

Thèse : caractérisation d'organes dans un couvert végétal à partir d'imagerie rapprochée

Le phénotypage, c'est-à-dire l'acquisition de mesures de l'état des cultures, est essentielle à la fois pour la sélection variétale mais aussi la connaissance du fonctionnement des plantes et le pilotage des cultures. Cette activité traditionnellement réalisée manuellement, connaît depuis quelques années une révolution avec l'utilisation accrue de capteurs de proxi-détection équipant différents vecteurs robots terrestres, drones ou sur des systèmes fixes (IoT). L'analyse de ces données nécessite le développement de méthodes spécifiques. Les techniques utilisées actuellement s'intéressent principalement à la caractérisation de variables représentatives d'un m² de végétation considéré comme représentatif de la parcelle. Il est ainsi possible d'estimer la surface foliaire, la hauteur ou la teneur en chlorophylle moyenne. En revanche, la description fine des plantes et des organes au sein de la culture a été peu étudiée en condition de plein champ. Elle est pourtant essentielle pour mieux caractériser la réponse des variétés à leur environnement. En effet, le stress subi à un moment particulier du cycle de développement de la plante se traduit par une réduction de la vitesse d'extension foliaire, une diminution du nombre de tiges, ou une disparition de feuilles ou de plantes. Les recherches s'orientent donc maintenant vers la caractérisation fine des plantes et des organes au sein de la culture et de leur dynamique temporelle. Dans ce contexte, l'objectif du travail proposé est de développer des méthodes visant à identifier et caractériser les organes d'intérêt (épis, feuilles, tiges, ...). Pour cela on exploitera la très haute résolution spatiale des capteurs actuels et les méthodes associées de description 3D. On utilisera des LiDARS (scanners laser) et un ensemble d'images 2D permettant de générer des nuages de points 3D associés à leur réflectivité. On s'intéressera à des cultures de caractéristiques contrastées telles que le blé, le maïs ou la betterave. Plusieurs questions sont donc à aborder :

- 1) La configuration optimale de mesure : positionnement, nombre de capteurs, fréquence de mesures, résolution spatiale. On pourra utiliser des analyses de sensibilité réalisées à partir de simulations de modèles 3D décrivant l'architecture des plantes.
- 2) La génération des images 3D (i.e. reconstruction) à partir des mesures brutes : utilisation de techniques Structure from Motion, méthodes de filtrage 3D, de fusion multi-capteurs, de reconstruction.
- 3) L'identification d'organes particuliers (i.e. segmentation du nuage de points ou du maillage) et leur caractérisation (descripteurs : forme, orientation, surface, propriétés optiques ...). On privilégiera les méthodes d'apprentissage automatique (machine-learning).
- 4) La validation des méthodes et la quantification des incertitudes associées aux estimations des descripteurs des organes.

Direction de thèse :

Franck Hétroy-Wheeler (Université de Strasbourg/iCube)

Frédéric Baret (INRA Avignon)

Benoît de Solan (Arvalis, Avignon)