

Université Catholique de Louvain

*Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et
environnementale*



« Projet de création d'une entreprise proposant aux agriculteurs des cartes de préconisation pour la fertilisation azotée de leurs cultures à l'aide d'images prises par RPAS. »

Étudiant : Roldan Descamps

Promoteurs : Xavier Draye
 Pierre Defourny

1. Introduction

Dégradation des sols, pollution, croissance démographique, intensification de l'urbanisation, changements climatiques. Nombreux sont les défis que l'agriculture va devoir affronter dans les années à venir. Outre l'évidente nécessité de modifier nos habitudes de consommation et de développer des modes de productions plus raisonnés, les développements technologiques récents semblent susceptibles d'apporter des outils d'analyse et d'aide afin de répondre à ces enjeux.

Ce mémoire de fin d'étude a pour objectif de s'intéresser au domaine de l'agriculture de précision, et pour ce faire aux récentes innovations apparues dans le domaine de la télédétection, à leur application dans le domaine agricole et à la faisabilité économique et juridique du développement d'une structure d'aide aux agriculteurs autonome dans un contexte européen. En particulier, il s'intéresse au cas de la préconisation azotée et à l'utilisation d'images acquises par RPAS. Ce texte résume d'une part la démarche scientifique du projet et les résultats qui ont été obtenus, et d'autre part l'analyse économique du marché et les enjeux inhérents au développement d'une telle structure.

2. Contexte scientifique

L'azote est un des éléments essentiels de la production agricole. Néanmoins, l'apport de substances nutritives externes au sol peut présenter des inconvénients en matière de pollution de l'environnement. L'hétérogénéité des besoins en azote d'une culture au sein même d'une parcelle agricole rend son utilisation incertaine et souvent estimée vers le haut, entraînant des coûts pour l'agriculteur et des dégâts environnementaux importants. Dès lors, une utilisation efficace de l'azote en agriculture est donc un enjeu tant environnemental qu'économique.

En matière de suivi agricole, l'arrivée de la télédétection est très intéressante car elle permet d'avoir une vue globale d'une parcelle et de ses hétérogénéités internes, qu'elle est une source d'informations non-destructive et qu'elle est rapide et automatisable informatiquement dans une certaine mesure. L'exploitation des relations entre les feuilles et leur réflectance et l'extension de cette analyse à l'échelle de la canopée d'une culture permet de déduire des combinaisons spectrales, appelées indices de végétation, capable de donner de nombreuses informations sur l'état des plantes. Le choix a été fait ici de travailler sur des images obtenues par drone afin de contrer les deux principaux inconvénients des satellites, à savoir la couverture nuageuse et la résolution spatiale, et d'observer la faisabilité du développement de ce mode d'acquisition de données à large échelle.

Les obligations pratiques nous ont également amené à devoir nous intéresser à un seul type de culture : le colza, connu pour ses besoins élevés en azote. Le modèle utilisé pour la prédiction des besoins en azote de la culture est la réglette colza, développée par le CETIOM. L'un des paramètres majeurs de ce modèle est la mesure de la biomasse aérienne du colza au début de sa phase de croissance printanière. C'est ce paramètre que nous avons tenté d'évaluer.

a. Matériel et méthode

L'expérimentation en champ s'est déroulée sur une parcelle de colza de 6,1 ha située à Latmontzée, dans la commune de Burdinne, en Province de Liège. Les prises de données aériennes ont été effectuées à l'aide d'un capteur multiSPEC 4C – capteur multispectral quadri-bande (550 nm, 660 nm, 735 nm, 790 nm) – embarqué sur un drone eBee de senseFly. Les vols se sont effectués à environ 75m d'altitude, permettant d'obtenir des images avec une résolution au sol de 7,58 cm/px. Le travail au sol a consisté quant à lui à mesurer la biomasse aérienne fraîche en 29 points selon une distribution permettant de couvrir au maximum l'hétérogénéité de la parcelle, après la prise d'images aériennes. Les vols et mesures au sol ont été effectués à deux reprises.

Les données de biomasse ont été géoréférencées pour ensuite être introduites dans ArcGIS. Les images obtenues par drone ont été assemblées à l'aide du logiciel Postflight Terra 3D et les différentes

corrections nécessaires y ont été appliquées. Leur géoréférencement a ensuite été corrigé à l'aide des balises au sol et des données GPS, via le logiciel ENVI 4.8, pour finalement être incorporées dans ArcGIS. Les données de réflectance ont été combinées dans ArcGIS afin d'évaluer les valeurs de 3 indices de végétation : NDVI, MSR et WRDVI. Nous avons ensuite effectué des régressions linéaires en posant chaque indice comme variable indépendante et la biomasse comme variable dépendante. Ces tests ont été effectués pour les deux dates séparément. Nous avons ensuite tenté d'améliorer la corrélation entre cet indice et les données au sol en appliquant des filtres ayant pour but de se départir de l'effet du sol. Le premier essai a été de retirer les observations pour lesquelles le NDVI moyen est inférieur à 0. Le second de retirer les observations pour lesquelles le NDVI moyen est inférieur à 0,1 – la végétation étant généralement caractérisée par des NDVI compris entre 0,3 et 0,8 – et le troisième essai de sélectionner uniquement un pourcentage de pixels aléatoirement choisis par échantillon. Finalement, nous avons effectué deux ACP sur les 58 échantillons, la première contenant la biomasse et les bandes spectrales, la seconde contenant la biomasse et les indices étudiés.

b. Résultats et discussion

Nous pouvons d'abord comparer les R^2 des différentes régressions. On obtient, pour la régression biomasse/NDVI, un R^2 de 0,64. Pour le MSR et le WRDVI, on obtient respectivement des R^2 de 0,70 et 0,73. Le WRDVI, expliquant 73% de la variabilité des données est l'indice expliquant au mieux la variabilité des données parmi les trois indices choisis, ce qui correspond aux résultats attendus sur base des informations issues de la littérature

L'ACP contenant la biomasse et les bandes spectrales permet de constater que la variance des données est expliquée à 93,6% par les deux premières composantes et à 98,81% par les trois premières. La deuxième composante différencie les bandes spectrales directement corrélées à la biomasse des autres. La biomasse est donc positivement corrélée au NIR et au rouge lointain, et cette deuxième composante explique 36,67% de la variabilité des données de biomasse. L'ACP contenant la biomasse et les indices calculés permet d'observer que la biomasse est effectivement bien corrélée aux trois indices choisis. Les deux premières composantes à elles deux expliquent 99,28% de la variabilité des données. Les trois indices choisis présentent donc bien une corrélation positive avec la biomasse, permettant son estimation. Comme attendu, le WRDVI est l'indice exprimant au mieux une relation linéaire avec la biomasse. Le meilleur résultat obtenu est un R^2 de 73,40%, en utilisant le premier filtre.

c. Amélioration

L'amélioration de ces valeurs pourrait être obtenue grâce à plusieurs pistes. Premièrement, l'étude d'un nombre plus important d'échantillons ou de répétitions pourrait sensiblement améliorer les statistiques obtenues. Deuxièmement, une tentative pourrait être faite pour tenter de soustraire l'effet du sol en effectuant une classification et en effectuant l'analyse uniquement sur les pixels identifiés comme étant de la végétation. Finalement, d'autres modèles, plus complets que les indices de végétation, permettraient sans doute d'améliorer l'outil. Néanmoins, la prédiction semble prometteuse au vu des résultats obtenus avec des méthodes très simples.

3. Contexte économique

a. Marché

L'étude du marché potentiel de ce mémoire s'intéresse à trois cultures en particulier, dans un contexte européen : le colza, le blé et la pomme de terre. Le colza présente d'importants besoins en minéraux azotés, ce qui en fait une culture intéressante pour la préconisation. L'intérêt du froment réside dans la taille du marché potentiel et la pomme de terre présente des besoins en azote très élevés et est une culture à forte valeur ajoutée. En termes chiffrés, l'Europe est le premier producteur mondial de colza avec plus de 25,59 millions de tonnes, le deuxième de pomme de terre avec 112,980

millions de tonnes et a une production de blé énorme, avec plus de 57 millions d'hectares cultivés pour un total de près de 225 millions de tonnes produites (FAO). Le secteur de l'agriculture de précision est également en plein boom, avec un taux de croissance estimé à 13,6% et un potentiel mondial de \$3,7 milliards estimés pour 2018 (Markets and Markets, 2013).

b. Plan opérationnel

De nombreux capteurs et opérateurs de vols sont en réalité déjà présents sur le marché, de même que de nombreux outils et modèles open sources. L'objectif de l'activité de l'organisation que nous avons imaginée est de se situer au niveau du développement opérationnel des outils et modèles, de leur validation sur le terrain et du traitement des images afin de développer des outils adaptés aux moyens techniques des agriculteurs.

Notre cible principale est constituée des moyennes et grandes exploitations cultivant du froment, du colza et de la pomme de terre. Nous désirerions travailler en étroite collaboration avec les coopératives agricoles européennes afin d'étendre la distribution de notre service et de baser notre croissance sur trois piliers : l'important effet d'influence existant dans le milieu agricole, une expansion à travers l'Europe et le développement de modèles pour d'autres types de cultures nous donnant accès à de plus grands marchés et à de nouvelles ressources. Afin d'adopter une stratégie de développement soutenu, notre stratégie d'expansion propose l'entrée dans un nouveau pays européen tous les 6 mois, temps nécessaire au contact d'un premier client potentiel et à la validation des modèles. Pour choisir les pays dans lesquels il serait intéressant de se développer, nous avons tout d'abord analysé la superficie agricole moyenne utilisée (SAU) dans les différents pays européens, puis le nombre d'hectares de colza, de froment et de pomme de terre cultivés dans les pays ayant une SAU supérieure à 20 hectares, pour des questions de faisabilité opérationnelle, et enfin la législation nationale quant au vol de RPAS à vocation commerciale. Sur bases de ces différents critères, les pays retenus sont, dans l'ordre : la Belgique, la République Tchèque, l'Allemagne, le Royaume Uni, la Slovaquie, le Danemark, l'Estonie, les Pays-Bas et la Lettonie.

c. Plan financier

Le pricing par carte de préconisation a été évalué à 16 euros dans le cas de la culture de colza et à 11 euros dans le cas du froment et de la pomme de terre, car le colza nécessite deux vols pour une seule carte de préconisation. Le nombre d'hectares traités dépend quant à lui du nombre de clients convertis et de la taille de leur exploitation. Afin d'évaluer le nombre de d'hectares survolés par an, nous avons posé plusieurs hypothèses sur le nombre de coopératives que nous pourrions convaincre, leur nombre de clients, l'effet de voisinage et la taille des exploitations. Nos résultats arrivent à des parts de marché inférieures à 6% après 5 ans. La prise en compte du chiffre d'affaire estimé et des coûts de fonctionnement et de développement nous ont amenés à projeter la rentabilité de notre organisation à partir de la troisième année d'activité.

4. Conclusion

Ce mémoire a constitué une étude préliminaire sur la faisabilité économique, technique et juridique du développement d'une structure d'aide aux agriculteurs, se concentrant sur la problématique de l'azote et capable de se développer de manière autonome dans un contexte européen. Il en ressort que l'environnement et le marché sont favorables à ce développement, et que les avancées techniques sont à même de répondre, partiellement à l'heure actuelle, à un certain besoin du secteur.

5. Glossaire

RPAS : "Remotely Piloted Aircraft System", nom générique pour désigner un drone.

6. Bibliographie

FAO. (2012c). *Statistical yearbook 2012 world food and agriculture*. Consulté le 27 septembre 2014, sur http://issuu.com/faosyb/docs/fao_statistical_yearbook_2012_issuu

Markets And Markets. (2013). *Precision farming market by technology (gps, gnss, gis, remote sensing & vrt), components (automation & control, sensors, fms), applications (yield monitoring, vra, mapping, soil monitoring, scouting) – global forecast & analysis (2013 – 2018)*. Consulté le 27 septembre 2014, sur <http://www.marketsandmarkets.com/PressRelease/precision-farming.asp>