

# Imagerie aérienne à basse altitude, un outil pour le suivi des cultures

L'imagerie aérienne permet d'évaluer, entre autres, l'uniformité des cultures agricoles. Combinée à un système d'information géographique (SIG) et à un GPS, il devient possible, par exemple, de dériver de l'image la densité de végétation et d'aller au champ poser un diagnostic dans les zones de faible végétation. Pour l'entreprise, ce renseignement permet de connaître la variabilité au champ en vue de la comprendre et de la contrôler.

Le service d'imagerie demeure toutefois difficilement accessible à l'entreprise agricole. Le développement d'aéronefs sans pilote (ASP), communément appelés drones, de caméras de faibles dimensions et de systèmes semi-automatisés de traitement de l'image pourrait bientôt offrir une solution pratique et abordable.

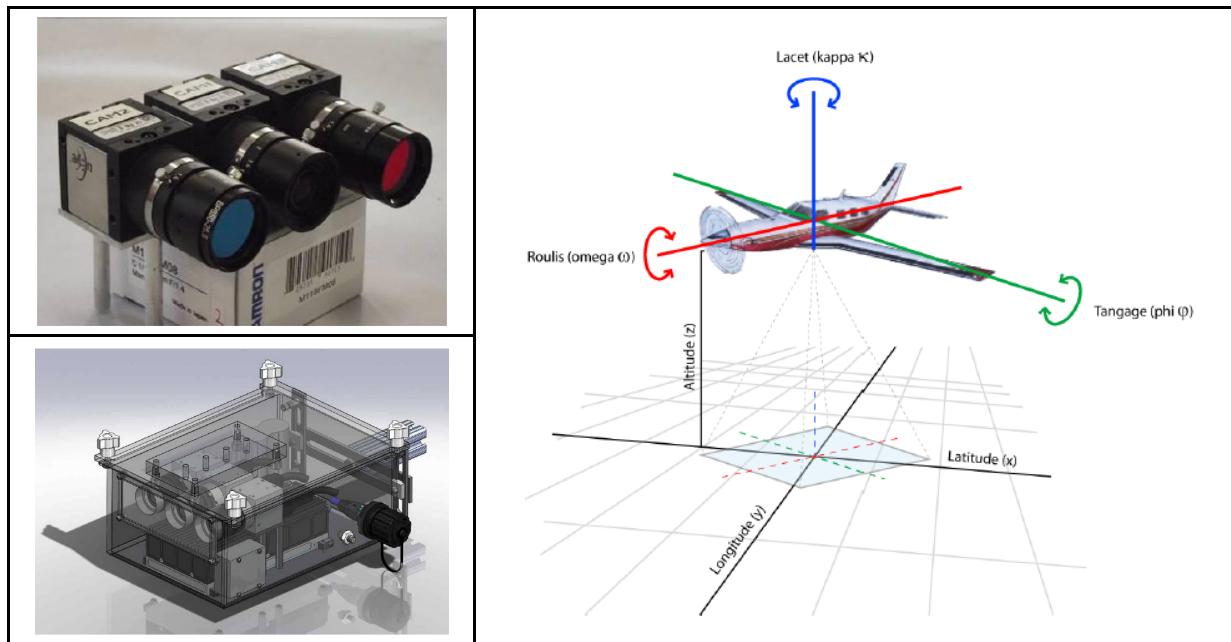
Au cours de la dernière année, un système d'acquisition d'images adapté aux ASP a été développé et le traitement de l'image a été automatisé. Ainsi, l'indice de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), calculé à partir des images aériennes, a été corrélé à la densité de trèfle au champ ainsi qu'au pH des sols.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Système d'acquisition**

Le développement du système comporte plusieurs facettes. Le choix des composantes a été dicté principalement par la charge utile (poids limite soulevé par l'ASP), la résolution de l'image et l'acquisition de plusieurs bandes spectrales (couleurs), soit le bleu, le vert, le rouge et le proche infrarouge.

Le système développé est composé d'un ordinateur (le RaptorEye de *Airborne Innovation*), d'une caméra couleur et de deux caméras monochromes d'*Imaging Development Systems (IDS)*, ainsi que d'une station intertelle (*MIDG II INS-GPS* de Microbotics inc.). La station intertelle permet d'obtenir l'information concernant la position et l'orientation durant le vol de l'ASP. Toutes ces composantes ont été intégrées dans un boîtier hermétique (figure 1).



**Figure 1.**

En haut, à gauche, montage des trois caméras; en bas, système complet dans un boîtier;  
à droite, schéma du géoréférencement direct basé sur la position et l'orientation.

## Traitement des images

Les distorsions dues aux lentilles, comme l'assombrissement et la courbure au pourtour des images, ont été quantifiées lors d'essais réalisés à la station SIRENE (site interdisciplinaire de recherche en environnement extérieur) de l'Université de Sherbrooke.

L'indice NDVI a été retenu pour sa simplicité et son utilisation répandue en télédétection appliquée à la végétation (équation 1). Le calcul a été effectué avec le logiciel *QuantumGIS*.

$$NDVI = \frac{(PIR - R)}{(PIR + R)}$$

**Équation 1. Calcul du NDVI**

Où, PIR est la bande spectrale qui couvre le proche infrarouge (longueur d'onde de 780-1 400 nm);

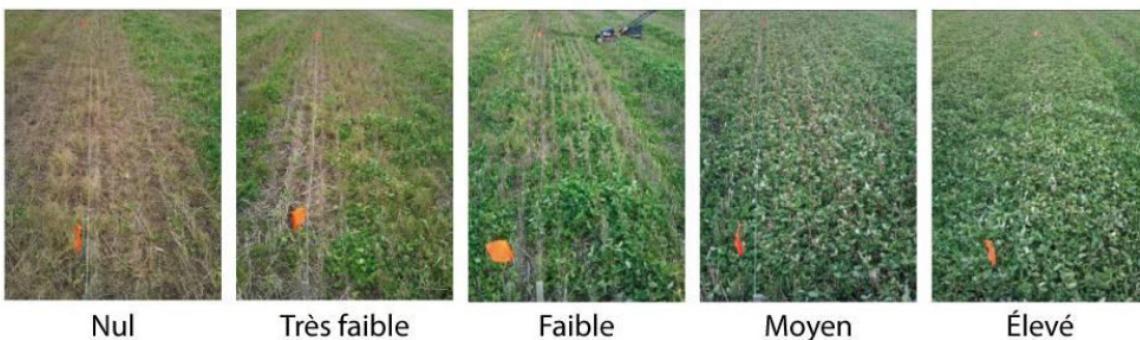
R est la bande spectrale qui couvre le rouge (620-700 nm).

Deux méthodes ont été expérimentées pour géoréférencer les images, soit le géoréférencement direct, basé sur la position et l'orientation du capteur (*Orthoengine de PCI Geomatics*), et la triangulation à l'aide de points de contrôle, c'est-à-dire de repères visuels sur des orthophotos (*ArcGIS de ESRI*).

## Corrélation entre NDVI et les données sur le terrain

Le système a été installé dans un avion muni d'une ouverture au plancher (AéroPlus, La Baie). L'acquisition s'est faite à Saint-Ambroise (48°34'26"N, 71°16'24"O) au-dessus d'une culture intercalaire de trèfle, suite au battage de la culture principale de céréales.

Quinze sites répartis dans cinq classes différentes de densité de végétation ont été identifiées sur les images pour la validation sur le terrain. Sur chacun des sites, la biomasse humide a été récoltée et pesée (figure 2). Des échantillons de sol ont également été prélevés.



**Figure 2.**  
**Densité des différentes classes telles qu'observées sur le terrain.**

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Système d'acquisition

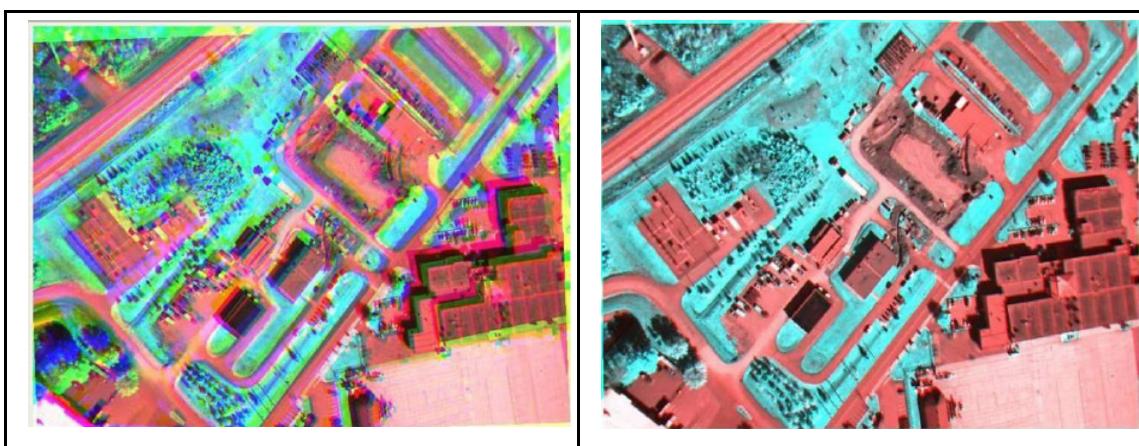
Le système, d'un poids de 2,5 kg, est basé sur un arrangement multi-lentilles, moins coûteux et de faible poids, par rapport à l'utilisation d'un prisme et d'une lentille simple. Le couplage électronique permet un déclenchement simultané et la superposition d'images à partir des trois caméras. De plus, le choix d'un obturateur global (*global shutter*) réduit le flou lors de déplacements à grande vitesse, comparativement à un obturateur progressif (*rolling shutter*).

La sélection des filtres s'est faite selon les bandes spectrales retenues pour le calcul de l'indice de végétation. Un filtre infrarouge et un filtre passe-bande de 850 nm équipent respectivement la caméra couleur et une caméra monochrome.

La programmation de l'ordinateur s'est effectuée de sorte que les images puissent être appariées aux données de la station intertelle, élément essentiel au géoréférencement direct. Finalement, la cadence d'acquisition est ajustable et peut atteindre 180 images à la minute.

### Traitement des images

Une matrice de distorsion a été établie lors des essais. Celle-ci permet de corriger la géométrie des images, de superposer les images des trois caméras et d'extraire une zone commune, et ce, tant que les caméras et les lentilles demeurent dans la même position (figure 3).

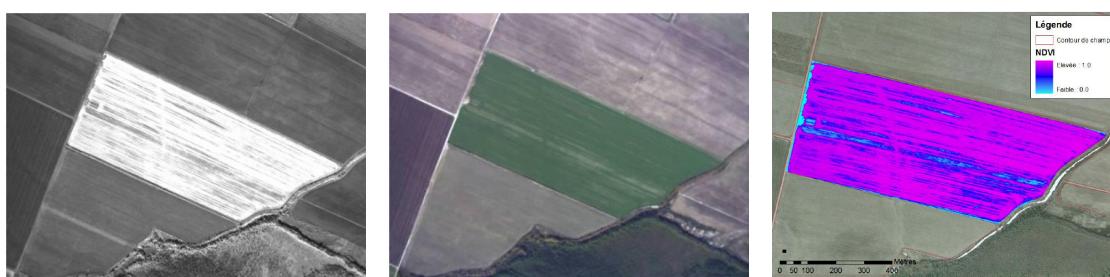


**Figure 3.**  
 À gauche, images originales en fausses couleurs de la caméra couleur et monochrome; à droite, extraction de la zone commune et superposition des bandes.

De plus, un logiciel développé par l'équipe facilite le tri et la sélection d'images. Il permet la sélection à partir d'un polygone géographique et il peut filtrer les images en fonction de l'altitude et de l'orientation du système. De plus, il gère la composition d'images de plus de trois canaux et convertit celles-ci dans le format désiré.

### Corrélation entre le NDVI et les données sur le terrain

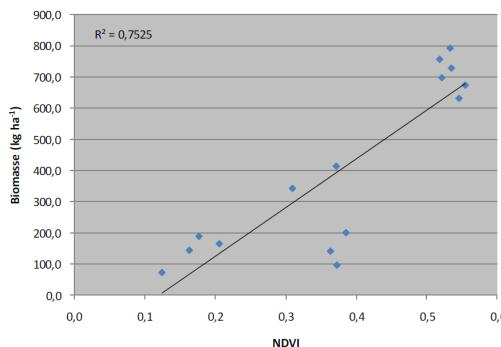
L'acquisition par avion s'est faite le 5 octobre 2010. Les vols ont été effectués à une altitude d'environ 1 675 mètres pour une résolution spatiale d'environ un mètre par pixel. Le traitement des images a été réalisé comme il a été décrit précédemment et l'indice de végétation a été calculé pour la zone d'intérêt (figure 4).



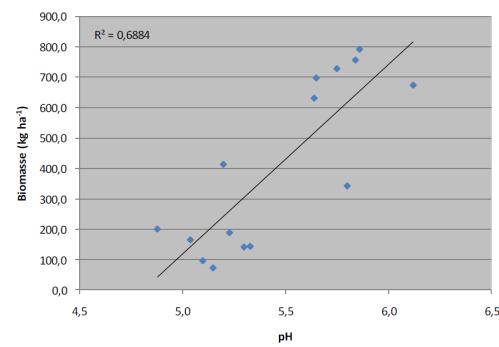
**Figure 4.**  
 À gauche, image proche infrarouge; au centre, image couleur; à droite, résultat de l'indice de végétation.

Le géoréférencement des images par géoréférencement direct n'a pas donné de résultats satisfaisants, un décalage important étant observé entre des images successives. Les images de la zone d'étude ont donc été géoréférencées à partir de points de contrôle. Selon le nombre total d'images, cela peut représenter une charge de travail significative. Cette étape constitue encore un frein à la pleine exploitation de la technologie.

La validation sur le terrain a permis d'apprecier la fiabilité de l'indice *NDVI* comme outil pour évaluer la densité de trèfle (figure 5). Parallèlement, la densité de trèfle est bien corrélée avec le pH eau des sols. Il semble qu'à un pH inférieur à 5,5, la croissance du trèfle est grandement réduite (figure 6). Dans le cas présent, l'indice *NDVI* pourrait servir d'indicateur de pH des sols. Cela ouvre la voie à la réalisation de cartes d'application à taux variable à partir de l'image elle-même.



**Figure 5.**  
**Densité de végétation en fonction de l'indice de végétation NDVI.**



**Figure 6.**  
**Densité de végétation en fonction du pH eau.**

## **CONCLUSION**

Le présent projet a démontré la faisabilité du développement d'un capteur de petite dimension ainsi que l'automatisation du traitement des images. L'indice *NDVI* est une mesure valable pour évaluer la densité du trèfle et il a permis d'évaluer indirectement le pH des sols.

Le géoréférencement des images demeurent une étape difficile à automatiser. La précision de la station intertelle semble insuffisante à basse altitude, et il s'avère nécessaire d'utiliser des points de contrôle. Pour un volume d'images important, cela représente une charge de travail considérable et rend cette technique peu envisageable pour l'entreprise agricole. Il serait donc opportun de poursuivre le développement de méthodes d'automatisation et d'expérimenter d'autres processus, comme les algorithmes de reconnaissance d'images, dont SIFT (Scale-invariant feature transform). Cette méthode pourrait améliorer la solution du géoréférencement direct par la reconnaissance d'éléments similaires entre deux images successives.

Ce projet a permis de franchir des étapes importantes dans le développement des technologies de l'imagerie à basse altitude pour une utilisation à l'échelle de l'entreprise. Il a confirmé des avenues potentielles pour connaître la variabilité à partir de l'indice *NDVI*, et un échantillonnage ciblé a permis de comprendre son origine. Pour l'entreprise, il faut maintenant contrôler cette variabilité.

## **REMERCIEMENTS**

Ce projet a été réalisé grâce à la participation financière de :



**Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation**  
**Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport**

Et avec la collaboration des partenaires suivants :



## **Auteurs**

Samuel Morissette<sup>1</sup>  
 Pierre-Hughes Tremblay<sup>1</sup>  
 Patrick Ménard<sup>2</sup>  
 Martin Langlois<sup>3</sup>  
 Jérôme Théau<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Agrinova

<sup>2</sup> Centre de géomatique du Québec

<sup>3</sup> Optech

<sup>4</sup> CARTEL, Université de Sherbrooke