

La télédétection à haute résolution pour spatialiser les variations intra-parcellaires de la vigueur de la vigne

High resolution remote sensing for mapping intra-block vine vigour heterogeneity

Elisa MARGUERIT¹, Anne-Marie COSTA FERREIRA¹, Cloé AZAÏS, Jean-Philippe ROBY¹, Jean-Pascal GOUTOULY², Christian GERMAIN¹, Saeid HOMAYOUNI¹ et Cornelis Van LEEUWEN¹

1 : ENITA de Bordeaux, 1 cours du Général de Gaulle, CS 40201, 33175 Gradignan cedex, France

2 : INRA de Bordeaux, Domaine de la Grande Ferrade, 71, avenue Édouard Bourlaux
B.P. 81, 33 883 Villenave d'Ornon cedex, France

*Corresponding author: Tel. +33 (0)5 57 35 38 71, Fax +33 (0)5 57 35 07 59, e-marguerit@enitab.fr

Abstract: In vineyard management, the block is considered today as the technical work unit. However, considerable variability can exist inside a block with regard to physiological parameters, such as vigour, particularly because of soil heterogeneity. To represent this variability spatially, many measurements have to be taken, which is costly in both time and money. High resolution remote sensing appears to be an efficient tool for mapping intra-block heterogeneity. A vegetation index, the Normalized Difference Vegetative Index (NDVI), calculated with red and near infrared leaf reflectance can be used as a vine vigour indicator. Because of the cultivation of vines in rows, a specific image treatment is needed. Only high resolution remote sensing (pixels less than 20 cm per side) allows the discrimination between row pixels and inter-row ones. The significant correlation between NDVI and pruning weight and the possibility to map the vigour with the NDVI by means of high resolution remote sensing, show the ability of NDVI to assess intra-block variations of vine vigour.

Key words: vine, *Vitis vinifera* L., remote sensing, high resolution, pruning weight, NDVI

Introduction

Actuellement, l'unité de gestion technique au vignoble est la parcelle. Or, les observations menées au sein d'une même parcelle attestent d'une hétérogénéité de l'expression végétative et de la constitution des raisins à maturité. Cette variabilité intra-parcellaire peut être le résultat de différences de régimes hydrique ou azoté ou les deux, liées à des variations de types de sol, de la profondeur du sol ou de la topographie du vignoble (Bramley, 2001 ; Hall *et al.*, 2002).

Compte tenu de l'importance de la vigueur de la vigne sur la qualité comme sur la quantité des raisins produits, cette problématique est beaucoup étudiée en viticulture de précision. On définit la vigueur comme la quantité de biomasse produite et stockée annuellement par la photosynthèse, rapportée à une unité de surface ou à un nombre de bourgeons (Champagnol, 1984 ; Huglin et Schneider, 1998). Elle est évaluée entre autre par la pesée des bois de taille en hiver. Bien que la pesée des bois de taille permette d'obtenir des résultats précis, cette mesure est consommatrice en temps et ne fournit pas une information spatialisée. Ainsi, l'utilisation de la télédétection pour spatialiser la vigueur présente un enjeu important.

Par rapport à d'autres cultures, la conduite de la vigne présente des particularités qui compliquent l'utilisation de la télédétection : pieds individualisés, vigne conduite en rangs, avec ainsi la présence d'une fraction plus ou moins importante de sol sur les images. En dépit de ces difficultés, des études en Californie (Johnson *et al.*, 1996) et en Espagne (Montero *et al.*, 1999 ; Lanjeri *et al.*, 2001) ont mis en évidence des relations linéaires significatives entre le Normalized Difference Vegetative Index (NDVI) et le développement de la vigne.

Cette étude s'intéresse à la mise en œuvre de la télédétection pour de fortes densités de plantation. L'alternance rang/inter-rang nécessite dans ce cas une segmentation de l'information contenue dans les photos. Cette segmentation doit être d'autant plus grande que les densités de plantation sont élevées. L'objectif de ce travail est d'une part d'étudier la pertinence du signal NDVI calculé à partir de photographies aériennes en tant qu'indicateur de vigueur d'une parcelle de vigne. Cette dernière est mesurée au sol par l'intermédiaire du poids des bois de taille. D'autre part, ce travail vise à étudier la possibilité de cartographier les variations intra-parcellaires de la vigueur à l'aide des valeurs du NDVI suite à un traitement spécifique des photos.

Matériels et méthodes

Indicateurs utilisés et conditions d'acquisition des données

Cette étude est menée sur une parcelle du Domaine de Couhins INRA de 0,28 ha, située à Villenave d'Ornon, près de Bordeaux. Les mesures présentées ont été effectuées en 2004. Le sol de cette parcelle présente d'importantes variations de texture, allant d'un sol graveleux à un sol très argileux. Le matériel végétal est constitué de Merlot greffé sur du Fercal, planté à 6 250 ceps/ha (1,6 m d'écartement et 1 m d'espacement). La vigne est palissée. Les mesures sont réalisées sur 192 placettes de 3 ceps chacune, régulièrement réparties sur l'ensemble de la parcelle.

Les poids des bois de taille sont mesurés à l'aide d'un peson. Seuls les bois de l'année sont pesés sur chaque pied. Une moyenne est ensuite effectuée au sein de la placette afin de pouvoir effectuer le parallèle avec les valeurs de NDVI.

Le NDVI est l'indice de végétation utilisé. Il se définit de la façon suivante :

$$NVDI = (PIR - R) / (PIR + R),$$

avec R : réflectance dans le rouge et PIR : réflectance dans le proche infrarouge (Rouse *et al.*, 1974).

Il varie de -1 à 1. Le couvert végétal répond entre 0,2 et 0,8.

La prise d'images a été réalisée par avion, à une altitude d'environ 650 m. Il est nécessaire que le vol ait lieu une journée ensoleillée sans nuage afin de conserver un rayonnement homogène et maximal durant la prise de vue. De plus, la prise de vue au midi solaire permet d'éviter l'ombre portée de la vigne sur l'inter-rang. Il n'y a donc pas de modification de réflectance due à l'ombre.

La pellicule photographique utilisée est un film Kodak Ektachrome Infrarouge « fausse couleur » diapositive (EIR), il est constitué d'une émulsion argentique sensible aux radiations proche infrarouge. La diapositive est numérisée pour permettre un traitement informatique de l'image.

Traitement des images

La question de la résolution spatiale est fondamentale, car elle définit le type de traitement nécessaire. Si la taille d'un pixel est inférieure à la largeur moyenne d'un feuillage palissé, il est possible d'extraire uniquement des pixels du feuillage et de discriminer le sol de la végétation. Dans cette optique, il a été nécessaire de développer des outils de traitement d'images performants afin d'automatiser l'analyse des clichés.

Le géoréférencement est une étape clé du traitement de l'image que nous avons mis en place (Costa Ferreira, 2005). Il consiste à identifier les pixels centraux de cibles sur les photos préalablement référencées au sol. Le référencement au sol s'est fait de manière relative par rapport au référentiel viticole (système n°rang et n°pied). Ceci est plus précis que des mesures GPS non différentielles et consiste à définir toutes les coordonnées à partir du premier pied du premier rang pour chaque parcelle. Le logiciel utilisé pour effectuer le géoréférencement est ENVI 3.4.

Sur des vignes rognées, l'épaisseur du feuillage reste constante et peut donc être utilisée comme valeur de seuillage. L'épaisseur de rognage et la résolution spatiale de l'image permettent par conséquent de choisir le nombre de pixels du rang. Compte tenu de l'espacement d'un mètre entre les pieds, l'expression végétative d'une zone d'un mètre sur l'épaisseur du rang est un indicateur de la vigueur d'un pied. Au vu de ces arguments, la vectorisation a été réalisée grâce à des polygones de 1 sur 0,5 m représentant chacun un pied de vigne. Ce format permet également de retrouver facilement les valeurs NDVI correspondant aux placettes. La question de la suppression des inter-rangs est essentielle dans ce projet. En effet, l'intérêt de travailler à une telle résolution spatiale (côté du pixel inférieur à 20 cm pour cette étude) est de pouvoir utiliser les réflectances propres à la vigne en écartant les pixels de sol. L'hétérogénéité de réflectance du sol peut en effet perturber le NDVI. Le choix de la méthode de séparation est fondamental car de l'information est supprimée. Si l'objectif est de réaliser une carte continue de la vigueur de la vigne, il est nécessaire de réaliser des interpolations, puisqu'elle n'est que potentielle dans l'inter-rang. La méthode choisie est celle du krigeage, c'est la méthode la plus répandue de mise en carte qui se base sur un calcul statistique d'un phénomène spatialisé.

Résultats et discussion

Relation NDVI et poids des bois de taille

Le principal paramètre étudié est la qualité de la relation entre le NDVI et l'estimation de la vigueur, le poids des bois de taille en 2004.

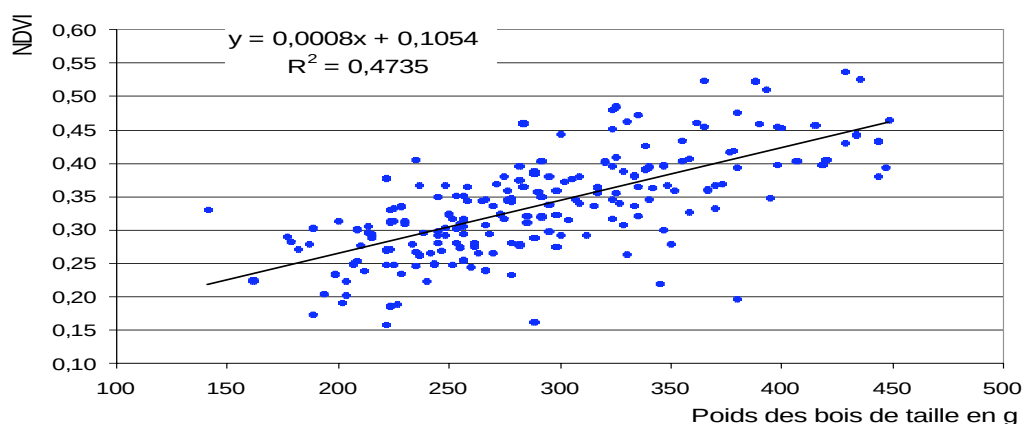


Figure 1 - Relation poids des bois de taille et NDVI en 2004 (192 placettes- Extraction ENVI 3.4)

La relation entre NDVI et poids des bois de taille est satisfaisante (figure 1) et significative à 1%. Ce résultat est conforme aux données bibliographiques (Dobrowski *et al.*, 2003 ; Johnson, 2003). Toutefois, la dispersion est très élevée : par exemple, à un NDVI de 0,30, peuvent correspondre des poids des bois de taille allant du simple au double. C'est pourquoi, nous avons voulu cartographier les données de NDVI et des poids des bois de taille afin d'évaluer le degré de ressemblance de la spatialisation des valeurs de ces indicateurs.

Comparaison de cartes de vigueur réalisées à partir des poids des bois de taille

Pour établir la corrélation entre le poids des bois de taille et le NDVI, 192 points de mesures ont été utilisés. Nous avons spatialisé le NDVI sur la parcelle en utilisant l'information engendrée pour l'ensemble des pixels de végétation de vigne. Nous avons parallèlement créé une carte de vigueur à partir des pesées de bois de taille sur 192 placettes. Afin de comparer deux cartes entre elles, un calcul de combinaison de deux cartes est développé. Les deux cartes n'ayant pas les mêmes unités, cinq classes ont été créées. Cela revient à transformer les données en valeurs centrées réduites, chaque classe ayant une surface équivalente. Le logiciel de SIG réalise ensuite une intersection des deux cartes : pour chaque zone, on calcule la différence en valeur absolue entre la classe de la première et de la seconde carte. Cette nouvelle carte possède aussi cinq classes, on réassocie ensuite les différentes zones en fonction de cette nouvelle classe afin de calculer leur surface. On obtient donc pour chaque erreur la surface associée qui permet de quantifier l'erreur moyenne de la carte.

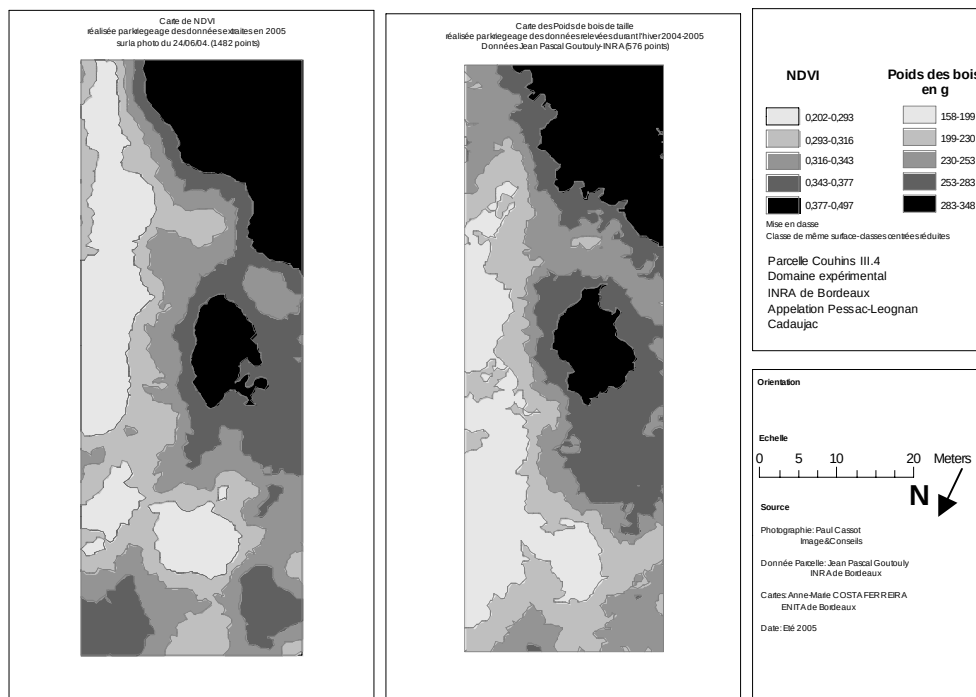


Figure 2 - Cartes de NDVI et de poids des bois de taille en 2004 sur la parcelle de Couhins III. 4.

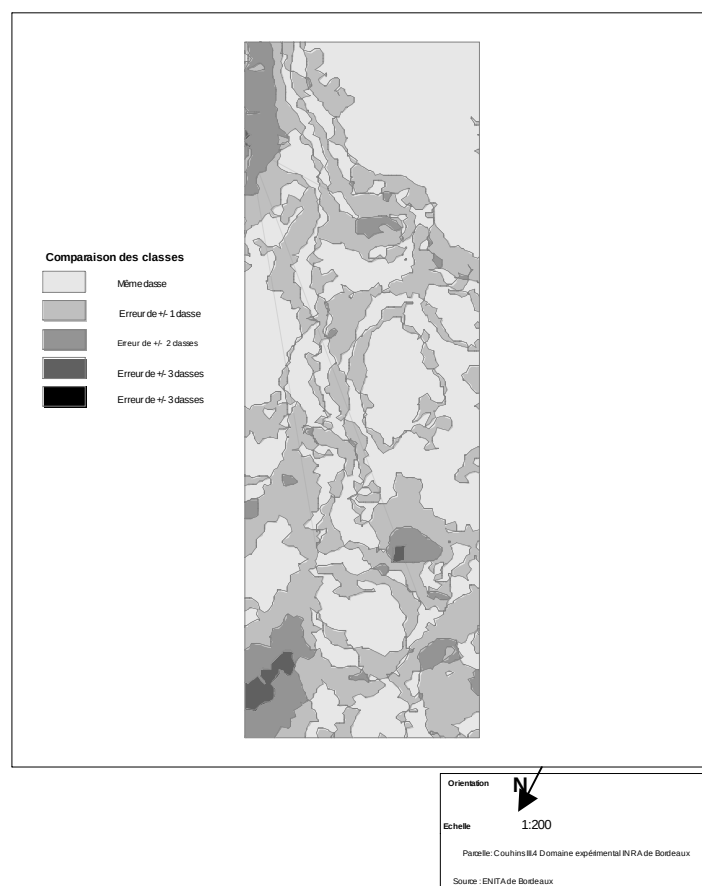


Figure 3 - Carte des classes soustraites des cartes de NDVI et de poids des bois de 2004.

En étudiant les cartes obtenues, on peut remarquer des zones de végétations différentes. La zone sud-ouest est la plus reconnaissable et commune aux deux cartes, c'est une zone de forte vigueur. La zone centrale paraît également plus vigoureuse. Les parties est et centre sud de la parcelle paraissent plus faibles. La figure 4 représente et quantifie le degré de ressemblance entre les deux cartes : 91% de la surface de la parcelle est dans la même classe ou séparé d'une classe. Une erreur d'une classe est considérée comme négligeable étant données la technique de constitution des classes et l'étude de deux variables différentes. Cette constatation confirme les résultats de la figure 3, la carte de NDVI prédit de manière satisfaisante la carte des poids des bois.

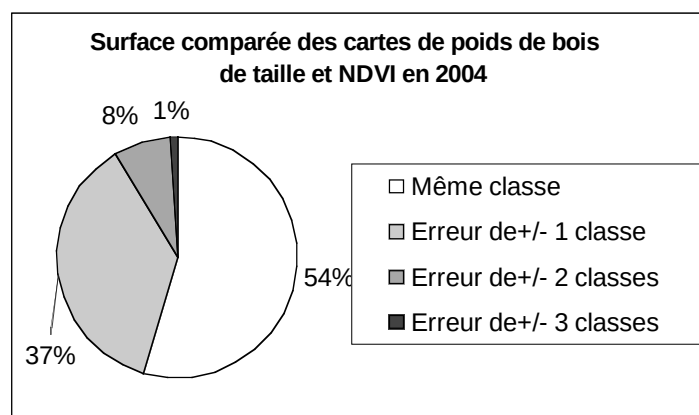


Figure 4 - Surface comparée des cartes de poids de bois de taille et de NDVI en 2004.

Le choix de conserver une valeur par pied reste assez contraignant au niveau des calculs et des traitements ultérieurs. Cela permet toutefois de conserver un maillage de points assez complet pour réaliser la carte par krigeage. Cette technique est toutefois limitée à certains types de parcelles, elle nécessite :

- des vignes palissées,
- des rangs rectilignes,
- des largeurs d'inter-rang homogènes au sein d'une parcelle,
- l'absence de pente.

Le nombre de pieds manquants peut aussi poser des problèmes. En effet, lors de la mise en carte, ceux-ci et leurs voisins créent des points aberrants. Il est donc important de les éliminer avant le krigeage.

Conclusion

Les corrélations significatives entre le poids des bois de taille et les valeurs de NDVI valident ce dernier comme indicateur de vigueur de la vigne. La cartographie de la vigueur possède des étapes critiques : le géoréférencement, la suppression de l'inter-rang et la propagation du phénomène sur l'inter-rang. Le choix de la résolution spatiale dépend de la précision recherchée. Dans les vignobles européens, les unités de gestion sont assez petites, il paraît donc nécessaire d'avoir une très bonne résolution spatiale pour pouvoir réaliser un zonage de l'hétérogénéité. De cette résolution naît la possibilité d'avoir des pixels de végétation pure, mais elle entraîne la nécessité de mettre en place un traitement plus complexe. Les cartes ne sont destinées qu'à être des représentations visuelles d'un phénomène, elles ne sont généralement pas utilisées comme outil de validation. Les enregistrements de NDVI permettent un zonage de la vigueur à l'intérieur d'une parcelle, mais ils ne permettent pas d'indiquer un niveau de vigueur en valeur absolue. Il n'est pas possible de s'affranchir totalement de l'utilisation des mesures au sol, mais ils permettent d'en limiter considérablement le nombre. À partir d'une carte de NDVI, il est possible de définir des zones dont les poids de bois de taille sont significativement différents. La spatialisation de la vigueur peut être valorisée par la gestion du vignoble à l'échelle parcellaire et intra-parcellaire en vue de l'obtention de raisins de qualité.

Remerciements : Ces travaux de recherche ont été rendus possibles grâce au soutien financier du CIVB (Conseil interprofessionnel des vins de Bordeaux) et du Conseil régional d'Aquitaine. Nous remercions également l'ensemble des stagiaires pour leur aide si précieuse et M. Paul Cassot pour la prise d'images.

Références bibliographiques

BRAMLEY R., 2001. Variation in the yield and quality of winegrapes and the effect of soil property variation in two contrasting australian vineyards. *Third European Conference on Precision Agriculture, ECPA*.

- CHAMPAGNOL F., 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Imprimerie DEHAN, Montpellier.
- COSTA FERREIRA A.-M., 2005. Évaluation de l'hétérogénéité intra parcellaire de la vigueur de la vigne par télédétection haute résolution : mise en place et validation d'une méthode de traitement d'images. *Mémoire de fin d'études*, ENITA de Bordeaux.
- DOBROWSKI, S.Z, USTIN S.L. and WOLPERT J.A., 2003. Grapewine dormant pruning weight prediction using remotely sensed data. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **9**, 177-182.
- HALL A., LAMB D., HOLZAPFEL B., LOUIS J., 2002. Optical remote sensing applications in viticulture - a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, **8**, 36-47.
- HUGLIN P. and SCHNEIDER C., 1998. *Biologie et écologie de la vigne*, Lavoisier Tec&Doc, Paris.
- JOHNSON L.F., LOBITZ B., RICHARD R.A., WEBER B.E., DEBENEDICTIS J. et BOCSH D., 1996. Airbone imaging for vineyard canopy evaluation. *California Agriculture*, **50**, n°4, 14-18.
- JOHNSON L.F., 2003. Temporal stability of an NDVI-LAI relationship in a Napa Valley vineyard. *Australian Journal of Grape and wine Research*, **9**, 96-101.
- LANJERI S., MELIA J., SEGARRA D., 2001. A multitemporal masking classification method for vineyard monitoring in central Spain. *Int. J. Remote Sens.*, **22**, 3167-3186.
- MONTERO F.J., MELIA J., BRASA A., SEGARRA D., CUESTA A., LANJERI S., 1999. Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain. *Agric. Wat. Manage*, **40**, 363-375.
- ROUSE J.W., HAAS R.H., SCHELL J.A., DEERING D.W., HARLAN J.C., 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. III Final Report. Greenbelt: Md. 371 pp.