

Apports des mesures de résistivité électrique du sol dans les études sur le fonctionnement de la vigne et dans la spatialisation parcellaire.

E. Goulet¹ et G. Barbeau²

- 1) Cellule « Terroirs Viticoles », Confédération des Vignerons du Val de Loire, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucozéz Cédex, Tel. (33) 2 41 22 56 82, Télécopie (33) 2 41 22 56 65 goulet@angers.inra.fr
2) Unité Vigne et Vin, INRA, 42 rue Georges Morel, 49071 Beaucozéz Cédex

Résumé.

La mesure de la résistivité électrique des sols est une technique non destructive, spatialement intégrante, utilisée depuis peu en viticulture. L'utilisation d'appareils de mesures performant et de logiciels adaptés permet de traiter les données afin de pouvoir visualiser en deux ou trois dimensions les variations de textures ou d'humidité d'un sol.

La résistivimétrie électrique est testée depuis deux ans à l'Unité Vigne et Vin du Centre INRA d'Angers pour étudier l'alimentation hydrique de la vigne. Les techniques classiques qui permettent de mesurer quantitativement l'état hydrique du sol sont trop peu représentatives du volume de sol réellement prospecté par les racines. Les mesures de résistivité électrique autorisent en revanche une spatialisation précise des zones d'activités racinaires préférentielles, le volume de sol soumis au prélèvement des racines peut ainsi être mieux appréhendé. Cette technique permet une visualisation des zones de dessèchement préférentiel, et pour certains types de sols, elle permet également de quantifier l'eau disponible. Il est également possible de visualiser en temps réel les effets d'une pluie ou d'une sécheresse au travers de la sollicitation des racines ainsi que d'appréhender les effets de l'enherbement ou de différents porte-greffes sur l'alimentation hydrique de la vigne.

La résistivimétrie électrique peut également être appliquée en viticulture de précision puisqu'elle permet d'affiner la cartographie pédologique d'une parcelle. Le choix de l'emplacement de fosses pédologiques ou la localisation des différents porte-greffes pour la plantation peuvent être des applications directes de cette cartographie géophysique.

L'utilisation des techniques de géophysiques telles que la résistivimétrie électrique du sol peut donc aussi bien servir la recherche que devenir un outil de spatialisation pour la viticulture de précision, d'autant plus que les avancées technologiques récentes dans ce domaine permettent désormais une utilisation plus aisée des différents appareils de mesure.

Mots-clés : vigne, sol, résistivité électrique, alimentation hydrique, spatialisation

Abstract

The measurement of soil electric resistivity, as a non destructive, spatially integrative technique, has recently been introduced into viticulture. The use of performing equipment and adapted software allows for rapid data processing and gives the possibility to visualise the variations of soil texture or humidity in two or three dimensions.

Soil electric resistivity has been tested for the last two years at the Experimental Unit on Grapevine and Vine, INRA, Angers, France, to study the water supply to the vine in different "terroir" conditions. The classical techniques that allow to quantify the soil water status do not give access to the volume of soil explored by the root system. On the contrary, measurements of soil electric resistivity permit to visualise precisely the zones of preferential grapevine root activity. In some types of soil, available water may even be quantified. It is also possible to monitor in real time the effects of rain or drought through root sollicitation, as well as the effects of soil management (inter-row grassing) or different rootstocks on the water supply to the vine.

When applied to precision viticulture, electric resistivity can be used to refine the geopedological cartography of a given plot. The choice of sites for pedological studies or the assistance for selection of rootstocks are direct applications of this cartography.

The use of geophysical techniques such as soil electric resistivity constitutes a tool for the use of both scientists and adepts of precision viticulture. Recent technological developments are now facilitating the use of these equipments.

Key-words : grapevine, soil, electric resistivity, water supply, spatial land distribution

INTRODUCTION

Parmi les différentes études réalisées sur le vaste thème des terroirs viticoles, beaucoup d'entre elles s'intéressent au milieu géo-pédologique, plus particulièrement à sa caractérisation et à sa cartographie. La caractérisation permet d'étudier le fonctionnement du milieu (notamment le fonctionnement hydrique du système sol-vigne) et la cartographie permet de spatialiser à différentes échelles les unités de fonctionnement homogènes déterminées lors de la caractérisation. Ces deux grands axes de recherche font appel à des outils de mesure et à des méthodes performantes mais qui présentent souvent le défaut pour la caractérisation d'être intrusives, donc de perturber le milieu d'étude et pour la cartographie d'être ponctuelles, donc liées à un processus discontinu.

L'objectif de cette étude est de présenter l'intérêt des techniques géophysiques de sub-surface, et notamment la résistivimétrie électrique pour étudier la dynamique hydrique des sols et la variabilité spatiale de la couverture géo-pédologique. Après avoir défini la résistivité électrique du sol et présenté les principaux outils de mesures, l'utilisation de cette technique pour la recherche viticole sera illustrée au travers de trois études réalisées dans le vignoble du Val de Loire. Ces études permettent d'appréhender successivement les apports de cette technique en terme de suivi hydrique des sols et de spatialisation de l'activité racinaire de la vigne, en terme d'évaluation des effets des pratiques agro-viticoles sur l'activité racinaire de la vigne et en terme de zonage géo-pédologique des parcelles.

MATERIELS ET METHODES

Définition et principes explicatifs de la résistivité électrique du sol :

La résistivité électrique d'un horizon de sol est égale à l'inverse de sa conductivité électrique, elle est donc définie par la capacité de l'horizon à limiter le passage du courant électrique. La résistivité électrique d'un sol est influencée par plusieurs facteurs répartis entre les variables intrinsèques pérennes telles que la texture, la structure, la pierrosité et la carbonatation du sol et les variables d'états diachroniques comme la teneur en eau, la température et la concentration de la solution du sol (Michot, 2003).

Les mesures de résistivité électrique d'un sol traduisent donc son état à un moment donné. Pour étudier la variabilité spatiale des sols d'une région donnée il est donc préférable d'opérer les mesures à un temps t pour s'affranchir des variables diachroniques. A l'inverse, l'étude des variations temporelles de résistivité électrique d'un sol permet par exemple d'étudier spécifiquement sa dynamique hydrique puisque les variables intrinsèques du sol (texture, structure...) sont constantes dans le temps et que seules les variables diachroniques peuvent faire varier la résistivité électrique.

Plusieurs méthodes de mesure existent pour déterminer la résistivité électrique des sols ; certaines permettent d'étudier plus spécifiquement la variabilité verticale de la résistivité électrique et d'autres la variabilité latérale. Le choix de la méthode dépend de l'objectif recherché, ainsi pour étudier finement les différents horizons pédologiques ou pour évaluer les variations locales d'humidité d'un sol, la méthode des panneaux électriques produisant des profils de résistivité sera privilégiée. En revanche, pour spatialiser l'ensemble d'une parcelle et produire des cartes de résistivité électrique, un dispositif tracté permettant une acquisition rapide et quasi continue des mesures semble plus adapté.

Les panneaux électriques :

Cette méthode consiste à mesurer la résistivité apparente d'un volume de sol en injectant un courant électrique continu dans le sol par le biais d'électrodes d'injection et en le récupérant au niveau d'électrodes de réception. Pour l'ensemble de ses expérimentations, l'Unité Vigne et Vin d'Angers (France, Val de Loire) a utilisé un système multi-électrodes (21 électrodes) piloté par un résistivimètre Syscal R1 de chez Iris Instrument.

Afin de contrôler les mesures, une séquence de mesure est créée à partir du logiciel Electre II[®] (Iris Instrument, 2000) et est transmise au résistivimètre par un câble de connexion. Les paramètres de cette séquence déterminent notamment la précision et la profondeur de sol prospectée grâce au type de configuration des électrodes, à l'indice de profondeur et à la distance inter-électrodes choisie. Pour l'étude de la couverture pédologique, plusieurs études (Ward, 1990 ; Michot, 2003) ont démontré l'intérêt d'utiliser la configuration dipôle-dipôle (meilleur échantillonnage) par rapport aux configurations pôle-pôle ou Wenner (meilleur rapport signal/bruit mais faible échantillonnage

horizontal). Cette configuration permet la création de quadripôles de mesure (dipôle d'injection + dipôle de réception), la mesure étant effectuée au centre de ce quadripôles et à une profondeur proportionnelle à la distance inter-électrode (figure 1).

Une fois les mesures de résistivité électrique apparente réalisées, celles-ci sont stockées dans le résistivimètre avant d'être transférées sur poste informatique et traitées par le logiciel Res2Dinv (Loke et al, 1996). Ce logiciel permet de convertir la résistivité électrique apparente correspondant à un volume de sol en résistivité électrique inversée permettant d'obtenir une valeur de résistivité en fonction d'une profondeur donnée.

Les résultats peuvent être présentés sous forme de section de résistivité électrique (tomographie), il est ainsi possible de visualiser les variations latérales de résistivité sur la longueur du profil ainsi que les variations verticales sur la profondeur d'investigation.

Intérêts de la méthode :

La méthode des panneaux électriques nécessite un dispositif expérimental contraignant et relativement long à mettre en place, elle est donc conseillée pour l'étude des variations de résistivité électrique locales. Les différents horizons pédologiques possédant chacun leur propre résistivité électrique, cette méthode permet donc de les délimiter verticalement. Il est également possible d'effectuer des suivis hydriques du sol (Michot et al, 2000), en effet au niveau d'un même horizon pédologique possédant une structure et une texture homogène, seules les variations d'humidité peuvent provoquer des variations latérales de résistivité électrique. Le fonctionnement végétatif de la vigne induit un prélèvement hydrique au niveau du sol provoquant un assèchement préférentiel au niveau du système racinaire actif, cette diminution locale d'humidité provoque alors une augmentation de la résistivité électrique du sol appelée anomalie électrique positive. La localisation de ces anomalies sur une section de résistivité électrique peut donc théoriquement permettre de spatialiser l'activité racinaire de la vigne au niveau des différents horizons du sol mais également de suivre son évolution temporelle.

La prospection électrique tractée :

Cette méthode se base sur le même principe que celui des panneaux électriques mais les électrodes d'injection et de réception du courant sont tractées et permettent ainsi d'effectuer rapidement des mesures sur une grande surface. Plusieurs systèmes tractés existent pour mesurer la résistivité électrique des sols, il a été choisi d'utiliser le système MU.C.E.P. (Multi Continuous Electrical Profiling) développé par le C.N.R.S. (Panissod et al, 1997) et la société Géocarta qui est chargée du développement commercial de la technologie. Cette société est propriétaire des machines de mesures, elle a donc réalisé les mesures et l'édition des cartes sur les sites expérimentaux retenus.

Les mesures sont réalisées par l'intermédiaire d'une machine nommée ARP© (Automatic Resistivity Profiling) (brevet n°101655, février 2001) comprenant un ensemble d'électrodes réparti sur quatre essieux et tracté par un quad (figure 2). Un résistivimètre contrôlé par un PC de terrain collecte les mesures qui sont déclenchées tous les 20 cm par un radar de mouvement associé à un GPS qui géoréférence automatiquement toutes les mesures. Les quatre essieux sont pourvus de roues dentées faisant office d'électrodes, le premier essieu est utilisé pour injecter le courant électrique alors que les trois autres mesurent le potentiel résultant de l'injection du courant. Ces derniers sont situés respectivement à 0,5 mètre, 1 mètre et 2 mètres de l'essieu d'injection, la longueur de chaque essieu augmente en fonction de leur éloignement de l'essieu d'injection formant ainsi une géométrie en V dit en « Vol de canards » qui permet de réduire le « bruit » perturbant le signal. La profondeur d'investigation du courant est approximativement égale à la distance entre l'essieu d'injection et les essieux de mesures, trois profondeurs sont donc explorées simultanément. Après traitement des données par des logiciels spéciaux, une série de trois cartes de résistivité électrique (0-50cm, 0-100cm et 0-200 cm) est produite, ainsi qu'un Modèle Numérique de Terrain grâce au GPS qui permet par la suite une visualisation en trois dimensions des cartes de résistivité.

Intérêts de la méthode :

Cette méthode permet d'obtenir des mesures de résistivité électrique du sol sur de grandes surfaces et très rapidement (10 ha par heure), les mesures sont réalisées de façon quasi continue grâce à un maillage très dense (10 000 mesures par ha) ce qui supprime les lacunes lors de la créations des cartes de résistivité électriques apparentes. Ces cartes sont le reflet des variables intrinsèques et diachroniques du sol au moment de la mesure, les zones de résistivité électrique homogène peuvent

donc globalement correspondre à des unités géo-pédologiques particulières. La délimitation de ces zones par le dispositif tracté au sein d'une parcelle viticole peut donc permettre une détermination probable des unités géo-pédologiques préalablement à la réalisation de sondages et de fosses par le cartographe.

RESULTATS ET DISCUSSION

Etude 1 : Suivi spatial et temporel de l'état hydrique d'un sol

Dispositif expérimental

L'objectif de cette expérimentation est de suivre l'évolution hydrique du sol au cours du cycle végétatif de la vigne par tomographie de résistivité électrique. Elle est réalisée sur un sol d'argiles lourdes du Sénonien (parcelle 1) présentant une forte différenciation texturale. L'horizon de surface (0-50cm) présente une texture Limono-Argilo-Sableuse (21.3 % d'argile), l'horizon sous-jacent est constitué par une argile lourde (51.6 % d'argile) et stoppe à 100 cm sur un niveau de blocs de spongolithe (X).

L'alignement des électrodes est perpendiculaire aux rangs de vigne recoupant ainsi 5 ceps (distance de 2m entre rangs), les premiers panneaux ont été réalisés début avril 2002 lorsque les sols étaient proches de la capacité au champ et la vigne au stade phénologique « débourrement ». Afin d'observer les différences de résistivité obtenues par le dessèchement du sol, il a été choisi d'effectuer une deuxième campagne de mesures début septembre 2002, à une époque où les disponibilités en eau sont en général moins importantes, et ce à l'emplacement exact des premiers panneaux. Parallèlement à ces mesures de résistivité, l'humidité du sol au niveau des 2 rangs centraux et des 2 inter-rangs a été mesurée pour chaque campagne par prélèvement de sol sur chaque horizon et séchage à l'étuve à 105°C.

En Août 2003, une troisième série de mesure a été réalisée afin de confirmer ou d'infirmer les observations issues des comparaisons des deux premières campagnes de mesure.

Résultats et discussion

Avril 2002. La section de résistivité électrique vraie inversée de la parcelle 1 (figure 3) fait apparaître 3 couches subhorizontales correspondant globalement aux différenciations texturales verticales de la parcelle. Aucune variation latérale d'humidité ou de résistivité en relation avec les rangs et les inter-rangs n'a été observée. Au début avril, les très fortes teneurs en eau de ce type de sol et les conditions climatiques associées permettent à la vigne de s'alimenter sans contrainte et sans puiser dans les réserves intrinsèques du sol ce qui n'induit aucune différence d'humidité ou de résistivité.

Septembre 2002. La couche de faible résistivité correspondant à l'horizon argilisé présente des discontinuités latérales de résistivité électrique. Sous les inter-rangs, la résistivité électrique est sensiblement identique à celle du mois d'avril, mais sous les rangs le sol est nettement plus résistant alors qu'il s'agit du même horizon d'argile lourde. Cette anomalie positive s'explique par un assèchement préférentiel provoqué par l'activité racinaire. Les mesures d'humidité démontrent l'existence d'une relation entre les anomalies résistantes observées et l'assèchement du sol sous les rangs. En effet, alors que l'humidité sous les inter-rangs 2-3 et 3-4 ne diminue respectivement que de 6 % et 4 % entre avril et septembre, l'humidité des rangs 2 et 3 diminue de 18 % et 19 %. Un assèchement préférentiel s'est donc bien produit sous les rangs, il se traduit par un accroissement de la résistivité électrique entre avril et septembre de 80 % sous le rang 2 et de 64 % sous le rang 3. Sous les inter-rangs, le faible assèchement ne provoque qu'une légère augmentation de la résistivité électrique (9 % pour l'inter-rang 2-3 et 2 % pour l'inter-rang 3-4).

L'alimentation hydrique de la vigne aurait donc lieu principalement dans cet horizon argileux, l'horizon de surface n'intervenant que de façon secondaire puisqu'il ne présente ni dessèchement ni anomalies résistantes sous les rangs. Au mois d'août 2003, une nouvelle mesure démontre un accroissement généralisé de la résistivité électrique de l'horizon argileux provoqué par l'assèchement

estival, l'accroissement est cependant plus important sous les rangs ce qui confirme la localisation de l'activité racinaire obtenue au mois de septembre.

Cette expérimentation a été répétée sur deux autres parcelles développées sur le même type de sol et la relation entre la teneur en eau pondérale de l'horizon argileux et sa résistivité électrique a une nouvelle fois été étudiée. Aucune relation n'apparaît sur la globalité des mesures, en revanche en isolant chaque parcelle, des relations nettes apparaissent (figure 4). Après étalonnage, il est donc possible de déterminer l'état hydrique de l'horizon où l'activité racinaire principale s'effectue par une simple mesure de résistivité électrique, donc sans perturber le sol contrairement aux autres techniques actuellement utilisées.

Conclusion

Ces premiers résultats démontrent qu'il est possible de suivre la dynamique hydrique du système sol-vigne par des mesures de résistivité électrique. Cette méthode non invasive permet de ne pas déstructurer le sol et présente l'avantage d'une visualisation en deux ou trois dimensions, fondamentale pour les études de dynamique des fluides.

Etude 2 : Evaluation des effets de l'enherbement et du porte-greffe sur l'activité racinaire de la vigne

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est identique à l'expérimentation sur le suivi spatial et temporel de l'état hydrique du sol, en revanche il n'a été effectué qu'une seule campagne de mesure. Deux panneaux électriques ont été réalisés sous cépage Chenin, un sur porte-greffe Riparia et l'autre sur SO4, ils ont été positionnés de façon à intégrer une modalité enherbée (fêtuque rouge 50 %) et une modalité désherbée.

Les parcelles expérimentales sont situées sur un sol de texture Limono-Argilo-Sableuse développé sur des marnes Jurassique apparaissant à 1 mètre de profondeur.

Résultats et discussion

Des variations latérales de résistivité électriques sont visibles sur les deux sections verticales (c.f. figure 5), les zones les plus résistantes, appelée anomalies électriques positives, correspondent aux zones d'activité racinaire de la vigne et traduisent un assèchement relatif du sol. Les zones d'activité racinaire principale du Riparia sont restreintes et situées majoritairement sous les rangs et à faible profondeur (0-60cm), contrairement à celles du SO4 qui semblent être plus diffuses puisqu'elles s'étendent jusque sous les inter-rangs et se développent plus profondément (0-80 cm).

L'enherbement provoque également une augmentation plus importante de la résistivité électrique sous les rangs des modalités enherbées que sous ceux des modalités désherbées. La concurrence de la fêtuque rouge au niveau de l'alimentation hydrique provoque un assèchement supplémentaire dans les zones d'activité racinaire de la vigne ce qui induit une plus forte anomalie positive par rapport aux zones d'activité racinaire situées sous les modalités désherbées. L'impact de l'enherbement est plus important chez Riparia que chez SO4 puisque l'accroissement relatif de la résistivité électrique des zones d'activité racinaire entre les modalités désherbée et enherbée est plus fort chez Riparia (du jaune au rouge, + 200 %) que chez SO4 (marron au orange, + 130 %).

Conclusion

La spatialisation de l'activité racinaire de la vigne par tomographie de résistivité électrique permet de visualiser de façon non destructrice les zones principales de fonctionnement des racines. Les effets de différents porte-greffes sur le développement racinaire dans un type de sol précis peuvent donc être visualisés sans ouverture de fosses et donc sans perturbation du milieu. L'impact de l'enherbement sur la disponibilité de l'eau au niveau des racines de la vigne semble aussi pouvoir être étudié par l'intermédiaire des panneaux électriques.

Etude 3 : Apports des mesures de résistivité électrique dans le zonage géo-pédologique de parcelles viticoles

Dispositif expérimental

Dans un premier temps, la résistivité électrique des parcelles expérimentales a été mesurée à trois profondeurs différentes par l'intermédiaire de la société Géocarta et en utilisant le système de mesure tracté ARP© (Automatic Resistivity Profiling) (brevet n°101655, février 2001). Une fois les cartes de résistivité électrique obtenues, des panneaux électriques ont été réalisés à l'intérieur des grandes zones d'iso-résistivité afin d'étudier plus spécifiquement l'agencement vertical des différents horizons de sol et des sondages tarières ont été positionnés le long des profils de résistivité électrique.

Les résultats présentés sont issus d'une parcelle située sur un sol mince développé sur roche volcanique de type Spilite.

Résultats et discussions

Pour cette parcelle, trois cartes de résistivité électrique apparente sont produites correspondant chacune à trois niveaux de profondeur prospectés (0-0,5m ; 0-1m ; 0-2 m). La carte de résistivité apparente 0-2 mètres (c.f. figure 6) présente des zones de résistivité différente (bleu, verte et rouge) allant de 80 jusqu'à 420 ohm.m, cela signifie qu'il existe une hétérogénéité de la parcelle en terme de texture, de structure ou d'humidité du sol. A ce stade de l'expérimentation, il est impossible de déterminer la ou les variables responsables de ces différences de résistivité électrique. Les panneaux électriques effectués à l'intérieur des grandes zones de résistivité cartographiées confirment les résultats observés sur la carte et précisent uniquement les variations verticales de résistivité. Les sondages tarière réalisés le long des panneaux sont une étape déterminante de l'expérimentation puisqu'ils permettent d'expliquer ces variations de résistivité électrique.

La zone rouge qui possède les résistivités électriques les plus élevées, même en profondeur (figure 6, profil 2) présente un sol très mince, très peu argilisé et très caillouteux dès la surface, la spilite dure apparaît dès 50 cm de profondeur. Cette remontée de roche peut être comparée à une sorte de verrou provoquant une retenue de particules solides et d'eau plus en amont matérialisée par la zone bleue de résistivité plus faible (figure 6, profil 1) et présentant des sols plus profonds et plus argilisés. Les zones vertes représentant la grande majorité de la parcelle sont caractérisées comme pour la zone rouge par un sol peu argilisé, et peu profond mais moins caillouteux, la spilite est également plus friable.

Pour valoriser cette parcelle, les zones vertes et rouges ne présentant qu'une différence de dureté de roche et de charge en éléments grossiers seront regroupés et pourrons accueillir un porte-greffe de vigueur moyenne et résistant à la sécheresse comme le Gravesac ou le Rupestris. En revanche la zone bleue située en haut de parcelle nécessitera l'utilisation d'un porte-greffe de plus faible vigueur et un peu mieux adapté à l'humidité comme le Riparia ou le 101-14, un enherbement pouvant également être envisagé si le développement végétatif le nécessite. L'utilisation d'un drainage artificiel n'est cependant pas nécessaire sur cette zone qui ne présente pas de réels problèmes bien que plus profonde et plus argilisée que le reste de la parcelle.

Conclusion

Les diverses techniques de mesure de la résistivité électrique des sols sont des outils performants dans le cadre d'études sur la caractérisation géo-pédologique de parcelles viticoles. Les cartes et les profils réalisés permettent de positionner au mieux les sondages et les fosses à réaliser et d'extrapoler les descriptions à l'ensemble de la parcelle. Les viticulteurs peuvent ainsi progresser vers une viticulture de précision et de qualité grâce à une connaissance précise de la variabilité géo-pédologique de leurs parcelles. Cependant si cet exemple démontre les potentialités de cette méthode, les limites d'utilisation apparaissent lorsque la parcelle est recoupée par des formations différentes mais présentant la même résistivité électrique, ou quand les conditions d'humidité du sol nivelle les différences de résistivité électrique entre les horizons. La nature du terrain et les conditions météorologiques sont donc des facteurs influençant fortement la réussite de ce genre d'étude.

CONCLUSION GENERALE

Grâce au développement de matériels et de logiciels adaptés, les techniques de mesure de la résistivité électrique du sol sont relativement simples à mettre en œuvre. Ces mesures présentent l'avantage de ne pas être invasives, elles ne déstructurent pas le milieu d'étude et permettent donc une acquisition fiable et en temps réel de données importantes du sol influençant directement le fonctionnement végétatif de la vigne. Les études réalisées ont en effet démontré qu'il était possible de visualiser les zones d'assèchement correspondant au prélèvement d'eau par les racines de la vigne, la dynamique hydrique du système sol-vigne peut donc être suivie par de simple mesure de résistivité électrique. Cette technologie permet de visualiser concrètement les variations d'humidité du sol engendrées par une pluie ou par le prélèvement racinaire en deux ou en trois dimensions, elle apporte une notion nouvelle de spatialisation de l'activité racinaire dans les études de suivis hydriques. L'utilisation de cette technique peut permettre de comparer le fonctionnement racinaire de la vigne au sein de plusieurs terroirs ou au contraire de comparer le développement racinaire de porte-greffes différents dans un même sol, l'effet de l'enherbement sur l'assèchement du sol peut également être étudié. L'étape consistant à quantifier et à qualifier les variables du sol étudiées par l'intermédiaire des valeurs de résistivité électrique est possible mais reste tout de même à améliorer, les résultats des dernières études tendent cependant à démontrer qu'il est possible de s'affranchir de ces variables et de mettre directement en relation la résistivité électrique du sol avec des paramètres de fonctionnement de la vigne comme le poids de bois de taille ou l'acidité du raisin.

Les mesures de résistivité électrique du sol réalisées en quasi continu par un dispositif tracté peuvent également apporter une réelle amélioration de la qualité de la cartographie géo-pédologique d'un vignoble et diminuer sensiblement la durée d'acquisition des données cartographiques. Cette technique, bien qu'encore onéreuse, semble tout a fait adaptée à la recherche et au développement viticole ; elle peut être utilisée en complément des techniques traditionnelles afin d'accroître le nombre de données explicatives des relations entre la vigne et son milieu.

BIBLIOGRAPHIE

Iris instruments, 2000. Logiciel ELECTRE II : logiciel pour résistivimètres équipés du système multiélectrodes : 1-28.

Loke M.H. and Barker R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method. *Geophy. Prosp.*, 44, pp. 131-152.

Michot D., 2003. Intérêt de la géophysique de subsurface et de la télédétection multispéctrale pour la cartographie des sols et le suivi de leur fonctionnement hydrique à l'échelle intraparcellaire. Thèse, Université Paris 6

Michot D., Dorigny A. et Benderitter Y., 2001. Mise en évidence par résistivité électrique des écoulements préférentiels et de l'assèchement par le maïs d'un calcisol de Beauce irrigué. *Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes*, 332, pp. 29-36.

Panissod C., Dabas M., Jolivet A. and Tabbagh A., 1997. A novel mobile multipole system (M.U.C.E.P.) for shallow (0-3 m) geoelectrical investigation : the "vol-de-canard" arrays. *Geophysical prospecting*, 45, pp. 983-1002.

Ward S. H., 1990. Resistivity and induced polarization methods. In *geotechnical and environmental geophysics*, vol. 1, Ward, S.H., Editor, Society of Exploration Geophysicist, pp. 147-190.

Figure 1 : Système multi-électrodes en configuration dipôle-dipôle

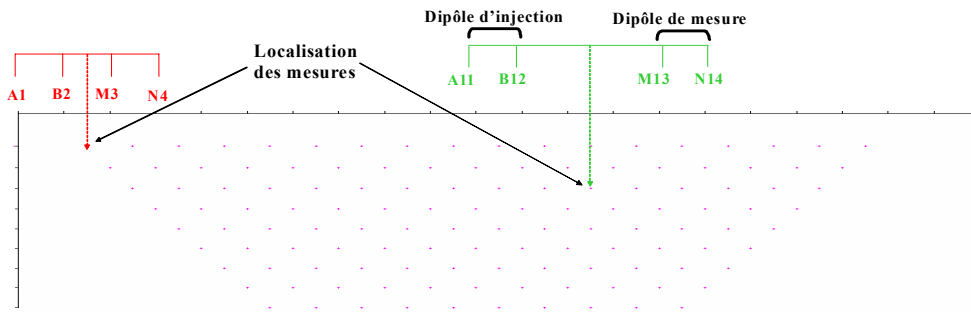


Figure 2 : dispositif ARP© (d'après Géocarta)

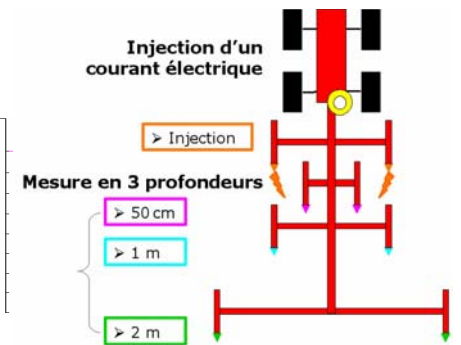


Figure 3 : Section de résistivité électrique inversée ; suivi temporel de la parcelle 1.

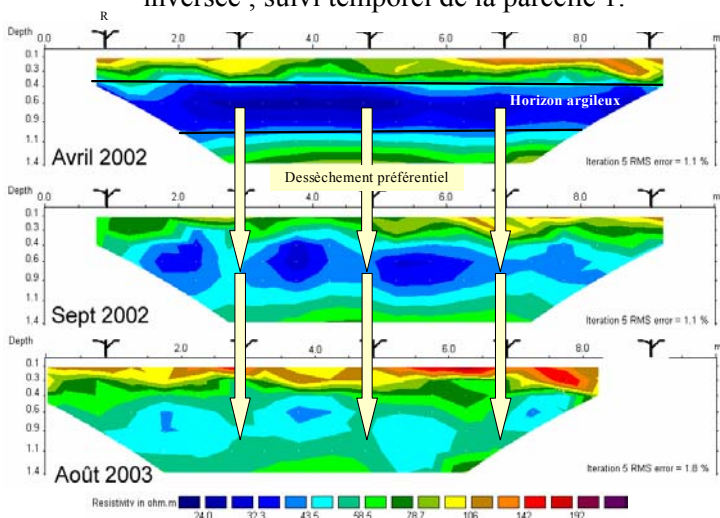


Figure 4 : Relation entre l'humidité pondérale des sols de 3 parcelles et leur résistivité électrique.

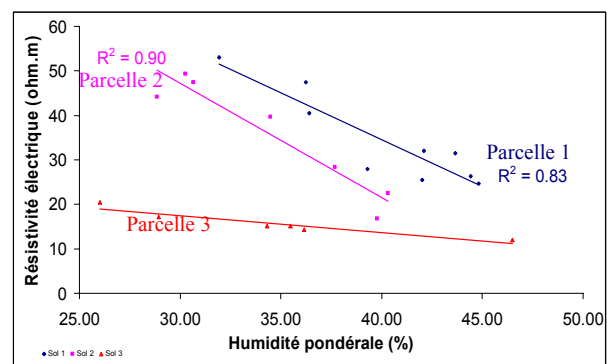


Figure 5 : Section de résistivité électrique inversée ; effet porte-greffe et enherbement.

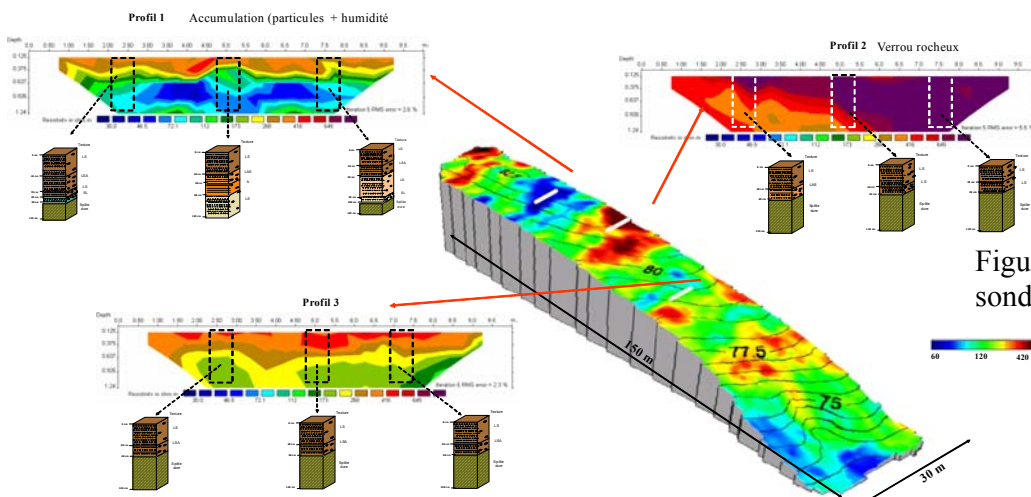
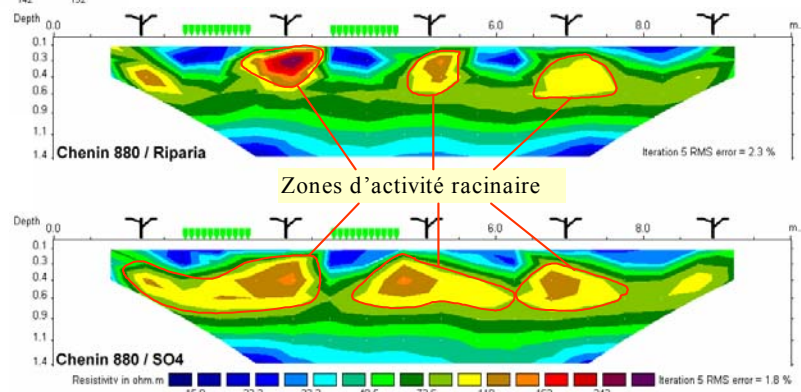


Figure 6 : Cartographie électrique et sondages tarières d'une parcelle