

Caractérisation de systèmes agroforestiers par lidar terrestre

Lieu : UMR AMAP¹, PS2, Cirad Montpellier
CATIE², Costa Rica

Niveau : Master 2 ou stage de césure Ecole d'Ingénieur.

Durée : 5 à 6 mois (dont 2 mois au Costa Rica), débutant si possible durant le second semestre 2014.

Indemnités : 436 €/mois

Contexte

Respectueux de l'environnement et garantissant une sécurité alimentaire soutenue par la diversification des productions et des revenus qu'ils procurent, les systèmes agroforestiers (SAF) apparaissent comme un modèle prometteur d'agriculture durable au Sud. Le projet SAFSE³ regroupant le CIRAD, l'IRD et l'AIRD vise à fournir une base générique d'optimisation des compromis entre productions et services écosystémiques. Un volet de ce projet concerne la caractérisation de la structure de systèmes agroforestiers et l'évaluation de l'accès à la lumière des composantes de ces systèmes.

Le lidar terrestre (TLS) constitue une méthode nouvelle particulièrement adaptée pour la caractérisation de la structure 3D de systèmes agroforestiers. En effet la méthode TLS permet de mesurer des fractions de trouées non seulement à l'échelle du couvert comme les méthodes classiques (ex. Plant Canopy Analyser [PCA] ou Photographies Hémisphériques [PH]) mais également à l'échelle d'un arbre qui peut être isolé de son contexte. Elle fournit par ailleurs des informations détaillées permettant de reconstruire la forme des couronnes d'arbres. La méthode TLS représente donc un outil novateur pour caractériser des arbres en peuplements et en fournir des représentations tridimensionnelles utilisables pour la simulation des transferts radiatifs.

Objectifs

Les caractérisations des systèmes par TLS portent sur les trois points suivants : reconstitution des formes de couronnes, évaluation de leur porosité à la lumière et estimation de la densité de surface foliaire au sein des couronnes.

Pour accéder à la forme enveloppe des couronnes on partitionnera l'espace échantillonné par TLS suivant des règles simples (ex. position et diamètre maximal des couronnes d'arbres). Les nuages de points ainsi délimités pour chaque arbre serviront ensuite au calcul de l'enveloppe⁴ des couronnes.

¹ <http://amap.cirad.fr/fr/index.php>

² www.catie.ac.cr/

³ <http://safse.cirad.fr/>

⁴ L'algorithme de calcul d'enveloppe convexe est déjà implémenté. Le calcul d'enveloppes avec des concavités pourra être abordé dans la mesure où les autres objectifs auront été réalisés.

- Objectif 1 : *Extraction de nuages de points propres à chaque arbre identifié et calcul de l'enveloppe de ce nuage. Des formes génériques (ex. ellipsoïdes) pourront ensuite être dérivées de ces mesures.*

La mesure de la porosité à la lumière s'exprime en termes de fractions de trouées directionnelles. Les mesures par TLS sont analogues à celles obtenues par photographies hémisphériques avec l'intérêt majeur de pouvoir accéder à la porosité localement dans l'espace et donc pour chaque arbre.

- Objectif 2 : *Comparer les fractions de trouées obtenues par les deux méthodes et corriger les biais éventuels liés au diamètre du faisceau laser.*

L'estimation des densités de surface foliaire au sein d'une couronne d'arbre à partir d'un nuage de points d'interception du faisceau TLS repose sur des hypothèses classiques de modélisation (inversion de la loi de Beer-Lambert reliant l'interception de la lumière à la surface foliaire traversée) qui doivent cependant être adaptées au cas d'objets 3D. Un modèle d'analyse du parcours du faisceau TLS dans un espace voxel a été développé dans ce but et servira de base à ce travail.

- Objectif 3 : *Analyser la répartition du feuillage au sein des couronnes d'arbres*

Le paramétrage obtenu pour les espèces d'arbres étudiées sera enfin utilisé pour reconstituer des systèmes agroforestiers et évaluer la partition de la lumière entre la strate arborée et les cultures intercalaires. Les modèles radiatifs pour ces simulations sont déjà implémentés.

- Objectif 4 : *Simuler le bilan radiatif dans des systèmes agroforestiers*

Programme de travail

Le travail comportera trois volets :

- Mise en place des outils de modélisation et d'analyse
- Acquisition de jeux de données au Costa Rica
- Analyse des données

L'étudiant bénéficiera d'outils d'analyse et de simulation qui devront néanmoins être adaptés et paramétrés. Une étude théorique sera réalisée dans un premier temps en utilisant des maquettes de plantes virtuelles. Ces maquettes, générées par un simulateur (ex. AMAPsim⁵) sont des objets informatiques qui peuvent être complètement caractérisés en termes de surface foliaire dans un espace 3D et de porosité à la lumière. Des scans virtuels peuvent en outre être simulés sur ces maquettes grâce à un logiciel de lancer de rayons⁶. Ces outils de simulation permettront de tester et valider les analyses qui seront ensuite appliquées à des scans in situ.

Quelques systèmes forestiers représentatifs des SAFs existants en Amérique Centrale seront feront l'objet de mesures (lidar terrestre, photographies hémisphériques et Plant Canopy Analyser) au Costa Rica. Les mesures de fractions de trouées obtenues par les méthodes PCA, PH et TLS seront comparées entre elles et on évaluera les biais éventuels liés à la taille du faisceau TLS. Les mesures TLS serviront de manière générale à paramétrer des représentations 3D de couronnes d'arbres pour les espèces de couverture les plus couramment utilisées (Erythrine, Cordia, Eucalyptus et Terminalia).

⁵ <http://amapstudio.cirad.fr/projects>

⁶ <http://amapstudio.cirad.fr/soft/archimed/archimed2>

Des analyses de sensibilité seront réalisées pour évaluer l'influence des paramètres d'acquisition lidar (diamètre de faisceau, seuil de détection, réflectance de la végétation...).

Le stage sera réalisé au sein d l'UMR AMAP, encadré par J. Dauzat (dauzat@cirad.fr) et co-encadré par S. Griffon pour les aspects informatiques.

Le stage sera réalisé en connexion avec un stage plus spécifiquement axé sur l'inter-validation de caractérisations in situ de SAFs (par PH et PCA) et par télédétection à très haute résolution spatiale (encadré par G. Le Maire, UMR Eco&Sol).

Compétences

Bon niveau en analyse statistique et maîtrise de logiciels tels que R

Compétences souhaitables en développement informatique.