

Interprétation d'une prospection tellurique effectuée sur un profil Est-Ouest à travers le bassin méso-cénozoïque sénégalais

par MICHEL RITZ * et RENÉ FLICOTEAUX **

Mots clés. — Prospection tellurique, Bassin côtier, Résistivité électrique, Lithologie, Sénégal.

Résumé. — Une prospection tellurique a été entreprise sur un profil W-E sensiblement à la hauteur du parallèle 14° à travers le bassin sédimentaire sénégalais de façon à obtenir des renseignements sur la structure de sub-surface. La prospection fait apparaître une importante anomalie tellurique négative située dans la partie occidentale du bassin et s'étendant de la côte au méridien 15° W (Ligne Podor-Kolda). L'anomalie tellurique a été interprétée quantitativement à l'aide d'un programme de modélisation en deux dimensions en utilisant la composante perpendiculaire à la direction de l'anomalie. Un modèle « électrique » E-W de la série sédimentaire est présenté. Apparemment, cette anomalie est due à une brusque augmentation de l'épaisseur des sédiments les plus conducteurs à l'Ouest du méridien 15° W. La résistivité de ce niveau s'abaisse alors à 0,5 ohm-m et son épaisseur augmente d'Est en Ouest. On suggère que cette unité très conductrice représente les grès du Crétacé moyen et supérieur partiellement ou totalement saturés d'eau salée. La base de la série sédimentaire ne peut cependant être localisée avec certitude en raison du faible contraste de résistivité entre les carbonates du Jurassique et les roches cristallines du socle paléozoïque et/ou précambrien. Les résultats ainsi proposés sont en accord avec les données des forages et d'autres informations géologiques et géophysiques indépendantes.

Interpretation of a telluric survey along an East-West profile across the Senegal meso-cenozoic basin

Abstract. — A telluric survey was conducted along the 14th parallel on the Senegal sedimentary basin. These measurements were intended to contribute to the knowledge of the deep sub-surface basin. The more interesting result of this survey is the discovery of an important negative telluric anomaly extending from West (Atlantic coast) to East as far as a zone of N-S flexures along longitude 15° W (Podor-Kolda line). The telluric anomaly was interpreted quantitatively by two-dimensional modeling. East-West geoelectric model for Senegal basin is shown. This anomaly apparently is caused by the sudden increase of the thickness of good conducting sediments west of the N-S trending flexure. The low resistivity layer is approximately 0,5 ohm-m in resistivity and dips from East to West. The low-resistivity unit is presumed to be sandstones of the Lower Cretaceous saturated with seawater. The top of the crystalline basement cannot probably be located at any of the sites because of the feeble resistivity contrast between the Jurassic carbonates and the crystalline rocks. The results are in agreement with borehole data and other independent geophysical and geological information.

I. — INTRODUCTION.

Durant les années 1980 et 1981, les variations du champ tellurique ont été enregistrées en 15 stations le long d'un profil traversant, d'Ouest en Est, le bassin sédimentaire sénégalais sur une distance d'environ 400 km (tabl. I).

bassin. Ces stations sont espacées d'une trentaine de kilomètres et s'étendent depuis la côte atlantique à l'Ouest jusqu'à la région de Tambacounda, près de la bordure du bassin, à l'Est (fig. 1). La méthode tellurique utilise une station de référence et une station mobile qui enregistrent simultanément les pulsations dans la bande de période comprise entre 20 et 100 s. Deux lignes de 500 m de longueur étaient disposées suivant les directions N-S et E-W magnétiques. Les détails pour l'appareillage ont été publiés antérieurement [Ritz, 1983]. La comparaison des variations des champs telluriques à la base et aux stations mobiles permet d'obtenir des renseignements sur la structure du sous-sol. Les principes de la méthode et les bases de l'interprétation ont été exposés par Migaux [1946] et plus récemment par Yungul [1977]. D'autres contributions peuvent être citées : Fatemi [1963], Martel et Meunier [1963].

Dans le cas général, les composantes du champ tellurique $E(t)$ en deux stations sont reliées linéairement [Berdichevsky, 1960].

Nom de la station	Code	Long. (O)	Lat. (N)
Mbour	1	16°57'	14°24'
Tattaguine	2	16°38'	14°24'
Gandiaye	3	16°18'	14°14'
Kahone	4	16°02'	14°09'
Birkalane	5	15°45'	14°08'
Kaffrine	6	15°33'	14°06'
Malème Hodar	7	14°18'	13°56'
Mbaye Mbaye	8	15°	14°
Kounguel	9	14°58'	13°59'
Koumpentoum	10	14°33'	13°59'
Malème Niani	11	14°18'	13°56'
Koussanar	12	14°03'	13°52'
Sinthiou Malème	13	13°55'	13°50'
Tambacounda	14	13°42'	13°48'
Missira	15	13°30'	13°18'

TABLE I. — Numéros et coordonnées géographiques des 15 stations de sondage tellurique.

TABLE I. — Names, numbers and geographic coordinates of stations of telluric sounding.

Ces mesures avaient pour but de contribuer à la connaissance de la structure, de l'épaisseur et de l'extension du

* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, B.P. 1 386, Dakar, Sénégal.

** Lab. de sédimentologie et L.A. C.N.R.S. 132, Études géologiques W-africaines, Univ. d'Aix-Marseille III, 13397 Marseille cedex 13, France.

Note déposée le 20 avril 1983, présentée à la séance des 30 et 31 mai 1983 ; manuscrit définitif reçu le 1^{er} mars 1985.

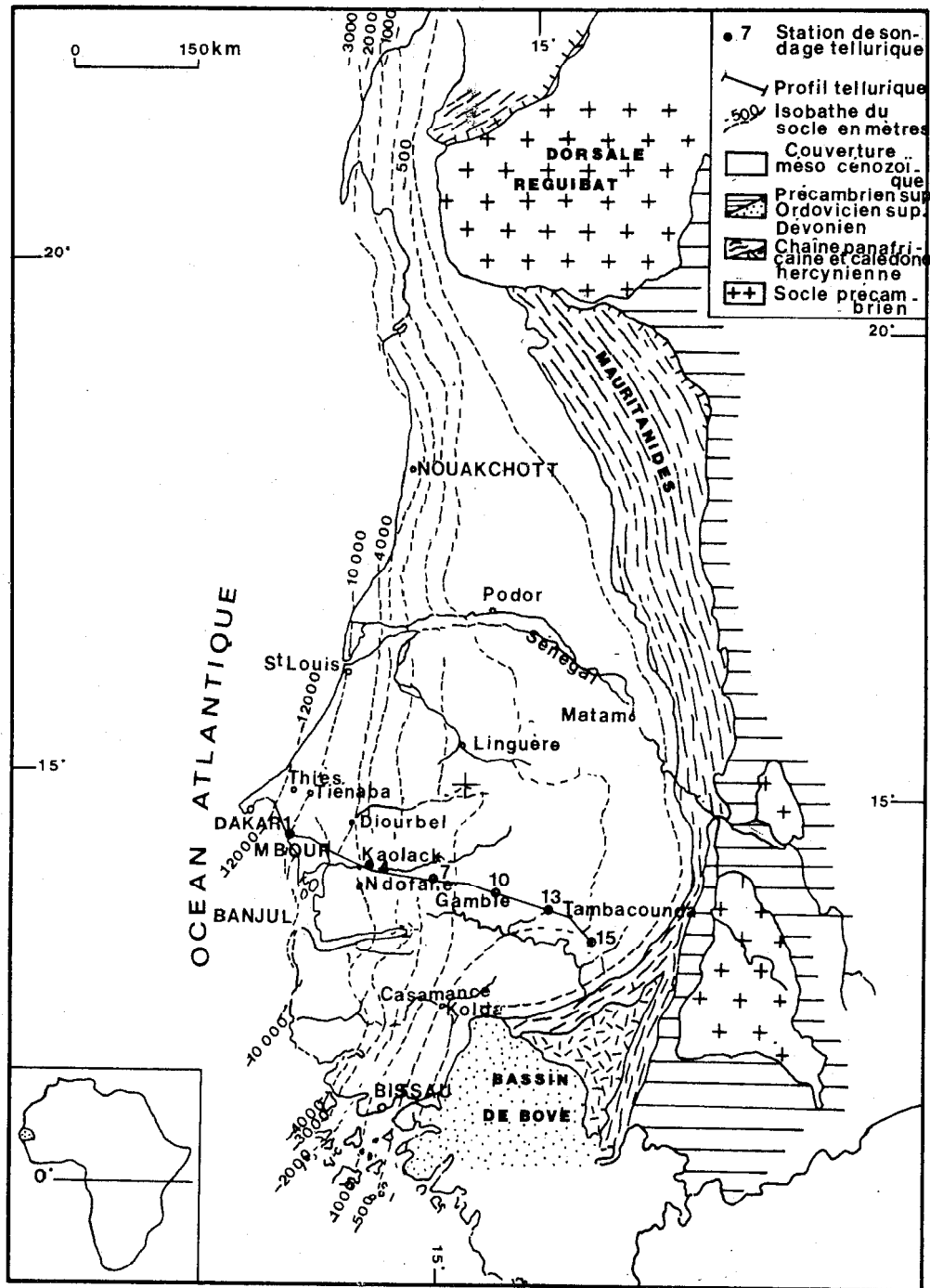


FIG. 1. — Isobathes du toit du socle paléozoïque et/ou précambrien (en mètres) d'après la Carte tectonique internationale de l'Afrique [ASGA-UNESCO, 1968]. La cartouche indique la situation du Sénégal en Afrique.

FIG. 1. — Map of the top of the Palaeozoic and/or Precambrian basement (in m) from the international tectonic map of Africa [ASGA-UNESCO, 1968]. Inset shows location of Senegal.

$$\begin{pmatrix} E_u \\ E_v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix}$$

E_u, E_v, E_x, E_y , sont respectivement les composantes du champ tellurique à la station mobile et à la station de référence. Les constantes a, b, c et d dépendent des directions

des systèmes de coordonnées et de la géologie de subsurface.

On normalise les amplitudes du champ à la station mobile par rapport aux amplitudes du champ à la station de référence située sur une structure tabulaire. Ceci revient à faire décrire au vecteur de la station fixe (base) un cercle,

et si la station mobile (S_i) n'est plus sur la structure tabulaire, le vecteur anomalie décrit une ellipse dont l'aire πJ est égale à $\pi|ad - bc|$. La quantité J est le jacobien de la transformation du système x, y au système u, v . La quantité J est un invariant appelé aire relative de l'ellipse [Yungul, 1968]. Les aires sont élevées si la station mobile est située dans une zone où les sédiments sont peu épais ou plus résistants qu'à la station de référence. Ces valeurs sont faibles à l'aplomb des stations où la section sédimentaire est plus épaisse ou plus conductrice qu'à la station fixe. Les deux cas supposent un socle infiniment résistant. *A priori*, en calculant l'aire relative J aux différentes stations, il est possible de montrer les variations des couches sédimentaires par rapport à une station prise comme référence. Le croquis des ellipses théoriques de la figure 2 [Hermance *et al.*, 1984], permet de montrer, pour une structure cylindrique simple, la variation des aires relatives J à différentes stations S_i par rapport à la station de base (B). On note un accroissement rapide des valeurs d'aires en liaison avec l'augmentation de la résistivité (ρ_i), cependant que l'ellipse du milieu très conducteur (station S_2) tend à se disposer parallèlement à la direction de contact entre les milieux de résistivités contrastées ρ_1 et ρ_2 .

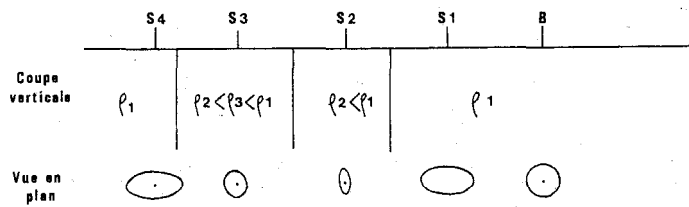


FIG. 2. — Croquis montrant les ellipses relatives théoriques pour une structure cylindrique simple (ρ_i représente la résistivité des différents milieux), d'après Hermance *et al.* [1984].

FIG. 2. — *Theoretical relative ellipses for a two-dimensional structure (ρ_i is the resistivity of various mediums), after Hermance *et al.* [1984].*

II. — GÉOLOGIE DU BASSIN.

Située sur la marge occidentale de l'Afrique, le bassin côtier du Sénégal couvre une superficie de 350 000 km²

dont la majeure partie est émergée. Il est constitué de terrains mésozoïques et cénozoïques discordants au Nord sur la bordure occidentale de la Dorsale Reguibat, à l'Est sur la chaîne des Mauritanides, et au Sud sur le Bassin Bove (fig. 1). Très minces à l'Est, quelques centaines de mètres, ces terrains s'épaississent vers la côte atlantique pour atteindre plus de 7 000 m [de Spengler *et al.*, 1966]. Ils sont recouverts en grande partie par un faciès d'altération du Cénozoïque [Tessier *et al.*, 1975] qui masque les observations de surface. Cependant, les données des forages pétroliers [Maugis, 1955 ; Castelain, 1965] ont fait progresser la connaissance de la structure du bassin et celle de son remplissage sédimentaire. La figure 1 représente les isobathes du toit du socle d'après la carte tectonique internationale de l'Afrique au 1/5 000 000 [1968], modifiée pour tenir compte des résultats de forage les plus récents. Elle montre que le bassin a une forme simple, son socle s'abaissant progressivement d'Est en Ouest jusqu'à l'isobathe 1 000 m, à l'aplomb d'une ligne Podor-Kolda, puis s'affaissant très rapidement, le long d'une flexure, pour dépasser l'isobathe 4 000 m à l'Ouest de Diourbel. L'âge et la nature du remplissage sédimentaire varient parallèlement à l'approfondissement du socle (fig. 3).

A l'Est, la série débute au Cénomanién supérieur [Flicoteaux-Dupin *in* Michaud, 1984] ; elle est constituée par des grès du Crétacé supérieur que couronnent une mince pellicule de calcaires paléocènes et de marnes éocènes. Entre la ligne Podor-Kolda et Diourbel, la série débute au Néocomien ; elle est constituée de grès avec des intercalations argileuses, d'âge Crétacé, couronnés par les mêmes calcaires et marnes de la base du Tertiaire. Enfin, à l'Ouest de Diourbel, la série débute au Jurassique ; elle est constituée de calcaires au Jurassique supérieur, d'alternances de calcaires, d'argiles et de grès à ciment carbonaté au Néocomien, d'argiles avec des intercalations gréseuses au Crétacé moyen et supérieur et de calcaires et de marnes, toujours les mêmes, au Tertiaire inférieur.

Deux coupes détaillées des variations lithologiques et stratigraphiques de la série viennent d'être présentées par Bellion et Guiraud [1984] : l'une pour le parallèle de Mbour,

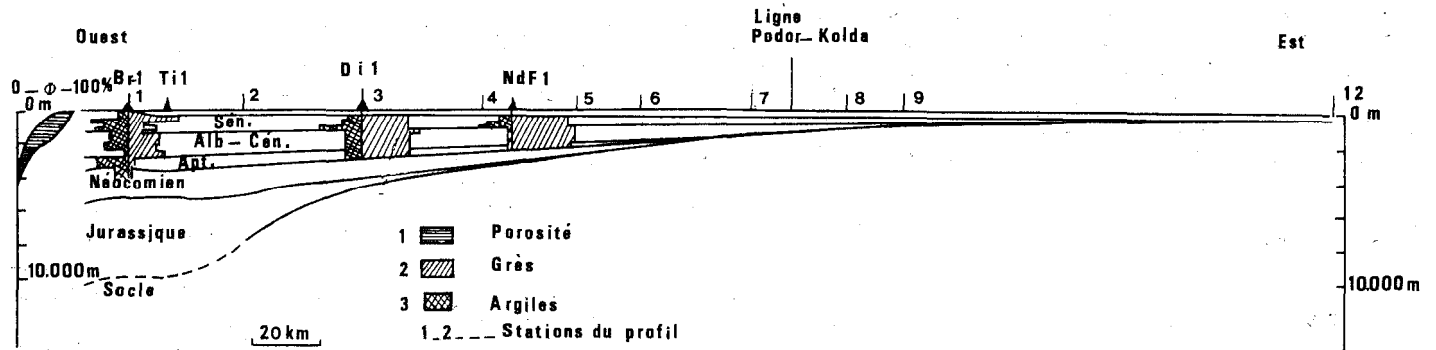


FIG. 3. — Coupe géologique du bassin sénégalais le long du profil.

1 : courbes enveloppes de la porosité Φ établies pour les calcaires (à gauche) et les argiles (à droite) ; 2 et 3 : pourcentages de grès et d'argiles pour les forages Br1, Di1 et NdF1.

FIG. 3. — *Geological cross-section of the Senegal basin along the profile.*

1 : envelope defining possible porosity Φ of limestones (left-hand side) and shales (right-hand side) ; 2 and 3 : proportions of shales and sandstones estimated from drillings Br1, Di1 and NdF1.

l'autre à travers la Casamance. De nombreuses études géophysiques ont également contribué à la connaissance de la structure profonde du bassin. Des sondages électriques avec des lignes AB de 6 000 m [Mathiez et Huot, 1966] avaient déjà permis de souligner une importante flexure du socle à l'aplomb du méridien 15°30' W. L'interprétation des données gravimétriques de Crenn et Rechenmann [1965] [Liger et Roussel, 1979 ; Liger, 1980 ; Roussel et Liger, 1983] montre d'une part que le socle et sa couverture méso-cénozoïque sont affectés par la mise en place de nombreuses intrusions magmatiques, d'autre part des variations crustales importantes avec notamment une remontée très importante du Moho entre Diourbel et Dakar. Ces manifestations refléteraient une histoire tectonique liée à l'ouverture de l'Atlantique.

III. — ANALYSE DES RÉSULTATS.

Nous avons calculé la matrice de transfert entre les stations mobiles et la station de référence le long du profil. L'aire relative J_M de chaque couple mobile-base a ainsi pu être déterminée. Le tableau II donne l'aire relative pour chaque station, la valeur de 100 de l'aire étant attribuée à la station 13 à laquelle on s'est rattaché (fig. 1).

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
J_M	32	15	12	8	6	7	13	40	38	111	112	142	100	90	163

TABLE II. — Aire relative J_M des stations le long du profil.

TABLE II. — J_M values along the profile.

Malgré la faible densité du réseau, on peut constater que les valeurs d'aires deviennent de plus en plus faibles à mesure que l'on se déplace vers l'Ouest. Cependant, à partir de la station 4, la valeur d'aire augmente légèrement jusqu'à la côte bien que les résultats des forages pétroliers montrent un approfondissement des formations géologiques du bassin vers l'Ouest. Ceci met en évidence une augmentation de la résistivité de la série sédimentaire.

Deux diminutions importantes de la valeur de l'aire sont situées (fig. 4) entre les stations 10 et 9 où J_M varie de 111 à 38 et les stations 8 et 7 où est supposé se situer la flexure et où J_M varie de 40 à 13. Ceci traduit l'existence probable, le long du profil, de deux fortes anomalies marquées par d'importantes variations des valeurs d'aires.

IV. — INTERPRÉTATION QUANTITATIVE.

Les entités géologiques rencontrées sont en général des structures à deux ou trois dimensions. Pour montrer la relation de l'aire relative J_M avec la géologie, nous avons étudié une structure simple à deux dimensions (2 — D) telle que la direction de contact infinie entre deux blocs de résistivité différente soit la direction y, c'est-à-dire que le champ électromagnétique est invariant dans cette direction. Ceci implique, pour la matrice de transfert reliant les composantes de E à deux stations séparées, que $b = c = 0$,

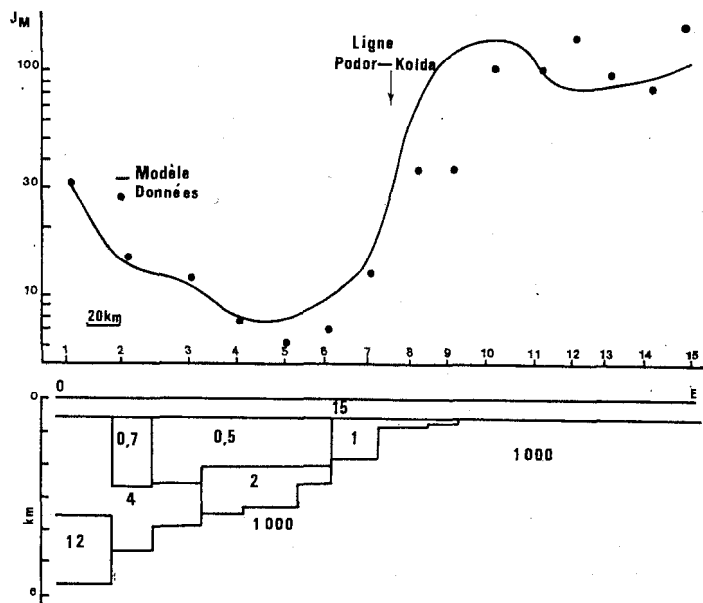


FIG. 4. — Profil tellurique sur le bassin sédimentaire et son interprétation par un modèle à deux dimensions. Les points représentent les valeurs d'aires J_M à la période de 30 secondes. La ligne en trait continu est la variation des amplitudes du champ électrique E_1 normalisée par rapport à la station de référence obtenue à l'aide du modèle à deux dimensions. Les chiffres dans le modèle « électrique » sont les résistivités en ohm-m des différents ensembles distingués.

FIG. 4. — Telluric profile and two-dimensional model over the Senegal basin. Black circles are measured J_M values along the profile at 30 s period. The solid curve through the measured values is the theoretical curve calculated from the two-dimensional model discussed in the text. The numbers indicate assumed resistivities in ohm-m.

$d = 1$ et $J = a$. Ainsi, pour une structure 2 — D dont la direction de contact est y, la valeur d'aire J_M à la station mobile est égale au rapport des champs telluriques à la station mobile et à la station de référence.

$$J_M = \frac{E_{xM}}{E_{xB}}$$

La valeur d'aire J_M à une station mobile représente la composante électrique perpendiculaire à l'axe de l'anomalie normalisée par rapport à la station de référence. Nous pouvons donc calculer les valeurs de J_M à l'aide d'un programme magnéto-tellurique de modélisation à deux dimensions. Nous avons besoin seulement des valeurs E_{\perp} , c'est-à-dire des composantes perpendiculaires à la direction de l'anomalie (mode TM). Les valeurs E_{\perp} normalisées sont alors comparées aux valeurs d'aires J_M le long du profil.

Dans le modèle initial, nous avons intégré au maximum les informations disponibles dans la région (sondages électriques et forages pétroliers). Nous avons tenu compte des deux anomalies sur J_M mises en évidence lors de la prospection tellurique. Le modèle de départ est alors successivement amélioré jusqu'à une bonne adaptation entre les valeurs d'aires J_M et les composantes normalisées E_{\perp} . Nous présentons sur la figure 4 une coupe provisoire simplifiée du bassin obtenue à l'aide d'une modélisation 2 — D. On constate au droit des stations 9 et 8 une différence importante entre les données expérimentales et la

courbe théorique. Ceci peut refléter les déviations de la densité de courant tellurique par rapport à la distribution uniforme du champ : augmentation importante de l'horizon résistant, structure non cylindrique, inhomogénéités dans la couverture sédimentaire. Ces deux stations sont en effet à proximité d'un changement latéral de la résistivité marqué par le voisinage de la ligne Podor-Kolda.

V. — DISCUSSION.

Sur la coupe géologique de la figure 3, nous avons reporté 3 forages situés soit directement sur le profil, soit à proximité : Mbour (Brl), Diourbel (Dil) et Ndofane (NdF1), en indiquant les pourcentages d'argiles et de grès des principaux ensembles stratigraphiques. Pour les stations 1, 3 et 5, nous avons mis en parallèle sur les figures 5 et 6 le profil résistivité-profondeur obtenu par la méthode de sondage tellurique avec les résultats lithologiques et stratigraphiques des forages Brl, Dil et NdF1. Ces stations sont privilégiées car elles peuvent être étalonnées par les trois forages. Dans ces trois stations, nous observons une division de la série géologique en quatre ensembles lithologiques.

1) Un ensemble lithologique superficiel avec une résistivité de 15 ohm-m et une épaisseur de l'ordre de 700 m existe aux trois stations. Les résultats des forages montrent que

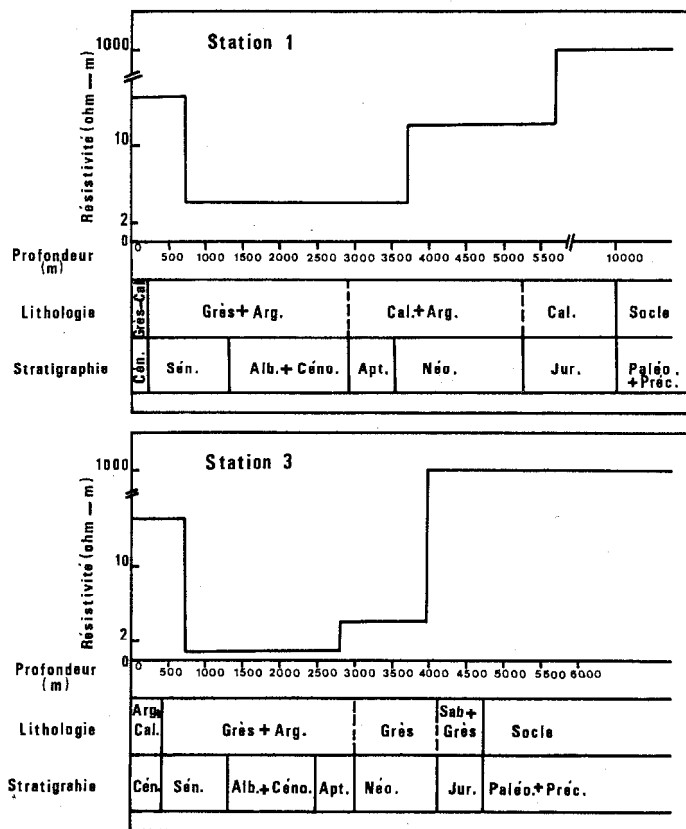


FIG. 5. — Profils de résistivité-profondeur pour les stations 1 et 3 confrontés aux résultats des forages Brl et Dil.

FIG. 5. — Resistivity against depth profiles for site 1 and 3 borehole information from Brl and Dil.

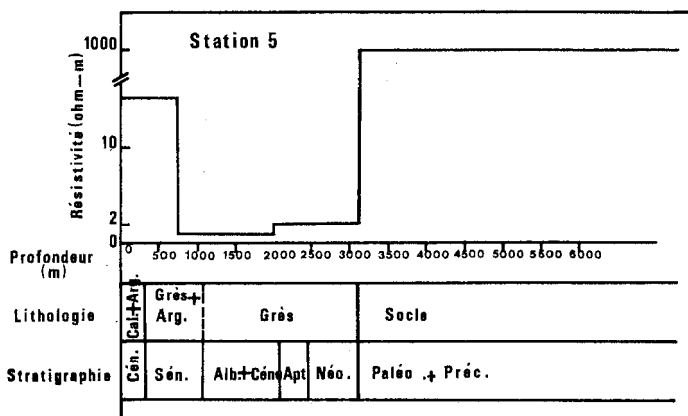


FIG. 6. — Profil de résistivité-profondeur pour la station 5 confronté aux résultats du forage NdF1.

FIG. 6. — Resistivity against depth profile for the site 5 and borehole information from the NdF1 well.

la totalité du Cénozoïque est de l'ordre de 250 m à l'Ouest des stations 5/6 pour ne plus faire que 50 m à Mbour. L'ensemble lithologique à 15 ohm-m inclut donc vraisemblablement, outre le Cénozoïque, le sommet du Mésozoïque : c'est-à-dire le niveau sableux aquifère du Maastrichtien et le Campanien qui est gréseux. La présence de niveaux argileux dans l'Éocène réduit d'une manière significative la résistivité effective de cet ensemble lithologique.

2) Au-dessous de l'ensemble lithologique superficiel, la résistivité diminue considérablement surtout pour les stations 3 et 5, comme le montrent les figures 5 et 6. Cette diminution brutale de la résistivité peut s'expliquer par une augmentation de la porosité des roches, par une augmentation de la salinité des fluides contenus, par un accroissement de la température ou par la combinaison de deux ou trois de ces phénomènes. On sait, en effet, que dans les premiers kilomètres de la croûte, la conductivité électrique est de type électrolytique à travers les fluides contenus dans les pores des roches [Hermance, 1973]. La valeur de la porosité et la nature des fluides qui saturent les pores peuvent donc conditionner fortement les valeurs de la résistivité des niveaux sédimentaires. La valeur de la résistivité ρ d'une roche saturée en fluide est d'ailleurs liée à la résistivité ρ_f du fluide et à la porosité Φ de la roche par la relation $\rho = \rho_f \Phi^m$ où m est un coefficient généralement pris égal à -2 [Brace et Orange, 1968 ; Desbrandes, 1968]. Enfin, la température intervient car elle a pour effet de diminuer la résistivité ρ_f des fluides électrolytiques par un facteur 10 entre 0 et 250° C, indépendamment de la pression [Quist et Marshall, 1968]. Au-dessous de 700 m et au-dessus de 4 000 m, les données des rapports de forage montrent que la salinité des eaux est comprise en moyenne entre 100 et 150 g/l. Elles montrent également que la température augmente en moyenne de 45 à 110° C. Un rapide calcul indique alors une résistivité des fluides ρ_f variant entre 0,03 et 0,06 ohm-m. Les mêmes rapports de forage signalent pour les réservoirs situés entre 700 et 4 000 m de fortes porosités ; ces porosités s'expliquent par une forte dissolution de la charpente silicatée des grès constituant les

réservoirs et par une évolution diagénétique postérieure ayant conservé le résultat de cette dissolution [Michaud, 1984]. L'examen des courbes de porosité déduites de l'étude des diagraphies sonic [Erun, 1983 et travaux en cours] montre que la porosité des grès varie en moyenne entre 30 et 50 % à 700 m, 10 et 20 % à 2 500 m, pour ne plus faire que 5 % à 4 000 m. Il vient alors pour la résistivité ρ des grès saturés en fluides des valeurs comprises entre 0,12 et 0,66 ohm-m à 700 m et 0,9 et 6 ohm-m à 2 500 m. Ceci est en accord avec les moyennes obtenues par la méthode du sondage tellurique dans les stations 3 et 5. Entre les stations 1 et 3, de légères variations de la porosité, conséquence d'une compacité plus grande observée dans les grès [Michaud, 1984], peuvent entraîner des variations de résistivité comme celles observées sur la figure 4 (entre 0,5 et 4 ohm-m). La base de cette série conductrice serait vers 2 000 m à la station 5, 2 700 m à la station 3 et 3 700 m à la station 1. Cette série poreuse conductrice représente vraisemblablement la partie du Crétacé comprise entre le Campanien et l'Aptien [Flicoteaux-Dupin, in Michaud, 1984]. Le toit de cette série représente la zone de transition eau douce / eau salée. A MBour, station 1, d'après les diagraphies électriques, cette limite se situe entre 480 et 610 m de profondeur.

3) Au-dessous de la zone très conductrice, la résistivité augmente légèrement (fig. 5 et 6) par suite de l'accroissement très rapide de la compaction qui diminue la porosité. Ce niveau à 2 — 4 ohm-m représente la séquence gréseuse du Néocomien pour les stations 3 et 5. Le fait que la résistivité du Néocomien reste assez faible, ne dépassant pas 4 ohm-m, suggère cependant que les grès sont partiellement hydratés, ce qui a été vérifié par les forages. Les tests réalisés en cours de forage indiquent en outre une baisse de la salinité comprise entre 50 et 90 g/l. L'augmentation brutale de la résistivité (12 ohm-m) de cet ensemble lithologique à la station 1 (fig. 5) marque un changement de faciès : le Néocomien

gréseux à l'Est de la station 2 devient argilo-carbonaté à l'Ouest.

4) Une zone résistante profonde se situe à la base du profil ; elle varie entre 3 200 m à la station 5 et 5 700 m à la station 1. Comme l'avancée orientale extrême de la transgression jurassique est généralement placée entre les stations 4 et 5, à proximité de la station 5, la zone résistante peut représenter le socle sous la station 5. Par contre, pour la station 1, la zone résistante à 1 000 ohm-m doit plutôt représenter les carbonates du Jurassique. La base de ce niveau carbonaté ne peut cependant être localisée en raison du trop faible contraste de résistivité entre les carbonates et le socle.

VI. — CONCLUSIONS.

La campagne de sondages telluriques entreprise dans le bassin sédimentaire sénégalais a permis d'obtenir un profil de résistivité, le long d'une ligne MBour-Tambacounda. Les détails des caractéristiques électriques de la série sédimentaire ont permis d'ajouter aux données fournies par les forages de MBour, Diourbel et Ndofane des informations complémentaires sur la répartition des grandes unités lithologiques. Parmi les résultats importants ainsi obtenus, on peut citer la détermination de la limite occidentale des faciès gréseux aptiens à campaniens, la détermination de la profondeur du socle résistant à la station 5 (3 200 m) et celle du toit des carbonates jurassiques à la station 1 (5 700 m). Enfin, le profil « géoélectrique » obtenu pourra servir de modèle dans l'interprétation des résultats des campagnes de sondages telluriques réalisées dans les parties du bassin dépourvues de données de forages profonds.

Remerciements. — Cette présente campagne de prospection tellurique a pu être réalisée avec le concours de M. Chauvin, L. Mollard et J. Vassal et nous tenons particulièrement à les en remercier.

Références

- A.S.G.A./UNESCO (1968). — Carte tectonique internationale de l'Afrique 1/5 000 000. Coordonnateurs généraux CHUBERT G. et FAURE-MURET A., feuille 1, Coord. SOUGY J.
- BELLION Y. et GUIRAUD R. (1984). — Coupes géologiques du bassin sédimentaire sénégalais. 10° R.A.S.T., Bordeaux, 1984, Soc. géol. France, éd., Paris, p. 42. Livre en dépôt à la Soc. géol. France.
- BERDICHEVSKY M. N. (1960). — Electrical prospecting with the telluric method : Moscow, Gostoptekhizdat (English translation by Keller G. V., 1965, *Quart. School Mines*, v. 60, 1).
- BRACE W. F. et ORANGE A. S. (1968). — Further studies of the effect of pressure on electrical resistivity of rocks. *J. Geophys. Res.*, Washington, 73, 5407-5420.
- BRUN M. V. (1983). — Étude de la subsidence tectonique du bassin sénégal-mauritanien (Marge ouest africaine). Mém. DEA géol. Fac. Sci. Tech. St-Jérôme, Univ. Aix-Marseille III, 42 p.
- CASTELAIN J. (1965). — Aperçu stratigraphique et micropaléontologique du bassin du Sénégal. Historique de la découverte paléontologique. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, n° 32, p. 135-156.
- CRENN Y. et RECHENMANN J. (1965). — Mesures gravimétriques et magnétiques au Sénégal et en Mauritanie occidentale. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Géophys.*, Paris, n° 6, 59 p.
- DESBRANDES R. (1968). — Théorie et interprétation des diagraphies, Technip, éd., Paris, 545 p.
- FATEMI M. (1963). — Le champ tellurique sur le massif granitique du Morvan et dans son voisinage, influence du relief topographique sur le comportement des courants telluriques. *Ann. Géophys.*, Paris, t. 19, fasc. 4, p. 356-369.
- HERMANCE J. F. (1973). — An electrical model for the sub-Icelandic crust. *Geophysics*, Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 38, p. 3-13.
- HERMANCE J. F., SLOCUM W. M. et NEUMANN G. A. (1984). — The long Valley/Moho Basin volcanic complex : a preliminary magnetotelluric and magnetic variation interpretation. *J. Geophys. Res.*, Washington, 89, p. 8325-8337.
- LIGER J. L. (1980). — Structure profonde du bassin côtier sénégal-mauritanien. Interprétation de données gravimétriques et magnétiques. *Trav. Lab. Sci. Terre Saint-Jérôme*, Marseille, sér. B, n° 16, 158 p.
- LIGER J.-L. et ROUSSEL J. (1979). — Étude gravimétrique du bassin

- côtier profond du Sénégal. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, Paris, t. XXI, n° 5, p. 419-427.
- MARTEL A. et MEUNIER J. (1963). — Prospection tellurique en Nivernais. *Ann. Géophys.*, Paris, t. 19, fasc. 2, p. 123-130.
- MATHIEZ J.-P. et HUOT G. (1966). — Prospection géophysique et recherches d'eaux souterraines. Exemples d'applications en Afrique Orientale. *Comm. Int. Afr. Et. Hydraul.*, Paris, p. 72-78.
- MAUGIS P. (1955). — Études de pré-reconnaissance pétrolière dans le bassin du Sénégal. *Bull. Fédér. Min. Géol. Afr. Occ. Fr.*, Dakar, n° 19, p. 99-128.
- MICHAUD L. (1984). — Les milieux de sédimentation crétacés du Sénégal et leur évolution diagénétique (étude de sub-surface). Thèse 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille III, et *Trav. Lab. Sci. Terre Saint-Jérôme*, Marseille, B, 16, 158 p.
- MIGAUX L. (1946). — Une méthode nouvelle de géophysique appliquée : la prospection par courants telluriques. *Ann. Géophys.*, Paris, 2, fasc. 2, p. 131-146.
- QUIST A. S. et MARSHALL W. S. (1968). — Electrical conductances of aqueous sodium chloride solutions from 0-800° C and at pressures to 4 000 bars. *J. Phys. Chem.*, Washington, 72, p. 684-703.
- RITZ M. (1933). — The distribution of electric conductivity on the eastern border of the West African craton (Republic of Niger). *Geophys. J. R. astr. Soc.*, London, 73, p. 475-488.
- ROUSSEL J. et LIGER J.-L. (1933). — A review of deep structure and ocean-continent transition in the Senegal basin (West Africa). *Tectonophysics*, Amsterdam, 91, p. 183-211.
- SPENGLER A. de, CASTELAIN J., CAUVIN J. et LEROY M. (1966). — Le bassin secondaire-tertiaire du Sénégal. In : « Bassins sédimentaires du littoral africain », 1^{re} partie : Littoral atlantique, REYRE D. éd., Assoc. Serv. géol. afr., Paris, p. 80-94.
- TESSIER F., FLICOTEUX R., LAPPARTIENT J.-R., NAHON D. et TRIAT J.-M. (1975). — Réforme du concept de continental terminal dans les bassins sédimentaires côtiers de l'ouest-africain. IX^e Congr. int. Sédim. Nice, t. 1, p. 207-211.
- YUNGUL S. H. (1968). — Measurements of telluric « relative ellipse area » by means of vectograms. *Geophysics*, Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 33, p. 127-131.
- YUNGUL S. H. (1977). — The telluric method in the study of sedimentary structures. A survey. *Geoexplor.*, Amsterdam, Hollande, 15, p. 207-238.