

Estimation des teneurs en carbone organique des sols agricoles par télé-détection par drone

Gilliot Jean-Marc^{1,2}, Vaudour Emmanuelle^{1,2}, Michelin Joël^{1,2}, Houot Sabine^{2,1}

1. AgroParisTech, UMR 1091 EGC, F-78850 Thiverval-Grignon, France

2. INRA, UMR 1091 EGC, F-78850 Thiverval-Grignon, France

jean-marc.gilliot@agroparistech.fr

Les Matières Organiques (MO) contribuent à la fertilité des sols agricoles. Elles ont en outre un rôle important dans la fonction environnementale des sols car elles permettent de contrebalancer les excès d'émission de gaz à effet de serre (GES), en particulier le CO₂, via les potentialités de stockage de C dans les sols (Chenu, 2002). Nous avons développé des modèles statistiques de prédiction des teneurs en carbone organique (CO) de l'horizon travaillé des sols agricoles à partir de mesures spectro-radiométriques visible proche infrarouge (NIRS) des sols au champ (Gilliot et al., 2010) et par télé-détection satellitaire (Vaudour et al., 2012; Vaudour et al., 2013).

Un certain nombre de limites opérationnelles de l'approche satellitaire, pour le suivi des sols nus agricoles, nous ont conduits à nous intéresser à l'utilisation d'un drone comme vecteur de prise de vue de données de télé-détection.

Le territoire d'étude est la Plaine de Versailles et le Plateau des Alluets (PVPA), un espace de 22 000 ha à l'ouest de Versailles. La parcelle de 13 ha dénommée « la Grande Borne » à Maule (78) (48°51'7"N, 1°51'7"E), plus particulièrement étudiée lors de ce travail, comporte une diversité de sols représentatifs de la PVPA allant de sols limoneux épais (Luvisols) jusqu'à des sols calcaires peu épais (Rendosols). Afin d'avoir un état de surface le plus fin et le plus homogène possible, limitant les effets directionnels (Vaudour et al., 2014), le vol a été planifié le 24 avril 2013 sur un sol préparé sur lit de semence.

Le drone utilisé est celui de la société Airinov, un drone léger de 2 mètres d'envergure, équipé d'un capteur imageur multi-spectral « multiSPEC 4C », couvrant une gamme spectrale de 400 à 850 nm, développé par la société Airinov sur les recommandations de l'Institut National de la Recherche Agronomique (Baret et al, 2013). Un jeu de filtres a été choisi afin de fixer les 4 bandes spectrales de la caméra, dans le visible et le proche infrarouge: B1 centrée à 550 nm (vert, FWHM 40 nm), B2 centrée à 660 nm (rouge, FWHM 40 nm), B3 centrée à 735 nm (red-edge FWHM 10 nm) et B4 centrée à 790 nm (proche infrarouge, FWHM 40 nm). Le capteur a été calibré avant le vol sur une cible de référence spectrale. Le vol a été programmé à 140 m d'altitude et a duré environ 15 minutes, ce qui a permis l'acquisition de 1100 images à 15 centimètres de résolution. Le système Paparazzi de l'École Nationale de l'Aviation Civile a été utilisé pour faire naviguer le drone de façon autonome, à l'aide de son GPS, depuis une station sol fonctionnant sous Linux et communiquant par modem. La station au sol enregistre aussi en continu les variations de luminosité grâce à un capteur

d'éclairément. Les images obtenues ont ensuite été post traitées (effet du vignettage), corrigées des variations d'éclairément, transformées en réflectances, avant d'être mosaïquées et orthorectifiées par le logiciel de photogrammétrie Photoscan Pro® de Agisoft.

Vingt-trois placettes de référence ont fait l'objet de mesures spectrales au moyen d'un spectro-radiomètre de terrain (ASD FieldSpec 3®) ainsi que de prises de vues photogrammétriques afin de déterminer la rugosité du sol (Gilliot et al., 2012). Des prélèvements de sol ont été ensuite effectués en surface, afin de déterminer au laboratoire la composition chimique et l'humidité sur les placettes. Afin de garantir le repérage des placettes dans les images, des cibles d'environ cinquante centimètres de côté, ont été placées de part et d'autre des placettes et localisées centimétriquement par des levées DGPS (Trimble Pathfinder) postraités sur le réseau RGP (Réseau GNSS Permanent). Des sondages pédologiques ont enfin permis de décrire précisément la nature des sols.

Nous avons dans un premier temps, vérifié la corrélation des données spectrales fournies par le multiSPEC 4C avec les mesures de terrain de référence du FieldSpec. Un programme développé sous Excel (read_asd) a permis de simuler les réflectances du multiSPEC 4C à partir des données hyperspectrales du FieldSpec en tenant compte de sa RSR (Relative Spectral Response). Les coefficients de corrélation R^2 obtenus dans les différentes bandes spectrales sont respectivement de : 0,89 pour le vert, 0,80 pour le rouge, 0,85 pour le red-edge et 0,80 pour le proche infrarouge. Un modèle de prédiction des teneurs en MO à partir des réponses spectrales multiSPEC 4C a été établi par une régression linéaire multiple sur dix des placettes (RMSE de $1,77 \text{ g kg}^{-1}$). Ce modèle a ensuite été validé sur les treize placettes restantes avec en une erreur de prédiction (RMSEP) relativement faible, de $1,94 \text{ g kg}^{-1}$

Baret F. and Verger A., "Report on the development of an algorithm for estimating GAI from UAV images over wheat and rapeseed crops", INRA UMR114 EMMAH, UMT CAPTE, Avignon, 26/07/2013, 11 pages.

Chenu C., 2002. Conséquences agronomiques et environnementales du stockage du carbone dans les sols agricoles. In Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France, D. Arrouays et al. (eds), Expertise scientifique collective, INRA, Paris, pp. 60-62.

Gilliot J.M., de Junet A., Guillen C., Michelin J., Vaudour E., Cambier P., 2010. Cartographie des teneurs en carbone organique des sols de la plaine de Versailles par spectroscopie proche moyen infrarouge. 10^{èmes} Rencontres Héliospir « Applications de la spectrométrie en science du sol », Agropolis Montpellier, Montpellier 24 september 2010, poster.

Gilliot J.M., Michelin J., Vaudour E., 2012. Une chaîne de traitement automatique pour l'estimation de la rugosité des sols agricoles par photogrammétrie 3D à partir de photographies prises sans contraintes pour le suivi radiométrique des sols. 11èmes Journées d'Etude des Sols, 2012, Versailles, présentation orale.

Vaudour E., Bel L., Gilliot J. M., Coquet Y., Hadjar D., Cambier P., Michelin J. Houot S., 2013. Potential of SPOT Multispectral Satellite Images for Mapping Topsoil Organic Carbon Content over Peri-Urban Croplands. Soil Science Society of America Journal, 77, 6, 2122-2139.

Vaudour E., Gilliot J.M., De Junet A., Michelin J., Hadjar D., Cambier P., Houot S., Coquet Y., 2012. Topsoil organic carbon prediction using VIS-NIR-SWIR reflectance spectra at lab, field and satellite levels over a periurban region. In: Eurosoil 2012, Soil science for the benefit of mankind and environment, 4th International Congress of ECSSS, Bari (ITA), 02-06/06/2012, p.

Mis en forme : Français (France)