



**HAL**  
open science

# Détermination de la profondeur du sol par tomographie de résistivité électrique diachronique et par sismique de surface

Guillaume Coulouma, Philippe Lagacherie, Kevin Samyn, Gilles Grandjean

► **To cite this version:**

Guillaume Coulouma, Philippe Lagacherie, Kevin Samyn, Gilles Grandjean. Détermination de la profondeur du sol par tomographie de résistivité électrique diachronique et par sismique de surface. 26. Journées GFHN-GEOF CAN "Milieux poreux & géophysique", Nov 2011, Orléans, France. 4 p. hal-01189871

**HAL Id: hal-01189871**

**<https://hal.science/hal-01189871>**

Submitted on 1 Sep 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# DETERMINATION DE LA PROFONDEUR DU SOL PAR TOMOGRAPHIE DE RESISTIVITE ELECTRIQUE DIACHRONIQUE ET PAR SISMIQUE DE SURFACE

COULOUMA, G.<sup>\*1</sup>, LAGACHERIE, P.<sup>1</sup>, SAMYN, K.<sup>2</sup> AND GRANDJEAN, G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> : INRA – UMR LISAH, 2 place Viala 34060 MONTPELLIER CEDEX 2

<sup>2</sup> : BRGM - Natural Risks and CO2 Storage Safety Division, 3 av C.Guillemain 45060 ORLEANS CEDEX 2

## RESUME

*La profondeur de sol est une propriété importante à prendre en compte pour un grand nombre d'applications. La mesure directe par des méthodes destructives est ponctuelle et coûteuse. Les méthodes géophysiques sont citées comme alternative. Ce travail compare l'analyse des ondes de surface, la tomographie de résistivité électrique en conditions sèches et en diachronique pour estimer la profondeur de sol dans des contextes géopédologiques variés en milieu viticole méditerranéen. Les résultats montrent qu'aucune de ces méthodes n'est utilisable avec succès dans tous les contextes.*

*Mots clés : Tomographie de résistivité électrique, ondes de surface, profondeur de sol*

## ABSTRACT

### DETECTION OF BEDROCK DEPTH BY COMBINATION OF GEOPHYSICAL METHODOLOGIES

*Bedrock depth is an important property for a lot of environmental and agricultural applications. Direct estimates of bedrock depth from destructive soil observations are too costly for being extended to large areas. Geophysical methods are often cited as possible alternatives. This study examine the ability of the Spectral Analysis of Surface Waves (SASW) method combined with classical high resolution Electrical Resistivity Tomography (ERT) one to predict soil and rooting depths of vineyard soils in French Mediterranean area. Results showed that none of the two tested geophysical methods was able to predict soil depths in all pedological situations.*

*Keywords : Electrical Resistivity Tomography (ERT), Spectral Analysis of Surface Waves (SASW), bedrock depth, grapevine*

## 1 INTRODUCTION

La profondeur de sol correspond à la profondeur d'apparition de la limite entre le sol et le matériau non altéré. Cette limite est fondamentale pour la connaissance et la modélisation des transferts d'eau dans le sol. Elle constitue parfois le substratum des nappes superficielles. Pour les plantes, la forme du système racinaire est étroitement liée à cette barrière physique (SCHENK et JACKSON, 2002). Dans la littérature, peu de travaux concernent la détermination de la profondeur de sol par des méthodes classiques ou nouvelles. La détermination de la profondeur de sol se fait habituellement par des méthodes d'observation destructives qui génèrent des données ponctuelles et qui sont généralement consommatrices de temps et d'argent. Les

méthodes géophysiques peuvent constituer une voie intéressante pour déterminer la profondeur de sol en continu et peuvent être appliquées sur de grands espaces. La tomographie de résistivité électrique a déjà été utilisée dans des cas où les contrastes de résistivité entre le sol et les matériaux sous-jacents étaient importants. Plus récemment, cette méthode a déjà été utilisée en condition diachronique pour déterminer la variabilité spatiale de l'extraction de l'eau par les plantes (SRAYEDDIN et DOUSSAN, 2009).

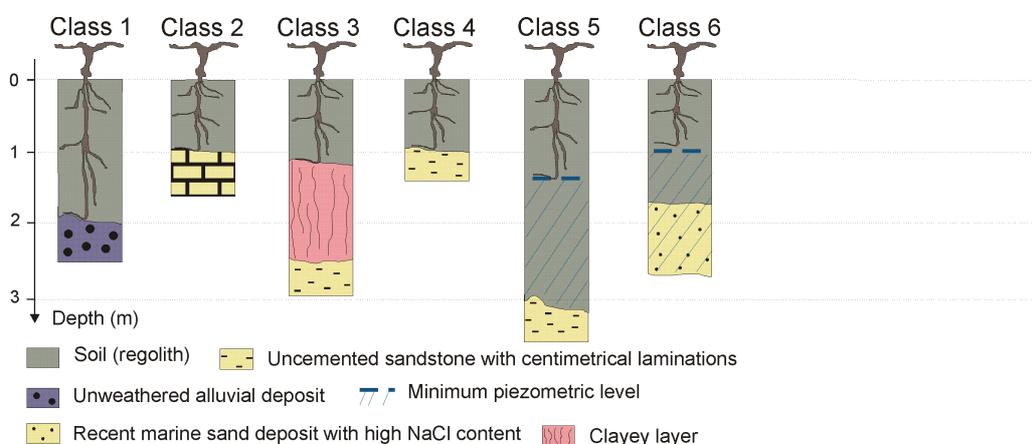
Toutefois l'efficacité de la tomographie est dépendante du contraste de résistivité électrique entre les matériaux et le sol (COULOUMA et al., 2010). Des perturbations liées à la présence de nappes superficielles dissocient le signal observé des réelles propriétés électriques du milieu. Les méthodes sismiques s'appuient sur des propriétés différentes et peuvent constituer une solution pour résoudre ces problèmes. Elles ne sont pas habituellement utilisées en sciences du sol mais permettent déjà de caractériser des vitesses de propagations d'ondes en relation avec les propriétés mécaniques des matériaux dans divers domaines comme les glissements de terrain (GRANDGEAN et al., 2007) ou l'hydrogéophysique (STURTEVANT et al., 2004). Des évolutions récentes du matériel et des techniques d'interprétation offrent de nouvelles possibilités en science du sol.

L'objectif de ce travail est de comparer les performances de la tomographie de résistivité électrique en diachronique et de l'analyse des ondes de surface pour déterminer la profondeur de sol dans des contextes géopédologiques variés en vignoble méditerranéen.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 Description des sites d'étude

Le travail présenté a été réalisé en Languedoc-Roussillon (sud de la France) sur 8 parcelles de vignes choisies en fonction de la diversité des situations géopédologiques caractéristiques du pourtour méditerranéen. Les différentes situations sont schématisées dans la figure 1.



**Fig.1-** Description des différentes situations géopédologiques

Un transect par parcelle a été réalisé avec 5 à 13 carottages de 3 à 4 m. de profondeur par transect ( 1 sondage / 20 m.). Sur chaque carotte les différents horizons ont été

décrits (texture, structure, couleur, % d'éléments grossiers et réaction à l'HCl). La profondeur d'apparition des matériaux non altérés a été relevée sur chaque carotte ayant atteint ces matériaux.

## 2.2 Mesures sismiques

Un levé sismique a été réalisé avec une acquisition chaque 6 m. sur l'ensemble des transects. La source sismique correspond à un impact sur la surface du sol à l'aide d'une masse (entre 1 et 50 hz environ). La propagation des ondes est mesurée par 24 géophones répartis par intervalle réguliers de 0.5 m. et enregistrée par un sismographe. Les données sont traitées pour interpréter la dispersion des ondes de surface. L'inversion des données permet d'obtenir un modèle vertical de vitesse d'onde de surface. La forme de la distribution verticale est analysée afin de déterminer le point d'inflexion entre des couches à faible vitesse et une couche plus profonde avec une vitesse de propagation plus importante. La profondeur du point d'inflexion est considérée comme la profondeur du sol.

## 2.3 Tomographie de résistivité électrique

Deux levés de Tomographie de résistivité électrique ont été réalisés en condition sèche et en condition humide avant la reprise de l'évapotranspiration de la vigne (Aout 2010 et avril 2011) sur l'ensemble des transects. Le dispositif utilisé correspond à un Wenner-Schlumberger avec un espacement inter électrode de 1 m. qui permet la mesure de la résistivité apparente avec une incrémentation moyenne de 0.5 m. jusqu'à environ 4 m. de profondeur. Les données sont inversées par le logiciel RES2DINV (Locke, 2002). Les profils sont ensuite analysés en 1D verticalement pour déterminer la profondeur de sol. Une première analyse est menée à partir des levés en conditions sèches. La profondeur de sol est obtenu par détermination d'un point d'inflexion entre des couches de résistivités significativement différentes. Ensuite une seconde analyse est menée en comparant les levés en condition sèche et humide. Dans ce cas, la profondeur de sol est obtenu dès que les deux levés ne présentent plus de différences significatives.

## 3 RESULTATS ET CONCLUSION

**Tab. 1- Taux d'estimation de la profondeur de sol en fonction des contextes géopédologiques**

Classe géopédologique	Possibilité d'estimation/échantillons à estimer (%)					
	1	2	3	4	5	6
Sismique	100	100	100	100	100	100
Tomographie en sec	91	100	33	84	89	50
Tomographie en diachronique	55	18	83	100	89	100

L'estimation de la profondeur de sol est comparée aux profondeurs mesurées par carottage. Seule la méthode sismique permet une estimation systématique quelque soit le contexte géopédologique (tab.1). La tomographie de résistivité en sec n'est pas utilisable systématiquement en particulier dans le cas où le contraste entre sol et

matériaux sous jacent n'est pas significatif (classe 3 et 6). La tomographie de résistivité en diachronique n'est pas utilisable dans le cas où un transfert hydrique est possible du sol vers les matériaux sous jacent, comme dans le cas des alluvions et des calcaires fissurés (classe 1 et 2).

**Tab. 2- Comparaison des erreurs d'estimation de la profondeur de sol en fonction des méthodes**

Classe géopédologique	RMSE en mètre sur l'estimation					
	1	2	3	4	5	6
Sismique	0.7	0.6	0.4	2.1	0.7	1.1
Tomographie en sec	1.2	0.3	0.2	0.8	2.2	0.6
Tomographie en diachronique	1.4	1.4	0.6	0.6	2.3	1.6

L'analyse des erreurs d'estimation de la profondeur du sol (Tab.2) montre qu'aucune méthode n'est générique pour l'ensemble des contextes géopédologiques. Les estimations par sismique sont acceptables dans le cas des sols sur alluvions et sur niveau argileux (classe 2 et 3). La tomographie en condition sèche est performante pour ces mêmes matériaux du fait de contrastes élevés entre le sol et le matériaux sous jacent. La tomographie en diachronique est intéressante dans le cas où les contrastes sont insuffisants comme pour les sols développés sur les sables limoneux miocènes (classe 4). Enfin, la sismique et les méthodes électriques sont complémentaires dans le cas des classes 4 et 5, souvent associées dans des toposéquences.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COULOUMA G., TISSEYRE B., AND LAGACHERIE P., 2010.** Is a Systematic Two-Dimensional EMI Soil Survey Always Relevant for Vineyard Production Management? A Test on Two Pedologically Contrasting Mediterranean Vineyards. In "Proximal Soil Sensing" Viscarra Rossel, R.A., McBratney, A., and Minasny, B. (Eds). *Progress in Soil Science series. Springer.*
- GRANDJEAN G., MALET J.P., BITRI A., AND MERIC O., 2007.** Geophysical data fusion by fuzzy logic for imaging mechanical behaviour of mudslides. *Bull. Soc. Geol. France, 177, 2, 133-143.*
- LOKE M.H., 2002.** Tutorial: 2D and 3D electrical imaging surveys. *Technical note 2<sup>nd</sup> ed. Malaysia.*
- SCHENK H. J., AND R. B. JACKSON, 2002.** Rooting depths, lateral root spreads, and belowground/aboveground allometries of plants in water-limited environments. *Journal of Ecology 90(3): 480-494.*
- SRAYEDDIN, I., AND DOUSSAN, C., 2009.** Estimation of the spatial variability of root water uptake of maize and sorghum at the field scale by ERT. *Plant Soil 319:185-207.*
- STURTEVANT K. A., BAKER G. S., SNYDER C., KOPCZYNSKI S., 2004.** Hydrogeophysical characterization of bedrock fracture orientations using azimuthal seismic refraction tomography. *AGU, H23A-1122.*