

A

pport des imageries électriques et radar à la reconnaissance des couvertures d'altération, bassin versant de Nsimi (Cameroun)

**Marc Descloîtres^{1,2}, Henri Robain¹, Michel Dabas²,
Christian Camerlynck², Yves Albouy¹**

1 ORSTOM, 32 avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy cedex, France

2 Université P. et M. Curie, Département de Géophysique Appliquée, 4 place Jussieu, case 105, 75252 Paris Cedex 05, France

Abstract

The tropical soils systems cover more than 1/3 of the emerged earth. The knowledge of the shallow structures is crucial for the understanding of global pedological functioning of soils. Multifrequency radar and pole-pole multi-electrode DC resistivity surveys were conducted here along the 950 meters long main traverse of Nsimi watershed to delineate the main pedological horizons. The results of pole-pole survey are interpreted using RES2DINV software, which allows a rapid 2-D inversion. The resulting image shows the main structures from shallow depth to more than 80 meters deep. Features like major fault, bedrock topography or altered zones are clearly defined. In order to image the shallower part of the section, the radar and a more detailed electrical section are presented together and compared to dense pedological observations available on this traverse. In the first ten meters, the main radar reflectors at 25 MHz and iso-resistivity curves correlate themselves. This allows to give precise indications to the pedologist who can locate more accurately observation pits or borehole investigations as well as to give precise geometrical limits to pedo-hydrogeologic models.

Un radar géologique et un système électrique multi-électrodes ont été utilisés sur le même site pour caractériser la géométrie des horizons pédologiques. De la surface vers la profondeur, on rencontre successivement (Robain et al., 1996) :

- les horizons meubles superficiels (200 - 500 Ohm.m) ;
- les horizons ferrugineux : gravillons, cuirasse ou carapace (200 - 4 000 Ohm.m) ;
- le saprolite (argiles, 200 - 600 Ohm.m) ;
- le bedrock granitique (7 000 Ohm.m).

Nous présentons dans cette étude les mesures réalisées sur le layon le mieux reconnu par les investigations hydro-pédologiques (**figure 1**) : 45 trous de tarière, 11 fosses, 1 forage, 14 piézomètres.

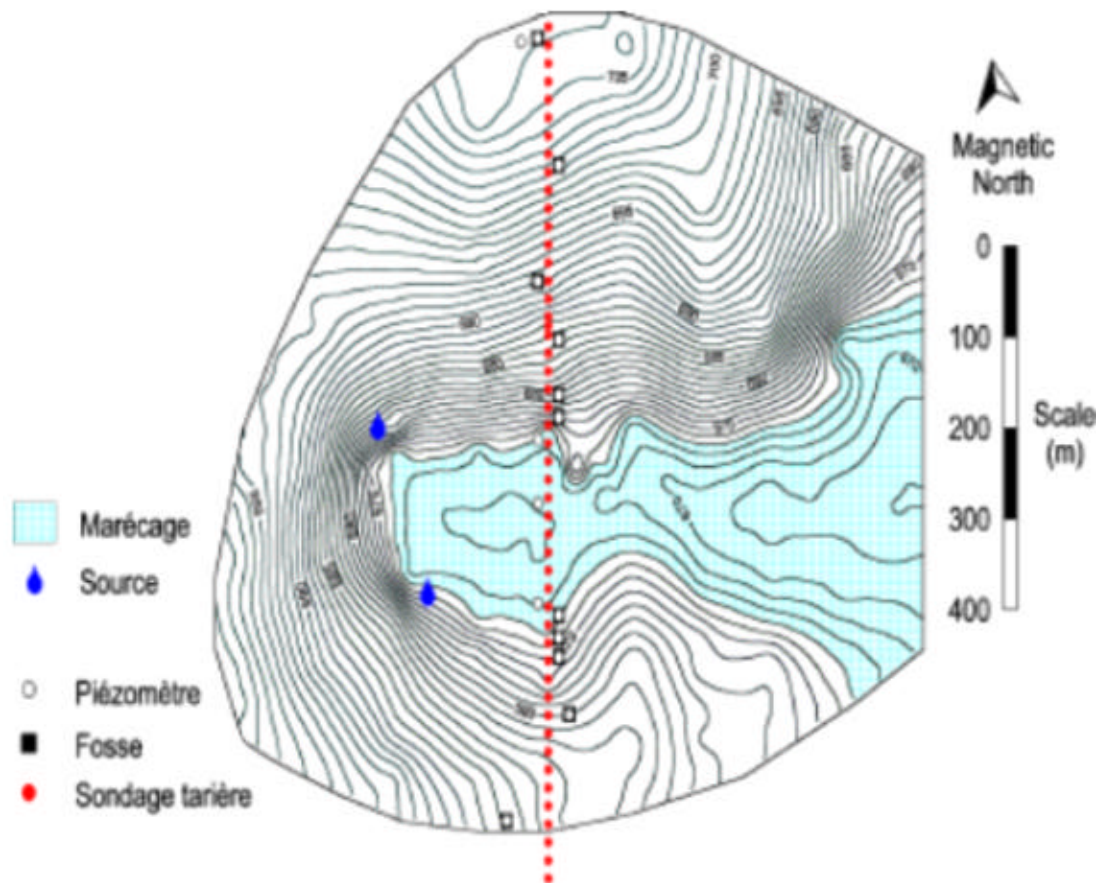


Figure 1 - Site expérimental du bassin versant de Nsimi (Cameroun)

Données expérimentales

❖ *Electrique multi-électrodes*

Les mesures ont été réalisées avec un système Lund à 64 électrodes de la société Abem. Nous avons couvert la totalité du layon de 950 m avec un écartement entre les électrodes égal à 2 ou 4 m et utilisé un dispositif pôle-pôle (N et B à l'infini), l'écartement maximale du dipôle AM valant respectivement 48 ou 96 m. En 10 jours, 5 350 valeurs de résistivité ont été enregistrées, avec une erreur généralement inférieure à 2%, grâce à la qualité des prises de terre.

❖ Radar géologique

Nous avons utilisé le radar Pulse Ekko 100 de Sensors et Software avec quatre antennes de fréquence croissante : 25, 50, 100 et 200 MHz et des pas d'échantillonnage au sol respectifs compatibles de 1, 0,5, 0,2 et 0,2 m. La végétation forestière rend le déploiement des antennes difficile et 10 jours ont été nécessaires pour couvrir la totalité du layon.

||| Résultats et interprétation

❖ Panneau électrique

Pour inverser les données des panneaux électriques, nous utilisons le logiciel RES2DINV (Loke et Barker, 1996). Nous donnons deux exemples de traitement. La **figure 2** présente les résultats de l'inversion pour un écartement entre électrodes de 4 m et donc une profondeur d'investigation de près de 90 m. L'on remarque de prime abord que l'image de la résistivité en fonction de la profondeur ne présente pas des contours bien tranchés : en effet, le procédé d'inversion privilégie les gradients faibles et l'interpolation crée, autour d'un corps de résistivité très contrasté avec celle de son environnement, une sorte de halo de résistivités intermédiaires.

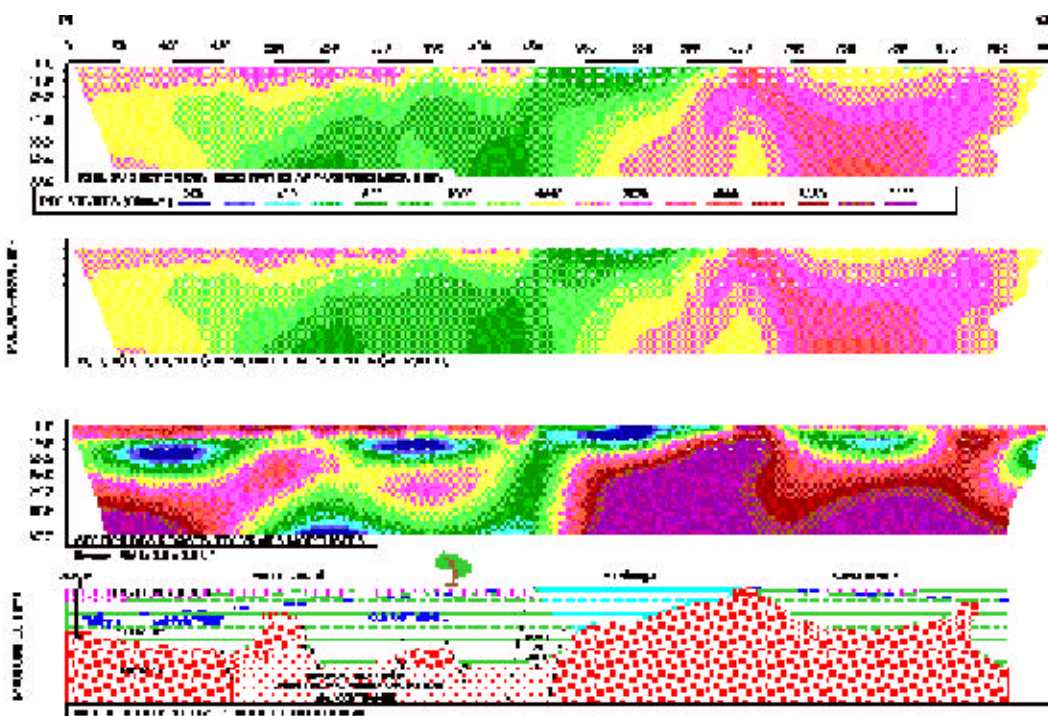


Figure 2 - Interprétation 2D des panneaux électriques (layon 6, pas d'écartement entre électrodes : 4 m)

Les éléments suivants sont néanmoins facilement visibles :

- verticalement, les principaux horizons pédologiques sont bien différenciés :
 - cuirasse, carapace, gravillons 1 000-4 000 Ohm.m ;
 - saprolite 250-1 000 Ohm.m ;
 - bedrock 1 000-8 000 Ohm.m ;
 - en revanche, le niveau phréatique, repéré par les piézomètres, n'est pas mis en évidence.

- latéralement :
 - le toit du bedrock présente des ondulations caractéristiques aux environs de 20-40 mètres de profondeur ;
 - une structure verticale est nettement repérée à l'abscisse 450, cette discontinuité correspondant sans doute à une faille majeure à l'échelle du bassin ;
 - au nord, deux monolithes semblent détachés du bedrock au sein d'une zone d'altération importante ;
 - au sud, les contrastes de résistivité sont mieux marqués : le bedrock semble moins altéré et atteint presque la surface en deux endroits (abscisses 660 et 870), alors qu'on n'observe pas d'affleurement encadrant une zone d'altération ;
 - au nord comme au sud, plusieurs compartiments conducteurs s'individualisent sous les gravillons résistants, à des profondeurs de la dizaine à quelques dizaines de mètres ;
 - le corps conducteur qui serait situé entre les abscisses 200 et 400 est improbable à une profondeur aussi grande ; il s'agit vraisemblablement d'un artefact qui reste à expliquer.

❖ Radar

Le panneau électrique plus superficiel, à pas de 2 m, est interprété en relation avec la coupe radar (**figure 3**). Nous avons choisi de présenter la coupe radar obtenue avec l'antenne de 25 MHz, fréquence qui, malgré son plus faible pouvoir de résolution, possède la plus grande profondeur de pénétration (Davis et Annan, 1989). Sur cette image faiblement traitée (filtrages passe-bas temporel et spatial), des réflexions aériennes, dues à la canopée, gênent l'interprétation profonde. La vitesse moyenne, obtenue par analyse de vitesse (Common Mean Point), permet une correspondance entre les temps de propagation et les profondeurs.

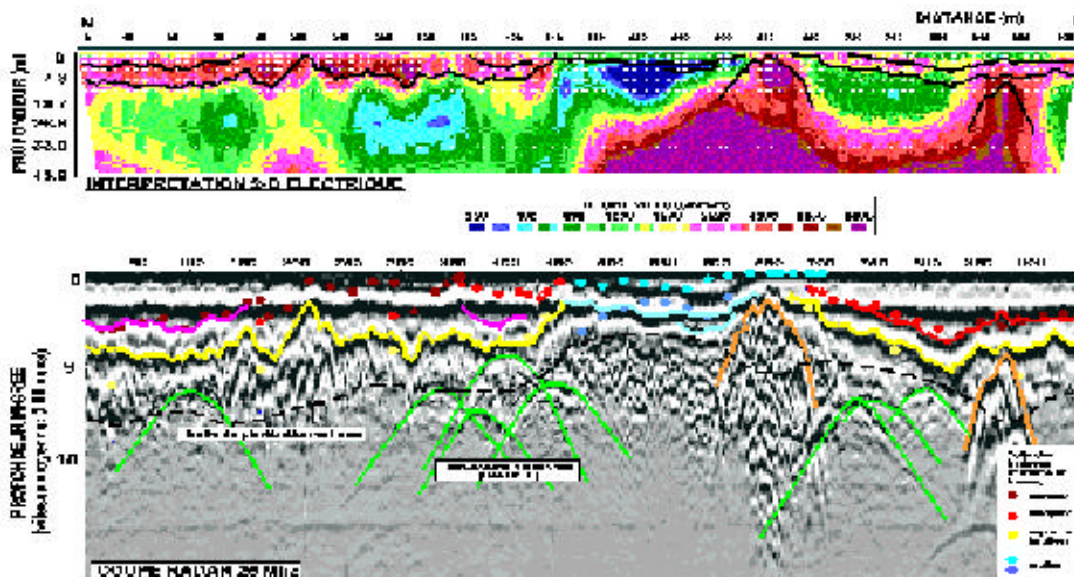


Figure 3 - Corrélation entre les sections radar et électrique (layon 6).

Radar, pas d'échantillonnage en distance : 1 mètre ; électrique, pas d'écartement entre électrodes : 2 mètres.

Les principales structures, à moins de 10 m de profondeur, sont bien vues par le radar, notamment le toit du saprolite et les deux remontées du bedrock à 660 et 870 m, mais les horizons plus superficiels sont mal discriminés à cette fréquence. En général, les observations à la tarière ou en fosse confirment l'interprétation du radar, interprétation qui permet d'interpoler les données discontinues des trous et des fosses.

Sur la coupe électrique, nous avons reporté à la même échelle les interprétations du radar. Nous pouvons établir les constatations suivantes :

- les ondulations du toit du saprolite coïncident ainsi que les positions et les formes des pointements du bedrock au sud ;
- au nord, l'interprétation électrique semble surestimer l'épaisseur des horizons latéritiques ;
- au centre, dans le marécage, la corrélation des deux interprétations est grossière sur le toit des argiles remplissant la cuvette ;
- le toit de la nappe n'est pas mis en évidence par le radar.

Néanmoins, dans l'ensemble, les interprétations conjointes du radar et de l'électrique sont intéressantes pour le positionnement adéquat des fosses sur les secteurs clefs d'un layon. Dans notre cas à Nsimi, l'interprétation géophysique peut être calée sur un ensemble très dense de données de terrain. Il sera ensuite possible d'étendre les interprétations aux autres profils pour tenter la reconnaissance tri-dimensionnelle des principales structures et du fonctionnement hydrodynamique du bassin.



Bibliographie

Loke M.H., Barker R.D., 1996. Rapid least-square inversion of apparent resistivity pseudo-sections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, 131-152.

Robain H., Descloitres M., Ritz M., Yene Atangana O., 1996. A multiscale electrical survey of a lateritic soil system in the rain forest of Cameroon. *Journal of applied Geophysics*, 34, 237-253.

Davis J.L., Annan A.P., 1989. Ground penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37, 531-551.