

## Utilisation de l'imagerie aérienne par drone pour le phénotypage des grandes cultures

Martin Dejax<sup>2</sup>, Marie Vrignaud<sup>1</sup>, Rémy Marandel<sup>1</sup>, André Gavaland<sup>1\*</sup> et Philippe Burger<sup>2\*</sup>

L'Unité Expérimentale (UE) Grandes cultures Auzeville et l'équipe VASCO de l'UMR AGIR (AGroécologie, Innovations, TeRritoires) sont impliquées dans le développement d'une plateforme de phénotypage au champ en grande culture dans le cadre du projet Phénome ([www.phenome-fppn.fr](http://www.phenome-fppn.fr)). Cette plateforme a pour objectif d'offrir un site d'expérimentation où il sera possible de caractériser de façon intensive le développement de cultures à l'échelle de la micro-parcelle. Dans cette perspective, l'utilisation d'un drone est une option pour le suivi en continu des essais, du semis à la récolte mais aussi pour caractériser l'homogénéité des parcelles avant l'installation des essais.

L'UE a fait l'acquisition d'un drone de type aile volante eBee (senseFly). Ce drone peut être équipé d'un appareil photo numérique haute résolution (Canon S110, 12Mpixels) ou d'une caméra multispectrale (multiSPEC 4c, développée par Airinov). La caméra permet d'acquérir des images de 0.36 Mpixels dans 4 bandes (vert, rouge, Red-Edge et proche Infra Rouge).

Le drone est contrôlé par le logiciel eMotion2 (senseFly) qui permet de préparer le plan de vol puis de réaliser le vol de façon automatique. La réalisation opérationnelle des vols est ainsi à la portée d'une équipe de techniciens en expérimentation agronomique.

Les premières applications envisagées sont 1) la caractérisation du peuplement à la levée et l'estimation de la date de floraison pour le tournesol à partir d'images RGB, 2) l'estimation de paramètres de la végétation (indice foliaire, teneur en chlorophylle) sur la base des valeurs spectrales pour le tournesol et le blé.

Concernant la caractérisation du peuplement de tournesol, les images sont acquises en JPEG en volant à 42 m (le plancher autorisé par le logiciel) et en optant pour un fort taux de recouvrement. Les images sont ensuite mosaïquées avec Terra3D. La résolution spatiale obtenue est de l'ordre de 1.5 cm par pixel). Pour obtenir une mosaïque exploitable, il est nécessaire d'avoir entre 5 et 10 images par pixel. La qualité de la mosaïque dépend également des conditions de la prise de vue (peu de vent, luminosité stable si possible).

Le tournesol est une culture semée avec un semoir de précision ce qui permet d'avoir un nombre théorique de plantes par mètre linéaire. Les micro-parcelles expérimentales font de 3 à 6 rangs (écartement variable en fonction du semoir) L'analyse d'image consiste à 1) identifier les rangs de semis en utilisant une détection large du vert, 2) à segmenter le rang en cellules en fonction du nombre de plantes théoriquement présentes. Lorsque l'image a été acquise avant que les plantes ne se touchent sur le rang, on utilise un nombre de cellules est égal au nombre théorique de plantes et on compte alors le nombre de cellules contenant du vert. Ce nombre est très proche du nombre de plantes réel. Lorsque les plantes se touchent sur le rang, le comptage n'est plus possible avec la résolution

---

<sup>1</sup> INRA, domaine expérimental grandes cultures, 24 chemin de borde rouge Auzeville CS52627, 31326 Castanet Tolosan cedex

[marie.vrignaud@toulouse.inra.fr](mailto:marie.vrignaud@toulouse.inra.fr), [remy.marandel@toulouse.inra.fr](mailto:remy.marandel@toulouse.inra.fr), [andre.gavaland@toulouse.inra.fr](mailto:andre.gavaland@toulouse.inra.fr)

<sup>2</sup> INRA, UMR AGIR, 24 chemin de borde rouge, Auzeville CS52627, 31326 Castanet Tolosan cedex (<http://www6.toulouse.inra.fr/agir>), [martin.dejax@toulouse.inra.fr](mailto:martin.dejax@toulouse.inra.fr), [philippe.burger@toulouse.inra.fr](mailto:philippe.burger@toulouse.inra.fr)

\* auteurs à contacter

disponible. On utilise alors un nombre de cellules égal à au moins 2 fois le nombre théorique, et on repère alors les cellules vides. Les limites de cette méthode sont la présence d'adventices même si l'approche par rang permet d'éviter de prendre en compte les adventices situées au milieu de l'inter rang.

Le peuplement sera ensuite qualifié en prenant en compte le nombre de plantes ou de trous par rang et par parcelle selon une note globale de qualité en cours d'élaboration. La même logique d'analyse sera testée pour compter les fleurs de tournesol.

La démarche comporte une phase d'automatisation de la chaîne de traitement. Un logiciel est en cours de développement sous MatLab pour extraire de façon automatique les informations pour un grand nombre de microparcelles.

Pour exploiter la signature spectrale d'un couvert végétal, il est possible de calculer des indices de végétation. Les indices existants s'appuient sur différentes longueurs d'ondes, dans le visible et l'infrarouge. Parmi eux, le NDVI (Indice de Végétation Normalisé :  $[NIR - Rouge] / [NIR + Rouge]$ ) reste massivement utilisé, malgré une saturation pour des valeurs importantes (= végétation dense). La caractérisation du couvert en utilisant la caméra multispectrale a été évaluée sur le blé en 2013 et 2014 et sur le tournesol en 2013.

Dans le cas du blé, une évaluation de l'indice foliaire ( $m^2$  de feuilles/ $m^2$  de sol) a été fournie par Airinov, le prestataire des vols en 2013. Ces valeurs ont été mises en relation avec des mesures de référence sur les plantes (planimétrie). Les résultats montrent une surestimation de la surface foliaire par le modèle Une étude est en cours en 2014 sur un essai blé dur contenant 4 conduites azotées. Les premiers résultats, d'ordre méthodologique, font apparaître une répétabilité perfectible des mesures : lors de vols successifs, la valeur des indices varie. Par ailleurs, le mosaïquage d'images multispectrales laisse apparaître des artefacts dont l'impact reste à quantifier.

Pour le tournesol, il n'existe pas encore de modèle pour l'estimation de la surface foliaire, les données mesurées sur les parcelles ont donc été comparées au NDVI (moyenne par microparcelle). Les résultats montrent une sensibilité de la relation  $LAI=f(NDVI)$  à la structure du peuplement (écartement entre rangs, variété) qui, si elle se confirme, devra être prise en compte lors d'une utilisation en essai variétés.

L'interprétation des images dans le visible est relativement directe et l'étape de mosaïquage n'est pas trop problématique. Pour améliorer la résolution spatiale, il est envisagé d'acquérir un drone multi rotor qui permettrait de voler plus bas avec une charge utile plus élevée ce qui permettrait par exemple de travailler en détection de forme pour améliorer la distinction culture-adventice. Un multi rotor permet également de faire une acquisition en point fixe de l'ensemble de l'essai ce qui est indispensable pour les mesures en infrarouge thermique qui varient sur un pas de temps court. Pour les images multispectrales, la prise en compte des effets directionnels et des variations d'éclairement est plus complexe et nécessite des études complémentaires.