

Mesure de la résistivité électrique des sols : de la caractérisation des terroirs à la modulation des intrants phytosanitaires

Soil electrical resistivity measurement: from terroir characterization to within-field crop inputs management

Xavier CASSASSOLLES¹, Jérôme OSSARD², Julien-Mathieu MARCISSET², Michel DABAS¹

¹ GEOCARTA, 5 rue de la Banque 75002 Paris - France

² VIGNERONS DE TUTIAC – La Cafourche 33860 Marcillac – France

Corresponding author: x.cassassolles@geocarta.net Tel 0033 1 55 80 76 30

ABSTRACT

Soil Electrical Resistivity measurement is a zoning tool used by soil scientists and agronomists in viticulture. Indeed, the measure enables to optimize pedological surveys (position and number of soil sampling) to obtain a very precise final soil map. Since 2007, Tutiac Winegrowers (Vignerons de Tutiac, Bordeaux) have decided to map all their vineyards (over 4000 hectares) with this technology. Maps are used by the Winery to provide advices more suited to the terroir: grass cover, fertilization, replanting (grape variety/rootstock), grape selection and to define the potentiality of each plot regarding market expectations. However, because of logistic reasons, the Tutiac Winery is not able to use the very high-resolution of the maps for within-field valorization (selective harvest). But, intra-block information of resistivity maps, crossed with complementary measures, can be used in a different way, in particular to cut down use of phytosanitary treatment. This paper presents the GIPI project which plans to vary the rate of crop inputs inside the field. Agronomic (input data, abacus) and technological aspects (software, direct injection sprayer) will be described through an example of a vineyard (25 hectares) where many measurements (resistivity, pedology, NDVI...) have been carried out.

Keywords : soil electrical resistivity, terroir, vigour, precision viticulture, direct injection, crop inputs.

Mots-clés : résistivité électrique des sols, terroir, vigueur, viticulture de précision, injection directe, intrants.

1 INTRODUCTION

Les Vignerons de Tutiac utilisent depuis 2006 des cartes de résistivités électriques des sols couplées à des sondages pédologiques pour caractériser précisément les sols des parcelles viticoles des adhérents (550 vigneronns – 4000 hectares). Dès 2009, la direction technique décide d'étudier la possibilité de valoriser ces travaux au niveau de la protection phytosanitaire du vignoble. C'est la naissance du projet GIPI (Gestion Intra - Parcellaire des Intrants).

2 CARACTÉRISATION DES SOLS

En 2005, les Vignerons de Tutiac entreprennent une campagne de caractérisation des sols. Plus de 350 fosses pédologiques sont ouvertes (Sovivins). Cette première campagne a permis de sensibiliser chacun à l'importance de la pédologie en viticulture. Cependant, si les sondages caractérisent parfaitement le milieu à

l'endroit où ils sont pratiqués, il est difficile d'attribuer le résultat d'un sondage à toute une zone et de comprendre ce qui se passe entre deux sondages. Afin de lever cette difficulté, les Vignerons de Tutiac se rapprochent de Geocarta, qui met à disposition un système ARP, technologie de cartographie des sols par mesure de la résistivité électrique. Les données sont acquises, à raison de 500 hectares par an, par un technicien des Vignerons de Tutiac. A ce jour, plus de 2700 hectares ont été cartographiés.

2.1 Technologie ARP

La résistivité électrique du sol est donc mesurée par le dispositif multi-électrodes ARP (brevet GEOCARTA). De nombreuses publications décrivent la technologie (Tabbagh *et al.* 2000), et ses applications en agriculture (Rouiller *et al.*, 2003 - Michot *et al.*, 2007).



Figure 1. Système ARP03 pour vignes larges.

En viticulture, plus de 6 000 hectares ont été cartographiés à très haute résolution. Nous rappellerons ici que la cartographie de la résistivité apparente des sols met en évidence la variabilité spatiale des caractéristiques physiques des sols (texture, profondeur, taux d'éléments grossiers...). Les cartes de résistivités permettent d'optimiser les observations de terrain (réduction du nombre de sondages, positionnement...) et guide l'agro-pédologue dans le

dessin des limites des sols ou le zonage des réserves utiles (RU).

2.1 Résultats

L'interprétation couplée de la résistivité et des 500 fosses déjà ouvertes a permis de dresser, sur plus de 1700 hectares, des cartes des sols précises. A chaque zone est attribuée une Unité Pédologique de Base (UPB), caractérisée par une fosse de référence.

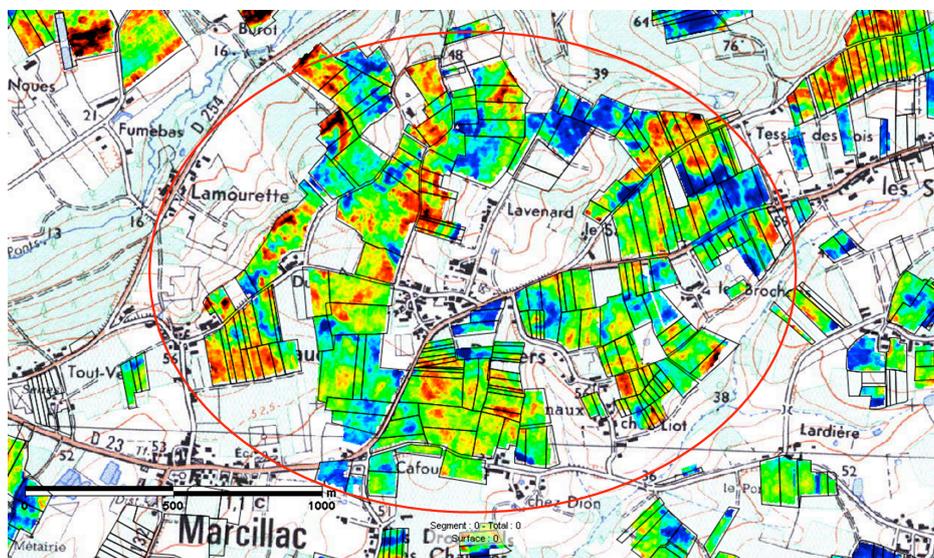


Figure 2. Carte de résistivité 0-1m70 – 130 hectares – 207 parcelles
échelle 10 à 1500 ohm.m – Fond IGN.

3 VALORISATION À L'ÉCHELLE PARCELLAIRE

Lors des replantations et restructurations, les viticulteurs reçoivent un conseil sur le couple porte-greffe / cépage / clone basé sur la précocité de la parcelle (van Leeuwen, 2001) et sur l'objectif de production (qualitatif – quantitatif = Référentiel Produit). Sur vigne plantée, le conseil portera sur le système de conduite, les amendements et l'entretien de l'inter-rang.

Pour chaque parcelle, les Vignerons de Tutiac proposent un indice sol avec une définition de la potentialité à produire des Rouges ou des Blancs. Cela facilite la sélection parcellaire lors des vendanges, tout comme le regroupement entre eux des raisins de même qualité au sein des Référentiels Produit. Un cahier des charges viticoles formalise l'itinéraire technique propre à chaque Référentiel Produit et vise à garantir le niveau de potentialité œnologique de la vendange en phase avec les profils cibles. La planification de la vendange profite de cette classification pour optimiser à grande échelle les sélections parcellaires.

4 VALORISATION À L'ÉCHELLE INTRA-PARCELLAIRE

Fin 2009, les Vignerons de Tutiac réfléchissent à intégrer la variabilité pédologique et éco-physiologique des parcelles viticoles pour faire varier les doses de certains produits phytosanitaires.

4.1 Agronomie

Le projet GIPI s'appuie sur des abaques agronomiques intégrant comme paramètre principal la vigueur (approchée par la mesure du poids des bois de taille et complétée, sur l'exploitation pilote de 25 ha, par des mesures cartographiques Greenseeker et Multiplex). La vigueur est largement tributaire de la réserve en eau des sols, et des conditions d'alimentation hydrique de la plante durant la saison. Une forte vigueur se traduit par des :

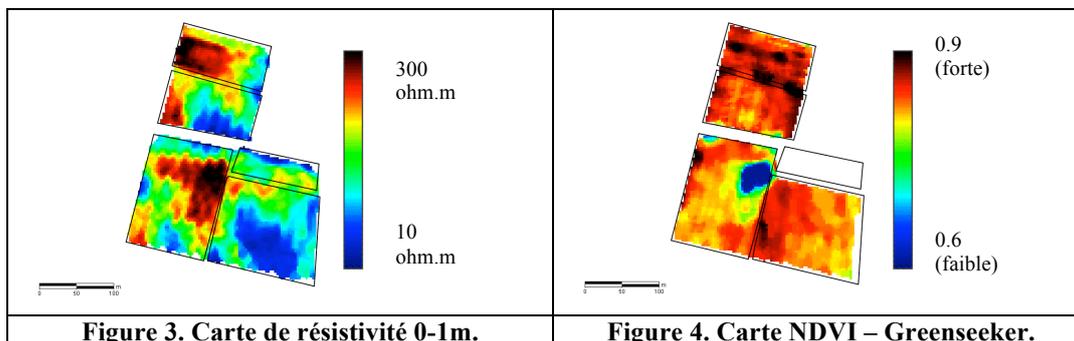
- Des entassements de végétation. Avec départs d'entre-cœurs qui participent du maintien d'un microclimat humide au sein de la souche, favorisant l'implantation des maladies fongiques et des ravageurs,
- Une richesse importante des baies en azote. Cela rend les raisins plus sensibles aux maladies fongiques (pourriture grise notamment),
- Un arrêt de croissance tardif. Ceci se traduit par des retards de maturation, des concurrences trophiques entre les grappes et les apex et un besoin de conserver un feuillage efficace plus longtemps dans la saison.

Dans GIPI, chaque UPB est caractérisée par une estimation de sa RU, qui, mise en comparaison d'un bilan du régime des précipitations, permet de dater statistiquement sur les 10 derniers millésimes, la date d'apparition de la contrainte hydrique (contrainte hydrique = Précipitations – ETP < 2/3 RU) en nombre de jours après le débournement. Sur chaque UPB on positionne l'échantillonnage de deux indices caractérisant ou marquant un contexte cultural

favorables à la vigueur, et qui ne sont pas linéairement corrélés. Ainsi la mesure du poids des bois de taille et de la contrainte hydrique intégrée sur toute la période de maturation ($\Delta C13$), alimentent des abaques de modulation des doses d'intrant. Plus la vigueur est forte et moins la contrainte hydrique l'est, plus on se

rapproche des doses homologuées. Au fil de la saison, 10 jours après l'apparition statistique de la contrainte hydrique, on propose une modulation de 10% de moins par rapport à la dose déjà modulée.

Les figures suivantes illustrent des mesures réalisées à Saint-Christoly sur des parcelles de Merlot (5 ha) :



4.2 Dessins des zones de modulation et export logiciel

La seconde étape est le dessin des zones de modulation. Il ne peut pas être réalisé sur la seule interprétation des données cartographiques ou ponctuelles. La discussion et la validation par le vigneron sont indispensables. D'autre part, les

contraintes de l'outil (pulvérisateur en injection directe SPID pour poudres et liquides - Spray Concept) imposent des règles de dessin pour intégrer le temps de réaction (durée entre un ordre de dosage et sortie effective aux buses), notamment pour les intrants en poudres.

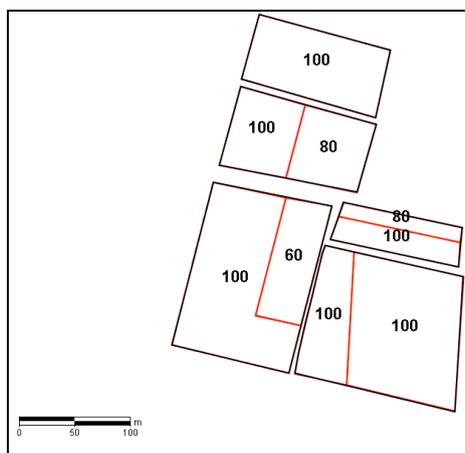


Figure 5. Zones de modulation – (de 60 à 100 % de la dose homologuée).

Dans le logiciel GIPI, après dessin des couches vectorielles de modulation (blocs et sous-zones avec doses cibles en % de dose homologuée), l'utilisateur choisit les produits qu'il entend mettre dans le pulvérisateur en interrogeant la base de données produits du CIVB qui indique la dose homologuée. Le logiciel exporte les fichiers de modulations avec les doses recalculées. Ces fichiers sont lus par la console du pulvérisateur, interfacée avec un GPS. Chaque sous-zone est redécoupée en mini-polygones de traitement (spécificité du SPID).

CONCLUSIONS

Les premiers traitements modulés démarrent en juin 2012. Il est donc prématuré d'évoquer les retombées économiques et environnementales. Dans tous les cas,

l'expérimentation sera poursuivie sur plusieurs millésimes afin de valider l'agronomie du projet.

RÉFÉRENCES

1. A. TABBAGH, M. DABAS, A. HESSE, C. PANISSOD, 2000: Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil structure horizon, Geoderma 97 393-404.
2. D. ROUILLER, J.-M. LARCHER, M. DABAS, 2003: The use of electrical resistivity maps to establish agronomic advice for precision agriculture., European Conference on Precision Agriculture, 15-19/06/2003.
3. D. MICHOT, D. KING, B. NICOUILLAUD, A. DORIGNY, H. BOURENNANE, I. COUSIN, P. COURTEMANCHE, A. COUTURIER, C. PASQUIER, Y. BENDERITTER, M. DABAS, A. TABBAGH, 2007 : Apport des méthode géophysiques

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