AN EMBEDDED MULTISPECTRAL IMAGING SYSTEM TO CHARACTERIZE VINEYARD FOLIAGE DEVELOPMENT AND ITS SANITARY STATE EVOLUTION
L'IMAGERIE MULTISPECTRALE EMBARQUEE POUR CARACTERISER LA CROISSANCE ET L'ETAT SANITAIRE DU FEUILLAGE DE LA VIGNE

Marie-Aure BOURGEON[1], *Jean-Noël PAOLI[1], Sylvain VILLETTE[1], Gawain JONES[1], Christelle GEE[1]
[1]UMR Agroécologie, 26, bd Dr Petitjean BP87999, 21079 DIJON Cedex

*Auteur de correspondance : Paoli J.N., 33 (0)3 80 77 28 48, Fax 33 (0)03 80 77 28 16, Email: jn.paoli@agrosupdijon.fr

Abstract

Multispectral imaging systems are widely used in remote sensing and applied to viticulture context for the canopy characterization. This technique is not used in proximal sensing, to characterize vineyard foliage. Yet the results of field tests led in fixed position have revealed its capacity to estimate the leaf area. The aim of this project is to assess the suitable of a multispectral imaging system as an embedded sensor for vine foliage characterization.

To this end, a multispectral camera acquiring visible and near-infrared images and a Greenseeker RT-100 apparatus providing an NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), were installed on a track laying tractor. It was equipped with a centimetric GPS device for data georeferencing. Image acquisition was realized outdoor (using natural sunlight) in the trellis plan. The experimental field was composed of three grape varieties (Pinot Noir, Chardonnay and Meunier) that were planted according to the latin square pattern. Several datasets were collected in 2013, which corresponded to different phenological stages of the vine, from the berry formation to a stage close to harvest date.

This work will present the advantage of imagery technique to focus the characterization of vegetation in the berry area. We will present the evolution of the vegetation in this area and compared it to ones considered in the general trellis high. Three grapevine varieties are observed and two modalities of pruning methods are tested : Chablis pruned and Cordon (or Simple-Guyot) pruned. Further analysis of the data revealed that multispectral imaging is an accurate and versatile technique to characterise vine foliage especially with NDVI applications.

***Keywords**: Proximal sensing, embedded multispectral imaging system, foliage development, berry area development, NDVI*

Résumé:

En Viticulture de Précision, l'imagerie multispectrale est largement utilisée en télédétection pour caractériser l'expression végétative des vignes et sa variabilité intra parcellaire. Des études menées en poste fixe au sol ont révélées la capacité de l'imagerie visible à estimer la surface foliaire de la vigne. L'étude proposée vise à étudier les potentialités de l'imagerie multispectrale (visible et proche-infrarouge) embarquée à caractériser le feuillage de la vigne.

Ainsi, une caméra multispectrale, enregistrant des images visibles et proche infrarouges, et un Greenseeker RT-100 mesurant un indice normalized difference vegetation index (NDVI), ont été embarqués sur un chenillard. Ce dispositif expérimental a permis d'observer le développement du feuillage sur le plan de palissage, en lumière naturelle. La parcelle étudiée comporte trois cépages (Pinot Noir, Chardonnay et Meunier) plantés en carré latin. En 2013, plusieurs jeux de données géoréférencées ont été acquis. Différents stades phénologiques ont été observés de la formation des grappes à une date proche de la vendange.

L'étude vise à présenter la polyvalence de l'imagerie et notamment sa capacité à suivre la croissance de la végétation dans la zone des grappes, puis de la comparer à celle obtenue sur la hauteur totale de la haie foliaire (généralement considérée). Trois cépages sont étudiés ainsi que deux méthodes de taille : celle de Chablis et celle du Cordon permanent (ou Guyot Simple). Par la suite, d'autres indices (NDVI, porosité, …) seront étudiés pour montrer la polyvalence et la finesse de caractérisation du feuillage de la vigne de l'imagerie multispectrale embarquée.

Mots-Clés : Proxidétection, Imagerie multispectrale embarquée, croissance foliaire, zone des grappes, NDVI.

1. Introduction

L'imagerie multispectrale est largement utilisée en télédétection pour la caractérisation des parcelles de vignes mais très peu en proxidétection, notamment pour caractériser le feuillage de la vigne. Pourtant, des études réalisées à la parcelle mais en poste fixe ont montré la capacité de l'imagerie visible à estimer la surface foliaire de la vigne (Diago et al., 2012). Actuellement, c'est le Greenseeker, un capteur embarqué fournissant un indice de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) qui est utilisé pour apprécier la quantité de végétation à la parcelle (Debuisson et al., 2010). En effet, des travaux ont montré sa capacité à apprécier la surface foliaire de la vigne (Drissi et al. 2009). Cependant ce capteur ne caractérise la végétation uniquement dans la zone de mesure fixée lors de l'installation du capteur et ne permet pas d'autres applications en post traitement, comme notamment focaliser l'étude sur une zone d'intérêt comme la zone des grappes. Or, des travaux ont montré que la densité de végétation de la zone des grappes favoriserait le développement de maladies comme le Botrytis (Valdès-Gomez 2007).

Ainsi, à partir d'un système embarqué utilisant une caméra multispectrale comme capteur pour caractériser le feuillage de la vigne, nous avons étudié l'évolution de la végétation dans la zone des grappes et dans le gabarit de la vigne sur 5 jeux de données acquis en 2013. Les cépages Pinot Noir, Meunier et Chardonnay taillés selon les méthodes de Chablis et du cordon permanent sont observés, ce qui représente 6 modalités expérimentales. D'une part, l'étude vise à mettre en évidence la polyvalence de l'imagerie et sa capacité à caractériser l'évolution de la végétation (à travers d'un indice d'occupation, inverse de la porosité) dans la zone des grappes et dans le gabarit de la vigne. D'autre part, l'étude compare l'évolution de l'occupation du feuillage selon le mode de taille des ceps de vigne.

2. Matériel et méthodes

Matériel expérimentale :

Les expérimentations se sont déroulées sur la parcelle expérimentale 'Terroir' du CIVC (Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne), située à Chouilly (51). Cette parcelle présente trois niveaux de pente dans lesquels 3 cépages différents ont été plantés : Meunier (haut de parcelle), Pinot Noir (milieu de parcelle) et Chardonnay (bas de parcelle). Nous avons focalisé l'étude sur une zone particulière de la parcelle où les rangs de vignes sont taillés selon les méthodes de Chablis et de Guyot simple (cordon permanent). Ainsi, 6 modalités sont étudiées, croisant cépage et mode de taille.
La caméra multispectrale (AD-130 GE JAI, Japon) permet d'obtenir des images visibles (RGB) et proche infrarouges (NIR). Elle a été installée sur un chenillard (Fig. 1A) et positionnée de façon à pouvoir observer toute la hauteur de la haie foliaire de la vigne (Fig.1B). De même, un Greenseeker RT-100 (Trimble, Allemagne) a également été embarqué. Il s'agit d'un capteur actif composé de deux diodes émettrices de rayons lumineux rouge et proche infrarouge et d'un récepteur mesurant l'indice de végétation NDVI. Un GPS (Trimble) de correction centimétrique associe les données acquises sur la parcelle à des coordonnées de position. Un parasol a également été utilisé pour éviter la saturation des images acquises en éclairement naturel. De même, un fond noir positionné derrière le rang de vigne observé est associé au châssis pour focaliser l'observation sur le rang observé et faciliter le traitement des images. L'acquisition des données est réalisée en continue, à une fréquence de 3Hz pour la caméra et de 50Hz pour le Greenseeker. Deux rangs de vigne sont observés pour caractériser chaque modalité, ce qui représente environ 1500 points de mesure par scénario.
Cette étude présente cinq jeux de données acquis en 2013 à différents stades phénologiques : du « début du développement des fruits » à « la maturation des baies ».

Méthode de détermination de l'indice « occupation du feuillage » :

Le NDVI est déterminé selon le ratio normalisé de la réflectance rouge et proche infrarouge (Rouse et al. 1973). Cet indice est compris entre 0 et 1 et est utilisé en viticulture pour caractériser la vigueur de la vigne. Le Greenseeker fournit un indice NDVI qui résulte d'une moyenne effectuée sur 5 scans consécutifs de la végétation. L'indice prend en compte la quantité de végétation et son statut physiologique (Drissi 2009).
La caméra fournit des images proche-infrarouges (Fig.1B) qui montrent un fort contraste entre le fond et la végétation. Ainsi, à partir de ces images, nous avons déterminé un indice de végétation exprimant l'occupation de la végétation dans la zone observée et qui correspond à l'inverse de l'indice de porosité. Nous avons souhaité étudier l'évolution de l'occupation de la végétation dans la zone des grappes afin de la comparer à celle de la hauteur de la haie foliaire. Nous considérons pour cela que l'arrière-plan noir délimite le gabarit de la vigne sur les images. Pour étudier l'occupation du feuillage sur les images, nous avons d'abord corrigé les déformations géométriques engendrées par l'optique de la caméra. Nous avons utilisé la procédure de calibration puis de correction des images proposée par Bouguet (2007), s'appuyant sur les travaux de Zhang (2000). Puis, pour étudier l'occupation de la végétation, les images sont seuillées pour discriminer la végétation de l'arrière-plan (i.e. le fond) de l'image: une valeur de 1 est attribuée aux pixels correspondant à de la végétation tandis que 0 est attribué aux pixels représentant le fond. La somme des pixels de valeur 1 est divisée par la somme des pixels totaux composant l'image. Ainsi, l'indice « occupation de la végétation » est calculé et il est compris entre 0 et 1. Pour étudier la quantité de végétation présente dans la zone des grappes, l'image a été découpée et restreinte à la moitié inférieure de l'image (Fig.1C). Pour exprimer la quantité de végétation dans le plan et dans la zone observée, le même indice est calculé selon la même méthode.
Dans un premier temps, nous avons vérifié la cohérence des indices de végétation NDVI et occupation du feuillage. Puis pour chaque modalité étudiée, nous avons calculé sur chaque image l'indice de végétation avant de le moyenner. Ainsi, 4 valeurs d'indice par jeu de données sont étudiées. A travers les 5 jeux de données, les indices calculés permettent de suivre la cinétique de croissance de la végétation dans la zone des grappes et dans la haie foliaire pour les 3 cépages étudiés et taillés selon les méthodes de Chablis et de Guyot Simple.

3. Résultats et discussion

La courbe d'évolution temporelle des deux indices de végétation obtenue par les deux capteurs (Fig. 2A) est similaire. En effet, on remarque que l'allure des deux courbes est comparable, même si la valeur des indices est différente. En effet, contrairement à l'indice issu des images qui considère la présence ou non de végétation, l'indice NDVI obtenu par le Greenseeker prend également en compte des paramètres physiologiques de la végétation (Drissi, 2009).

L'allure générale des courbes (Fig. 2B, Fig.2C, Fig.2D) est cohérente avec une cinétique de croissance de végétation (Fig.2A) pour les trois cépages. De plus, on remarque que les valeurs de l'indice de végétation sont comparables pour les cépages Pinot Noir et Chardonnay (≈0,5 -0,9), et sont plus faibles pour le cépage Meunier (≈0,3-0,8), ce qui est cohérent avec leurs vigueurs respectives (Debuisson et al. 2010).

La comparaison des indices de végétation calculés dans la zone des grappes et ceux calculés pour le gabarit de la vigne montre que quels que soient le cépage et le mode de taille, leur valeur est significativement différente en début de végétation, puis par la suite devient similaire. On note cependant que pour tous les jeux de données, l'indice calculé dans la zone des grappes est légèrement supérieur à celui calculé pour le gabarit de la vigne. Cette remarque concorde avec l'augmentation de la densité de végétation dans cette zone, induite par la présence des grappes. Ainsi, on constate qu'à partir du stade « grain de pois », correspondant au jeu de données acquis le 17 Juillet 2013, l'occupation de la végétation de la zone des grappes est quasi-représentative de l'occupation de la végétation caractérisant le gabarit de la vigne. Ainsi, on s'interroge sur l'intérêt d'observer toute la hauteur de la haie foliaire pour caractériser ce paramètre pour la vigne.

Par ailleurs, la comparaison des indices obtenus pour les deux modes de tailles ne montre pas de valeurs significativement différentes. On note cependant que les rangs de vigne taillés selon la méthode de Guyot Simple ont un indice de végétation légèrement supérieur à ceux taillés en Chablis, mais les différences ne sont pas significatives. Pourtant, leur comparaison visuelle montre que le développement de la végétation autour du cordon augmente la densité de la végétation dans la zone des grappes, ce qui est moins vérifié sur les plants taillés en Chablis où la végétation se répartie de façon plus homogène. Cette tendance est plus marquée pour les cépages Meunier et Pinot Noir, notamment pour le jeu de données N°3 acquis le 1er Aout 2013 où la valeur de l'indice de végétation est plus élevée pour les rangs taillés en Guyot. Ce constat est moins évident pour les deux derniers jeux de données qui montrent une valeur d'indice plus faible car un rognage a été pratiqué. Cependant, pour les cépages Meunier et Pinot Noir, on constate que la valeur de l'indice des rangs taillés en Guyot simple est toujours légèrement supérieure à celle obtenue pour les rangs taillés en Chablis. Ces tendances sont moins flagrantes pour le cépage Chardonnay, mais ceci peut être expliqué par la position des rangs en bas de pente, ce qui favorise la vigueur de ces pieds de vigne, diminuant la finesse de la caractérisation. Ainsi, dans une perspective de prévention de développement de maladies sensibles au microclimat, il semblerait que la taille en Guyot Simple favoriserait l'occupation de la végétation dans la zone de grappes. Cependant, pour mieux caractériser ce phénomène, il s'agirait d'utiliser un système qui permettrait de considérer le volume foliaire de croissance et non un unique plan d'observation comme pour notre système d'imagerie et celui du Greenseeker.

4. Conclusion et perspectives

Avec notre système d'imagerie embarqué, les images de végétation sont dans le plan de palissage de la vigne. Le traitement d'images permet de caractériser la quantité de végétation visible à travers un indice d'occupation. Nous avons mis en évidence que la caractérisation de la haie foliaire à travers des images offre la possibilité de restreindre l'étude de la végétation sur des zones d'intérêt, comme la zone des grappes mais tout comme le Greenseeker, le système ne permet pas de prendre en compte un volume mais uniquement le plan d'observation. Nous avons constaté que les valeurs de l'indice de végétation estimée par imagerie sont cohérentes avec celles de l'indice NDVI obtenu par le Greenseeker. Par la suite, nous envisageons une étude comparative des valeurs de l'indice NDVI fournis par le Greenseeker et l'imagerie. Enfin, l'imagerie se révèle être un outil d'acquisition très intégratif puisque contrairement aux autres capteurs il permet d'explorer simultanément de nombreux indices pour améliorer la caractérisation de la végétation.

5. Remerciements

Cette étude a été financée par le CIVC, le BIVB et le Conseil Régional de Bourgogne, dans le cadre de la thèse de M.A. Bourgeon.

Références

BOUGUET, J.Y., 2007. Camera Calibration Toolbox For Matlab, http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/ accessed May 21

DEBUISSON, S., GERMAIN, C., GARCIA, O., PANIGAI, L., MONCOMBLE, D., 2010. Using multiplex and greenseeker to manage spatial variation of vine vigor in Champagne. Proc. 10th Int. Conf. on Precision Agriculture, Denver Co, USA, 1–21.

DIAGO, M.P., CORREA, C., MILLÁN, B., BARREIRO, P., VALERO, C., TARDAGUILA, J., 2012. Grapevine yield and leaf area estimation using supervised classification methodology on RGB images taken under field conditions. Sensors 12 (12), 16988–6.

DRISSI, R., GOUTOULY, J. P., FORGET, D., GAUDILLERE, J. P., 2009. Non-destructive measurement of grapevine leaf area by ground normalized difference vegetation index. Agronomy Journal, 101(1), 226.

ROUSE, J. W., HASS, R. H., SCHELL, J. A., DEERING, D. W. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Proc. 3rd Earth Resources Technology Satellite (ERTS) symposium,. Washington, USA: NASA 1 pp. 309–317

VALDES-GOMEZ H. 2007. Relation entre états de croissance de la vigne et maladies cryptogamiques sous différentes modalités d'entretien du sol en région méditerranéenne, Thèse Supagro Montpellier, 108 p.

ZHANG, Z., 2000. A flexible new technique for camera calibration. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence 22 (11), 1330–34.

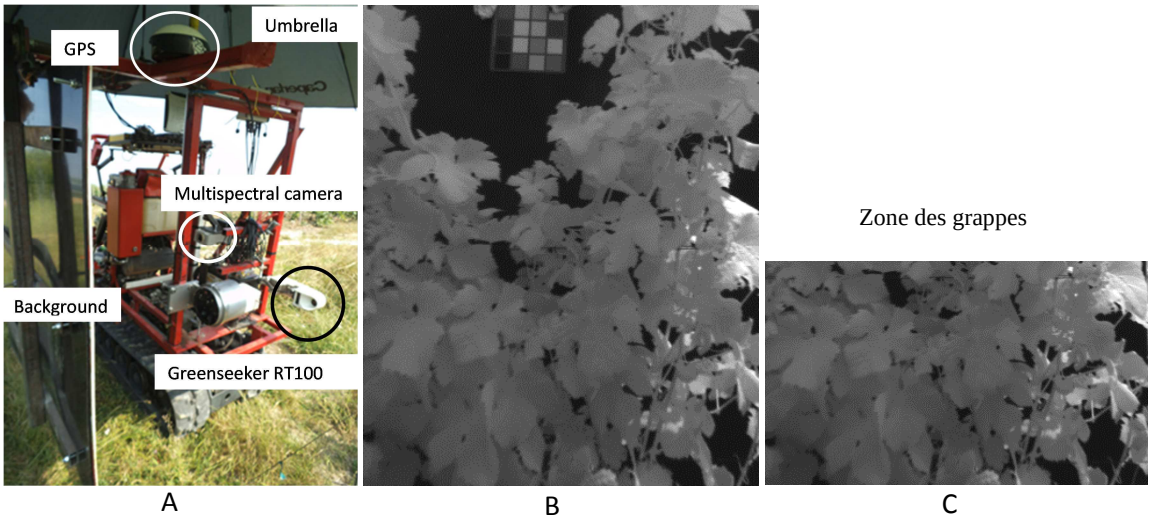


***Figure 1** : (A) Experimental set-up embedded on a track laying tractor, (B) NIR image undistorted (C) down-half of NIR image corresponding to grape area*
Figure 1 : (A) Dispositif expérimental embarqué sur un chenillard, (B) Image NIR géométriquement corrigée, (C) moitié inférieure d'une proche infrarouge NIR correspondant à la zone des grappes.

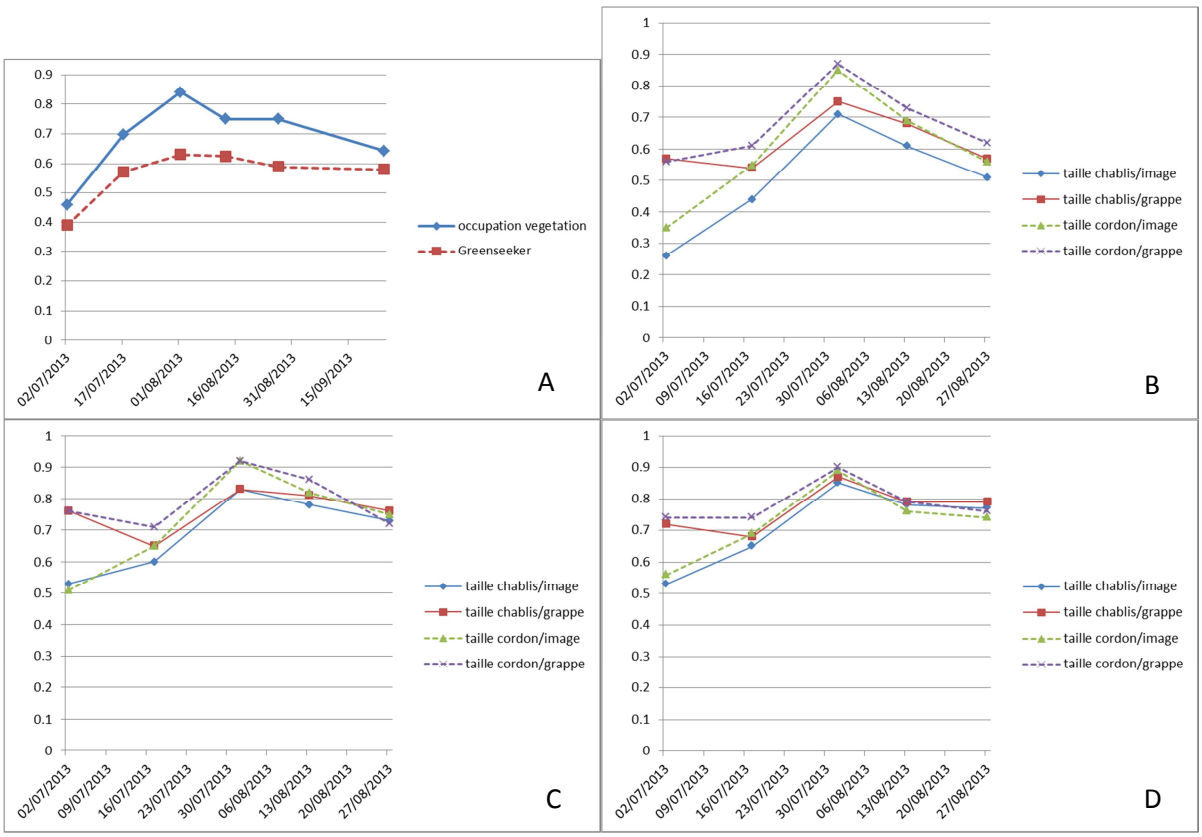


***Figure 2 :** (A) Comparison of the evolution of NDVI index provide by Greenseeker and vegetation quantity calculated from images, (B) Comparison of the evolution of vegetation quantity in the berry area and on the trellis plan for Chablis and cordon pruned for Meunier variety, (C) for Pinot Noir variety, (D) for Chardonnay variety.*

Figure 2: (A) Comparaison de l'évolution du NDVI fournit par le Greenseeker et l'occupation de la végétation déterminée à partir des images, (B) Comparaison de l'évolution de l'occupation de la végétation dans la zone des grappes et dans le plan de palissage entier pour les rangs taillés en Chablis et en Cordon pour le cépage Meunier, (C) pour le cépage Pinot Noir, (D) pour le cépage Chardonnay.