

à la connaissance de la variabilité spatiale et du fonctionnement hydrique des sols, 59-77, in Agriculture de Précision, eds. Quae, Paris, Versailles.

4. C. VAN LEEUWEN, 2001. In Un raisin de qualité : de la vigne à la cuve, n° Hors Série du J. Int. Sci. Vigne Vin, 97-102.

Precision viticulture: using on-board sensors to map vine variability and characterize vine trajectories

Sébastien DEBUISSON*, Manon MORLET, Claire GERMAIN, Olivier GARCIA, Laurent PANIGAI, Dominique MONCOMBLE

Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC)

5, rue Henri Martin, 51200 EPERNAY

Sébastien Debuissou +333 265 150 59, sebastien.debuissou@civc.fr

ABSTRACT

Precision viticulture consists in using ICT (Information and Communication Technology) to implement more specific and better targeted technical vine practices. With proxy-detection, precision viticulture mobilizes on-board sensors, computers, and GNSS positioning. Three sensors were embedded on a tractor and tested on a plot with three champagne grape varieties. This plot is located at the Plumecoq experimental vineyard (CIVC, Champagne, France). The first sensor is a pruning wood sensor (Physiocap) designed and developed by CIVC. Physiocap is used during dormancy season to characterize vine architecture by measuring shoot vigor, shoot number and biomass. The other two are growing season sensors. GreenSeeker Trimble provides a vegetative vine index by measuring foliage porosity. Multiplex Force-A characterizes vine metabolism through chlorophyll, anthocyanin, flavonol, and nitrogen leaf content. Data from these sensors define the physiological state of the vine at the time of measure. The sensors can also map spatial vine variability within a plot or between plots. To understand the vineyard as a whole, the combination of biomass indexes and leaf contents is interesting. In this case, there was some good correlation between the indexes and yield and must compounds such as nitrogen, acidity or sugar. By collecting sensor data at several key stages, it is possible to plot vine trajectories. Vine trajectory describes the physiological developments made by the vineyard according to its initial potential. It depends on annual climatic conditions and physical environment. Vine trajectories are useful to understand the effect of year and terroir.

Keywords: Precision viticulture, vine trajectory, multiplex, NDVI, Pruning wood sensor.

1 INTRODUCTION

Les exigences réglementaires en termes d'environnement imposent de rechercher de nouveaux moyens pour réduire les quantités d'intrants. La viticulture de précision est un système qui s'appuie sur l'utilisation des nouvelles technologies (géolocalisation, capteurs embarqués, informatique et électronique...) pour appliquer la bonne dose, au bon endroit, avec la bonne règle de décision (1). Les capteurs embarqués permettent de mieux caractériser l'état physiologique de la vigne à plusieurs stades clés de la campagne. Ainsi, il est possible de tracer des trajectoires viticoles. Il s'agit de décrire le parcours emprunté par la vigne en fonction des conditions climatiques de l'année, des facteurs géomorphologiques parcellaires et des pratiques du viticulteur. Les mesures étant géolocalisées précisément, les capteurs permettent aussi de cartographier la variabilité spatiale au sein d'une parcelle (intra parcellaire) ou entre les parcelles (inter parcellaire). L'agronome doit ensuite définir et mobiliser des règles agronomiques afin de proposer une modulation des interventions en fonction de l'état de la vigne. Enfin, la carte de modulation définitive dépendra des objectifs du viticulteur et des capacités du matériel dont il dispose.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des capteurs de végétation ont été embarqués sur des machines mobiles sur le domaine expérimental du CIVC à Plumecoq (Chouilly, 51). Ces capteurs ont été embarqué en particulier sur une parcelle « laboratoire » plantée en 1996 selon un dispositif carré latin avec les 3 cépages champenois (chardonnay, pinot noir, meunier).

2.1 Le capteur bois de taille (Physiocap, Comité Champagne)

Le Physiocap a été développé par le Comité Champagne en 2011. La version initiale de ce capteur utilise un appareil photographique numérique modifié pour prendre des photographies en continue toutes les 4 secondes sur une parcelle de vigne. Les images sont couplées à des mesures de positions géographiques. La version 2012 embarque une mesure laser géoréférencée en temps réel. Les données du Physiocap fournissent des informations concernant l'expression végétative (nombre de sarment et biomasse) et la vigueur de la vigne (diamètre unitaire des sarments).

2.2 Le Greenseeker NDVI (Ntech, Trimble)

Le Greenseeker NDVI est un capteur qui utilise les propriétés optiques de la chlorophylle en termes

d'absorption et d'émission de lumière. A partir de ces mesures, le capteur calcule l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) correspondant à un ratio entre le rouge et le proche infra-rouge (2). L'utilisation de LED rend le Greenseeker NDVI insensible à la lumière du jour. En contrepartie, cette technologie ne permet pas de mesurer une concentration de chlorophylle : le capteur fournit une valeur saturée de NDVI dès les plus faibles teneurs en chlorophylle observables dans les feuilles de vigne. En Champagne, le capteur mesure le NDVI sur une zone de 60 cm de haut. L'indice NDVI fournit par le Greenseeker est directement lié à la porosité du feuillage (3). Dans le cas des vignes étroites, la porosité est directement liée à la surface foliaire totale (SFT). Le suivi de l'indice NDVI dans le temps et dans l'espace permet d'appréhender la croissance du feuillage ainsi que la variabilité de la SFT au sein de la parcelle (4). Cependant, les pratiques culturales telles que le rognage, la date de passage ou le type de taille modifient fortement la réponse du capteur.

2.3 Le Multiplex Force A

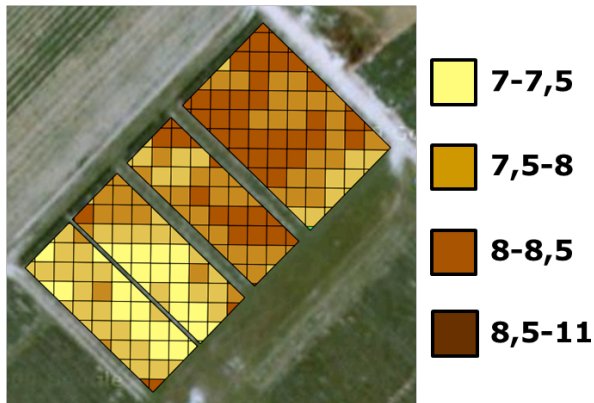
Le Multiplex de Force A est un capteur optique multiparamétrique. Il utilise les propriétés fluorescentes de certaines molécules présentes dans les feuilles et les grappes pour en estimer la teneur (flavonols, chlorophylle, anthocyanes...) (5). Ces mesures sont exprimées sous forme d'indices. Le NBI (Nitrogen Balance Index) est un indice azoté calculé à partir d'un ratio entre la teneur en chlorophylle et en flavonols. Il fournit une information sur la teneur en

azote au niveau des feuilles et des grappes (5). Les développements récents du Multiplex permettent également d'obtenir une signature optique correspondant à la famille chimique des stilbènes. Ces molécules sont associées aux mécanismes de défenses de la vigne et peuvent être mise en relation avec des stress biotiques (maladies) ou abiotiques (hydrique, chaleur...). Le Multiplex mesure une zone circulaire de 10 cm de diamètre maximum dans la proximité immédiate du feuillage. Le Multiplex est un capteur du métabolisme des feuilles et des grappes. Contrairement au Greenseeker qui estime plutôt l'expression végétative, les pratiques culturales telles que le rognage ou le type de taille ne modifient pas les réponses du Multiplex (6).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le Physiocap fournit des mesures d'expression végétative (biomasse et nombre de bois) et de vigueur (diamètre unitaire du bois). La vigueur des bois de taille donne une information sur l'équilibre de la plante. En fonction de ses objectifs de production, le viticulteur pourra décider de déplacer cet équilibre en raisonnant les itinéraires techniques sur le long terme. Il sera alors possible de moduler les pratiques de taille, la largeur de la bande enherbée pour limiter la concurrence hydrique de l'herbe sur la vigne, mais aussi de moduler les apports d'azote (effet moyen terme). Au final, le Physiocap détermine le point de départ et le point d'arrivée du cycle viticole. Il permet d'appréhender le potentiel de l'année en cours (fig. 1).

Diamètre unitaire sarment (en mm)



Biomasse bois (mm² section bois / cep)

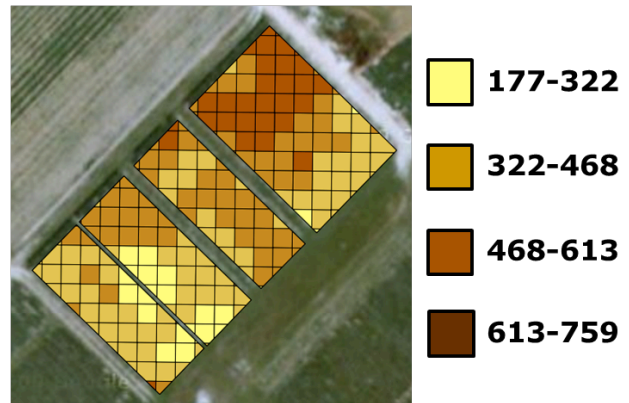


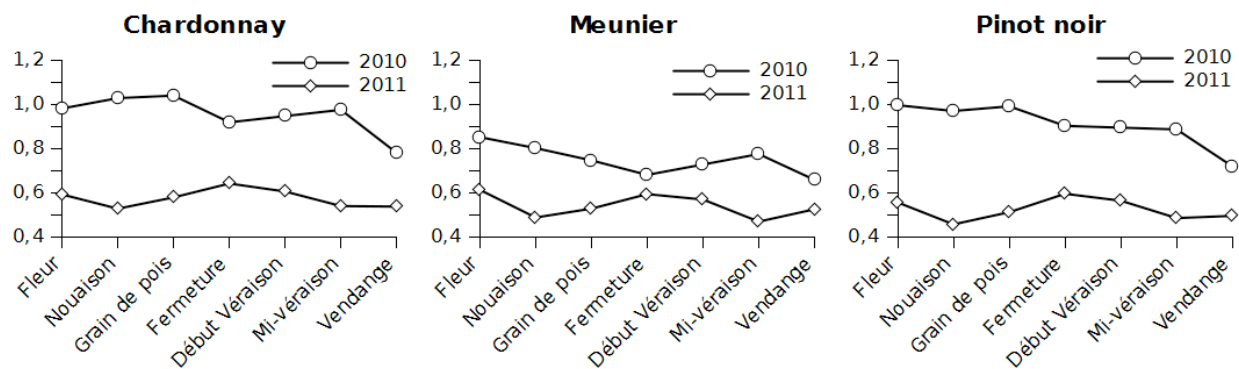
Figure 1. Cartes issues des mesures du capteur Physiocap.

Cependant, le potentiel mesuré par le Physiocap va s'exprimer plus ou moins en fonction du millésime : le développement végétatif de la vigne va être conditionné par les conditions climatiques de l'année. Dans ce cas, les capteurs en végétation vont fournir des informations de parcours relatives au développement végétatif. Ils vont traduire la capacité de la vigne à extraire les éléments fertilisants du sol et à exprimer son potentiel.

Le suivi cinétique des courbes de NDVI et de NBI permet de juger dès les stades les plus précoces la trajectoire de l'année. Par exemple en 2011, ces indices

mesurés sur une parcelle laboratoire de Plumecoq sont nettement plus faibles qu'en 2010. La particularité du millésime 2011 est l'absence de précipitations lors des premiers stades végétatifs de la vigne. Cette sécheresse a occasionné une mauvaise minéralisation de la matière organique des sols. A partir de la floraison, les pluies estivales n'ont pas permis une réhumectation des sols en profondeur. La vigne n'a pas eu en quantité suffisante des éléments fertilisants assimilables au niveau des racines. La pousse, ainsi que la concentration des feuilles en azote ont été en conséquence fortement affectées (fig. 2).

Evolution du NBI en 2010 et 2011



Evolution du NDVI en 2010 et 2011

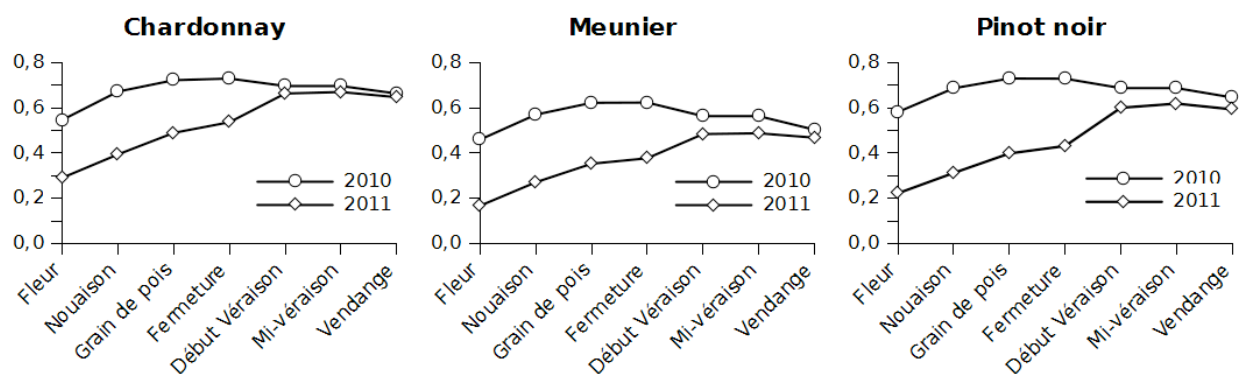


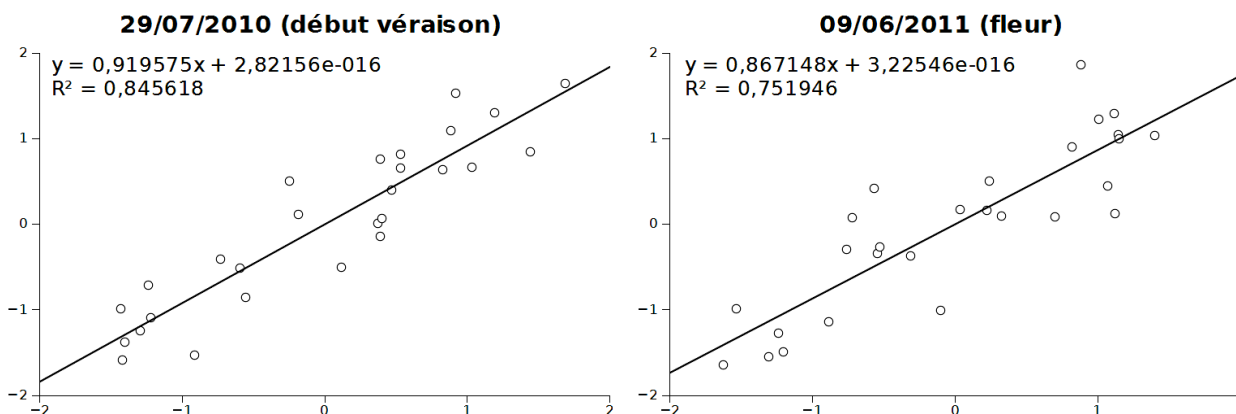
Figure 2. Évolution temporelle des indices NDVI et NBI en 2010 et 2011.

Le suivi en cinétique de la pousse (NDVI) et des paramètres du Multiplex fournissent un état de la trajectoire de la vigne mais ne permettent pas de caractériser la variabilité des données en intra ou inter parcellaire. Pour apprécier cette variabilité, il faut cartographier les indices en cours de végétation et relier ces mesures avec des variables agronomiques pertinentes pour le vigneron (rendement, caractéristiques des moûts...). Les indices bruts des capteurs ne sont pas corrélés en l'état aux données agronomiques de manière stable et pour tous les cépages. Par exemple en 2010 et 2011, les niveaux de concentration d'azote des moûts sont corrélés avec le NDVI et le NBI pour les cépages chardonnay et pinot noir, mais il s'agit de corrélations instables dans le temps et non valables pour le cépage meunier. Pour pallier ce problème, il faut utiliser des combinaisons d'indices mesurant l'expression végétative en relation avec le métabolisme. Concernant l'azote, le CIVC a développé l'indice CNN (Combinaison d'indices liés à l'azote(N) et à la Nutrition). Le CNN utilise les données d'expression végétative (NDVI du Greenseeker ou FRFr du Multiplex) couplées aux informations NBI du Multiplex pour estimer la charge

en azote dans les moûts par unité de surface de sol. L'utilisation du CNN permet d'obtenir de bonnes corrélations avec la charge en azote et d'autres paramètres agronomiques (rendement, biomasse bois, SFT...) quelques soient les cépages et les années sur notre parcelle d'étude (fig. 3). A terme et après validation technique, l'objectif est d'utiliser ces combinaisons d'indices pour moduler des apports d'azote foliaire en pulvérisation en fonction de la trajectoire annuelle de la vigne et des zones de potentiel définies par le Physiocap.

4 CONCLUSIONS

La caractérisation de la variabilité intra et inter parcellaire est indispensable pour mieux cibler les interventions viticoles. Ce travail de précision permettra de retrouver de la marge de manœuvre dans le cadre d'une stratégie de réduction d'intrants. Le travail des agronomes est de comprendre la signification de la variabilité mesurée par les capteurs à l'instant de la prise de mesure, mais aussi en cinétique en fonction de la trajectoire au cours du développement du peuplement végétal.

CNN vs rendement par cep (données centrées réduites)**Figure 3. Relation CNN et rendement en 2011.****RÉFÉRENCES**

1. M.L. PANON, S. DEBUISSON, L. PANIGAI, 2010. *Le Vigneron Champenois*, 64-98.
 2. J.W. ROUSE, R.H. HAAS, J.A. SCHELL, D.W. DEERING, J.C. HARLAN. 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave

effect) of natural vegetation. III Final Report, Greenbelt, Md. USA.

3. J.P. GOUTOULY, R. DRISSI, D. FORGET, J.P. GAUDILLÈRE, 2006. VIth International Terroir Congress, 237-242.

Influence of the soil management on the chlorophyll and nitrogen status of pinot blanc

Marc BEHR, Daniel MOLITOR, Danièle EVERS*

*Centre de Recherche Public – Gabriel Lippmann Département Environnement et Agro-biotechnologies (EVA)
 41, rue du Brill – 4422 Belvaux – Luxembourg
 Corresp. author: Evers, Tel: +352 47 02 61 441, Email: evers@lippmann.lu*

ABSTRACT

Four soil management modalities (quadruplicate, 2010-2011) were assayed to determine their impacts on grapevine physiology, health status and wine quality: Wolff mixture (M1), natural greening (M2), rotating harrow with winter greening (M3) and natural greening with disturbance in dry conditions (M4). The chlorophyll content was monitored monthly between June and September by spectrophotometry after acetone extraction and by optical measurement using the Dualex 4 (Force A) device, while leaf nitrogen was measured with a CHN analyser.

Chlorophyll concentration in leaves was significantly higher in the modality (M3) in August and September 2011. The chlorophyll values of the Dualex measurements were generally consistent with the results of the acetone extraction, allowing a rapid assessment in the vineyard. The leaf N concentration in August was significantly the highest in M3 in both years. N contents in the leaves were higher in 2011 than in 2010. A higher evapotranspiration rate, facilitating nutrients uptake, may be the reason. The leaf N concentration highly correlated to the chlorophyll concentration ($r^2=0.91$, August 2011). No significant difference was observed in NOPA content for 2010 while in 2011, it was significantly higher in M3 than in the other modalities. Only M3 reached a sufficient NOPA content in 2011. This differential of nitrogen trends can be attributed to the meteorology, favourable to its assimilation in grapes during maturation in 2010. Thus, results indicate that the N status of the leaf cannot be directly extrapolated to the grapes, highlighting the different N pathways at the vine level. As the level of assimilable nitrogen in all the musts was good in 2010, the kinetic of the alcoholic fermentation was comparable in all modalities. In 2011, only M3 showed a good fermentation kinetic. Results indicate that soil management has an impact on vine physiology; it has to be carefully adjusted to the pedoclimate in order to produce a typical wine showing high-quality profile.

Keywords: Cover crop, competition, Dualex, nitrogen allocation.

Mots-clés : Enherbement, concurrence, Dualex, allocation de l'azote.