

STAGE 2017

**Analyse hyperspectrale pour la cartographie de la biodiversité tropicale:
apport de la modélisation physique pour étudier l'influence de l'hétérogénéité
verticale du feuillage sur le signal mesuré par télédétection.**

La Structure d'accueil :

Irstea est un organisme de recherche qui travaille sur les enjeux majeurs d'une agriculture responsable et de l'aménagement durable des territoires, la gestion de l'eau et les risques associés, sécheresse, crues, inondations, l'étude des écosystèmes complexes et de la biodiversité dans leurs interrelations avec les activités humaines.

Contexte :

Le suivi global de l'état écosystèmes tropicaux est une priorité pour les décennies à venir dans un contexte d'érosion accélérée de la biodiversité, dû à de nombreux facteurs environnementaux et climatiques, associés à l'activité humaine. La télédétection permet de réaliser le suivi temporel de ces milieux difficilement accessibles, et représente un outil à haut potentiel pour le suivi des forêts tropicales de l'échelle locale à l'échelle globale.

- D'un point de vue méthodologique, des études réalisées à l'échelle locale ont démontré par exemple la possibilité de caractériser finement la chimie foliaire ou de cartographier la biodiversité [1]–[3].
- D'un point de vue instrumental, l'arrivée de nouveau capteurs (Sentinel-2, EnMap,...) nécessite d'étudier la faisabilité de transposer ou adapter à une échelle géographique plus large ces méthodes développées et validées jusqu'à présent à une échelle locale [4].

Au-delà des résultats prometteurs obtenus à partir de données expérimentales, une compréhension claire des facteurs influençant la réponse spectrale mesurée par un capteur en haut de canopée est nécessaire afin d'optimiser et d'améliorer les méthodes et outils disponibles pour l'étude de ces milieux complexes d'une part, et de définir les limites instrumentales et environnementales d'autre part. Cette étape est notamment nécessaire au dimensionnement et à la définition des spécifications des futurs capteurs satellites développés par les différentes agences spatiales européennes.

Cette phase d'analyse du signal et son interprétation en termes de contribution relative des différents facteurs (chimie foliaire, structure 3D, conditions d'acquisition...) nécessite l'utilisation d'une base de données riche d'un grand nombre de conditions de mesure qu'il n'est pas envisageable d'acquérir expérimentalement. Pour cette raison, les approches basées sur la modélisation du transfert radiatif en trois dimensions sont particulièrement adaptées pour l'étude des milieux complexes. Les modèles 3D tels que le [modèle DART](#) [5] permettent ainsi de simuler des images de télédétection à partir d'une représentation plus ou moins détaillée d'une scène, dans notre cas un couvert de forêt tropicale.

Dans le cadre des appels à projet du groupe TOSCA, le Centre National d'Etudes Spatiales a financé plusieurs projets dont les actions ont permis de mettre en place le développement d'une plateforme de simulation de données de télédétection issues de capteurs multispectraux, hyperspectraux et LiDAR s'appuyant sur DART. Cette plateforme de simulation est déjà en partie développée et son exploitation vise à préparer les futures missions spatiales. Parmi les projets en cours, le projet **HyperTropik** a pour objectif de consolider le dimensionnement de futurs capteurs satellites pour des applications sur le suivi de la végétation, en particulier la cartographie de la composition (biodiversité) et du fonctionnement (phénologie) des forêts tropicales. Le projet s'intéresse en particulier aux projets de capteurs hyperspectraux, dont le projet HYPXIM porté par le CNES.

Le projet HyperTropik a donné lieu à plusieurs campagnes de collecte de données terrain (spectroradiométrie, LiDAR terrestre, propriétés atmosphériques...), ainsi qu'une campagne d'acquisition aéroportée couplée hyperspectrale/LiDAR en 2016 qui permettront de réaliser des maquettes 3D détaillées de forêts guyanaises ainsi qu'une validation des simulations réalisées avec DART.

Il est dans un premier temps nécessaire de mieux comprendre et quantifier l'influence de l'hétérogénéité verticale des couverts végétaux sur le signal mesuré. Cette information est utile à plusieurs égards car elle renseigne sur :

- le potentiel des données de télédétection pour le suivi fin de variations du couvert induites par la phénologie et des perturbations environnementales
- la définition des besoins en information terrain dans la phase de représentation 3D des milieux complexes pour générer des simulations réalistes.

Cette première analyse prépare une analyse de sensibilité plus complète s'intéressant à la cartographie de la biodiversité par imagerie satellite. Dans la continuité de ce stage, l'équipe encadrant a pour objectif de proposer un cadre méthodologique pour la cartographie de la biodiversité tropicale par imagerie satellite, et d'étudier la possibilité d'un transfert méthodologique dans le cadre d'un centre d'expertise scientifique Theia, en s'appuyant notamment sur les données du satellite Sentinel-2.

Travail à réaliser par le/la stagiaire:

Durant la première partie du stage, le travail demandé consistera à prendre en main, utiliser et adapter les outils intégrés dans la plateforme de simulation développée en Python, afin de simuler des couverts forestiers de complexité variable, en intégrant une quantité plus ou moins grande de descripteurs structuraux et radiométriques issus de données terrain. Le/la stagiaire se familiarisera avec les outils (modèle DART, plateforme de simulation), ainsi qu'avec les différents types de données disponibles (imagerie hyperspectrale, LiDAR), sous l'encadrement scientifique de spécialistes des différents domaines abordés.

Dans un second temps, le/la stagiaire utilisera ces outils et méthodes afin de réaliser une étude de sensibilité du signal mesuré par télédétection à l'hétérogénéité verticale du feuillage. L'analyse des résultats obtenus sera effectuée afin de conclure sur la sensibilité du signal aux gradients chimiques verticaux et à la démographie foliaire, des informations représentant un fort intérêt pour les écologues.

A l'issue de ce stage, les résultats obtenus doivent permettre de préciser le niveau de détail à adopter pour simuler les milieux forestiers complexes de façon réaliste. Cela permettra ainsi d'optimiser les protocoles de collecte de données terrain, d'améliorer la documentation de la plateforme de simulation, mais aussi de préparer les études de sensibilité construites pour évaluer le potentiel de différents capteurs pour la cartographie de la biodiversité tropicale et la caractérisation des traits foliaires.

Concrètement, il s'agira de:

- **Prendre en main la plate-forme de modélisation basée sur le modèle DART et développée en langage Python**
- **Développer et documenter un protocole pour générer des maquettes forestières en 3 dimensions à partir de jeux de descripteurs variables**
- **Analyser les images simulées pour différents niveaux de description et les comparer aux images expérimentales**
- **Travailler en collaboration avec les spécialistes en télédétection, analyse d'images et écologie afin d'extraire une information pertinente relatives aux propriétés des forêts tropicales**

Le ou la stagiaire sera encadré(e) par un chargé de recherche IRSTEA. Des échanges réguliers avec les équipes scientifiques du CESBIO (modélisation physique avec DART) et de l'UMR AMAP (mise au point de la plateforme de simulation) seront faits. Une part du temps de travail sera laissée au stagiaire pour la rédaction de son rapport de stage.

Ce stage s'inscrit dans un projet à plus long terme, qui sera idéalement poursuivi en thèse. Plusieurs demandes de financement ont été déposées à cet effet.

Profil :

- Elève Master 2 ou Ingénieur en traitement d'images et signal/télédétection et ayant un intérêt pour la physique et l'écologie.
- Bon niveau en programmation, si possible expérience avec le développement Python
- Aptitudes au travail en interdisciplinarité et sur le terrain.
- Bon niveau en anglais scientifique et capacité rédactionnelle (bibliographie d'articles internationaux et rédaction d'articles)

Durée :

Stage de fin d'étude Master 2 : 6 mois entre Février-Mars et Aout-Septembre 2017.

Intérêt du stage pour l'étudiant :

Accompagner le travail réalisé dans le cadre de la préparation de la mission satellite hyperspectral Hypxim, et pour l'exploitation des données du satellite Sentinel-2. Recherche appliquée et développement nécessitant de nombreux contacts avec les partenaires de la recherche sur le site et au niveau national (IRD, Cesbio, CNES, CNRS). Le travail effectué sera réalisé en proche collaboration avec des ingénieurs et développeurs de l'UMR AMAP.

Des demandes de financement ont été déposées afin de poursuivre ce travail dans le cadre d'une thèse dont les résultats pourront être valorisés par un transfert méthodologique au pôle national Theia.

Localisation :

IRSTEA Montpellier

UMR TETIS, maison de la télédétection

Agropolis, 500, rue JF. Breton, 34093 Montpellier.

Contacts et renseignements :

Jean-Baptiste Féret - IRSTEA (04.67.54.87.49) Contacts téléphoniques acceptés.

Mèl : jb.feret@teledetection.fr

Indemnité : environ 500 €/mois

Références:

- [1] J.-B. Féret and G. P. Asner, "Mapping tropical forest canopy diversity using high-fidelity imaging spectroscopy," *Ecological Applications*, vol. 24, no. 6, pp. 1289–1296, Sep. 2014.
- [2] G. Vaglio Laurin *et al.*, "Biodiversity Mapping in a Tropical West African Forest with Airborne Hyperspectral Data," *PLoS ONE*, vol. 9, no. 6, p. e97910, Jun. 2014.
- [3] G. P. Asner, R. E. Martin, C. B. Anderson, and D. E. Knapp, "Quantifying forest canopy traits: Imaging spectroscopy versus field survey," *Remote Sensing of Environment*, vol. 158, pp. 15–27, Mar. 2015.
- [4] G. Vaglio Laurin *et al.*, "Discrimination of tropical forest types, dominant species, and mapping of functional guilds by hyperspectral and simulated multispectral Sentinel-2 data," *Remote Sensing of Environment*, vol. 176, pp. 163–176, Apr. 2016.
- [5] J.-P. Gastellu-Etchegorry *et al.*, "Discrete anisotropic radiative transfer (DART 5) for modeling airborne and satellite spectroradiometer and LIDAR acquisitions of natural and urban landscapes," *Remote Sensing*, vol. 7, no. 2, pp. 1667–1701, Feb. 2015.