

## Sondage Magnetotellurique Profond sur le Craton Ouest Africain (Republique de Haute-Volta)— Esquisse de Modeles pour le Craton Ouest-Africain

M. RITZ

*Orstom de Dakar, B.P. 1386, Dakar, Senegal*

(Received January 23, 1982; Revised June 4, 1982)

A magnetotelluric sounding is carried out in the period band ranging from 15 to 10,000 sec on the West-African craton in the Upper Volta Republic. The site is located geologically on the Birrimian formations (2,000 m.y.). Bi-dimensional modelling suggests a conductive layer in the upper mantle at a depth of 130 km. We have to assume a layer of high mantle resistivity, extending from 150 to at least 465 km depth. An ultimate reduction to 10 ohm-m occurs at 465 km depth. Resistivity models for the West African craton are presented (Senegal-Upper Volta-Niger). They imply a general reduction in mantle resistivity between 80 and 130 km. With these models we can find no crust-upper mantle transition from the viewpoint of resistivity. The upper mantle resistivity of 3,000 ohm-m may be taken as representative of the resistivity for the African Shield.

### 1. Introduction

Depuis plusieurs années, la section géophysique de l'ORSTOM au Sénégal a entrepris des études de sondage magnétotellurique (MT) sur le craton ouest africain et sur ses bordures (Sénégal-Mali-Haute-Volta et Niger). Sur le craton ouest africain les stations espacées d'une trentaine de kilomètres sont disposées le long d'un profil de direction sensiblement Est-Ouest entre 12°30' et 14° de latitude nord (Fig. 1). Jusqu'à présent ces études ont été limitées dans la gamme de période comprise entre 15 et 1,000 sec ce qui nous donnaient grossièrement le profil résistivité-profondeur jusqu'à 100 km. A cette profondeur, sur l'ensemble des régions étudiées, nous avons constaté une chute brutale de la résistivité entre 80 et 130 km de profondeur (RITZ, 1982). Cette zone de transition haute-basse résistivité pourrait correspondre à la base de la lithosphère. De nombreux sondages MT impliquent en général sur les continents une réduction de la résistivité du manteau supérieur à des profondeurs comprises entre 60 et 120 km (SCHMUCKER and JANKOWSKI, 1972). Un second niveau de haute résistivité peut exister dans le manteau supérieur et s'étendre jusqu'à 200-400 km de profondeur (BLOHM, 1977; HAAK, 1977; LILLEY *et al.*, 1981). Aucune explication physique ne semble expliquer l'existence de ce niveau de haute résistivité. Les faibles résistivités dans les niveaux supérieurs du manteau s'accordent bien avec les données de laboratoire sur les roches ultrabasiques entre 1,000° et 1,500°C (TOZER, 1970; DUBA *et al.*, 1974).

Ces études profondes sont difficiles dans les régions avec une couverture sédimentaire, même faible. C'est pourquoi nous avons entrepris un sondage MT sur le craton ouest africain où les matériaux sont très vieux et possèdent des résistivités importantes.

29 NOV 1983

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 3976 ex 1

Cote B

B3976 ee 1

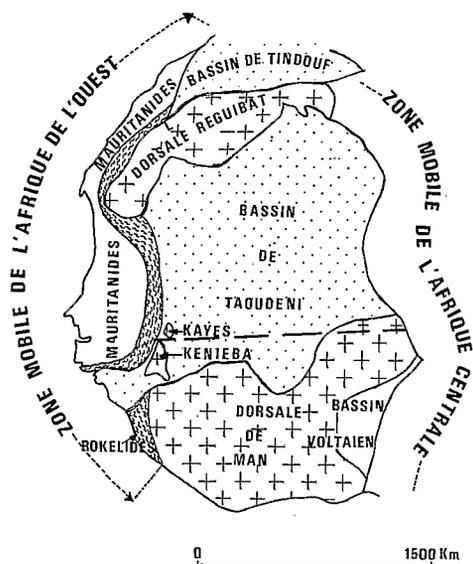


Fig. 1. Carte tectonique simplifiée de l'Afrique de l'Ouest. Le craton ouest-africain est limité à l'Ouest par la zone mobile de l'Afrique de l'Ouest (Mauritanides) et à l'est par la zone mobile de l'Afrique Centrale. Le profil MT est représenté par un trait discontinu.

Ce sondage a été effectué sur le site de Dori (Lat.  $14^{\circ}02'N$ , Long.  $00^{\circ}02'W$ ) en République de Haute-Volta à environ 150 km de la bordure orientale du craton ouest africain.

La quasi totalité de la surface de la contrée est constituée par des formations précambriennes qui disparaissent à l'ouest sous les plateaux primaires de la région de Bobo-Dioulasso. C'est surtout le précambrien moyen (birrimien) qui est représenté. Le socle birrimien est constitué de roches intrusives diverses et de sédiments métamorphiques à des degrés divers et toujours plissés. Ce socle est considéré comme stable après les derniers plissements birrimiens (2,000 m.y.).

Les granites représentent une surface considérable dans le massif précambrien. Dans la région de Dori apparaissent des dômes granitiques et des collines de grès (DUCELLIER, 1963; BONNARD, 1965). Au sud de Dori apparaissent de très importantes formations de roches métamorphiques dont les schistes sont les matériaux les plus représentatifs.

L'appareillage utilisé a été décrit dans une publication antérieure (RITZ, 1982).

Les méthodes d'analyse sont celles décrites par VOZOFF (1972).

## 2. Résultats et Discussions

La Fig. 2 représente le résultat de l'analyse des données à l'aide du tenseur d'impédance [Z] (SWIFT, 1967; VOZOFF, 1972). En général la présence de structures complexes fait que la plupart du temps une anisotropie assez conséquente se manifeste au niveau de la station d'enregistrement. Nous obtenons pour le site de Dori une légère anisotropie jusqu'à 300 s qui s'amplifie pour les périodes plus élevées. Ce n'est cependant

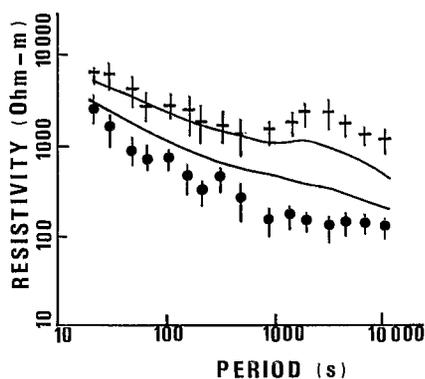


Fig. 2. Station de Dori. Résistivités apparentes calculées à partir du tenseur d'impédance suivant les axes principaux d'anisotropie. Les courbes en trait plein représentent le résultat de la modélisation à 2D.

pas une indication de non homogénéité en profondeur quand  $\rho$  (TE) et  $\rho$  (TM) sont différents aux longues périodes, l'anisotropie des résistivités apparentes peut être causée par une distorsion des courants telluriques en surface.

Pour cette station la valeur du skew est faible, de l'ordre de 0.3 sur l'ensemble de la gamme de période. La direction du grand axe d'anisotropie est en moyenne de N 26° E, elle ne diffère pas de la direction de polarisation du champ électrique.

L'interprétation des données est basée sur la modélisation à deux dimensions (2D) utilisant la méthode des différences finies (STODT, 1978).

Le résultat final de la modélisation à 2D est présenté sur la Fig. 3. L'anisotropie des données à la station de Dori peut s'expliquer par un contact entre des granites (éburnéen ou libérien) ayant une résistivité de 10,000 ohm-m et des migmatites antébirrimien situées au nord de la station (20,000 ohm-m). La première zone de transition dans le manteau

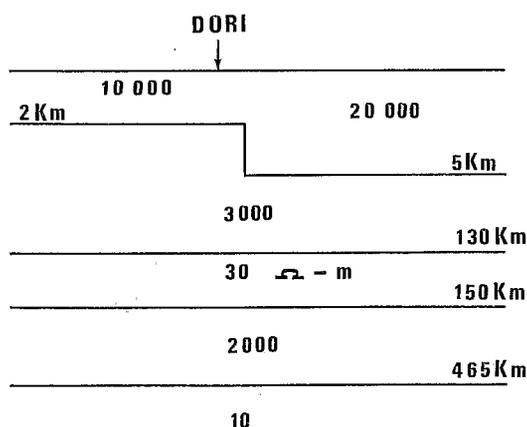


Fig. 3. Modèle à deux dimensions obtenu pour la station de Dori (pas à l'échelle) qui s'adapte le mieux aux données expérimentales. Les résistivités sont en ohm-m.

supérieur apparaît à 130 kilomètres de profondeur et pourrait correspondre à la base de la lithosphère (SCHMUCKER and JANKOWSKI, 1972). Entre 130 et 150 kilomètres de profondeur, la modélisation à 2D suggère l'existence d'une couche conductrice de 30 ohm-m. Endessous de 150-kilomètres et jusqu'à 465 kilomètres de profondeur le manteau est résistant de l'ordre de 2,000 ohm-m. (Cette partie du manteau pourrait correspondre à l'asthénosphère). En-dessous de 465 km il y a une chute brutale de la résistivité qui serait de l'ordre de 10 ohm-m.

La zone de faible résistivité à 130 kilomètres de profondeur peut s'expliquer facilement à l'aide des mesures de laboratoire sur des matériaux supposés se trouver dans le manteau supérieur (TOZER, 1970; DUBA *et al.*, 1974). La décroissance de la résistivité à 465 kilomètres de profondeur peut se rattacher aux changements de structure olivine-spinelle. Par contre il est difficile de comprendre la région de haute résistivité entre 150 et 465 kilomètres de profondeur. Certains auteurs tels LILLEY *et al.* (1981) trouvent des zones de haute résistivité à de telles profondeurs.

### 3. Modèles pour le Craton Ouest Africain

Sur la Fig. 4 nous avons représenté les modèles obtenus par la modélisation à 2D sur le craton ouest africain. Dans la partie occidentale correspondant au Sénégal, nous avons une couche conductrice entre 80 et 100 km de profondeur (RITZ, 1982). Dans la partie orientale en République du Niger la chute de résistivité est moins brutale, on passe de 3,000 à 1,000 ohm-m. Pour cette région, nos données ne nous permettent pas de préciser la couche conductrice du manteau supérieur, mais nous pensons qu'elle existe vers 130–140 km de profondeur (Ritz, en préparation). Enfin en République de Haute-Volta la couche conductrice se situe à 130 km de profondeur. On constate pour ces trois zones du craton une même résistivité de 3,000 ohm-m pour les cent premiers kilomètres de profondeur. Cette valeur pourrait être représentative de la résistivité de la croûte et du manteau supérieur du craton ouest africain.

La Fig. 4 présente également des modèles de résistivité pour les zones continentales. Le modèle de Schmucker semble bien s'adapter au modèle du Sénégal Oriental, on constate avec ce modèle une diminution de la résistivité entre 80 et 100 km de profondeur. Le modèle C'est celui prédit par DRURY (1978) et le modèle B celui de la plateforme est européenne (VANYAN *et al.*, 1977).

Ces deux derniers modèles continentaux se placent bien dans les régions de résistivité possible du craton ouest africain jusqu'à 150 km de profondeur, c'est-à-dire grossièrement pour la lithosphère et les vingt premiers kilomètres de l'asthénosphère. Ensuite une divergence entre ces courbes et nos modèles existe du fait de la région de haute résistivité entre 150 et 465 km de profondeur sur le craton ouest africain.

Des études faites par VAN ZIJL (1977) sur le craton du Kaapvaal en Afrique du sud mettent en évidence une mince couche conductrice au niveau de la croûte inférieure et un autre niveau conducteur dans le manteau supérieur à 90 km de profondeur.

D'autres études qui seront prochainement effectuées en République du Mali permettront de voir si ces modèles du craton peuvent être confirmés.

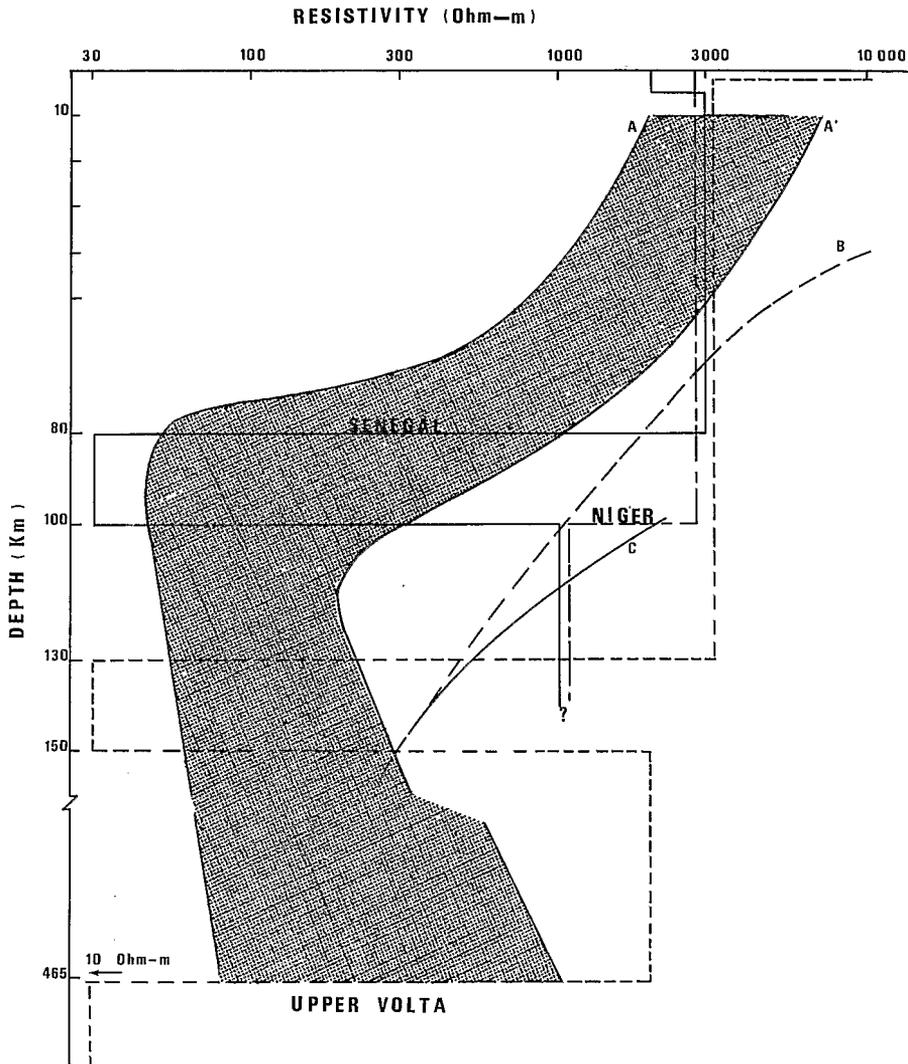


Fig. 4. Modèles de la résistivité électrique sur le craton ouest africain obtenus par la modélisation à deux dimensions (Sénégal oriental, Haute-Volta, Niger). Comparaison avec d'autres modèles continentaux. Le modèle AA' représente la zone de variation de la résistivité d'après SCHMUCKER and JANKOWSKI, 1972). Le modèle B est la plateforme est européenne (VANYAN *et al.*, 1977). Le modèle C est obtenu à partir des mesures de laboratoire sur des matériaux secs supposés se trouver dans le manteau supérieur (DRURY, 1978).

## RÉFÉRENCES

- BLOHM, E. K., P. WORSYK, and H. SCRIBA, Geoelectrical depth soundings in southern Africa using the Cabora Bassa power line, *J. Geophys.*, **43**, 665–679, 1977.
- BONNARD, L. F., *Aperçu sur la Géologie de la Haute Volta*, G.G.M., 1965.
- DRURY, M. J., Partial melt in the asthenosphere: Evidence from electrical conductivity data, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **17**, 16–20, 1978.
- DUBA, A., H. C. HEARD, and R. N. SHOCK, Electrical conductivity of olivine at high pressure and under controlled oxygen fugacity, *J. Geophys. Res.*, **79**, 1667–1673, 1974.
- DUCELLIER, J., Contribution à l'étude des formations cristallines et métamorphiques du centre et du nord de la Haute Volta, Mémoires du BRGM N° 10, 1963.
- HAAK, V., The electrical resistivity of the upper 300 km of the Afar—Depression in Ethiopia derived from magnetotelluric measurements, *Acta Geodet.*, **12**, 7–10, 1977.
- LILLEY, F. E. M., D. V. WOODS, and M. N. SLOANE, Electrical conductivity profiles and implications for the absence or presence of partial melting beneath central and southeast Australia, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **25**, 419–428, 1981.
- RITZ, M., Etude régionale magnéto-tellurique des structures de la conductivité électrique sur la bordure occidentale du craton Ouest Africain en République du Sénégal, *Can. J. Earth Sci.*, sous presse, 1982.
- SCHMUCKER, U. and J. JANKOWSKI, Geomagnetic induction studies and the electrical state of the upper mantle, *Tectonophysics*, **13**, 233–256, 1972.
- STODT, J. A., Documentation of a finite element program for solution of geophysical problems governed by the inhomogeneous 2D scalar Helmholtz equation, Department of Geology and Geophysics, Report AER 67–11155, University of Utah, Salt Lake City, 1978.
- SWIFT, C. M., A magnetotelluric investigation of an electrical conductivity anomaly in the southwestern United States, Ph. D. Thesis, Geophysics Laboratory, MIT, 1967.
- TOZER, D. C., Temperature, electrical conductivity, composition and heat flow, *J. Geomag. Geoelectr.*, **22**, 35–52, 1970.
- VANYAN, L. L., M. N. BERDICHEWSKI, F. B. FAINBERG, and M. V. FISKINA, The study of the asthenosphere of the east european platform by electromagnetic sounding, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **14**, 1–2, 1977.
- VAN ZIJL, J. S. V., Electrical studies of the deep crust in various tectonic provinces of southern Africa, *The Earth's crust in Geophys.*, Mono. Series AGU, **20**, 470–500, 1977.
- VOZOFF, K., The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins, *Geophysics*, **37**, 98–141, 1972.