées par une analyse d'échantillons de sol prélevés et analysés par DRX (données quantitatives des abondances des minéraux) pour validation. Cette dernière phase permet d'analyser l'impact d'un sol naturel (composé d'un mélange minéralogique, des matières carbonées telles que la cellulose, et ayant une rugosité de surface...) sur les performances des méthodes de démixage précédemment présentées. Les performances obtenues (moins de 15 % RMSE sur l'estimation de la montmorillonite) permettent d'ouvrir des perspectives quant à l'application de ces méthodes sur des capteurs embarqués par drone, pour la cartographie de la traficabilité et de l'aléa du retrait-gonflement des sols.

Mots-clés : argile, télédétection hyperspectrale, minéralogie, spectroscopie, pédologie