



Proposition de stage



Implémentation d'une chaîne de traitement d'images acquises par drone : application à la détection de dysfonctionnements dans le système d'irrigation d'un verger de pommiers

Contexte et problématique :

Divers constats récents démontrent que les prévisions du changement climatique concernant l'élévation des températures moyennes prévues par les experts se réalisent (rapport GIEC 2018, www.ipcc.ch). Ce changement accroît la demande évaporative de l'atmosphère en période estivale, du fait du déficit de saturation de l'air en vapeur d'eau, et ceci accroît les risques de déficit hydrique en production végétale. Face à ces changements, et compte tenu des priorités d'usage de la ressource, la raréfaction de la ressource en eau devient une menace pour la production agricole, et notamment pour la production fruitière, car les vergers sont le plus souvent irrigués.

Pour des raisons d'économie de la ressource en eau, les arbres fruitiers peuvent être irrigués par des systèmes localisés parcimonieux tels que les microjets ou le goutte à goutte. Ces systèmes sont performants mais demandent une surveillance importante. Ils sont en outre soumis à des dysfonctionnements localisés comme les fuites ou les bouchages, sources possibles d'hétérogénéité spatiale dans la répartition de l'eau à la parcelle, induisant de ce fait des situations hydriques variables, parfois sub-optimales pour le végétal. Les réseaux d'irrigation localisés nécessitent donc une surveillance régulière, devant s'opérer pendant les heures d'irrigation (Dag et al., 2015).

Depuis 2018, l'équipe AFEF est engagée dans un projet international (financé par l'EIT-Climate-KIC), où il est proposé d'utiliser l'imagerie aéroportée par drone utilisant des caméras (multispectrale et IR thermique) pour aider l'arboriculteur à la surveillance du bon fonctionnement de l'irrigation dans ses vergers : détection de fuites ou de bouchages de goutteur / micro-asperseur. Un tel système vise le gain de temps dans la détection des pannes, et permet potentiellement d'éviter les gaspillages et assurer une production plus régulière grâce à une meilleure utilisation de la ressource en eau. L'imagerie permet également de visualiser à un temps T l'hétérogénéité du fonctionnement des arbres au sein de la parcelle, par le calcul d'indices de végétation qui traduisent l'état physiologique des arbres individuels.

Le suivi de l'évapotranspiration relative d'une culture peut être réalisé indirectement par thermographie infrarouge, l'aide d'une caméra thermique (Jones, 1999). A l'échelle d'une parcelle entière, un suivi fin des arbres peut être réalisé par de l'imagerie thermique (IRT) haute résolution embarquée sur un drone (Gómez-Candón et al., 2016). Il est donc possible d'envisager la détection d'irrégularités dans la distribution spatiale de l'eau et son efficacité d'utilisation (fuites et/ou distributeurs bouchés) et celui de l'état physiologique des arbres en analysant les données issues d'images thermiques aéroportées. Par ailleurs, l'utilisation d'un capteur multispectral permet, en complément, le calcul d'indices de végétation, proxys de paramètres de structure et de fonctionnement du couvert, tels le NDVI (proxy de l'indice de surface foliaire et de l'interférence lumineuse Rouse et al, 1973), le GNDVI (Gitelson et al, 1996) et le MCARI2 (Haboudane et al, 2004),

et le PRI (Gamon et al, 1992). Ces indices, couplés aux données de température de couvert, permettent d'obtenir des informations intéressantes sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau (Delalande et al, 2018).

Objectifs généraux du stage / Résultats attendus :

Depuis 2016, l'équipe AFEF acquiert des données d'imagerie à haute résolution dans les spectres du visible, du proche IR et de l'IR thermique à partir de caméras embarquées dans des drones sur une collection de pommiers. Le drone embarque 2 caméras synchronisées (multi-spectrale et IR thermique). Les images sont géo-tagguées. Des cibles géométriques, radiométriques et thermiques sont disposées au sol, afin de pouvoir géo-localiser précisément la mosaïque

Un flowchart a été défini pour extraire les valeurs des pixels des arbres individuels afin de calculer des indices en végétation et la température de surface de la canopée. Ce flowchart fait intervenir 3 logiciels : Agisoft Photoscan pour la partie ortho-rectification, géolocalisation, mosaïquage ; le logiciel ERDAS Imagine pour la calibration des images puis pour l'extraction des pixels à partir des zones d'intérêt ; et enfin un logiciel de SIG (QGIS ou ArcGIS) pour l'identification individuelle des arbres. Il permet une analyse fine des variations intra- et inter- arbre de la température de canopée et le calcul d'indices de structure (NDVI, GNDVI, MCARI2) et de fonctionnement (PRI) des pommiers.

L'objectif de ce stage est de proposer une chaîne de traitement des images avec un minimum d'intervention manuelle (ou aucune), en remplaçant les briques logicielles payantes (Agisoft en particuliers) par une suite de logiciels libres (OpenDroneMap et QGIS) afin d'en faciliter l'utilisation par des utilisateurs non spécialistes et non équipés de ces logiciels performants mais coûteux et nécessitant des connaissances spécifiques.

L'étudiant.e aura à sa disposition des jeux de données acquis en 2019 (prévision de 4 journées de vols à réaliser entre mi-juin et fin juillet 2019) sur un verger sur lequel seront simulées des pannes d'irrigation. Ces jeux de données sont composés d'images thermiques et multi spectrales, et de données collectées au sol (météo, radio-thermomètres, mesures au niveau des plantes, ...). Un jeu de données sera également acquis sur un verger couvert de filets pare-grêle, pour apprécier la perturbation du signal générée par ce type de matériel. Des jeux de données acquis par ailleurs sur d'autres vergers, en situation de colmatage progressif de l'irrigation pourront être utilisés pour valider la chaîne de traitement.

Travaux confiés au (à la) stagiaire:

- Validation des choix logiciels (OpenDroneMap et QGIS) pour la mise en œuvre de la chaîne de calcul
- Installation des logiciels nécessaires sur le poste de travail
- Analyse et codage de la chaîne de traitement avec OpenDroneMap et QGIS (calibration des caméras, ortho-rectification, mosaïquage, géo-référencement, identification des arbres ou de points de repère dans le verger, extractions des valeurs, calcul des indices/températures / identification des zones de rupture : zones de valeurs élevées et de valeurs faibles, spatialisation des résultats).
- Test de la chaîne avec des données issues des campagnes aéroportées 2019
- Participation possible aux collectes de données 2019 (selon période de stage)
- Validation de la chaîne de traitement avec des jeux de données indépendants

Profil requis :

Selon les programmes de formation et l'autonomie de l'étudiant(e) ce stage peut convenir à des étudiant(e)s d'école d'ingénieur en césure, ou à des étudiants L3, M1 pourvu qu'ils/elles aient une forte affinité pour le développement

- Spécialisation en informatique (codage) et/ou traitement d'image et/ou télédétection

- Aptitude à la programmation informatique (Python, C++)
- Bonne pratique de l'anglais (lecture/compréhension)
- Des connaissances en openDroneMap, Qgis seraient un plus
- Bonne capacité rédactionnelle et goût pour le travail multi-disciplinaire
- Capable d'une grande autonomie dans son domaine (codage) et si possible en SIG.

Durée et lieu du stage:

Le stage proposé est pour une durée d'environ 6 mois, date de début de stage à négocier

Le/la stagiaire sera accueilli.e dans les locaux du CIRAD, avenue d'Agropolis, au sein de l'UMR AGAP (<https://umr-agap.cirad.fr/>). Il sera en contact avec spécialistes en informatique en télédétection et en arboriculture fruitière

Encadrements : **Magalie Delalande** (magalie.delalande@inra.fr), équipe Architecture et Fonctionnement des Espèces Fruitières (AFEF) ; Ingénieur INRA, phénotypage haut débit par imagerie aéroportée ; télépilote drone;

Jean-Luc Regnard (Jean-luc.regnard@supagro.fr), équipe Architecture et Fonctionnement des Espèces Fruitières (AFEF) ; Professeur à SupAgro Montpellier

Grégory Beurier (gregory.beurier@cirad.fr) équipe PAM (Plasticité phénotypique et Adaptation des Monocotylédones) Chercheur en Sciences informatique-modélisation-IA ;

Frédéric Boudon (frederic.boudon@cirad.fr) équipe M2P2 (méthodes et modèles pour le phénotypage des plantes), chercheur en sciences informatique, modélisation,

Les candidatures sont à adresser aux contacts ci-dessus avant le 28 février 2019

Références agronomiques :

Dag A, Cohen Y, Alchanatis V, Zipori I, Sprinstin M, Cohen A, Maaravi T, Naor A. 2015. Automated detection of malfunctions in drip-irrigation systems using thermal remote sensing in vineyards and olive orchards. *Precision Agriculture* '15, (Stafford J.V., ed.), Wageningen Acad. Publ.: 515-525.

Delalande M, Gómez-Candón D, Coupel-Ledru A, Labbé S, Costes E and Regnard J.L. (submitted). Do multispectral and thermal IR high-resolution UAS-borne imagery help in phenotyping the tree response to water stress at field? Case studies in apple diversity population and varietal assays. *Mechanization, Precision Horticulture, and Robotics, 2nd Int. Symp, XXXth Int. Hort. Congress ISHS, Istanbul (Turquie)*

Gamon JA, Peñuelas J, Field CB. 1992. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment* **41**: 35–44.

Gitelson AA, Kaufman YJ, Merzlyak MN. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment* **58**: 289–298.

Gómez-Candón D, Virlet N, Labbé S, Jolivot A, Regnard JL. 2016. Field phenotyping of water stress at tree scale by UAV-sensed imagery: new insights for thermal acquisition and calibration. *Precision Agriculture* **17**(6): 786-800.

Haboudane D, Miller JR, Pattey E, Zarco-Tejada PJ, Strachan IB. 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment* **90**: 337–352.

Jones HG. 1999. Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. *Plant, Cell & Environment* **22**: 1043–1055.

Rouse JW. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. 3rd ERTS Symposium NASA SP-351, 309-317.