

# *P*rospection électrique pour l'étude de glissement de terrain dans la région volcanique du Pichincha (Equateur)

**Marie-Hélène Ardisson<sup>1,2,3</sup>, Yves Albouy<sup>1</sup>, Vincent Risser<sup>2</sup>, Xu Shi Zhe<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> ORSTOM, 32 avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy, France

<sup>2</sup> ORSTOM, A.P. 1711, 6596 Quito, Equateur

<sup>3</sup> Laboratoire de Géophysique d'Orléans, 30 avenue de la Recherche Scientifique, 45071 Orléans, France

<sup>4</sup> Institute of Geology and Geophysics, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003, Pop. Rep. of China

## Abstract

The aim of this work was to evaluate the landslides risks on the volcano El Pichincha in Ecuador, in estimating the thickness of the conductive layer that may slide.

The method used were electrical Schlumberger soundings. The main problem encountered during the interpretation was the topographic effect

A correction had been used that revealed the real apparent resistivity curve and the anisotropy of the site.

## Introduction

Dans le cadre d'un projet équatorien SISHILAD, lancé par L'EMAAP-QUITO, l'entreprise d'eau potable de la ville de Quito, des prospections géophysiques ont été réalisées sur les flancs du volcan El Pichincha .

Cette note présente les principaux résultats obtenus en sondages électriques Schlumberger qui contribuent à la compréhension de la nature des terrains et de leur répartition spatiale.

La méthode utilisée pour la prospection est classique mais son utilisation en région montagneuse est difficile, des traitements de correction topographique étant nécessaires dans certains cas.

## Cadre géologique et limites du terrain

L'étude a été faite entre 2 900 m et 4 100 m d'altitude, partant de zones habitées qui reposent sur d'épaisses couches de cendres jusqu'aux crêtes. Des études pédologiques ont montré la présence de deux fines couches de pierres ponces blanches (20 cm d'épaisseur en moyenne).

Les données géologiques de base étant peu nombreuses, des compléments ont été apportés par l'observation directe sur le terrain. De nombreuses voies d'eau, dites acéquiás, découpent le paysage. Elles limitent ainsi les lieux de sondages possibles. En effet, il est difficile d'étendre des câbles de plus de 100 m de long sans rencontrer de cours d'eau, or, 100 m est la longueur minimale nécessaire en AB/2 pour obtenir une courbe de résistivité apparente significative. Il a fallu parfois étendre les lignes dans le sens de la pente. D'autre part, d'anciens glissements sont recouverts par la végétation. Il est souvent difficile de se rendre compte de cette situation lorsque l'on se trouve sur le terrain. L'on peut, malencontreusement, effectuer un sondage sur des terrains de nature différente qui semblent a priori identiques : le terrain glissé et le terrain en place. De très fortes hétérogénéités latérales peuvent apparaître dans ce cas : ces glissements superficiels sont fréquents et peuvent s'étendre sur 150 m de long.

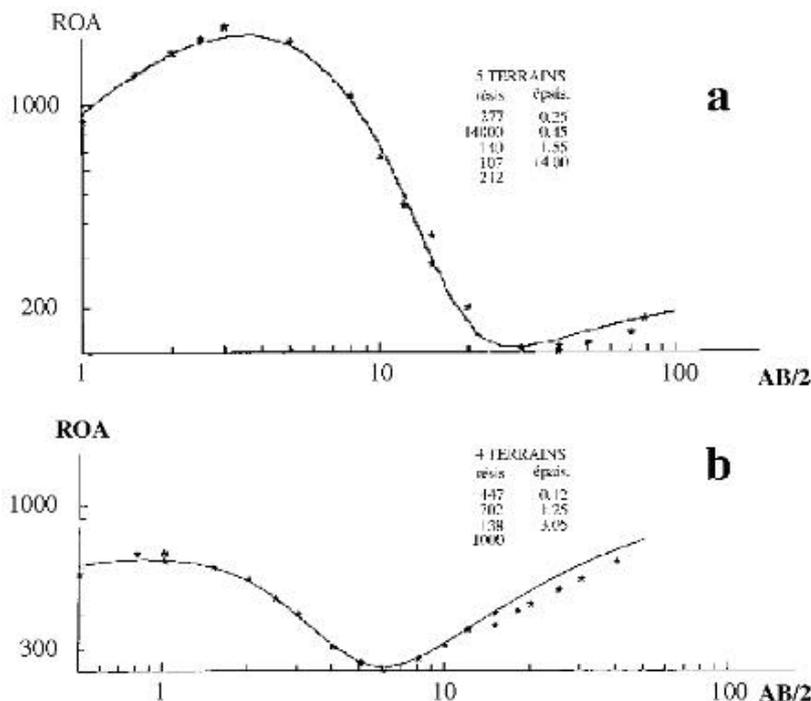


Figure 1 - Deux modèles interprétatifs 4 ou 5 terrains et les courbes correspondantes en trait plein. Les valeurs mesurées sont figurées par des points

L'eau de pluie qui s'infiltre se retrouve dans le rio. Mesurer la conductivité de l'eau du rio permet d'imposer une limite maximale à la conductivité du terrain

Au fond des vallées, la résistivité de l'eau du rio est de 60 m. Cette valeur augmente en altitude, l'eau y étant plus pure.

## Interprétation

Les courbes de résistivité obtenues sont de type quatre ou cinq terrains (**figures 1a et 1b**).

En imposant les deux couches de pierres ponces très résistantes lors de l'interprétation, on obtient un deuxième terrain très résistant, à plus de 10 000 Ohm.m (**figure 1a**).

Des glissements ont été observés dans les zones médianes : les secteurs où l'on a trouvé une épaisseur de terrain conducteur plus importante qu'ailleurs. Nous avons observé sur un glissement récent que l'instabilité du

terrain était due à une couche de sable oxydé d'origine inconnue, où les traces de circulation de fluides sont nettement visibles. Cette couche se trouve à environ 2 m de profondeur, elle est épaisse de 2,50 m. Un sondage a été fait au-dessus de ce glissement (**figure 1b**) et a permis d'obtenir la résistivité du terrain qui provoque le risque : environ 140. L'interprétation unidimensionnelle a été réalisée avec un programme du CNRS de Garchy (J. Tabbagh) et un programme russe IPI-1D (V. Shevnin). Une interprétation à 2 dimensions a été tentée mais l'éloignement des sondages rend cette approche difficile.

Il a été néanmoins possible de comparer les sondages des différentes zones et de voir aussi l'évolution du terrain conducteur, des crêtes aux zones basses. Les résistivités sont plus élevées sur les crêtes et beaucoup plus faibles dans les zones médianes.

Dans les zones basses, les couches conductrices sont plus épaisses : c'est la Kongawa, une couche de cendres compactées qui retient l'eau. Les habitations sont construites sur cette terre très stable et malgré son importante conductivité, les risques dans cette zone sont minimes. Seules les zones médianes présentent des caractéristiques propices aux risques de glissement, c'est-à-dire que l'instabilité du terrain est due aux pierres ponceuses et aux sables, lieux d'une importante circulation des fluides.

## La topographie

Les problèmes dus à la topographie sont connus en prospection géophysique, souvent mentionnés, rarement pris en compte numériquement. Bien que la plupart des sondages aient été effectués parallèlement aux lignes de niveau, l'extension des lignes à 100 m en AB/2 ne peut qu'induire certaines erreurs dues à la topographie. Les dernières résistivités apparentes qui augmentent ou diminuent brutalement en fin de courbes peuvent être dues respectivement à une bosse ou un creux topographique en fin des lignes. Les dernières données sont alors peu fiables. Une correction topographique est nécessaire, ceci impliquant une connaissance exacte de la géométrie du profil. Ainsi, deux sondages ont été corrigés par un programme de correction topographique, développé par l'un de nous (Xu Shi Zhe). L'un des sondages, Antenne 2, a été mené perpendiculairement au sens d'une coulée, et l'autre, Antenne 3, le long de la coulée (**figure 2**). Une faible longueur en AB/2 du sondage perpendiculaire est insuffisante pour comparer deux sondages en croix car les différences apparaissent pour des AB/2 assez grands. Néanmoins, sur les sondages en croix effectués, il est possible de voir les effets dus à la topographie et de calculer une résistivité apparente due à la topographie,  $\rho_{top}$ . La résistivité corrigée de la topographie est  $\rho_{cor}$  avec  $\rho_{cor} = \rho_{obs} / \rho_{top}$

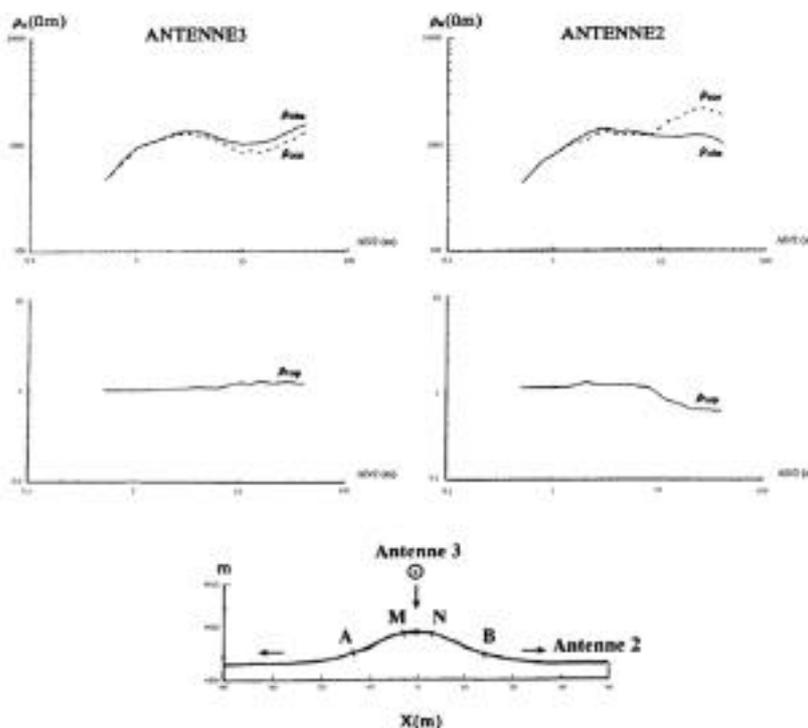


Figure 2 - Effet de la topographie, représentée au bas, soit parallèlement à l'axe : antenne 3 ; soit perpendiculairement : antenne 2



Figure 3 - Photographie de la section topographique

$\rho_{obs}$  étant la résistivité apparente mesurée. Le sondage Antenne2, perpendiculaire à la coulée, présente, avant correction, une faible chute des résistivités à partir de  $AB/2=20$ . Le sondage parallèle à la coulée, Antenne 3, montre une courbe de résistivité apparente qui croît pour des  $AB/2$  élevés. La correction topographique est considérable sur Antenne 2 pour les  $AB/2$  supérieurs à 10 m, et se traduit par une forte remontée des résistivités apparentes. La courbe de résistivité corrigée reste différente de la courbe de mesure le long de la cou-

lée, ce qui ne nous surprend pas étant donnée la forte anisotropie que l'on peut attendre suivant le sens de la coulée et suivant sa perpendiculaire.

### Conclusion

Bien que la méthode de prospection soit simple, il est souvent nécessaire de corriger les données mesurées de l'effet topographique, et donc de mesurer, à mieux que le mètre, les différences d'altitude sur un sondage. Les sondages en croix menés pour étudier l'anisotropie d'un terrain peuvent être utilisés à titre de comparaison dans un terrain à fort relief.

Les problèmes de topographie ont été évités tant que possible durant cette étude, en orientant les sondages électriques parallèlement aux courbes. Aussi, les résultats obtenus quant à la détection des terrains à risques restent fiables. On peut confirmer la fragilité des terrains des zones médianes. Le risque pour la population reste faible étant donné l'éloignement des régions habitées par rapport au volume susceptible de glisser.