

ETUDE DE L'EFFET TOPOGRAPHIQUE SUR LES MESURES DE RESISTIVITE ELECTRIQUE DANS UNE PLANTATION EXPERIMENTALE D'HEVEAS AU NORD-EST DE LA THAÏLANDE

PASQUET S.^{1,2}, CAMERLYNCK C.², HOVHANNISSIAN G.¹

¹UMR 211 BIOEMCO, IRD, France, E-mail : pasquet.syl@gmail.com;
Gaghik.Hovhannissian@ird.fr

²UMR UMR 7619 "SISYPHE", UPMC, France, E-mail :
christian.camerlynck@upmc.fr

RESUME

Résultats de la cartographie de résistivité électrique réalisée dans une plantation expérimentale d'arbres hévéa dans le nord Thaïlande ont montré des anomalies résistantes correspondant aux lignes des arbres, élevés par rapport aux zones des "interlignes". Une comparaison des résultats de la cartographie détaillée avec ceux de la modélisation numérique nous permet d'évaluer l'effet topographique sur les valeurs de résistivité électrique. L'analyse de ces résultats montrent que l'effet topographique ne peut pas être la seule source de l'anomalie étendue résistante observées pendant la cartographie de résistivité électrique du site "Ban Non Tun", et indique l'existence d'une couche très résistante à la surface.

Mots clés: *géophysique appliquée, résistivité électrique, effet topographique, calculs numériques, variabilité et aménagement des sols, plantation d'hévéa.*

ABSTRACT

STUDY OF TOPOGRAPHIC EFFECT ON ELECTRICAL RESISTIVITY MEASUREMENTS IN AN EXPERIMENTAL PLANTING OF RUBBER TREES IN THE NORTH EAST OF THAILAND

Results of electrical resistivity mapping realized in an experimental rubber-tree plantation in NE Thailand showed resistant anomalies corresponding to the elevated lines of trees compared with "interline" zones. A comparison of detailed mapping results with those of numerical modeling allows us to evaluate the topographic effect on electrical resistivity values. The overall results exhibit that the topographic effect cannot be the only source of the extended resistant anomalies observed on the electrical resistivity mapping of the "Ban Non Tun" site, and indicate the existence of a very resistive layer on the surface.

Keywords: *applied geophysics, electrical resistivity, topographic effects, numerical modeling, spatial variability of soils, rubber tree plantation.*

1. INTRODUCTION

Depuis 1991 la Thaïlande est devenue le premier producteur et exportateur mondial de caoutchouc naturel. Pour répondre à une demande globale en forte croissance, le gouvernement Thaï a pris la décision de subventionner le développement des plantations d'hévéas dans le Nord-Est de la Thaïlande. Cette

région, et plus particulièrement la province de Khon Kaen, est caractérisée par un climat tropical semi-aride, bien loin des conditions climatiques favorables à la croissance des hévéas [Watanabe & al., 2004].

Les résultats de plusieurs travaux montrent que les propriétés électriques des sols sont liées à ses caractéristiques physico-chimiques (morphologie, texture, contenu en eau et en argile, salinité...) [Samouëlian et al., 2005]. La résistivité électrique peut donc s'avérer un paramètre performant pour caractériser la variabilité spatiale des sols.

Une cartographie de la résistivité électrique ρ_a a été réalisée pour étudier la variabilité des sols sur une plantation expérimentale d'hévéas située dans la région de Khon Kaen. La méthodologie de cartographie effectuée a permis d'obtenir des cartes de la variabilité spatiale des propriétés électriques du sol correspondant à trois profondeurs d'investigation différentes (0,5, 1 et 2 m environ) qui révèlent des anomalies résistantes étendues le long des rangs des arbres. Une superposition des isohypses sur la carte de ρ_a obtenue pour $a = 0.5$ m montre la cohérence entre les structures topographiques (rangs des arbres) et les anomalies résistantes étendues (Fig. 1). Il n'est cependant pas évident de relier ces anomalies directement au fonctionnement des systèmes racinaire des hévéas car dans ces conditions, les différences d'altitude entre les rangs et les inter-rangs peuvent engendrer des anomalies de résistivité électrique. En effet, les arbres sont plantés sur des structures topographiques surélevées, créées par l'agriculteur, ayant pour but de protéger les racines des hévéas d'un excès d'eau lors de la saison des pluies.

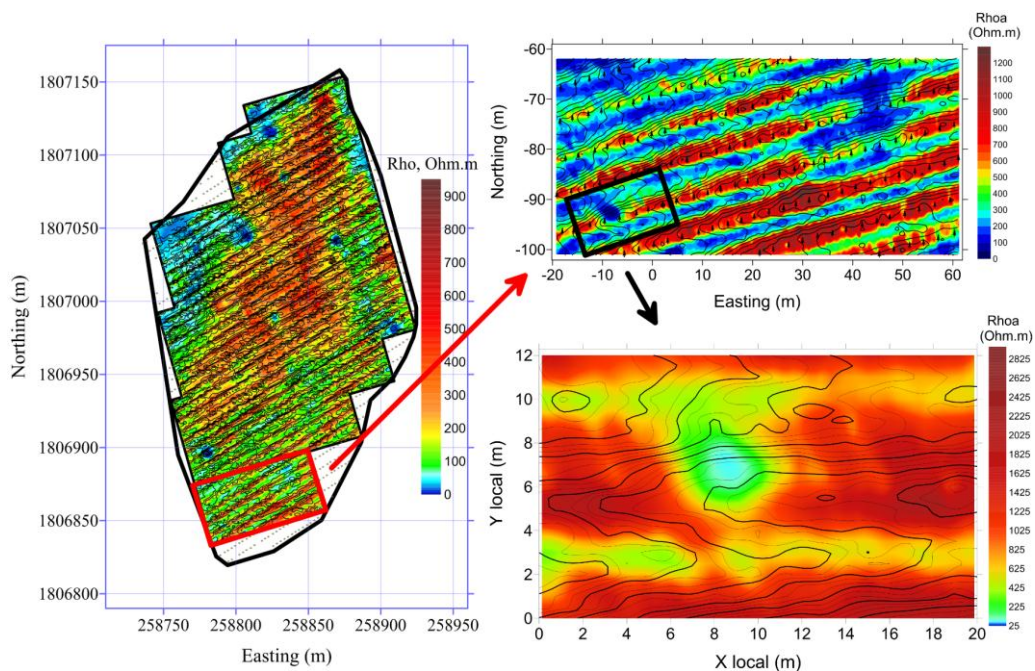


Figure 1. Superposition des isolignes topographiques sur la carte de résistivité électrique obtenue avec un écartement inter - électrodes de 0.5m (à gauche) et agrandissement de la zone d'étude située au Sud du site.

Plusieurs études ont été réalisées concernant l'influence de la topographie sur les mesures de la résistivité électrique apparente [Fox et al., 1980], mais les approches

et méthodes de corrections proposées sont difficiles à appliquer pour le site de Ban Non Tun à cause de présence d'une distribution très hétérogène de résistivité électrique dans le sol et des irrégularités topographiques. Afin de mieux identifier les sources des anomalies observées sur la carte de résistivité électrique, une zone restreinte (20m x 12m) a été choisie dans la partie Sud-Ouest du site pour réaliser des prospections plus détaillées. Cette zone, centrée sur une ligne d'arbres, regroupe à la fois des anomalies résistantes étendues et une anomalie conductrice sur la structure topographique surélevée.

2. RESULTATS DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE ET DE MODELISATION

Les résultats des cartographies détaillées de résistivité électrique apparente obtenus par différents dispositifs (« pôle-pôle », « dipôle-dipôle » et « Wenner- α ») ont été comparés pour étudier les différences entre les résultats obtenus sur la même structure topographique.

Les parties surélevées du relief correspondant aux lignes des arbres ont été mises en place en extrayant le sol des zones inter rangs pour le transférer sur les lignes des arbres. Cette opération a très certainement entraîné une dégradation importante de la structure de ces sols, ce qui pourrait expliquer les valeurs élevées de la résistivité électrique. Les dispositifs « Wenner- α » et « dipôle-dipôle » (avec un écartement de 0.25 m) permettent de mieux caractériser les structures superficielles, on peut donc supposer que l'épaisseur de la couche résistante est très limitée, probablement inférieure à 20 cm.

Nous avons utilisé les résultats des cartographies obtenus avec des profils parallèles (orientation 00°) et perpendiculaire (orientation 90°) à la structure topographique en configuration « pôle-pôle » et un écartement inter-électrodes de 0.25 m pour calculer l'indice d'anisotropie dans le plan horizontal. Il est connu que l'influence du relief sur les mesures de résistivité électrique dépend de l'alignement des électrodes par rapport à la structure topographique [Fox *et al.*, 1980]. L'effet topographique devrait engendrer des différences entre les valeurs de ρ_a mesurées pour les deux orientations du dispositif avec des indices d'anisotropie plus élevés à l'emplacement de la structure topographique. Les résultats obtenus montrent que la zone correspondant à la structure topographique est caractérisée par des indices proches de 1. Ceci met en évidence que l'effet topographique est faible par rapport à l'influence de la couche superficielle résistante.

Les résultats obtenus sur un profil perpendiculaire à l'axe de la structure topographique montrent des anomalies résistantes importantes correspondant au rang d'arbres pour les écartements inter-électrodes $a = 0.5\text{m}$ et $a = 1\text{m}$ (Fig. 2).

Les valeurs de résistivité électrique apparente mesurées au-dessus des rangs d'arbres sont du même ordre de grandeur pour les deux orientations de dispositif. Il est difficile de distinguer de différences des valeurs de ρ_a correspondant aux rangs et aux inter-rangs sur le profil obtenu avec un écartement d'électrodes de 2m.

L'influence des structures topographiques sur les valeurs de la résistivité électrique apparente a été évaluée à l'aide de calculs numériques réalisés avec le logiciel COMSOL. Ce logiciel utilise la méthode des éléments finis avec un

maillage tétraédrique non-structuré qui permet de modéliser des structures topographiques relativement complexes [Rücker et al., 2006].

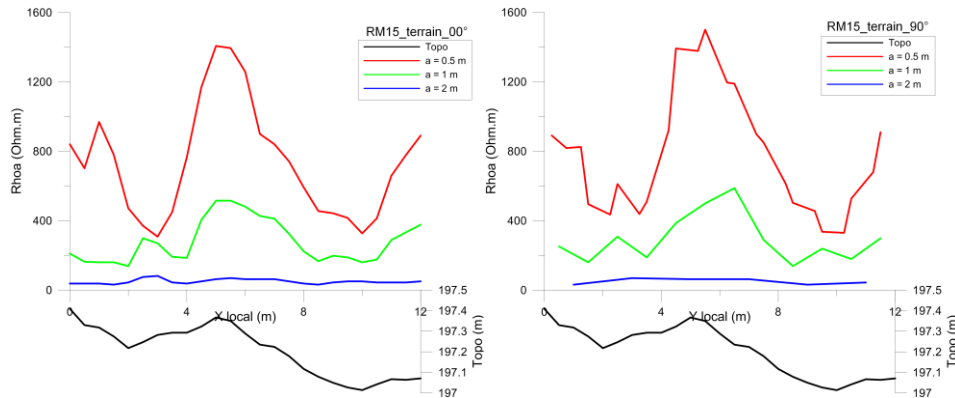


Figure 2. Résistivités électriques apparentes mesurées sur le site de Ban Non Tun par RM15 sur un profil perpendiculaire à la structure topographique (a. orientation 00°, b. orientation 90°).

Les résultats de calculs numériques obtenus sur un modèle homogène de résistivité électrique de 1000 $\Omega \cdot m$ présentant une structure topographique de hauteur $h=0.5m$ et de largeur $L=4 m$ montrent des anomalies résistantes assez nettes correspondant au sommet de la structure topographique pour les deux orientations d'alignement des électrodes. Cependant, les formes des courbes et les amplitudes calculées ne correspondent pas à celles observées sur le terrain. L'effet topographique ne peut donc pas expliquer à lui seul les anomalies résistantes étendues présentes sur la carte de résistivité électrique du site de Ban Non Tun.

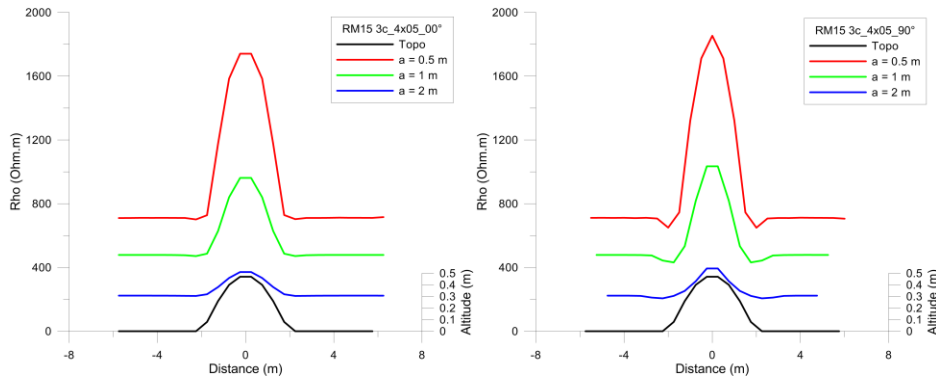


Figure 3. Résistivités apparentes calculées pour un modèle à trois couches ($\rho_1=3000 \Omega \cdot m$, $\rho_2=1000 \Omega \cdot m$, $\rho_3=100 \Omega \cdot m$, $L=4 m$ et $h = 0.5 m$) avec 3 écartements d'électrodes (a. orientation 00°, b. orientation 90°).

Une tomographie de résistivité électrique a montré la présence d'une couche résistante d'environ 1 m d'épaisseur (correspondant probablement au sol) au-dessus d'un substratum conducteur. Ces résultats ont servi de base pour construire un autre modèle à trois couches ($\rho_1=3000 \Omega \cdot m$, $\rho_2=1000 \Omega \cdot m$ et $\rho_3=3000 \Omega \cdot m$) en utilisant les mêmes paramètres de la structure topographique.

Les résultats obtenus pour ce modèle montrent des anomalies résistantes très marquées à l'aplomb de la structure pour les 3 écartements inter-électrodes et les deux orientations de dispositif (Fig. 3). Les caractéristiques des courbes obtenues par la modélisation sont proches de celles observées sur le terrain. Nous pouvons donc conclure que les paramètres du modèle correspondent bien aux caractéristiques du site expérimental.

Conclusions

L'analyse des résultats des cartographies détaillées de la résistivité électrique apparente, réalisées sur le site avec différentes configurations et écartements d'électrodes, nous permet d'estimer les contributions des différentes sources d'anomalies géophysiques.

Les calculs numériques montrent qu'un effet topographique seul ne permet pas d'expliquer les anomalies de résistivité électrique apparente observées sur le terrain lors de la cartographie et indiquent la présence d'une couche résistante superficielle, très certainement d'origine anthropique, correspondant aux rangs des arbres.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Fox, R. C., G. W. Hohman, T. J. Killpack, and L. Rijo (1980), Topographic effects in resistivity and induced-polarization surveys, *Geophysics*, 45(1), 75.
- Rücker, C., T. Günther, and K. Spitzer (2006), Three-dimensional modelling and inversion of dc resistivity data incorporating topography – I. Modelling, *Geophysical Journal International*, 166(2), 495-505.
- Samouëlian A., Cousin I., Tabbagh A., Bruand A., Richard G., 2005. Electrical resistivity survey in soil science: a review. *Soil & Tillage Research* **83**, 173–193.
- Watanabe, K., T. Yamamoto, T. Yamada, T. Sakuratani, E. Nawata, C. Noichana, A. Sributta, and H. Higuchi (2004), Changes in seasonal evapotranspiration, soil water content, and crop coefficients in sugarcane, cassava, and maize fields in Northeast Thailand, *Agricultural Water Management*, 67(2), 133-143.