

CARTOGRAPHIE DE L'ÉPAISSEUR DES SOLS SUR SUBSTRAT HÉTÉROGÈNE : APPROCHE PAR MÉTHODES ÉLECTRIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES

HINSCHBERGER F.¹, BOURENNANE H.², CHARTIN C.¹, SALVADOR-BLANES S.¹, MACAIRE J.J.¹

¹ Université François-Rabelais de Tours, CNRS/INSU, Université d'Orléans, UMR 6113 ISTO, Laboratoire de géologie, Avenue Monge, F - 37200 Tours (France), florent.hinschberger@univ-tours.fr

² INRA - Unité de Science du Sol, 2163 avenue de la Pomme de Pin, CS 40001 Ardon, 45075 Orléans Cedex 2 (France), hocine.bourennane@orleans.inra.fr

RÉSUMÉ

Avec l'automatisation des mesures, la géophysique est de plus en plus utilisée pour prédire l'épaisseur des sols sur de grandes surfaces, en complément des informations ponctuelles fournies par les sondages pédologiques. Parmi les différentes méthodes, les prospections basées sur la mesure de la résistivité électrique donnent de bons résultats lorsque le substrat est homogène. Dans cette étude nous testons l'utilisation des méthodes électriques et électromagnétiques pour cartographier l'épaisseur du sol sur substrat hétérogène. Un traitement géostatistique des données permet de s'affranchir de l'influence de la variabilité du substrat. Les meilleurs résultats sont obtenus en intégrant aux mesures de résistivité la pente topographique.

Mots clés : épaisseur de sol, résistivité électrique, ARP, EM31.

ABSTRACT

MAPPING SOIL THICKNESS ON HETEROGENEOUS BEDROCK USING ELECTRIC AND ELECTROMAGNETIC SURVEY

Owing to the automation of the measurements, geophysics is now commonly used to predict soil thickness over large areas in addition to punctual information given by soil augering. Among the various geophysical tools, the methods based on electrical resistivity measurements give good results providing that the bedrock is homogeneous. In this study we use electric and electromagnetic methods to map soil thickness over an area with heterogeneous bedrock. Geostatistical analysis allows eliminating the bedrock variability influence. The most efficient predictions are obtained when integrating topographic slope to the resistivity data.

Key words: soil thickness, electrical resistivity, ARP, EM31.

1. INTRODUCTION

L'épaisseur des sols est un paramètre important à prendre en considération lorsque l'on s'intéresse aux processus d'érosion et d'accumulation sur les versants, ou à certaines propriétés des sols telles que leur réserve utile en eau. Les méthodes électriques et électromagnétiques, basées sur la mesure de la résistivité électrique ou de son inverse la conductivité électrique, permettent, dans les cas favorables, de cartographier rapidement l'épaisseur de sol sur de grandes surfaces (VITHARANA et al. 2008; CHAPLOT et al. 2010). Cependant, lorsque le substrat est hétérogène, la prédiction de l'épaisseur de sol par ces méthodes est plus délicate et nécessite une reconnaissance détaillée du substrat. Ce dernier peut en effet influencer sur la résistivité apparente mesurée en surface, soit de manière directe, surtout dans le cas d'un sol peu épais, soit de manière indirecte (liens entre la lithologie du substrat et la nature du sol). Dans cette étude nous testons l'utilisation des méthodes électriques et électromagnétiques, couplées à un traitement géostatistique des données géophysiques et pédologiques, pour prédire l'épaisseur des sols (horizons L+S) sur un versant cultivé du sud-ouest du Bassin Parisien.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

La caractérisation électrique du sol et du substrat a été réalisée sur l'ensemble du site d'étude (100 ha) au moyen d'une prospection ARP (Automatic Resistivity Profiling) et d'une prospection électromagnétique EM31 (méthode Slingram) permettant d'obtenir une cartographie haute résolution de la résistivité électrique du sol et du sous-sol avec 4 profondeurs d'investigation différentes (50 cm, 1 m et 2 m pour l'ARP, et 5 m environ pour l'EM31). 34 sondages électriques ont aussi été réalisés le long d'un transect recoupant le versant dans le but d'établir une coupe géo-électrique du sol et du substrat. Des traînées de résistivité ont enfin été effectuées aux endroits où l'épaisseur de sol varie fortement. L'épaisseur de sol a été mesurée en 650 points au moyen de sondages à la tarière sur une zone-test de 14 ha, censée être représentative de l'ensemble du site. Des corrélations entre l'épaisseur de sol et la résistivité ARP ont alors été établies pour chaque type de substrat reconnu grâce à la cartographie EM31, ainsi que pour l'ensemble de la zone-test (sans distinction du type de substrat) dans le but de pouvoir prédire l'épaisseur de sol. Le site présente un substrat carbonaté hétérogène - calcaire plus ou moins riche en sable ("tuffeau" local), calcaire décarbonaté - et est caractérisé par une grande variabilité de l'épaisseur de sol, allant de 20 cm à plus de 2 m au niveau des banquettes agricoles.

3. RÉSULTATS

3.1. Caractérisation géo-électrique du substrat

La carte EM31 (cf. Fig. 1) et la coupe géo-électrique établie à partir des sondages électriques (cf. Fig. 2) permettent de repérer précisément les limites d'affleurement de 3 types de substrat présents sur le site et de caractériser leur résistivité. Le "tuffeau blanc", en bas de versant, présente une résistivité moyenne et assez variable (10-50 Ω .m), inférieure à celle du "tuffeau jaune" plus sableux (50-130 Ω .m) qui le recouvre. Enfin, en haut de versant, le "tuffeau décarbonaté", enrichi en argile, est nettement moins résistant (<15 Ω .m).

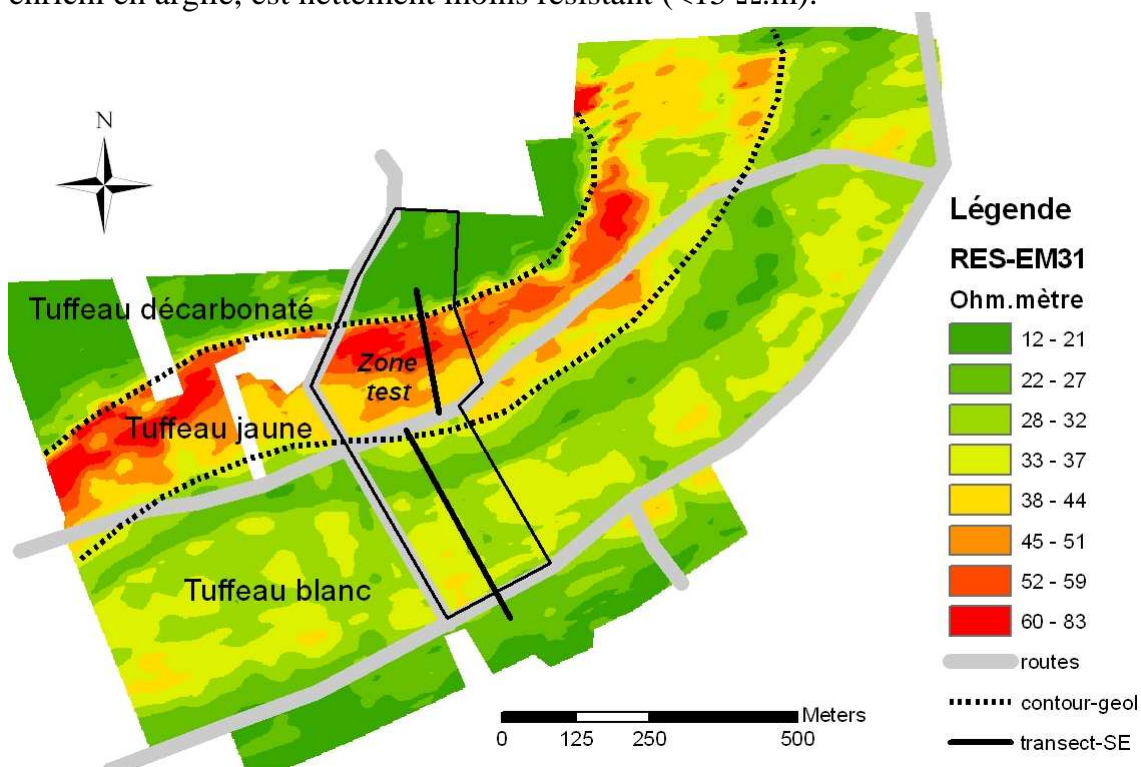


Fig. 1 - Carte de résistivité EM31 de l'ensemble du site d'étude montrant les différents substrats, la zone-test et le transect de sondages électriques

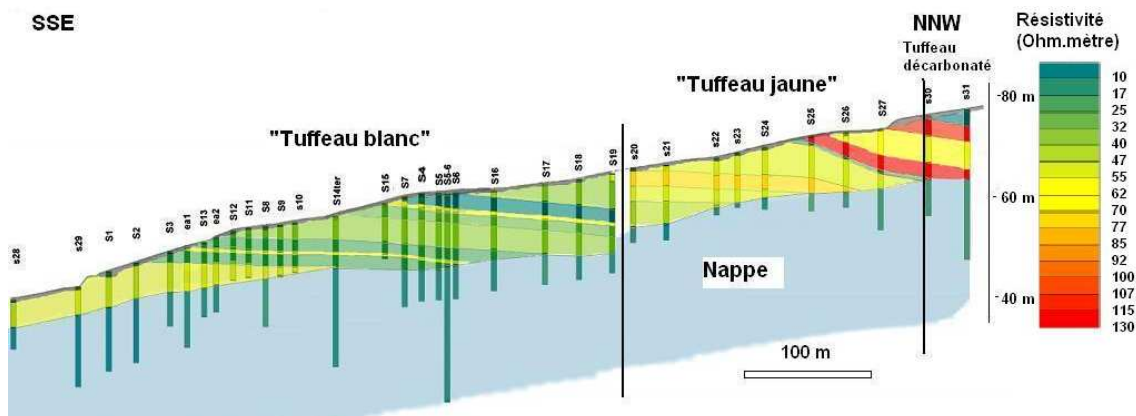


Fig. 2 - Coupe géo-électrique établie à partir des sondages électriques

3.2. Liens entre l'épaisseur des sols et la résistivité ARP

Il existe une bonne relation entre l'épaisseur de sol et la résistivité ARP sur le "tuffeau jaune" (cf. Fig. 3a), ce qui peut être expliqué par le fort contraste de résistivité entre le sol et le substrat. Par contre aucun lien n'apparaît sur le "tuffeau décarbonaté", où la résistivité est surtout fonction de la teneur en argile des sols, ni sur le "tuffeau blanc", où la résistivité semble plutôt refléter les variations lithologiques du substrat (alternance de bancs plus ou moins marneux et/ou sableux). Pourtant les sondages électriques et les traînées de résistivité montrent clairement que l'épaisseur de sol influe sur le signal électrique, mais les bonnes relations qui existent à l'échelle locale disparaissent à l'échelle régionale. Afin d'éliminer l'influence du substrat sur le signal géophysique et d'améliorer la prédiction de l'épaisseur de sol sur l'ensemble de la zone-test, un traitement géostatistique a été réalisé sur les données de résistivité (ACP entre les 3 voies ARP et filtrage des variations régionales). Le résultat obtenu (cf. Fig. 3b) est assez bon, notamment lorsque l'épaisseur de sol est inférieure à 1 m. Il peut être encore amélioré si l'on ajoute comme variable auxiliaire la pente topographique (cf. Fig. 3c), autorisant finalement l'utilisation de la géophysique pour cartographier l'épaisseur de sol sur de vastes surfaces sans qu'il soit nécessaire de considérer les hétérogénéités du substrat.

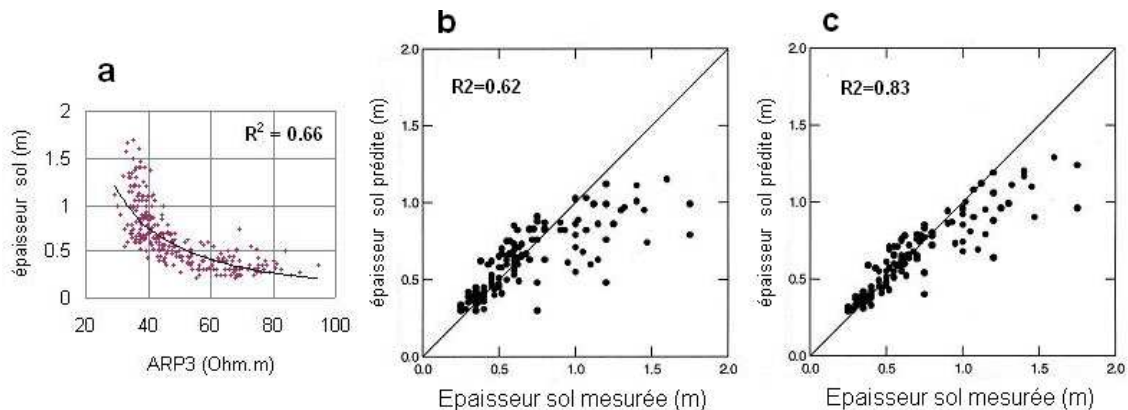


Fig. 3 - (a) Corrélations entre la résistivité électrique (ARP) et l'épaisseur de sol sur le tuffeau jaune ; (b) corrélation entre l'épaisseur de sol mesurée et l'épaisseur de sol prédite par le modèle sur l'ensemble de la zone test; (c) idem (b) en ajoutant la pente topographique comme variable auxiliaire

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHAPLOT V., LORENTZ S., PODWOJEWSKI P. JEWITT G., 2010** – Digital mapping of A-horizon thickness using the correlation between various soil properties and soil apparent electrical resistivity. *Geoderma* 157, 154-164.
- VITHARANA U.W.A., SAEY T., COCKX L., SIMPSON D., VERMEERSCH H., VAN MEIRVENNE M., 2008** – Upgrading a 1/20,000 soil map with an apparent electrical conductivity survey. *Geoderma* 148, 107-112.