

# **CARACTERISATION TRIDIMENSIONNELLE DE LA VARIABILITE DES SOLS, APPLICATION A LA GESTION DES VIGNOBLES (SYSTEME ARP)**

*Réunion Lien de la Vigne du 22 novembre 2002*

**Didier DABAS et Xavier CASSASSOLLES**  
**Geocarta, 16 rue du Sentier, 75002 Paris**

[dabas@geocarta.net](mailto:dabas@geocarta.net)

[x.cassassolles@geocarta.net](mailto:x.cassassolles@geocarta.net)

**Mots clefs: Résistivité électrique, Conductivité électrique, variabilité spatiale, échelle  
infra-métrique, résistivimètre, dGPS.**

---

La variabilité spatiale des sols en Viticulture de Précision ® (VP) est un des points les plus importants à connaître pour la connaissance des vignobles. Le concept de la Viticulture de Précision a pour but d'augmenter la qualité et la quantité des grappes tout en minimisant l'impact sur l'environnement.

Il est bien connu que le rendement change à l'intérieur même d'une parcelle à une échelle métrique voire infra-métrique. Comme pour l'Agriculture de Précision (AP) développée il y a 15 ans au Etats-Unis dans l'état du Minnesota, l'arrivée de moissonneuses -batteuses équipées de capteurs de rendement et de positionnement GPS a marqué le début des premières cartes de rendement intraparcellaire. La mesure de la variabilité n'est qu'une première étape. La seconde étape consiste à expliquer les causes de la variabilité observée et il devient alors possible de fournir des cartes de potentiel de qualité et/ou de quantité et de conduite culturale afin d'améliorer la vendange. Sans cette connaissance, la prédiction des rendements est très incertaine et l'approvisionnement de la cave en grappes de qualité variable reste un des obstacles pour augmenter la qualité du vin. Les procédures de vinification sont maintenant bien connues dans le monde et leur amélioration n'est pas susceptible de mener à des gains importants en qualité. Par contre, des vendanges sélectives par exemple peuvent très rapidement augmenter la qualité d'une récolte. La connaissance précise des rendements peut aussi permettre en temps réel de mieux adapter la production aux capacités de stockage de la cave. Enfin, une connaissance approfondie des facteurs contrôlant la quantité et la qualité des grappes permet de réduire l'impact environnemental des vignobles (eau-sol-érosion-produits phytosanitaires).

Faire de nouveau la comparaison avec l'évolution historique de l'AP est intéressant: les zones de traitement pour la modulation des semis ou des intrants comme N, P ou K reposaient

---

Didier DABAS - Xavier CASSASSOLLES - CARACTERISATION TRIDIMENSIONNELLE DE LA VARIABILITE DES SOLS,  
APPLICATION A LA GESTION DES VIGNOBLES (SYSTEME ARP)

entièrement sur les cartes de rendement. Mais il est maintenant observé que les cartes de rendement changent d'une année sur l'autre. La création de zones de traitement modulée à partir de ces données devient donc très complexe : il n'est pas possible de créer des zones de traitement dans les parcelles si la cartographie des rendements change chaque année. Ceci est une conséquence directe du fait que le rendement est la composante de trois facteurs : le sol, le climat et l'histoire culturale de la parcelle. De ces 3 facteurs, seul le sol ne varie pas en fonction du temps. Par conséquent, il est maintenant admis que les cartes de rendement ne servent que comme vérification des modulations entreprises dans les parcelles. Les paramètres sols sont à notre échelle temporelle beaucoup plus stables. Depuis deux ans, ils sont beaucoup plus utilisés dans le domaine de l'agriculture de précision que les données de rendement. Ils fournissent la couche de base nécessaire à la gestion intraparcellaire.

Parmi les différents paramètres qui peuvent être mesurés, la résistivité électrique (ER) ou son inverse la conductivité électrique (EC), sont les plus importants pour plusieurs raisons : ils peuvent être mesurés très rapidement, sont d'un coût abordable, peuvent être acquis avec une résolution spatiale très importante (infra métrique) et enfin et surtout sont corrélés avec de nombreux paramètres agronomiques en relation directe avec la plante.

Les cartes de rendement en VP datent de moins de cinq ans et ont donné comme en AP le premier impetus pour ce domaine de recherche et développement. Utilisant les connaissances acquises en AP, l'application de la VP se développe rapidement. L'Australie, les Etats-Unis, la Nouvelle Zélande et la France plus récemment commencent à adopter cette démarche.

Bien sûr, les techniques sans contact (photographies aériennes ou satellitaires, imagerie multi- ou hyperspectrale) peuvent être aussi utilisées pour la mise en évidence de la variabilité spatiale intra-parcellaire. Les méthodes aéroportées peuvent être très rapides et peu onéreuses. Mais, mis à part les problèmes de résolution spatiale, l'interprétation de tels documents n'est pas aisée suite à deux facteurs : le temps et la pénétration dans le sol.

Une photographie satellitaire ou aérienne représente un signal qui évolue dans le temps: la période de vol demeure un choix très important et par conséquent il n'est pas possible d'acquérir un signal stable dans le temps (variabilité temporelle). C'est uniquement en étudiant une série de clichés sur une même zone que l'on pourra espérer obtenir un signal spatialement « stable » en relation avec le sol. Ceci signifie plusieurs missions et un traitement lourd et complexe et donc un coût de production plus élevé.

De plus, les photographies aériennes sur sol nu ne sont sensibles qu'aux couches les plus superficielles (quelques centimètres): nous ne voyons que ce qui est très proche du sol sans avoir d'idée de ce qui est dans le sol. La profondeur d'investigation est faible comparée à l'épaisseur du sol et/ou de la zone d'enracinement. Même en utilisant des photographies thermiques (IR lointain), la profondeur de pénétration n'excède pas 7cm pour un sol ordinaire. En utilisant la couleur et la réflectance des feuilles, il est possible indirectement de pénétrer jusqu'à la profondeur d'enracinement. Ceci signifie encore un choix crucial de l'époque du cliché aérien et de l'existence de longue période de stress hydrique. Bien sûr, les méthodes aéroportées seront parfaitement adaptées à la caractérisation et au suivi des maladies.

Les méthodes au sol comme la mesure de la Résistivité Electrique ou de la Conductivité Electrique demandent plus de temps, sont parfois plus onéreuses de mise en oeuvre mais possèdent de nombreux avantages:

La Conductivité Electrique (EC) peut être mesurée facilement avec des appareils disponibles dans le commerce (surtout l'EM38 de la société GEONICS) mais souffre d'un certain nombre de défauts bien connus : une profondeur d'investigation que l'on ne peut changer, une mauvaise stabilité du signal électronique dans des environnements difficiles, une réponse très faible pour des sols résistants, un temps de réponse important et une sensibilité aux interférences électromagnétiques comme par exemple les fils métalliques pour palisser les vignes.

Depuis quinze ans, le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) a développé un prototype qui peut mesurer la Résistivité Electrique dans les champs dans différents domaines (pédologie, archéologie). Fort de cette expérience, GEOCARTA SA. a développé un système industriel pour l'AP en 1999 et quelques mesures ont été faites pour la PV en 2000. Le système est breveté et est en cours de modification pour les applications en vignoble.

A l'opposé de l'EC, l'ER peut être mesurée avec un appareil très simple et de plus insensible aux interférences mentionnées auparavant. Nous avons développé un résistivimètre spécifique pour effectuer des mesures de la résistivité avec un temps de réponse très rapide (moins de 0,1 seconde), une bonne réjection des courants industriels et une bonne tolérance aux résistances de contact. Les courants utilisés varient entre 0,1 et 20mA. Dans la procédure classique, l'ER est mesurée en enfonçant manuellement 4 électrodes dans le sol. Une paire d'électrode sert à injecter le courant régulé dans le sol et l'autre à mesurer le potentiel résultant de la circulation du courant dans le sol. Le rapport de l'intensité au courant permet de calculer la résistance du terrain. En connaissant la géométrie des électrodes, il est alors possible de calculer la résistivité électrique apparente du sol. Si le sol est homogène, la résistivité est constante. Si l'épaisseur du sol varie ou sa teneur en eau, sa texture, son taux d'argile ou sa minéralisation alors la résistivité électrique va varier.

La profondeur d'investigation est fonction de la géométrie des électrodes et du type de sol étudié. Si l'on augmente la distance entre les électrodes, la profondeur d'investigation va augmenter. Si l'on utilise un système avec plus de quatre électrodes, il sera alors possible d'avoir plusieurs profondeurs d'investigation simultanément. Dans la méthode classique les électrodes sont introduites manuellement, ce qui est long. C'est pourquoi nous avons développé un système baptisé MuCEP© (Multi-depth Continuous Electrical Profiling) qui peut être tracté par un tracteur, un quad ou tout véhicule tout terrain. Ce système a évolué vers un système industriel dénommé ARP (Automatic resistivity System) pour l'agriculture de précision et qui permet des mesures jusqu'à plus de 20 km/h. Trois générations de ce système ont déjà été créées.

Ce système possède deux points forts : l'échantillonnage spatial permet de mesurer tous les 10cm en utilisant un résistivimètre très rapide qui de plus permet d'effectuer des mesures jusqu'à trois profondeurs simultanément. Les données sont géoréférencées en temps réel par un dGPS et le Modèle Numérique de Terrain (MNT) peut être calculé.

Les principaux facteurs affectant la résistivité sont : la teneur en eau, la porosité, la pierrosité, la

teneur en argile et la CEC. Une carte de résistivité peut permettre par exemple de détecter et de cartographier les variations de texture sur une parcelle. Cette information doit être suivie de sondages tarière et/ou fosses pédologiques terrain afin de comprendre quels sont

le/les paramètre(s) à l'origine des variations de la résistivité. Par exemple, une étude sur un domaine situé dans les Graves (Bordelais), a été menée par des pédologues qui ont pu montrer une excellente corrélation entre la teneur en éléments grossiers (fraction granulométrique supérieure à 3mm) et la résistivité électrique mesurée (P. Chéry et al., 2002).

En résumé, les principales applications pour la viticulture sont :

- Vendanges sélectives,
  - Échantillonnage orienté (où placer les sondages tarière?),
  - Localisation des contrôles de maturité,
  - Choix du matériel,
  - Définition des implantations de vignes et des schémas d'irrigation / drainage,
  - Modulation des intrants.
-