

Téledétection de la diversité des espèces forestière tropicales par fusion de données multimodales aéroportées

Contexte et enjeux

La méga-diversité biologique des forêts tropicales humides est menacée par la pression anthropique directe et le changement climatique en cours [1]. L'inventaire et le suivi de cette diversité biologique est une tâche à la fois pressante et un défi considérable. La télédétection aéroportée et spatiale peut contribuer à relever ce défi par la caractérisation de la diversité des biomes forestiers et en particulier la caractérisation de la composition spécifique des arbres de canopée [2].

L'Office National des Forêts est en charge de la conservation et la gestion du domaine forestier privé de l'état. L'ONF agit pour préserver et augmenter la biodiversité, grâce à sa prise en compte dans la gestion courante des forêts, mais aussi grâce à l'importance du réseau Natura 2000 en forêt publique, et l'extension de son réseau de réserves biologiques. Le contexte guyanais est caractérisé par une extrême richesse spécifique et un accès difficile aux massifs forestiers (5.3 millions d'ha gérés par l'ONF). Dans ce contexte la première difficulté est celle de l'inventaire spatialisé des essences présentes.

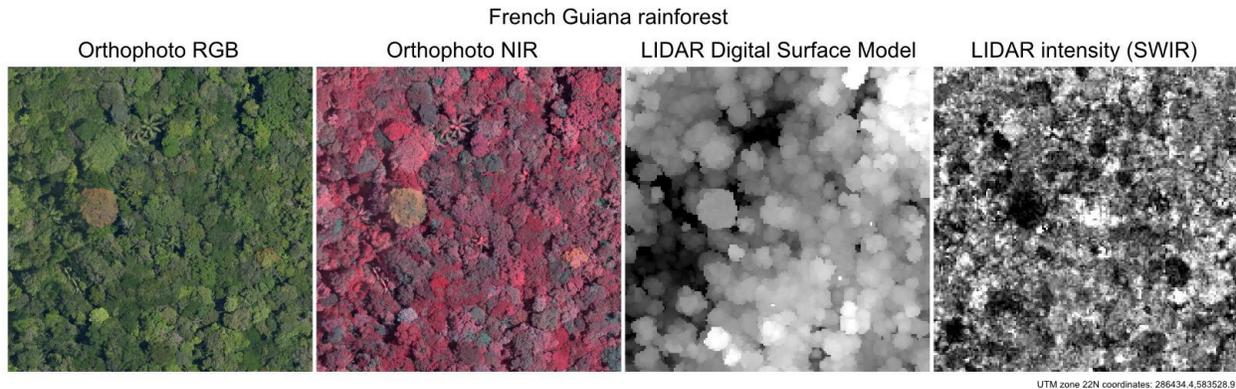
Objectifs

Ce projet de thèse vise spécifiquement à évaluer l'efficacité de la fusion de données spectrales et de données LiDAR (Light Detection and Ranging) pour la discrimination et la reconnaissance d'espèces en forêt tropicale Guyanaise. Les caractéristiques spectrales spécifiques résultent essentiellement des propriétés biochimiques du feuillage et de son organisation. Le LiDAR fournit quant à lui une description tridimensionnelle détaillée de la canopée qui apporte une information complémentaire sur la structure de la canopée (densité du feuillage, hauteur et orientation permettant de corriger les effets d'ombrage) et du peuplement [3]. Le LiDAR permet également l'orthorectification des données spectrales améliorant significativement le processus de segmentation des houppiers individuels et in fine la discrimination des espèces [4].

Matériel et méthode

L'ONF a décidé de financer une acquisition multi-capteurs programmée en septembre 2015 sur plusieurs sites couvrant une surface totale de 25km², incluant un réseau de parcelles permanentes d'environ 120 ha entièrement inventoriées et cartographiées au sol.

En 2013 une première campagne couplant ortho-photographies haute résolution et LiDAR (voir figure) a permis la création d'une base d'apprentissage. La segmentation manuelle de 2000 houppiers sur le dispositif expérimental de Paracou (CIRAD) et la validation sur le terrain de la segmentation et de la correspondance entre houppier et espèce est en voie d'achèvement.



L'acquisition de 2015 comprendra en plus de la photographie et du lidar deux caméras hyperspectrales couvrant le spectre visible et proche infrarouge (VNIR 400-1000nm, résolution spatiale ~1m, résolution spectrale 3.2 nm) et infrarouge moyen (SWIR 930-2500 nm, résolution spatiale ~2m, résolution spectrale 5.45 nm).

Les différents enjeux méthodologiques identifiés pour mener à bien ce projet sont les suivants :

- La fusion des données multimodales. Les modalités et la qualité de la fusion des données LiDAR et spectrales va conditionner l'étape de segmentation. Une option envisagée consiste à affecter l'information spectrale aux échos lidar [5] plutôt qu'à ortho-rectifier les images évitant ainsi toute déformation géométrique liées à cette étape.
- L'amélioration des algorithmes de segmentation qui devront être adaptés aux données multimodales : segmentation de nuages de points [6] ou segmentation d'images multi/hyperspectrales [4, 7].
- Les algorithmes de reconnaissance. Différentes approches seront évaluées pouvant notamment s'inspirer de travaux récents dans des contextes similaires [8-11].

Le troisième point (discrimination des espèces) constituera le point focal de ce travail. Il existe d'ors et déjà sur les sites expérimentaux suffisamment de données pour aborder la question de la séparabilité des espèces dès le début de la thèse. Les deux autres points pourront être abordés en parallèle. Les facteurs affectant la signature spectrale d'une espèce sont multiples. La variabilité de l'état végétatif de l'arbre est la première source de variabilité: stade phénologique, charge en épiphyte, état sanitaire, niveau de stress hydrique [12]. La photo haute résolution viendra compléter les observations de terrain pour évaluer l'état végétatif des arbres. La signature spectrale est également sensible aux conditions d'acquisitions (angle capteur-soleil, conditions atmosphériques, présence de nuages ...) ce qui génère un bruit additionnel que l'on cherchera à corriger dans la mesure du possible [13].

Une attention particulière sera donnée à la reconnaissance des principales essences commerciales et en particulier des trois premières (Angélique, Gonfolos et Grignon Franc). L'identification de la ressource et le suivi de sa reconstitution par télédétection constituent en effet un objectif opérationnel prioritaire de l'ONF pour la délimitation des zones à exploiter et la gestion durable de ces massifs.

Encadrement

Directeur de thèse G. Vincent (IRD), co-directeur N Chehata (ENSEGID)

Université de Montpellier (ED Sibaghe)

Laboratoire d'accueil : AMAP à Montpellier

Contact : gregoire.vincent@ird.fr

Références bibliographiques

- [1] Wright, S.J., *The future of tropical forests*. Annals of the New York Academy of Sciences, 2010. **1195**(1): p. 1-27.
- [2] Ghiyamat, A. and H.Z.M. Shafri, *A review on hyperspectral remote sensing for homogeneous and heterogeneous forest biodiversity assessment*. International Journal of Remote Sensing, 2010. **31**(7): p. 1837-1856.
- [3] Vincent, G., D. Sabatier, L. Blanc, J. Chave, E. Weissenbacher, R. Pélissier, E. Fonty, J.F. Molino and P. Couteron, *Accuracy of small footprint airborne LiDAR in its predictions of tropical moist forest stand structure*. Remote Sensing of Environment, 2012. **125**(0): p. 23-33.
- [4] Rançon, F., *Fusion de données altimétriques LIDAR et d'images aériennes pour la segmentation de couronnes d'arbres en forêt tropicale*. 2014, SupAgro, Montpellier. p. 84.
- [5] Valbuena, R., F. Mauro, F.J. Arjonilla and J.A. Manzanera, *Comparing airborne laser scanning imagery fusion methods based on geometric accuracy in forested areas*. Remote Sensing of Environment, 2011. **115**(8): p. 1942-1954.
- [6] Vega, C., A. Hamrouni, S. El Mokhtari, J. Morel, J. Bock, J.P. Renaud, M. Bouvier and S. Durrieu, *PTrees: A point-based approach to forest tree extraction from lidar data*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2014. **33**(0): p. 98-108.
- [7] Tochon, G., J.B. Féret, S. Valero, R.E. Martin, D.E. Knapp, P. Salembier, J. Chanussot and G.P. Asner, *On the use of binary partition trees for the tree crown segmentation of tropical rainforest hyperspectral images*. Remote Sensing of Environment, 2015. **159**(0): p. 318-331.
- [8] Feret, J. and G.P. Asner, *Tree Species Discrimination in Tropical Forests Using Airborne Imaging Spectroscopy*. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 2013. **51**(1): p. 73-84.
- [9] Dalponte, M., L. Bruzzone and D. Gianelle, *Tree species classification in the Southern Alps based on the fusion of very high geometrical resolution multispectral/hyperspectral images and LiDAR data*. Remote Sensing of Environment, 2012. **123**(0): p. 258-270.
- [10] Zhang, J., B. Rivard, A. Sánchez-Azofeifa and K. Castro-Esau, *Intra- and inter-class spectral variability of tropical tree species at La Selva, Costa Rica: Implications for species identification using HYDICE imagery*. Remote Sensing of Environment, 2006. **105**(2): p. 129-141.
- [11] Fassnacht, F.E., C. Neumann, M. Forster, H. Buddenbaum, A. Ghosh, A. Clasen, P.K. Joshi and B. Koch, *Comparison of Feature Reduction Algorithms for Classifying Tree Species With Hyperspectral Data on Three Central European Test Sites*. Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of, 2014. **7**(6): p. 2547-2561.
- [12] Clark, M.L., D.A. Roberts and D.B. Clark, *Hyperspectral discrimination of tropical rain forest tree species at leaf to crown scales*. Remote Sensing of Environment, 2005. **96**(3-4): p. 375-398.
- [13] Bostater, C.R. and D.K. Brooks. *Operational multi-angle hyperspectral remote sensing for feature detection*. 2013.