



HAL
open science

De l'imagerie pour caractériser la vigne. Quelles perspectives pour la profession ?

Marie-Aure Bourgeon, Jean-Noël Paoli, Christelle Gée, Christophe Monget,
Sébastien Debuisson

► To cite this version:

Marie-Aure Bourgeon, Jean-Noël Paoli, Christelle Gée, Christophe Monget, Sébastien Debuisson. De l'imagerie pour caractériser la vigne. Quelles perspectives pour la profession ?. Vigneron Champenois, 2017, janvier 2017, pp.21-29. hal-01605446

HAL Id: hal-01605446

<https://hal.science/hal-01605446>

Submitted on 25 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License



Acquisition d'images de la végétation grâce à la caméra installée sur un chenillard.

Marie-Aure Bourgeon (Dr)

Consultante en Viticulture de Précision, Vignes Tech consult

Jean-Noël Paoli (Dr), Christelle Gée (Pr)

UMR Agroécologie INRA- Agrosup Dijon

Christophe Monget, Sébastien Debuissou

Pôle Technique & Environnement du Comité Champagne

De l'imagerie pour caractériser la vigne

Quelles perspectives pour la profession ?

Cet article résume un travail de thèse réalisée par Marie-Aure Bourgeon, cofinancé par le Comité Champagne, le Bureau des Vins de Bourgogne et la Région Bourgogne, s'intitulant "Conception et évaluation d'un dispositif d'imagerie multi-spectrale de proxidtection embarqué pour caractériser le feuillage de la vigne".

En viticulture de précision, l'acquisition d'informations agronomiques sur la vigne (état sanitaire, vigueur, stress hydrique...) peut être envisagée par différents moyens. Aujourd'hui, il existe deux principales échelles : une éloignée dite de télédétection (capteurs embarqués dans des plateformes

aériennes de type satellites, avions ou drones) et l'autre de proximité dite de proxidtection (capteurs situés dans des plateformes terrestres). En télédétection, le principal capteur utilisé est l'imageur multi-spectral ou hyper-spectral. Cette technique permet de caractériser différents paramètres sur la vigne comme sa vigueur et son expression végétative. Les degrés de précision de ces capteurs varient selon les angles de vue (vue aérienne) et leurs limites techniques (résolution, précision). C'est pourquoi les capteurs de proxidtection, plus précis, se sont développés, comme le Greenseeker et le Physiocap qui permettent de caractériser la vigueur. Ces capteurs de proxidtection manquent

de polyvalence car ils n'estiment qu'un seul paramètre viticole. Depuis peu, des travaux préliminaires conduits en laboratoire de recherche ont montré que l'imagerie multi-spectrale utilisée dans ce contexte de proximité serait une technique plus précise et pertinente pour la profession, pour étudier ces paramètres de vigueur, de surface foliaire, de symptômes de maladies ou encore d'estimation de rendements (Lloret *et al.* 2011; Tregoat, Grenier, and N. 2001). Cependant, les difficultés techniques sont importantes : la gestion de l'éclairage et dans le cas de plateformes terrestres, les vibrations influant sur la qualité des images ont fortement ralenti son développement.

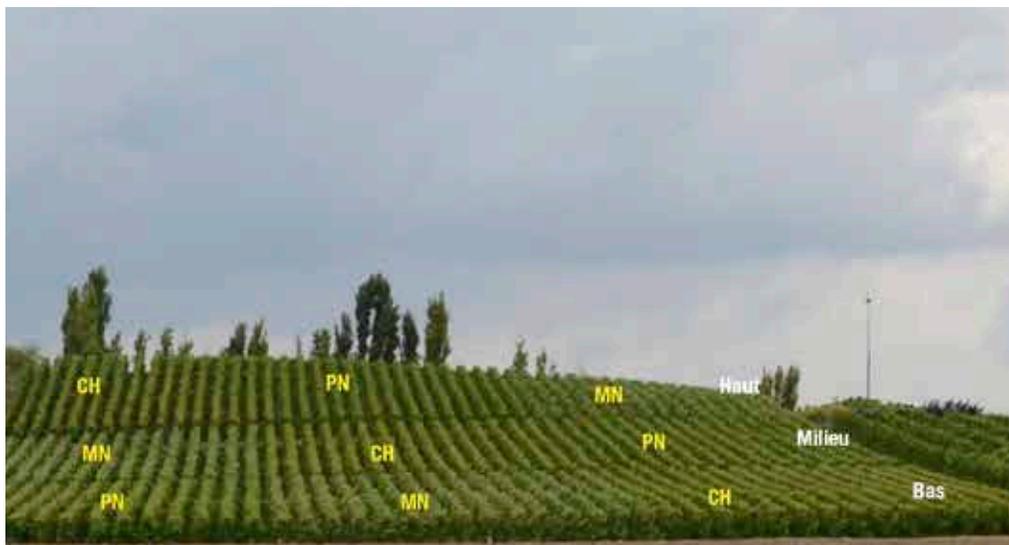


Figure 1. Parcelle Terroir (CH : chardonnay MN : meunier PN : pinot noir).

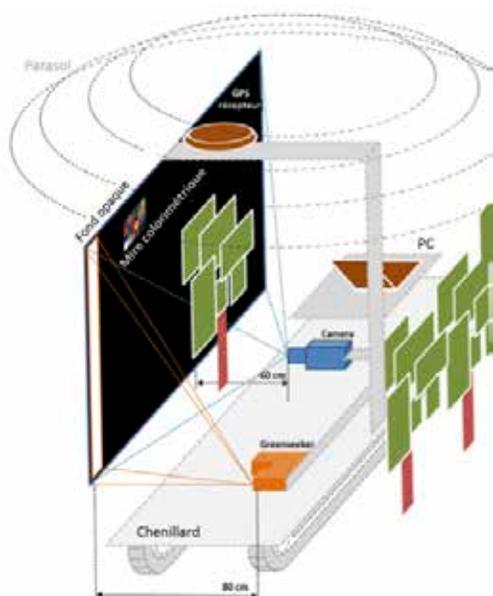


Figure 2. Schéma et photographie du dispositif expérimental.

Les objectifs de ces travaux de thèse ont été de concevoir et d'évaluer les potentialités de l'imagerie multi-spectrale embarquée sur un chenillard pour caractériser le feuillage de la vigne. Pour évaluer ce dispositif, nous avons travaillé sur deux sites expérimentaux : l'un situé en Champagne l'autre situé en Bourgogne. Dans cet article, nous nous focaliserons sur les essais conduits en Champagne. A terme, il s'agirait d'ajuster les doses de produits phytosanitaires selon les informations issues de capteurs grâce à un outil d'aide à la décision.

Acquisition de la donnée

La parcelle expérimentale

Les expérimentations conduites en Champagne ont été menées sur la parcelle "terroir" du domaine expérimental de Plumecoq du Comité Champagne (figure 1).

Le dispositif d'acquisition de données

Les différents éléments techniques ont été installés sur un chenillard (figure 2).

Cette configuration nous a permis de tester la caméra multi-spectrale en tant que capteur embarqué. De plus, la caméra a ainsi été utilisée dans des conditions de travail proches de celles de la profession, pour favoriser un éventuel développement commercial. Nous avons aussi installé un capteur Greenseeker pour valider la technique d'imagerie multi-spectrale comme un capteur pouvant caractériser la vigueur de la vigne.

Sur le chenillard, un ordinateur portable enregistre l'ensemble des données issues du Greenseeker, de la caméra et du GPS-RTK (à précision centimétrique) permettant de localiser les données.

La caméra multi-spectrale

Elle acquiert simultanément des images du feuillage, dans le plan de palissage, dans le domaine du visible et du proche-infrarouge. Les images sont acquises à une fréquence de 3 Hz (soit trois images par seconde). La dimension des images est de 77 cm de hauteur par 45 cm de large.

Les travaux de recherche précédents indiquaient que la gestion de la lumière était la principale limite technique dégradant la qualité des images. Un temps de travail important a été nécessaire pendant cette thèse pour contourner cette difficulté. Cela nous a permis de déterminer un indice NDVI à partir des images, qui pourra être comparé à celui du Greenseeker.

Le Greenseeker

Le Greenseeker est un capteur actif, c'est-à-dire qu'il pro-

duit sa propre source lumineuse (LED) en émettant un rayonnement dans le rouge (656 nm) et le proche-infrarouge (774 nm). Une cellule photo-réceptrice collecte la part de la lumière envoyée (rouge et proche-infrarouge) qui est réfléchiée par la végétation. Le capteur utilise donc la réflectance dans la région du rouge et du proche infrarouge. A partir de ces informations spectrales, le Greenseeker fournit un indice de végétation de type NDVI : Normalized Difference Vegetation Index. Sa fréquence d'acquisition est de 50 Hz (soit 50 impulsions par seconde).

Jeux de données

Sur la campagne menée en 2013, nous avons acquis six jeux de données. Les acquisitions se sont déroulées à différentes dates correspondant à plusieurs stades phénologiques de la vigne. Ils s'étalent de la floraison (17 juillet 2013) à une semaine avant vendange (24 septembre 2013) (tableau 1).

Chaque jeu de données est composé d'images, de coordonnées de position (GPS) et d'indices fournis par le Greenseeker. Ces deux dernières informations sont combinées dans un fichier de format "texte", d'environ 3 Go de taille. Quant aux images, elles sont visibles lors de l'acquisition et accessibles dans un format d'image classique de type ".tiff". Hors, la taille d'une image de ce format est de 3,59 Mo. Chaque jeu de données est constitué d'environ 12 000, ce qui équivaldrait à un fichier d'environ 43 Go par passage. Ce volume de données nécessite d'être enregistré en temps réel. Cette tâche est donc conséquente pour l'ordinateur qui doit simultanément commander l'acquisition des autres images et également enregistrer les données du GPS et du Greenseeker. Pour éviter que l'ordinateur "bug" face à cette charge de travail importante, il est nécessaire de réduire la taille des images pour faci-

	Dates					
	02/07/2013	17/07/2013	01/08/2013	13/08/2013	27/08/2013	24/09/2013
Stade phéonologique (Meier 2001)	Floraison (68)	Développement du fruit (70)	Nouaison (71)	Grain de poids (75)	Véraison (81)	Fin de maturation
Heure (UMT/GMT)	16h-17h	9h15-10h15	16h20-17h20	12h-13h	13h15-14h15	12h-13h
Nombre d'images par canal spectral	5 749	5 356	4 907	6 556	6 280	6 336
Nombre de points de mesures GPS & Greenseeker	32 269	36 691	35 749	35 806	19 594	32 865

Tableau 1. Présentation des jeux de données acquis durant la campagne 2013.

ter le stockage, sans altérer leur qualité. Les images sont enregistrées dans un fichier brut de type ".raw", où la taille d'une image est divisé par trois, soit d'une taille d'environ 1,19 Mo. La taille du fichier contenant l'ensemble des images d'un jeu de données en format brut est alors réduite à 14 Go.

Détermination des indices de végétation

L'indice "NDVI Greenseeker"

Le Greenseeker est utilisé en viticulture pour estimer la vigueur de la vigne. Les travaux antérieurs menés autour de cet indice montre qu'il est très bien corrélé à une information quantitative comme la porosité de la végétation (Drissi *et al.* 2009; Johnson *et al.* 2003). Plus l'indice tend vers 0 moins il y a de végétation, plus il tend vers 1 plus la végétation est dense. Sur cette même parcelle "terroir", l'équipe du Comité Champagne a évalué le Greenseeker pour caractériser la vigueur des trois cépages

(Sébastien Debuisson, Mathieu Grelier, et Laurent Panigai 2009), ou sa capacité à suivre la croissance foliaire.

L'indice "Occupation Végétation"

Le traitement des images nous permet de séparer la végétation du fond de l'arrière-plan noir (figure 3). En utilisant une tech-

nique de seuillage, la végétation est identifiée en blanc (valeur pixel = 1) tandis que le fond apparaît en noir (valeur pixel = 0) : une image binaire est obtenue.

L'indice de quantification est noté OV (occupation de la végétation) et il s'exprime entre 0 et 1 ; 0 signifiant qu'il n'y a pas de végétation sur l'image tandis que 1 traduit une image pleine, saturée en végétation.



Figure 3. Image binaire présentant la végétation de la vigne sur une image.

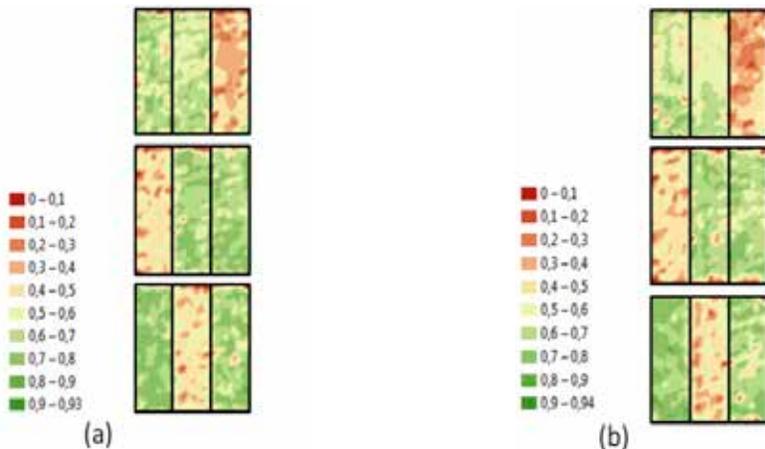


Figure 4. Cartographies représentant les indices NDVI obtenus avec le Greenseeker (a) et les images (b) pour le jeu de données acquis le 17 juillet 2017 au stade du développement des fruits.

L'indice NDVI moyen pour l'image "NDVI image"

Pour chaque image NDVI, une moyenne de l'indice est calculée. Elle est notée NDVI_image. L'information contenue dans cette moyenne est théoriquement comparable à celle fournie par le Greenseeker. C'est pourquoi, nous vérifierons dans un premier temps la cohérence des indices NDVI fournis par les deux méthodes pour valider la technique d'imagerie.

L'indice NDVI spécifique à l'état de santé des feuilles "NDVI végétation"

Par analyse d'images, il est possible de ne considérer que les

signaux NDVI des feuilles et d'exclure le fond. Ainsi, nous pouvons déterminer une moyenne de l'indice NDVI à partir des pixels caractérisant la végétation. Cet indice, NDVI_végétation, est spécifiquement associé à l'activité chlorophyllienne de la végétation.

Validation du système d'imagerie multi-spectrale

Pour vérifier que cet ensemble de méthodes est valide, nous avons comparé la cohérence des indices NDVI obtenus par ces deux techniques : NDVI_image et NDVI_Greenseeker.

Toutes les données (images ou valeurs du Greenseeker) sont as-

sociées à des coordonnées GPS. Les cartographies obtenues nous permettent de comparer visuellement les deux indices (figure 4).

La comparaison visuelle de ces deux cartographies du 17 juillet 2013 montre une cohérence au niveau des zonages cartographiques comme des valeurs. Nous constatons une grande similitude entre les zones de forte vigueur (tend vers 1, en vert) et de plus faible vigueur (tend vers 0, rouge). D'autre part la valeur des indices est très cohérente d'une carte à l'autre, même si nous remarquons des variations intra-blocs qui peuvent être expliquées par une différence de sensibilité des techniques. Nous avons tout de même réalisé des tests statistiques (ANOVA : ANalyse Of VAriance) qui n'ont pas mis en évidence de diffé-

rence significative. Ainsi la caméra multi-spectrale permet de reproduire les mêmes performances que le Greenseeker sur la lecture de la vigne.

Est-ce que cette équivalence est solide au cours de la saison ?

Evolution des indices de végétation sur la campagne 2013

Sur la figure 5, les indices "Occupation Végétation (OV)" et "NDVI_Greenseeker" présentent une cinétique de croissance considérant six jeux de données.

L'indice OV semble saturer plus tardivement que l'indice fourni par le Greenseeker. De même il semble plus précis puisque pour le dernier point de mesure, l'indice OV traduit une diminution de la végétation cohérente avec l'opération du rognage plus drastique réduisant la hauteur du gabarit de 140 cm à 110 cm alors que l'indice NDVI_Greenseeker est peu sensible à cette forte diminution de la végétation.

L'indice NVDI_image est, en théorie, comparable à celui de l'indice fourni par le Greenseeker. Cependant, au fil du temps, la valeur de cet indice s'éloigne de celle du NDVI_Greenseeker car le Greenseeker ne puisse pas mesurer le NDVI sur l'ensemble de la hauteur de végétation (faisceau de 60 cm environ).

Quels atouts de l'imagerie ?

L'intérêt d'utiliser une caméra multi-spectrale est de posséder une information plus complète et plus polyvalente sur l'état général de nos vignes.

Sur cette image (figure 6), nous observons différents organes, comme une partie de sarments ou des feuilles de vigne. Sur les feuilles, nous distinguons les nervures et également des tâches noires. Plus la valeur de l'indice est faible (tend vers le noir), moins l'activité photosynthétique de l'organe végétal est importante (Peñuelas and Filella 1998). Les tâches visibles présentent des zones où la photosynthèse est faible, voire inactive. Nous avons pu vérifier que ces tâches correspondaient à des symptômes de mildiou.

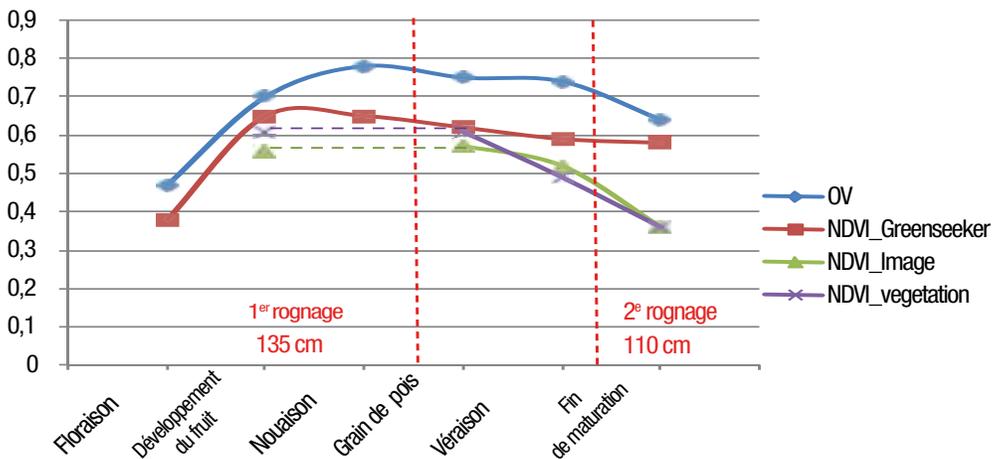


Figure 5. Evolution des indices de végétation NDVI_image, NDVI_végétation, Occupation Végétation obtenus à partir des images et de l'indice NDVI_Greenseeker fourni par le Greenseeker.



Figure 6. Images NDVI obtenues à partir des images rouge et proche infrarouge avec symptômes de mildiou.

Ainsi, la reconnaissance de maladies cryptogamiques de la vigne comme le mildiou, les maladies du bois ou d'autres ravageurs, est un véritable enjeu qui justifie l'apparition de caméras comme outil de proxidtection pour les viticulteurs.

Conclusion

Ces premiers travaux de recherche ont montré le fort potentiel de cette technique pour

caractériser de façon polyvalente plusieurs paramètres agronomiques sur la vigne. En travaillant dans le plan de palissage et à des cadences élevées, elle offre des perspectives intéressantes pour la gestion sanitaire des vignes. En effet, outre sa capacité à caractériser spécifiquement la quantité de végétation, elle permet d'évaluer l'activité photosynthétique de la vigne qui représente un intérêt dans la gestion de la fertilisation azotée, voire l'utilisation de produits plus spécifiques tels que les stimulateurs de défenses. Au re-

gard des limites du Greenseeker, l'imagerie multi-spectrale offre une précision envisageant des perspectives intéressantes, pour la gestion du vignoble face aux enjeux sanitaires auxquels doit faire face la viticulture.

Cette caractérisation permettrait des préconisations visant à optimiser la gestion sanitaire du vignoble, la fertilisation de précision (indice associé à l'activité photosynthétique de la vigne) ou la pulvérisation de précision à travers l'adaptation des doses

en fonction des zones de sensibilité aux maladies ou modulation du volume en fonction de la vigueur de la vigne. De même, des travaux récents s'axent sur la caractérisation des grappes pour effectuer des estimations de rendement, voire une caractérisation sanitaire des grappes en utilisant cette même technique d'imagerie multi-spectrale embarquée (Tardaguila *et al.* 2015). Cette technique présente un réel intérêt pour la profession. Pour exploiter ce potentiel, il s'agit à présent de définir les règles agronomiques permettant la modulation des pratiques mais également de voir émerger des systèmes automatisés et adaptés au contexte viticole.

Dans une autre mesure, il faut considérer les difficultés de gestion de la lumière et de la taille importante des données. Ce dernier point, outre les difficultés présentées pour l'enregistrement des données lors de l'acquisition des images à la parcelle, nécessite du temps et du matériel informatique de capacité suffisante pour traiter les images (environ 12 heures nécessaires par jeu de données dans les conditions de travail). De même, il s'agit de stocker ce volume de données. En effet, le dossier final, compilant les images corrigées qui servent de support à l'étude des paramètres physiologiques de la vigne se caractérise par une taille d'environ 45 Go en moyenne.

Bibliographie

Debuisson, S. *et al.* 2010.

"Using Multiplex and Greenseeker to Manage Spatial Variation of Vine Nigor in Champagne"
In ICPA, Denver Co, USA, 1-21.

Debuisson, S. *et al.* 2009.

"Viticulture de précision : Mesure de la végétation avec un capteur NDVI embarqué"
Le Vigneron champenois 130 (11).

Drissi, R., *et al.* 2009.

"Non-Destructive Measurement of Grapevine Leaf Area by Ground Normalized Difference Vegetation Index"
Agronomy Journal 101(1) : 226.

Johnson, L.F. *et al.* 2003.

"Mapping Vineyard Leaf Area with Multispectral Satellite Imagery"
Computers and Electronics in Agriculture 38 : 33-44.

Kim, Y. *et al.* 2012.

"Characteristics of Active Spectral Sensor for Plant Sensing"
Transactions of the ASABE 55(1) : 293-301.

Lloret, J. *et al.* 2011.

"A Wireless Sensor Network for Vineyard Monitoring That Uses Image Processing"
Sensors 11(6) : 6165-96.

Mazzetto, F., *et al.* 2009.
"Comparing Commercial Optical Sensors for Crop Monitoring Tasks in Precision Viticulture"
Journal of Agricultural Engineering 40(1) : 11-18.

Mazzetto, F. *et al.* 2010.

"Integration of Optical and Analogue Sensors for Monitoring Canopy Health and Vigour in Precision Viticulture" Precision Agriculture 11(6) : 636-49.

Peñuelas, J. et Filella I.. 1998.
"Visible and near-Infrared Reflectance Techniques for Diagnosing Plant Physiological Status"
Trends in Plant Science 3(4) : 151-56.

Tardaguila, J. *et al.* 2015.

"Applications of Machine Vision for Grapevine Phenotyping."
In 19th International Symposium GiESCO, Gruissan, France, 598-601.

Tregouat, O. *et al.* 2001.

"Etude Comparative de La Précision et de La Rapidité de Mise En Oeuvre de Différentes Méthodes D'estimation de La Surface Foliaire de La Vigne"
Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 35(1) : 31-39.