

Structure du bassin sénégal-mauritanien d'après ses propriétés électriques

J. VASSAL et M. RITZ⁽¹⁾

Résumé : Des méthodes de sondage électromagnétique ont été utilisées pour obtenir des informations sur l'épaisseur, l'extension et la structure du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien (Afrique de l'Ouest). L'interprétation des données, le long de trois profils, montre la présence d'un canal conducteur dans la partie ouest du bassin et permet de définir quatre niveaux dans la stratigraphie électrique.

Mots-clés : Sénégal - Bassin sédimentaire - Sondage magnétotellurique - Sondage géomagnétique différentiel - Modèles géoélectriques bidimensionnels.

Abstract : The structure of the Senegalese-Mauritanian Basin according to its Electrical Properties. Electromagnetic techniques have been used to obtain details concerning the thickness, extent and structure of the Senegalese-Mauritanian basin (West-Africa). Interpretation of the data, supported by two-dimensional modelling indicates the presence of a conductive channel in the western part of the basin as well as of four important layers in the electrical stratigraphy.

Key words : Senegal - Sedimentary basin - Magnetotelluric sounding - Geomagnetic differential sounding - Bidimensional geoelectric models.

Pendant la période 1980-1984, nous avons accumulé un grand nombre de données magnétotelluriques (MT) et de sondages géomagnétiques différentiels (SGD) sur le bassin mésozoïque-cénozoïque sénégal-mauritanien (RITZ, 1984 ; RITZ et VASSAL, 1986 ; RITZ et VASSAL, 1987) le long de trois profils approximativement linéaires (fig. 1). Il s'agissait d'obtenir des informations sur la structure géoélectrique d'une région peu connue de ce point de vue. L'interprétation des données MT, basée sur la construction de modèles de résistivité à deux dimensions (2-D) (VOZOFF, 1972), a mis en évidence la présence de niveaux très conducteurs dont l'épaisseur s'accroît considérablement à l'ouest du méridien 15°30'. L'analyse des variations du champ géomagnétique (BABOUR et MOSNIER, 1977) a révélé l'existence d'un système de courants telluriques anormaux de direction nord-sud relié aux roches

sédimentaires conductrices emplissant la partie ouest du bassin. Grâce à la distribution spatiale des sites d'observation au Sénégal, il est possible pour la première fois d'obtenir d'une part, une vue générale de la distribution de la résistivité électrique de la séquence sédimentaire, et d'autre part de cartographier les courants anormaux dans une grande partie du bassin. Nous faisons ici une synthèse des principaux résultats obtenus le long des trois profils.

Les phénomènes d'induction électromagnétique en relation avec les variations du champ magnétique d'origine externe génèrent des courants telluriques et des champs magnétiques associés (normaux et anormaux) qui peuvent être utilisés pour déterminer la résistivité électrique (BEAMISH et BANKS, 1983 ; FISCHER, 1984). La physionomie des courants régionaux est

(1) ORSTOM, B.P. 1386, Dakar (Sénégal).

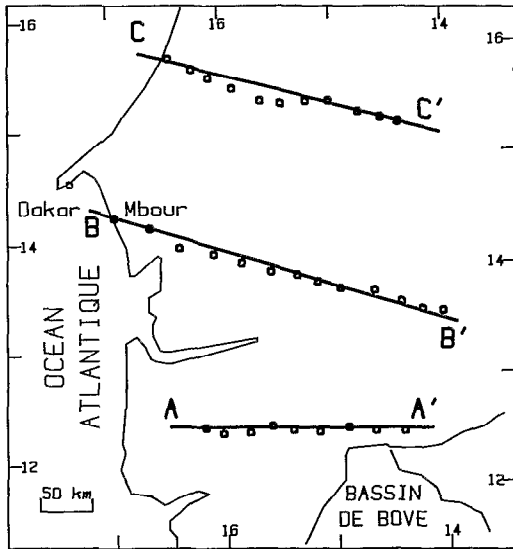


Fig. 1. — Carte de position des stations de mesure dans le bassin sénégal-mauritanien.
 Locations of recording stations within the Senegales-Mauritanian Basin.

contrôlée par la résistivité électrique des structures géologiques, et des anomalies de variation géomagnétique liées à la concentration de courants telluriques apparaissent dans les régions de faible résistivité électrique.

Au Sénégal, la complexité de la structure électrique régionale est mise en évidence par la divergence des composantes de résistivité apparente (anisotropie MT) et par les variations anormales du champ régional horizontal, créant des difficultés dans l'interprétation des données électromagnétiques. Nos résultats indiquent que le champ géomagnétique anormal est jusqu'à deux fois plus grand que le champ normal. A chaque site d'observation, le champ magnétique différentiel est rapporté à une station commune, Mbour (fig. 1), permettant de présenter ainsi une carte de la zone conductrice du bassin. La figure 2 montre, sur les trois profils, la distribution des courants telluriques anormaux responsables des champs différentiels pour une période de 2 000 s. Sur cette figure, les vecteurs sont à angle droit du champ de variation géomagnétique anormal et leur longueur est proportionnelle à l'intensité du champ anormal ; la partie ouest du bassin se présente comme un canal conduc-

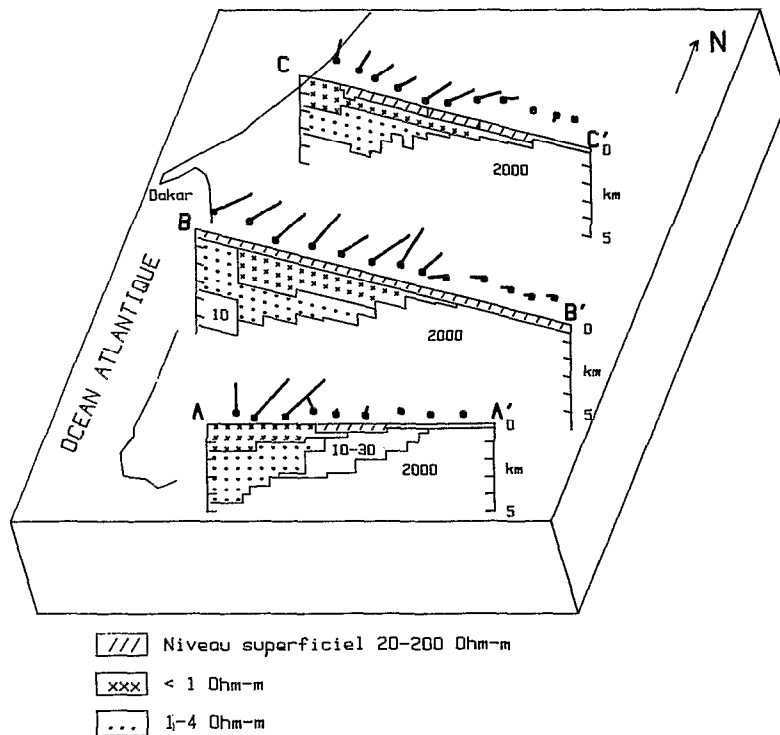


Fig. 2 — Carte des courants anormaux responsables du champ magnétique différentiel en relation avec les structures géoélectriques du bassin Sénégal-Mauritanien. L'effet magnétique anormal dans la partie ouest du bassin peut s'expliquer par une circulation électrique dans le remplissage sédimentaire très conducteur.

Map showing the relationship between the anomalous currents generating the differential magnetic field and the geoelectrical structure of the Senegales-Mauritanian Basin. The magnetic anomaly effect in the Western part of the basin can be explained by electric currents circulating in the highly conducting sedimentary infilling.

teur. Dans cette région, les directions changent peu avec la période et les vecteurs ont une longueur maximale dans la gamme 1 000-3 000 s. Aux plus grandes périodes l'amplitude des vecteurs décroît quand la période croît. Notons que quelques courants circulent dans la partie peu profonde du bassin, en particulier le long du profil B-B'. Ce système de courants, de direction est-ouest, est néanmoins négligeable par rapport à celui observé dans la partie occidentale du bassin où la direction de circulation des courants est cohérente avec celle des structures géologiques. Le champ magnétique différentiel peut alors s'expliquer par une circulation électrique dans les sédiments très conducteurs et très épais du bassin. Néanmoins il y a deux façons différentes d'interpréter le champ magnétique anormal : courants induits dans l'océan Atlantique et injectés dans le canal conducteur sénégalais (BABOUR *et al.*, 1976), ou induction locale dans les structures conductrices du bassin (SUMMERS, 1981 ; THERA et DUPIS, 1983).

L'analyse des données MT a montré que la structure de résistivité est bidimensionnelle ; en particulier le skew (paramètre définissant la dimension d'une structure) est généralement petit et une direction structurale privilégiée (parallèle à la direction dominante des structures géologiques) apparaît dans les données le long des trois profils. On peut ainsi utiliser des modèles 2-D pour calculer des sections transversales de résistivité sous les trois profils de sondage pour détecter l'extension des principales unités sédimentaires et pour expliquer les causes de l'anomalie géomagnétique du bassin sénégal-mauritanien. Le calcul des valeurs du champ magnétique à partir de modèles 2-D, à différentes périodes et pour plusieurs stations, permet d'obtenir des résultats similaires à ceux obtenus par les données expérimentales SGD. Les données géomagnétiques sont donc interprétées en terme de structure géoélectrique en supposant que le champ anormal est créé par les variations latérales de conductivité dans le bassin ; la composante électrique parallèle à la direction structurale est alors utilisée pour le calcul des valeurs théoriques.

Les résultats des modèles 2-D (fig. 2) sont cohérents avec les observations MT et SGD et l'on observe la même structure de base le long des trois profils. L'induction magnétique dans les structures géoélectriques locales est grande, et les valeurs calculées du champ anormal sont environ deux fois plus importantes que l'amplitude du champ régional. Ainsi, l'anomalie géomagnétique du Sénégal peut être attribuée à la présence d'une épaisse couche de sédiments bons conducteurs dans la partie ouest du bassin et soumise à l'excitation inductive régionale dans les structures 2-D.

Bien que la structure géoélectrique soit très complexe, on peut identifier certaines unités géologiques majeures à partir des résistivités calculées par la modélisation. La mince couche superficielle (500-700 m) de résistivité 20 à 200 Ohm-m a été estimée à l'aide du sondage électrique classique (MATHIEZ et HUOT, 1966) et représente les dépôts tertiaires. Au-dessous de l'horizon superficiel, la résistivité électrique diminue fortement (< 1 Ohm-m) ; cette unité conductrice représente vraisemblablement la séquence gréseuse du Crétacé supérieur. Elle est interprétée comme une zone poreuse et saturée d'eau saumâtre. A l'extrême ouest des profils A-A' et C-C', le niveau superficiel a une résistivité également inférieure à 1 Ohm-m, suggérant la présence de terrains envahis par le sel. Sous cet ensemble très conducteur, la résistivité électrique augmente sensiblement à 1-4 Ohm-m et dans la portion est du bassin, cette unité peut être corrélée avec la partie du Mésozoïque comprise entre le Turonien et le socle. Le fait que la résistivité de cette unité reste assez faible suggère à la fois la présence de matériaux résistants (carbonates) et de matériaux relativement conducteurs (argiles, grès). Cette zone conductrice peut être en liaison avec une région fracturée, remplie de fluides hautement conducteurs. La résistivité électrique de cette série tend à être plus importante (10 Ohm-m) dans la partie ouest du profil B-B', cette discontinuité de résistivité indiquerait que la série devient plus carbonatée vers l'ouest. Une zone résistante profonde (2 000 Ohm-m) qui peut-être suivie le long des trois profils indique le socle. Néanmoins, le toit du niveau résistant ne peut être localisé à tous les sites de mesure à cause du faible contraste de résistivité entre les sédiments denses (carbonates du Jurassique dans la partie profonde du bassin) et les roches cristallines et métamorphiques du socle. Dans la partie centrale du profil A-A', le modèle interprétatif montre l'existence, sous la couverture méso-cénozoïque de matériaux de résistivité 10-30 Ohm-m dont l'épaisseur augmente vers l'ouest. On voit ainsi se dessiner un synclinal pouvant représenter la partie effondrée du bassin de Bové qui affleure plus au sud, en Guinée (PONSARD, 1984).

L'unicité de ces modèles ne peut être garantie ; néanmoins, une comparaison de la section géoélectrique le long du profil CC' avec les forages disponibles dans le nord du Sénégal montre que les principales unités lithologiques sont détectées. Des forages profonds ont également montré la présence de sédiments du Crétacé très conducteurs. Nous pensons que ces modèles interprétatifs représentent une bonne approximation de la structure géoélectrique actuelle du bassin sénégal-mauritanien.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 3 juin 1987

BIBLIOGRAPHIE

- BABOUR (K.) et MOSNIER (J.), 1977. — Differential geomagnetic sounding. *Geophysics*, 42 : 66-76.
- BABOUR (K.), MOSNIER (J.), DAIGNIERES (M.), VASSEUR (G.), LE MOUËL (J.L.) et ROSSIGNOL (J.C.), 1976. — A Geomagnetic Variation Anomaly in the Pyrenees. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 45 : 581-600.
- BEAMISH (D.) et BANKS (R.J.), 1983. — Geomagnetic variation anomalies in northern England : processing and presentation of data from a non-simultaneous array. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 75 : 513-539.
- FISCHER (G.), 1984. — The North Pyrenean magnetic anomaly re-examined. *Ann. Geophys.*, 2, 2 : 181-186.
- MATHIEZ (J.P.) et HUOT (G.), 1966. — Prospection géophysique et recherche d'eaux souterraines Exemples d'applications en Afrique Orientale. *Com. Int. Afr. Et. Hydraul.*, 72-78, Paris.
- PONSARD (J.F.), 1984. — La marge du craton ouest-africain du Sénégal à la Sierra Leone : interprétation géophysique de la chaîne panafricaine et des bassins du Protérozoïque à l'actuel. Thèse, Univ. Aix-Marseille III, 198 p.
- RITZ (M.), 1984. — Electrical resistivity structure of the Senegal basin as determined from magnetotelluric and differential geomagnetic soundings. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 79 : 635-649.
- RITZ (M.) et VASSAL (J.), 1986. — Geoelectrical structure of the northern part of the Senegal basin from joint interpretation of magnetotelluric and geomagnetic data. *J. Geophys. Res.*, 91 : 10443-10456.
- RITZ (M.) and VASSAL (J.), 1987. — Geoelectromagnetic measurements across the southern Senegal basin (West Africa). *Phys. Earth Planet. Inter.*, 45 : 75-84.
- SUMMERS (D.M.), 1981. — Interpreting the magnetic fields associated with two-dimensional induction anomalies. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 65 : 535-552.
- THERA (A.L.) et DUPIS (A.), 1983. — Geomagnetic soundings in the Northern Pyrenees : an Explanation of the Anomalous Magnetic field by the local geology. *J. Geomag. Geoelectr.*, 35 : 643-652.
- VOZOFF (K.), 1972. — The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins. *Geophysics*, 37 : 98-114.