



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2015

TITRE du SUJET : Modélisation de la réflectance spectrale et directionnelle des sols nus en fonction de leur teneur en eau et de leur rugosité de surface

Directeur :

JACQUEMOUD Stéphane, Professeur, jacquemoud@ipgp.fr

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) :

FABRE Sophie, Ingénieur de recherche, sophie.fabre@onera.fr

Equipe d'accueil :

IPGP – Equipe de Planétologie et Sciences Spatiales – UMR7154

ONERA – Département Optique Théorique et Appliquée – Toulouse

Financement : **cofinancement Ecole doctorale (50%) – [ONERA](#) (50%)**

*Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres_de_thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale*

La teneur en eau des sols est une information primordiale en agriculture, en météorologie ou dans le domaine de la défense. En agriculture, elle renseigne sur l'état hydrique d'une culture et est une aide à la conduite de l'irrigation. En météorologie, la température de surface et donc l'évapotranspiration dépendent de l'humidité de surface d'un sol. Enfin en matière de défense ou de sécurité civile, la traficabilité qui dépend en partie de l'identification des zones humides peut être déterminante pour la réussite d'une opération militaire ou humanitaire.

La détermination de la teneur en eau d'un sol se fait en laboratoire (méthode gravimétrique) ou au champ (sonde à neutrons ou diélectrique). Il s'agit d'une mesure ponctuelle représentative d'une zone très réduite. Or la teneur en eau varie rapidement dans l'espace et dans le temps en raison de la variabilité spatiale des propriétés physiques des sols et du caractère discontinu des précipitations. Afin d'étendre ces mesures, la télédétection spatiale ou aéroportée est un outil approprié permettant de couvrir de vastes surfaces de façon répétitive. La plupart des travaux de recherche portent sur la télédétection infrarouge thermique (température de surface) ou radar (coefficient de rétrodiffusion). Le domaine solaire entre 0.4 et 3 μm (réflectance) a quant à lui donné lieu à peu d'études. De plus, la représentativité de la mesure lors du passage de l'échelle du laboratoire ou du terrain à l'échelle aéroportée ou satellitaire est rarement abordée.

La réflectance d'un sol dépend de nombreux facteurs : texture, composition minéralogique, teneur en matière organique, teneur en eau, rugosité de surface, etc. (Bowers & Hanks, 1965). Sa variation en fonction de la teneur en eau est étudiée depuis une cinquantaine d'années grâce à des modèles empiriques ou semi-empiriques (Lobell & Asner, 2002 ; Liu et al., 2002 ; Whiting et al., 2004 ; Haubrock et al., 2008 ; Somers et al., 2010 ; Lesaignoux et al., 2013). La plupart ne sont cependant pas généralisables car la

connaissance de paramètres mesurables uniquement sur le terrain, comme la masse volumique ou la porosité du sol, ou en laboratoire, comme la granulométrie, est requise.

Les modèles physiques font cruellement défaut. Lekner & Dorf (1988) et Bach & Mauser (1994) ont assimilé un sol humide à un sol sec recouvert d'une fine pellicule d'eau puis calculé les réflexions multiples entre ces deux milieux ; Kimmel & Baranoski (2007) ont développé un modèle de lancer de rayons tenant compte des propriétés physiques et minéralogiques d'un sol sableux ; enfin Jacquemoud et al. (1992) ont testé et étendu au spectre solaire le modèle de Hapke. Aucun de ces modèles n'a cependant été validé en conditions naturelles sur une large gamme de sols.

L'objectif de cette thèse est le développement et la validation d'un modèle de transfert radiatif capable de calculer la réflectance bidirectionnelle d'un sol nu dans le domaine optique en fonction de sa teneur en eau et de sa rugosité de surface. Le (la) doctorant(e) mettra l'accent sur le déterminisme de la variation spectrale de l'albedo de simple diffusion en fonction de la teneur en eau du sol. Dans un premier temps, une étude en laboratoire des impacts de la rugosité et de l'humidité du sol sur la réflectance spectrale et directionnelle sera menée pour mettre en place le modèle théorique. Cette étude sera ensuite étendue à des images aéroportées où ces impacts seront analysés à plus grande échelle. Une attention particulière sera portée sur la représentativité de la mesure d'humidité du sol sur le terrain par rapport à la quantité extraite par un instrument de télédétection.

Profil du candidat

Ingénieur ou étudiant(e) ayant un master en physique / géophysique / télédétection ; intérêt pour les surfaces terrestres et planétaires, la modélisation du transfert radiatif, la mesure radiométrique.

Références

- Bach H. and Mauser W. (1994), Modeling and model verification of the spectral reflectance of soils under varying moisture conditions, in *Proc. 14th International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'94)*, Pasadena (CA), 8-12 August 1994, IEEE, Vol. 4, pp. 2354-2356.
- Bowers S.A. and Hanks J. (1965), Reflection of radiant energy from soils, *Soil Science*, 100(2):130-138.
- Haubrock S.N., Chabrillat S., Lemmnitz C. and Kaufmann H. (2008), Surface soil moisture quantification models from reflectance data under field conditions, *International Journal of Remote Sensing*, 29(1):3-29.
- Jacquemoud S., Baret F., Hanocq J.F. (1992), Modeling spectral and bidirectional soil reflectance, *Remote Sensing of Environment*, 41(2-3):123-132.
- Kimmel B.W. and Baranoski G.V.G. (2007), A novel approach for simulating light interaction with particulate materials: application to the modeling of sand spectral properties, *Optics Express*, 15(15):9755-9777.
- Lekner J. and Dorf M.C. (1988), Why some things are darker when wet, *Applied Optics*, 27(7):1278-1280.
- Lesaignoux A., Fabre S. and Briottet X. (2013), Influence of soil moisture content on spectral reflectance of bare soils in the 0.4-14 μm domain, *International Journal of Remote Sensing*, 34(7):2268-2285.
- Liu W., Baret F., Gu X.F., Tong Q., Zheng L. and Zhang B. (2002), Relating soil moisture to reflectance, *Remote Sensing of Environment*, 81(2-3):238-246.
- Lobell B.B. and Asner G.P. (2002), Moisture effects on soil reflectance, *Soil Science Society of America Journal*, 66(3):722-727.
- Somers B., Gysels V., Verstraeten W.W., Delalieux S. and Coppin P. (2010), Modelling moisture-induced soil reflectance changes in cultivated sandy soils: a case study in citrus orchards, *European Journal of Soil Science*, 61:1091-1105.
- Whiting M.L., Li L. and Ustin S.L. (2004), Predicting water content using Gaussian model on soil spectra, *Remote Sensing of Environment*, 89(4):535-552.