

Structure géologique le long de deux profils audiomagnétotelluriques dans le bassin de Mamfé, Cameroun.

A. M. NGANDO²; Eliezer MANGUELLE-DICOUM¹; C. T. TABOD¹; R. NOUAYOU¹;
JEAN MARCEL², A. ZAKARIAOU²

¹Département de physique, Faculté des Sciences Université de Yaoundé I, BP 812 Yaoundé, Cameroun ;

²Institut National de Cartographie, Ministère de La Recherche Scientifique et Technique, BP 157 Yaoundé, Cameroun.

RESUME

La structure géologique le long de deux profils dans le bassin sédimentaire de Mamfé : A (5 stations, A₁-A₅) et B (3 stations, B₁, B₂ et B₃) sensiblement de direction SW-NE, est étudiée à l'aide de la méthode audiomagnétotellurique (AMT). Le traitement des données a consisté en l'établissement des courbes de sondage, des profils de résistivité, des pseudosections, des sections géoélectriques ; ce qui permet après analyse et corrélation à la géologie de surface, de parvenir à la modélisation de la structure géologique le long de ces profils.¹ Le long des deux profils, des anomalies de conductivité électrique sont observées. Les pseudosections, révèlent un fort gradient de résistivité entre A₁ et A₂. Ces anomalies peuvent s'expliquer par l'effet en profondeur d'un contact structural granite-sédiments provoqué par la faille située à proximité de A₁ (faille d'Otu). Les stations A₂, A₃, A₄ et A₅ se révèlent être situées sur les sédiments de par la nature géoélectrique de leurs terrains en surface et en profondeur. En dessous d'un terrain sédimentaire d'épaisseur variable, il a été mis en évidence, l'existence d'un terrain sédimentaire plus conducteur le long de ces profils. Une explication de la forte conductivité en profondeur serait la forte probabilité qu'ont ces terrains d'être saturés en eau. La profondeur maximale atteinte dans cette étude, environ de 900 m, est propre aux stations A₁ et B₁. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'au niveau de ces stations, nous soyons vers les confins du bassin sédimentaire. L'existence de deux blocs d'anomalies de conductivité électrique dans le cas du profil B permet de mettre en évidence le contact basalte-sédiments, signalé par la géologie. De B₂ à B₃, une évolution vers les limites méridionales du bassin sédimentaire qui se situeraient, à quelques kilomètres, au sud de ce profil est constatée.

Mots clés: Audiomagnétotellurique, faille, Contact.

ABSTRACT

The geological structure along two profiles in the Mamfe sedimentary basin: A (made up of 5 stations: A₁-A₅) and B (made up of 3 stations: B₁, B₂ and B₃) both lying in the SW-NE direction was studied using the audiomagnetotelluric method (AMT). The processing of the data consisted in establishing sounding curves, resistivity profiles, pseudosections and geoelectric sections which after analysis and correlation to the geology, lead to a modelling of the geological structure along these profiles. Electrical conductivity anomalies were observed along both profiles. Pseudosections, in particular revealed a strong resistivity gradient between A₁ and A₂. This can be explained as the effect of the presence at depth of a granite-sediment boundary provoked by the fault located close to A₁ (the Otu fault). The stations A₂, A₃, A₄ and A₅ are found to be located on sediments as seen from the resistivities of the various layers. At all these stations, a highly conducting sedimentary layer underlies a less conducting sedimentary layer of varying thickness. The high conductivity at depth is probably due to water saturation. The maximum depth of 900 m reached in this study occurred at stations A₁ and B₁. This can be explained by the fact that these stations are located very close to the border of the sedimentary basin. The existence of two blocks of electrical conductivity anomalies on profile B is evidence for the existence of the basalt-sediment contact zone inferred from geology. From B₂ to B₃, progress towards the southwestern boundary of the basin is observed.

Key words: Audiomagnétotellurique, faille, Contact.

1.0 INTRODUCTION

Le bassin de Mamfé est un fossé intracratonique qui fait partie avec le bassin de Yola et du Niger, des extensions de la cuvette de la Bénoué, Nigeria (fig.1). Il constitue, le plus au sud des extensions et peut être géographiquement délimité comme étant situé entre les latitudes 5°30'-6°N et les longitudes 8°45'-10° E. Ce bassin mesurant 80 km de long sur près de 20 à 40 km de large a une superficie estimée d'environ 3000 km².

D'après certains auteurs, la cuvette de la Bénoué trouverait son origine de la tectonique du Crétacé qui a abouti à l'ouverture de l'Océan Sud-Atlantique (Fairhead and Green, 1989). Une des hypothèses avancées est qu'elle serait, de par sa forme et sa direction, liée à la ligne volcanique du Cameroun (LVC) (Fitton 1980, 1983 ; Halliday et al, 1988). En effet d'autres chercheurs affirment que les deux structures sont presque similaires, la ligne volcanique du

Cameroun étant l'expression magmatique d'un point chaud qui accompagna la formation de la cuvette de la Bénoué qui se retrouve actuellement au Nord-ouest, (vers le Nigeria) (fig.1). La plaque africaine se déplaça relativement à ce point chaud durant le Crétacé, en synchronisation avec la formation de l'Océan Atlantique (Fitton, 1980, 1985). Les premières informations géologiques sur la zone du bassin de Mamfé, rapportées par Dumort (1968) datent de 1928 avec les recherches de lignite menées par R.C Wilson, ensuite les études géologiques menées par Le Fur entre 1964 et 1965 et enfin par Dumort en 1968.

Les premières informations géophysiques sur la région sont rapportées par Collignon (1968). Il s'agit des profils de reconnaissance renseignant sur le champ gravimétrique de la région. Très limités ceux-ci seront complétés dès 1984 pour une étude de la structure crustale du bassin de Mamfé (Fairhead et al, 1990). Les informations géophysiques manquent dans cette

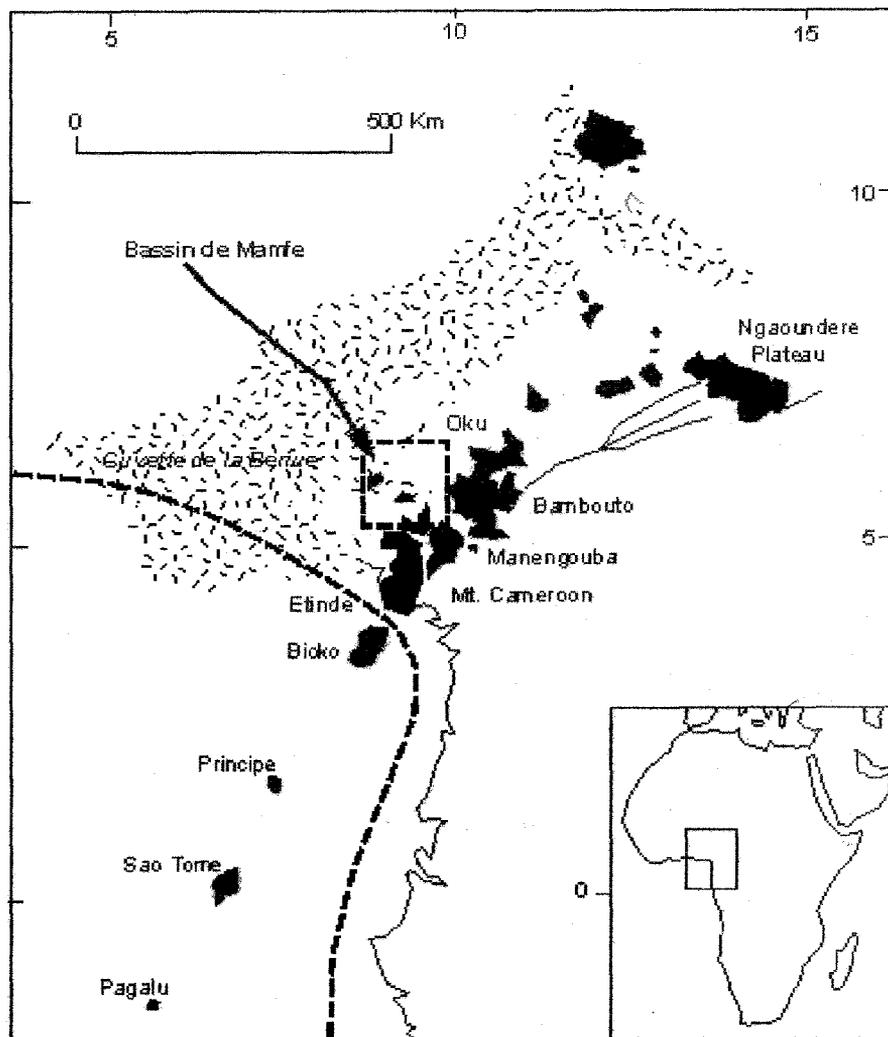


Fig.1 : Localisation du Bassin de Mamfé dans la cuvette de la Bénoué, Afrique de l'Ouest. Les roches de la Ligne Volcanique du Cameroun sont présentées en noir, les sédiments de la cuvette de la Bénoué, en pointillés. (D'après Halliday et al, 1987)

région probablement parce que les recherches ont toujours été plus axées sur le bassin côtier, avec des sédiments plus jeunes. Néanmoins, des travaux récents sur la détermination des limites entre les formations sédimentaires-métamorphiques et les études géophysiques de reconnaissance renseignent sur les frontières du bassin. Ceux-ci ont été menés par le laboratoire de Géophysique Interne de l'Université de Yaoundé I et des mémoires académiques en sont l'issue (Kande, 2000 ; Ndjandjock, 2000). Cette étude a pour but de déterminer la structure géologique du bassin, le long de deux profils.

Au Cameroun, le bassin de Mamfé tire son nom du chef lieu du département de la Manyu, province du Sud-Ouest Cameroun. Il s'agit d'une localité à faibles altitudes (<300 m) dont le réseau hydrographique est essentiellement constitué par la Manyu ou Cross-river qui traverse la région (fig.2). Cette région est le domaine de la forêt dense équatoriale humide, traversée par un axe routier et de nombreuses pistes. Les

données géologiques sur la région consistent en profils de reconnaissance le long de la rivière, soutenus par des interprétations photogéologiques. Ces données sont contenues dans une notice explicative (Dumort, 1968) accompagnée d'une carte géologique couvrant la partie camerounaise du bassin. Dans la zone d'étude, nous distinguons plusieurs types de formations :

- Les formations sédimentaires datent du Crétacé. Elles sont aptiennes ou albiennes en âge et composées de grès, argiles, de profondeur indéterminée. Elles ont été déposées grâce à la transgression du Crétacé qui atteint le bassin de Mamfé via la cuvette de la Bénoué. Une étude géologique dans la basse cuvette de la Bénoué révèle des sédiments précénomaniens de près de 2 km d'épaisseur (Olade, 1975). Ceux-ci auraient été précédés par une activité volcanique d'âge aptien (Popoff et al, 1983). A la fin du Crétacé (80 à 70 Ma), la cuvette de la Bénoué est sujette à une déformation provoquant la fracture et le plissement le long des axes de directions N-E. Les sédiments datant du Crétacé,

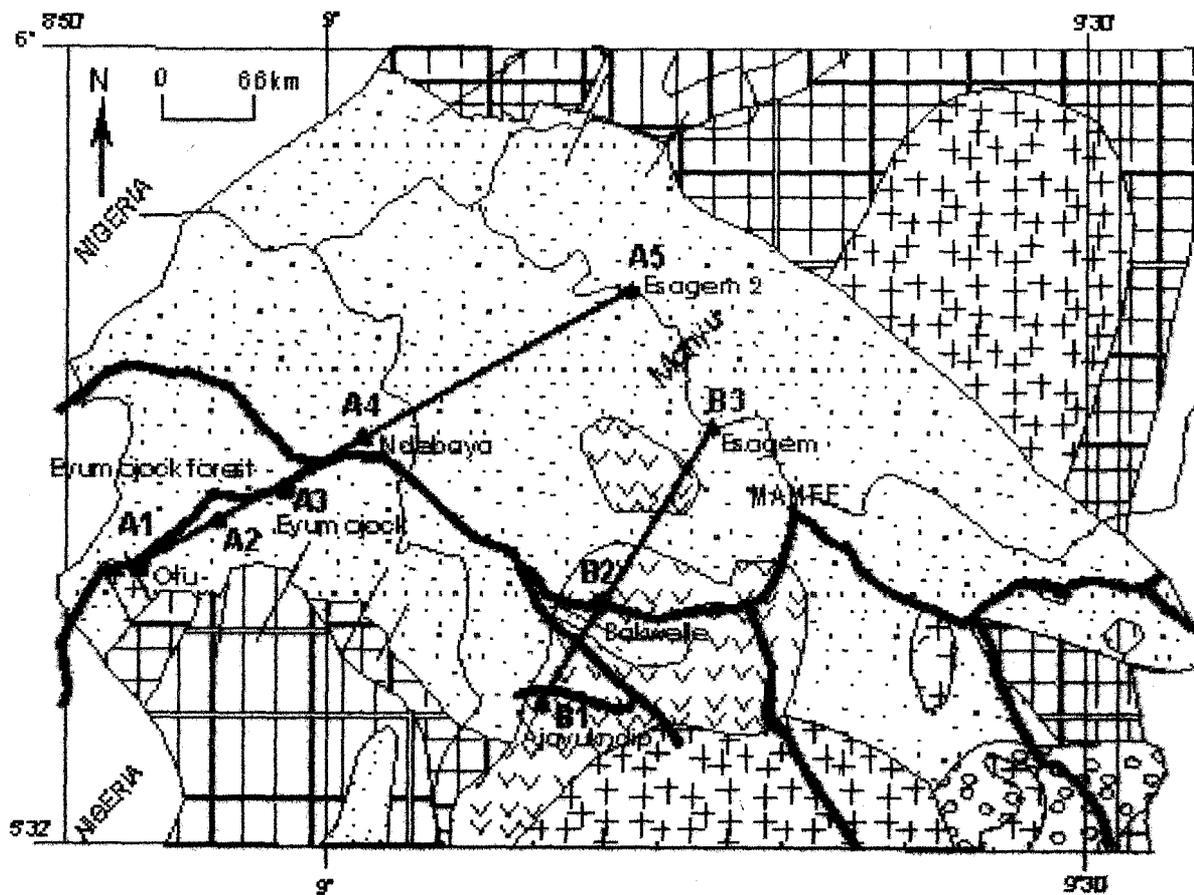
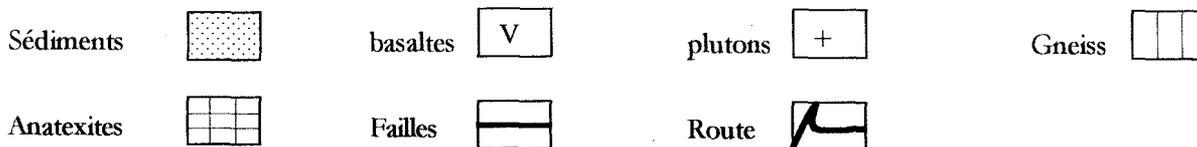


Fig.2 : Extrait de la carte géologique et localisation des stations AMT. Les deux profils y sont représentés, de direction sensiblement SW-NE.



déposés le long des berges de la Cross-River, allant de Mamfé à la frontière Cameroun-Nigeria, ont un pendage de 5° à 15° au sud-ouest. Un exemple de déformation est également observé à la rivière Mounaya (5° 03' E, 5° 51' N) où les sédiments du Crétacé ont un pendage presque vertical près d'une zone de faille (Fairhead et al, 1990).

- Les formations effusives datant du Tertiaire ou récentes recouvrent également la partie Sud-Est du bassin. Ce sont des basaltes porphyriques et aphyriques de la LVC. Une connaissance précise des âges des émissions de la LVC est limitée. Néanmoins, les âges de ces effusions constituées essentiellement de basaltes, datés par la méthodes K/Ar et ⁴⁰Ar / ³⁹Ar (Dunlop, 1983 ; Fitton et Dunlop, 1985 ; Fitton, 1987), montrent que les activités des volcans centraux de cette ligne datent d'au plus 42 Ma.

- Dans la zone, existent aussi des formations métamorphiques du socle. Elles sont constituées de roches telles le gneiss, les micaschistes et les migmatites associés aux granites. Ces formations datent du Pré-cambrien.

2.0 METHODE

La méthode magnétotellurique fut découverte par Cagniard (1953) ; elle détermine la résistivité d'un sous-sol homogène ou alors les résistivités d'une terre tabulaire possédant n couches à partir des mesures simultanées à la surface de la terre du champ électrique, le long d'une direction x et de l'intensité du champ magnétique le long de la direction yperpendiculaire à x, à la même période du champ tellurique naturel induit sur la terre par les ondes électromagnétiques (em) supposées planes, atteignant la terre depuis la haute atmosphère. La relation fondamentale de Cagniard est :

$$\rho_a = 0.2 T (E_x/H_y)^2 \quad (1)$$

où T = période du champ électromagnétique

Ex= composante du champ électrique suivant la direction x

Hy = composante du champ magnétique suivant la direction y

est la résistivité apparente pour une terre stratifiée possédant n couches qui serait la résistivité vraie si nous avions une terre homogène. La profondeur de pénétration est la profondeur à laquelle l'amplitude de l'onde décroît d'une valeur e~2.71 par rapport à l'amplitude à la surface. Cette profondeur est donnée par :

où P est la profondeur de pénétration, la résistivité apparente, et T la période du champ électromagnétique.

A cause du fait que ρ_a est une fonction simultanée de la période T et de la profondeur, ρ_a en fonction de T est appelée courbe de sondage. Swift (1967), Dowling (1970), Vozoff (1972) et Strangway et al (1973), ont montré que la composante électrique normale à une discontinuité est discontinue tandis que la composante parallèle est continue. Dans une zone non tabulaire, les relations entre les vecteurs du champ tellurique **E** et **H** sont tensorielles (Vozoff,1972) :

$$E_x = Z_{xx} H_x + Z_{xy} H_y \quad \text{et} \quad E_y = Z_{yx} H_x + Z_{yy} H_y \quad (3)$$

Le tenseur Z_{ij} est appelé tenseur impédance. Le long des directions principales, Z_{ij} est diagonal et on a :

$$E_x^0 = Z_{xy}^0 H_y^0 \quad \text{et} \quad E_y^0 = Z_{yx}^0 H_x^0 \quad (4)$$

On obtient ainsi une résistivité électrique transversale et une résistivité longitudinale. Plusieurs méthodes peuvent permettre de déterminer les directions principales (Manguelle-Dicoum et al, 1993 ; Reddy et al, 1977). Dans le cadre de cette étude, la campagne de Mamfé eut lieu entre Décembre 1998 et Mai 1999. Elle permet d'effectuer des mesures suivant deux directions : E-W et N-S. L'instrument utilisé dans le cadre de cette étude est le resistivimètre audiomagnétotellurique (AMT) LAGAS, possédant une gamme de fréquences allant de 3 à 2500 Hz, consistant en deux détecteurs de champ magnétique et électrique. Les valeurs récoltées peuvent être utilisées pour déterminer la résistivité apparente à l'aide de la formule de Cagniard (1) qui est la base. Les stations AMT (fig.2), de direction sensiblement SW-NE, sont situées dans une zone comprenant des formations sédimentaires, basaltiques et granitiques ; deux profils ont été établis, le long desquels les stations sont inégalement réparties :

Le profil 1 va de la station A₁ (Otu) à la station A₅ (Esagem 2), en passant respectivement par les stations A₂ (Eyumojock forest), A₃ (Eyumojock) et A₄ (Ndebaya). Le profil 2 comprend les stations B₁ (Ajayukndip), B₂ (Bakwelle) et B₃ (Esagem).

3.0 RESULTATS

3.1 - Profilages de résistivités apparentes

Ce sont des mesures à une fréquence donnée, effec-

tuées sur plusieurs stations réparties le long d'un profil. Ils portent en abscisses à l'échelle arithmétique, les distances entre les stations exprimées en km et en ordonnées, à l'échelle logarithmique de préférence, les résistivités apparentes exprimées en Ohm.m. Cette représentation qualitative montre la variation de la résistivité apparente à une pseudo-profondeur donnée et permet de délimiter des zones d'anomalies de conductivité telles que les failles.

-profil 1 :

Dans les deux directions N-S et E-W, les hautes fréquences qui peuvent être assimilées aux couches superficielles (suite à l'effet de peau) sont similaires du point de vue conductivité électrique (fig.3). Entre les stations A_1 , A_3 et A_5 , les résistivités apparentes sont presque constantes et inférieures à 100 Ohm.m ; par contre, les stations A_2 et A_4 présentent des résistivités élevées, atteignant 110 Ohm.m en A_4 . Les résistivités apparentes dans les deux directions subissent aux hautes fréquences une fluctuation. En profondeur, (basses fréquences) dans la direction N-S (fig.3-a), on assiste à une quasi-horizontalité des courbes le long de tout le profil, avec des résistivités inférieures à 100 Ohm.m.

Par contre, une remontée des résistivités est observée au niveau de la station A_1 à partir de 80 Hz (fig.3-b), dans la direction E-W. Cette remontée est perçue aux basses fréquences où la valeur de 200 Ohm.m environ est atteinte à 3 Hz.

-profil 2 :

Au niveau de ce profil, les résultats obtenus dans les deux directions sont similaires, il est représenté ici une des directions (fig.4). En effet, B_1 se distingue de B_2 et B_3 par des résistivités élevées qui atteignent parfois 100 Ohm.m. Cette tendance s'amenuise au fur et à mesure que l'on va en profondeur, mais les résistivités relevées ne sont pas inférieures à 10 Ohm.m.

La station B_2 se distingue par le fait que dans toutes les directions, les résistivités relevées sont toujours au-dessus de 10 Ohm.m. Ce constat se fait aussi bien au niveau des profondeurs qu'en surface. En B_3 , au fur et à mesure qu'on va en profondeur, les résistivités électriques sont inférieures à 10 Ohm.m (on atteint près de 4 Ohm.m à 3 Hz dans l'une des directions et 5 Ohm.m dans l'autre à la même fréquence). Cette dernière station semble donc reposer sur des terrains plus

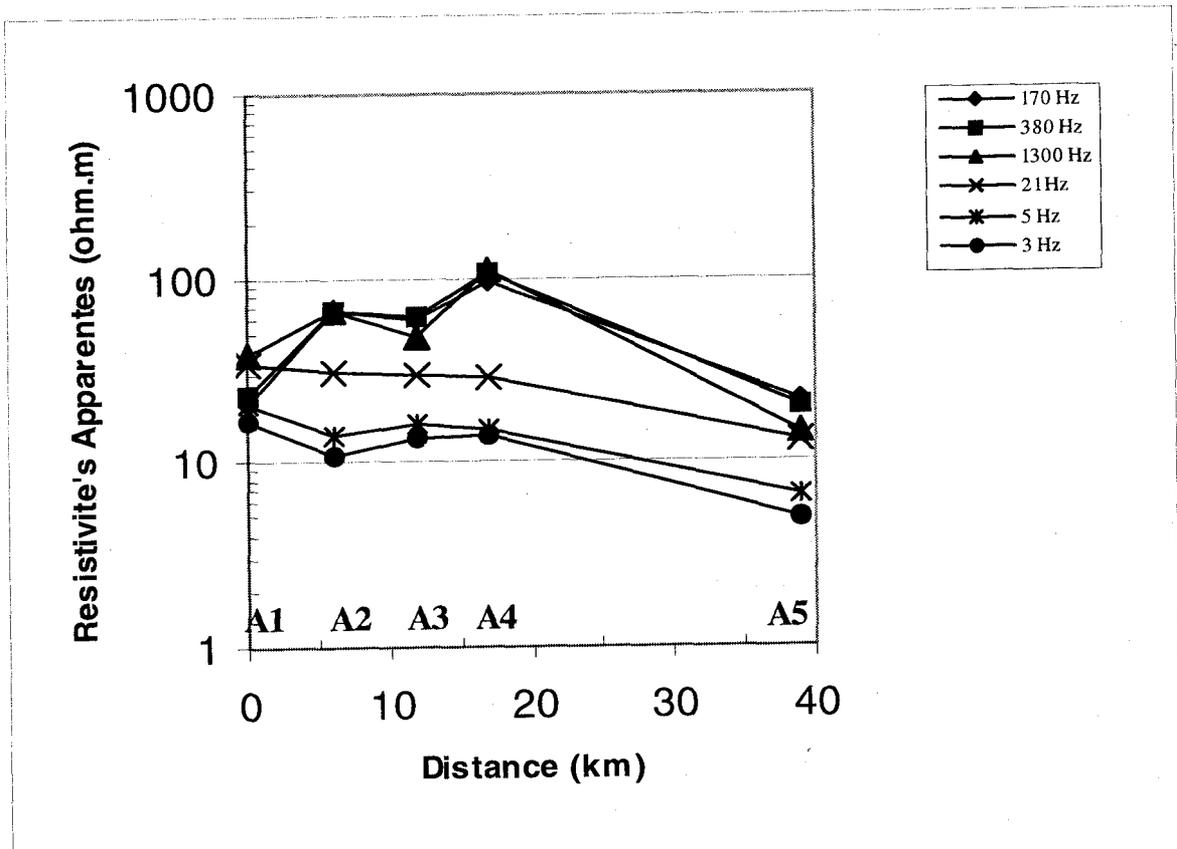


Fig.3-a : Profilage de résistivités apparentes pour la direction N-S, pour le profil 1. Dans la direction représentée par cette figure, nous constatons que les valeurs de résistivités apparentes subissent une légère fluctuation et ceci, à toutes les fréquences. Les plus faibles résistivités sont observées en A_3 et les plus élevées en A_4 . Au niveau de la station A_1 , les résistivités apparentes sont très inférieures à 100 Ohm.m.

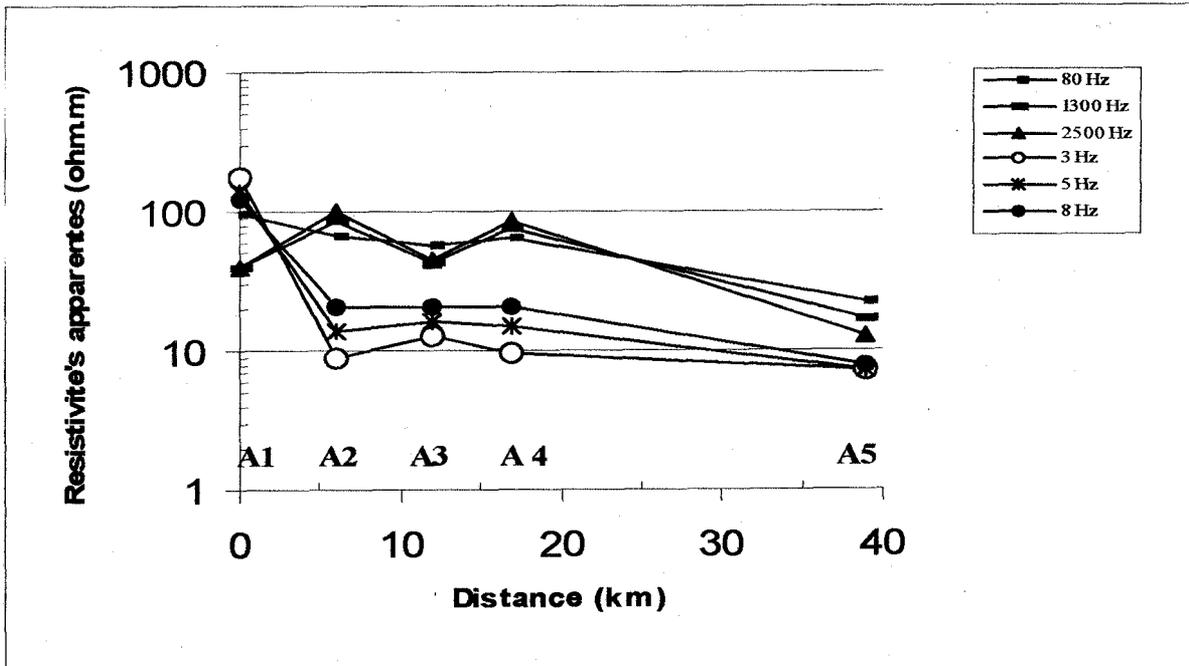


Fig.3-b : Profilage de résistivités apparentes pour la direction E-W, pour le profil 1. Dans la direction représentée par cette figure, une remontée de résistivité apparente est observée en A₁ à partir de 80 Hz. Cette remontée est particulièrement perçue aux basses fréquences où la valeur de 200 Ohm.m est atteinte à 3 Hz.

conducteurs que ceux des deux premières. Il existerait deux blocs de résistivités : le bloc constitué de B₁ et B₂ d'une part qui pourrait avoir une constitution de terrains plus résistants que celui constitué de B₃, d'autre part.

3.2 Pseudosections

Les pseudosections sont des courbes d'isoresistivité pour un ensemble de fréquences, le long d'un profil de

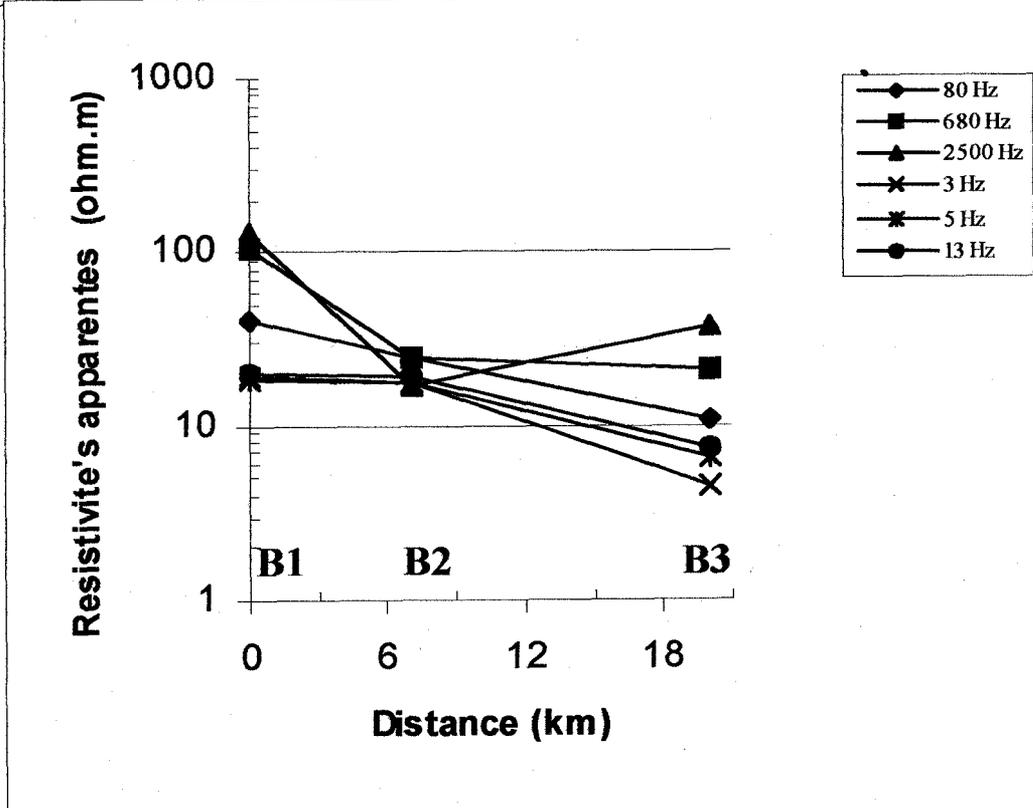


Fig.4 : Profilage de résistivités apparentes pour la direction N-S, pour le profil 2.

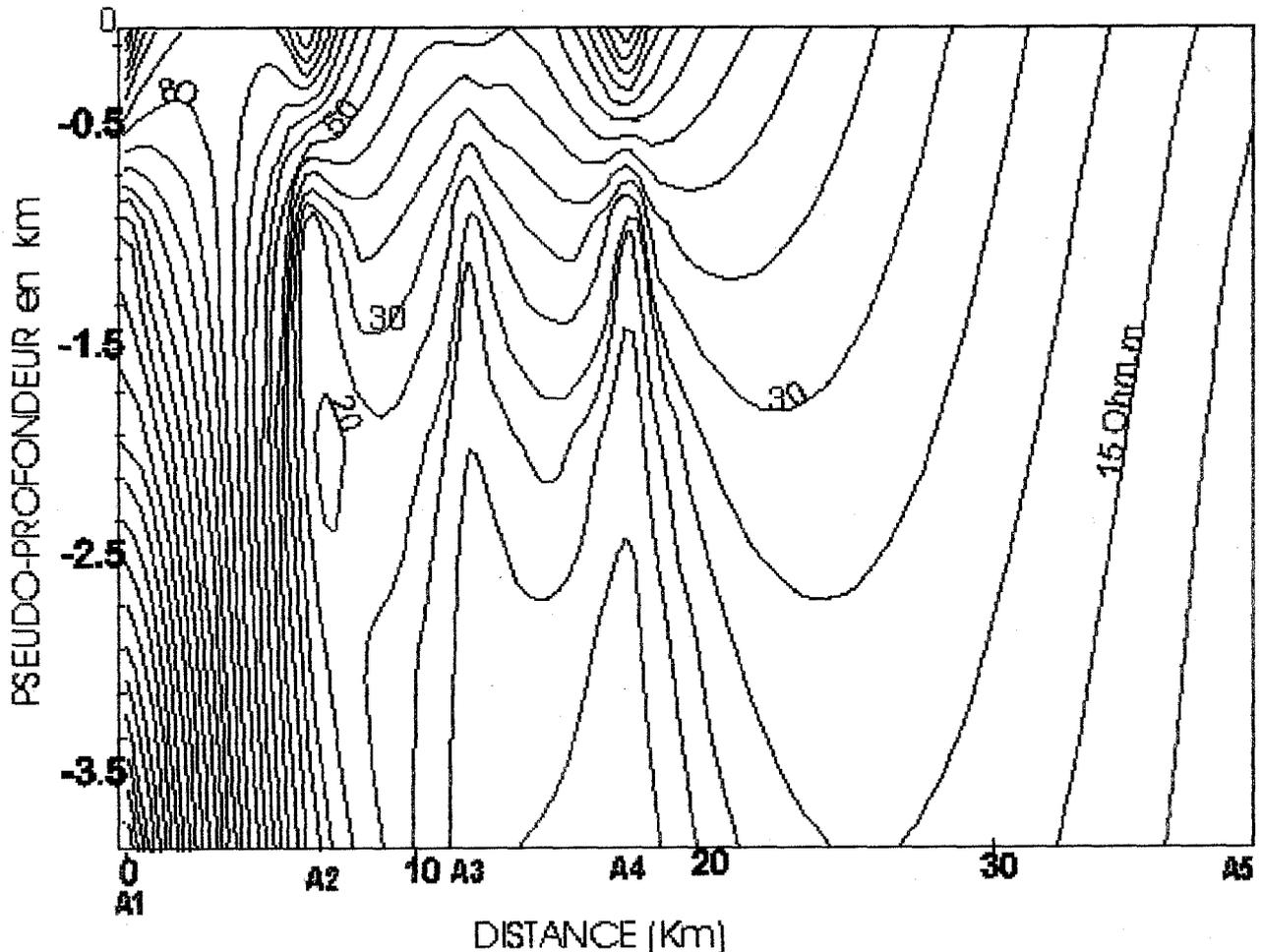


Fig.5 : Pseudo-section des résistivités E-W pour le profil 1. Un fort gradient est observé sur cette figure, à l'extrême gauche, vers la station A1. On remarque l'augmentation des valeurs de résistivités dans cette direction tandis que de faibles valeurs sont observées entre A₂ et A₅. Cette pseudo-section permet de se rendre compte de la particularité de la première station de ce profil.

mesure. Elles ont été tracées à l'aide des pseudop profondeurs qui sont des profondeurs calculées à partir des résistivités apparentes. Cette représentation bien que qualitative nous prépare à la modélisation et marque selon Benderitter (1982), « le stade le plus poussé de visualisation des données brutes. ». Elles montrent clairement les variations de la conductivité électrique et délimitent les zones d'anomalies (Manguelle-Dicoum et al, 1992).

-profil 1 :

Dans la direction E-W que nous présentons en fig.5, il est remarqué un fort gradient de résistivité à l'extrême gauche de la figure, caractérisant la station A₁. Ce gradient est symbolisé par un resserrement des courbes d'isoresistivité vers la gauche. A la limite entre les stations A₁ et A₂, les courbes sont presque verticales ; ce constat laisse supposer les limites entre des formations distinctes. Cet effet ressortait au niveau des profils de

résistivités où la direction E-W se caractérisait en la station A₁ par une élévation des valeurs des résistivités apparentes. Dans la direction N-S qui n'est pas représentée ici, le gradient perçu en A₁ dans la direction E-W, n'apparaît pas.

Des courbes d'isoresistivité à faibles valeurs sont remarquées en profondeur dans les deux directions et le long des 4 dernières stations de ce profil. Les profondeurs s'avéreraient donc constituées de terrains conducteurs. Ce résultat a été mis en évidence par l'analyse des profils de résistivité.

-Profil 2 :

Dans les deux directions, les pseudosections de ce profil sont similaires et il est présenté la pseudosection dans la direction N-S (fig.6).

Les courbes d'isoresistivité se regroupent vers la gauche de façon à former un gradient visible. Ces courbes vont de B₂ et se dirigent vers B₁ en se resserrant.

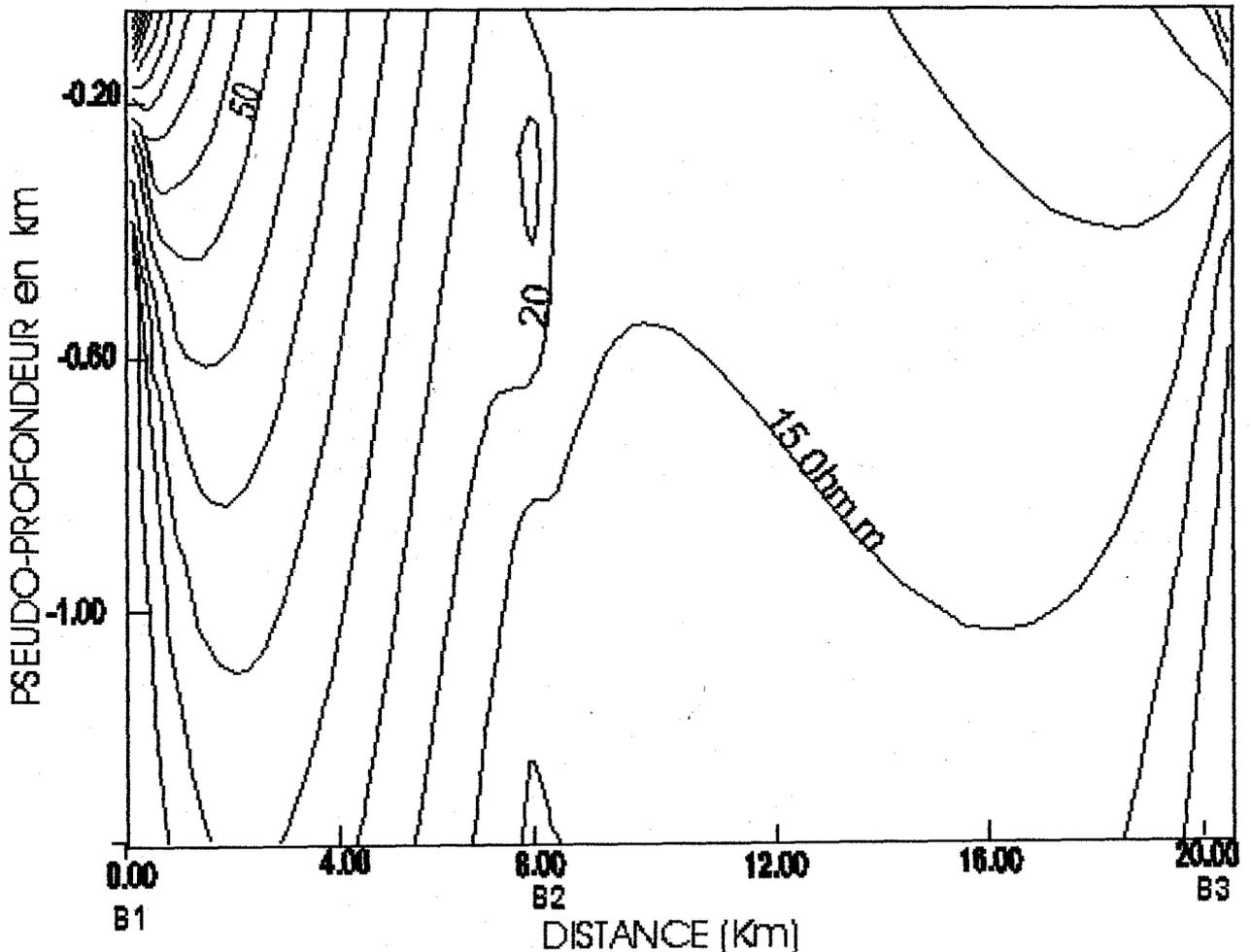


Fig.6 : Pseudo-section des résistivités N-S pour le profil 2. Un gradient est observé ici entre les stations B₂ et B₁. On remarque que le resserrement des courbes d'isoresistivité s'intensifie à la station B₁. B₃ par contre, se caractérise par de faibles valeurs des courbes d'isoresistivité. La présence des deux blocs de résistivités est ainsi mise en évidence.

Entre B₂ et B₃, les courbes sont presque verticales, ce qui pourrait laisser supposer la limite entre deux formations différentes. B₃ se caractérise par des résistivités faibles par rapport à celles des autres stations.

Ces résultats semblent en accord avec ceux observés au niveau des profils de résistivités où l'existence de deux blocs le long de ce profil semblait paraître.

3.3 Courbes de sondage

Ces courbes font partie de l'interprétation quantitative qui fournit l'épaisseur des différentes couches du sous-sol ainsi que leurs résistivités vraies. Elles ont été établies à l'aide du logiciel SONDMT (Doucet, 1991) version 1.03, logiciel d'interprétation des sondages magnétotelluriques et électriques. Les courbes de sondages dans la majeure partie des cas sont similaires en chaque station, dans les deux directions. Cependant, la station A₁ se démarque des autres par l'anisotropie de ses terrains :

Dans la direction E-W (fig.7), la courbe décrit une presque droite de pente positive, les résistivités apparentes excédant 100 Ohm.m. Par contre dans la direction N-S, elle présente une allure différente, les résistivités apparentes étant en dessous de 100 Ohm.m. Il est donc à remarquer que la station A₁ est singulière, ce qui a été entrevu dans les analyses précédentes.

3.4 Sections géoélectriques et modèles géologiques

Ces sections sont tracées à partir de l'interprétation des courbes de sondage. Elles représentent le long d'un profil donné, la succession des différents terrains en profondeur. Les sections géoélectriques moyennes ont été utilisées dans l'élaboration des modèles ou coupes géologiques pour chaque profil. Elles représentent la moyennes des résistivités dans les deux directions et ont l'avantage de présenter les mesures effectuées avec le minimum d'erreurs.

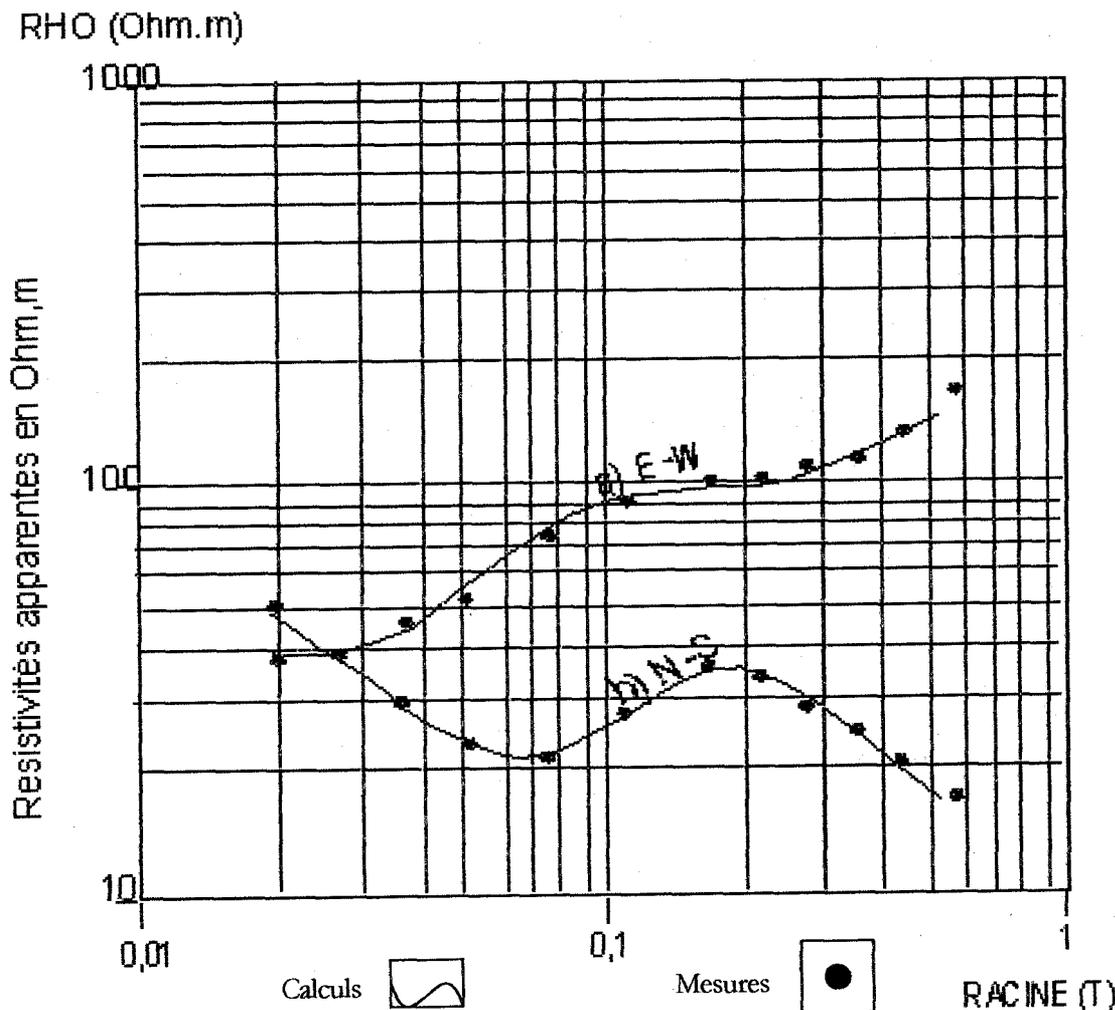


Fig.7 : Courbes de sondage de la station A_1 dans les deux directions. La non superposabilité des deux courbes traduit l'anisotropie des terrains de cette station. Ces courbes traduisent le fait que dans les deux directions, les courants telluriques ne rencontrent pas la même accessibilité dans le sens de leur circulation.

Profil 1 :

La section E-W de ce profil est présentée en fig. 8-a. La première station A_1 possède 5 couches, comptées à partir de la surface, de résistivités respectives : 45, 270, 120, 87 et 300 Ohm.m et d'épaisseurs variables. C'est également le cas de A_2 qui possède trois terrains de résistivités respectives : 120, 58 et 2 Ohm.m. A_3 possède également trois terrains de résistivité : 48, 97, et 9 Ohm.m. Les deux dernières stations A_4 et A_5 ont des terrains de 4 couches chacune. A_4 a les résistivités : 98, 58, 5 et 4 Ohm.m, tandis que A_5 possède des terrains de 10, 36, 3 et 10 Ohm.m respectivement, comptés à partir de la surface.

Les résistivités faibles s'observent en profondeur le long des stations, exception faite de la station A_1 où les résistivités électriques atteignent 300 Ohm.m en profondeur. En cette même station, on retrouve un premier terrain de 45 Ohm.m, tandis que les stations

A_2, A_3, A_4 et A_5 possèdent des terrains superficiels plus résistants que ceux des profondeurs.

La section géoélectrique moyenne du profil 1 présente des résultats similaires aux résultats ci-dessus définis. En effet, on constate des résistivités moyennes le long du profil en surface, c'est à dire à moins de 500 m. Au niveau des profondeurs et le long des 4 dernières stations, de faibles valeurs de résistivité électrique s'observent. En A_1 , à partir de 150 m de profondeur, des terrains plus résistifs sont observés.

profil 2 :

Il est représenté une des directions de ce profil en fig. 8-b, les sections étant similaires dans les deux cas. B_1 a 4 terrains de résistivités respectives, comptés à partir de la surface : 93, 4, 38 et 2 Ohm.m. C'est également le cas de B_2 qui possède des terrains de résistivités : 11, 32, 9 et 4 Ohm.m. La dernière station de ce profil a 5 terrains de résistivités : 74, 15, 9, 1 et 2 Ohm.m. Les

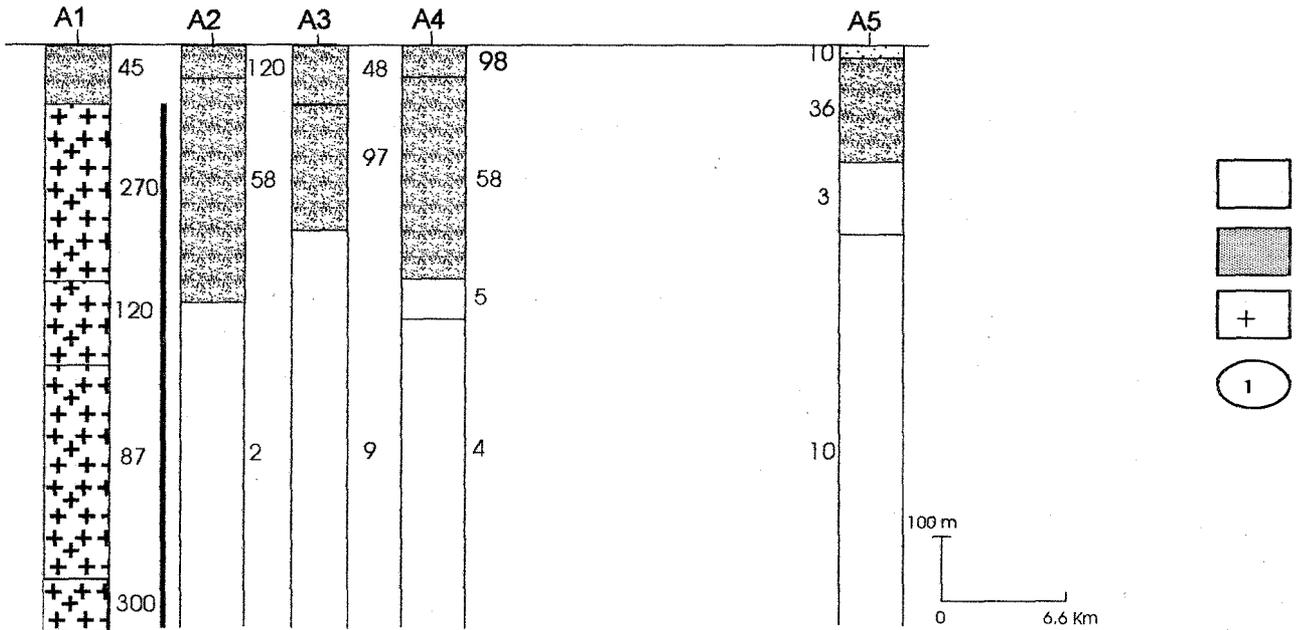


Fig.8-a : Interprétation de la section géoélectrique E-W du profil 1.

résistivités électriques supérieures à 10 Ohm.m sont observées dans le bloc B₁-B₂, de même que dans le bloc B₃. La section géoélectrique moyenne du profil 2 présente des résultats légèrement similaires.

4.0 DISCUSSION

Le traitement des données AMT représenté ci-dessus s'inspire des techniques développées en 1982 par

Benderitter relatives au traitement des données audiomagnétotelluriques. Il aboutit à certaines conclusions, notamment, l'existence le long de nos profils de discontinuités électriques notables.

Au niveau du profil 1, la station A₁ présente une discontinuité majeure qui n'est perceptible que dans la direction E-W. Le fait que cette anomalie ne soit perceptible que dans une direction explique la forte

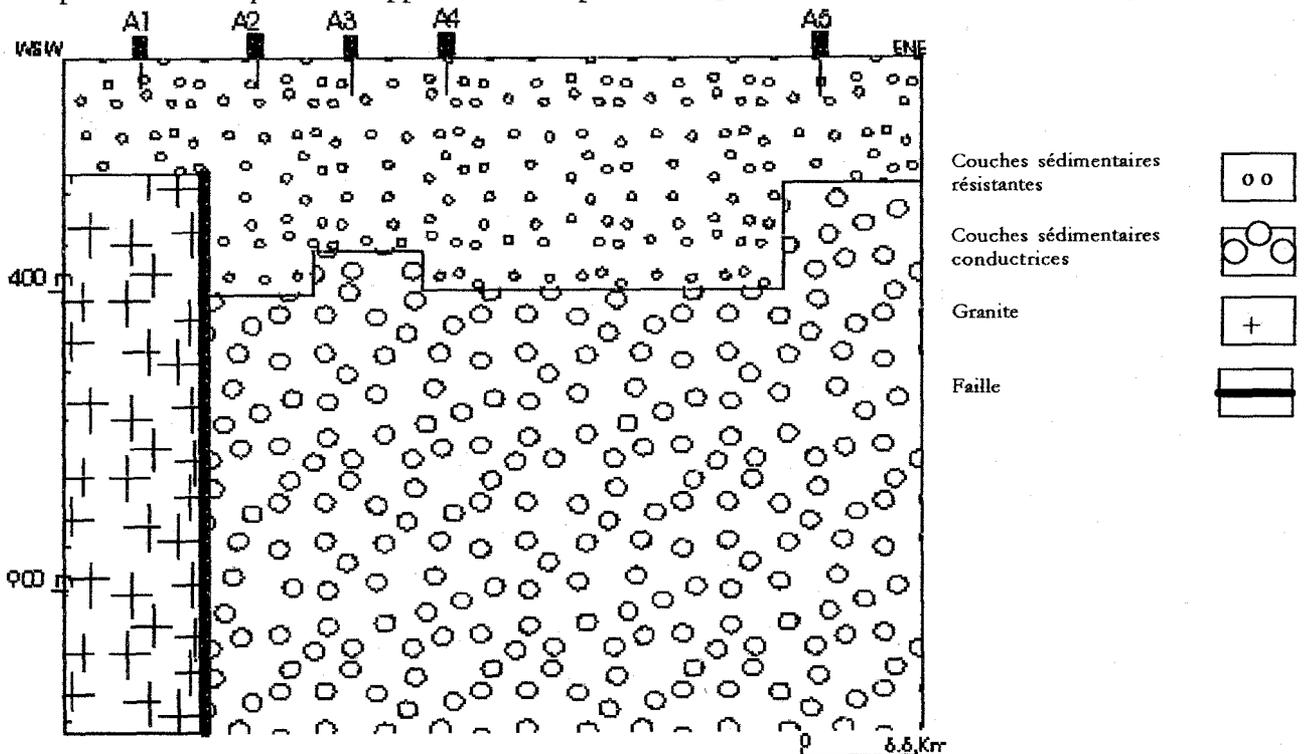


Fig. 8-b : Coupe géologique du profil 1.

Le contact granite-sédiments est mis en évidence. La couche sédimentaire plus conductrice l'est certainement à cause du fait qu'elle a une forte probabilité d'être saturée en eau.

anisotropie observée en A_1 où le coefficient d'anisotropie atteint 30% à 3 Hz. En effet, l'analyse des profilages de résistivités, des pseudosections, des sections géoélectriques et des courbes de sondage a permis la mise en évidence de la particularité de cette station dans la direction E-W. Au travers de l'analyse de la carte (Dumort, 1968) (fig. 2), il apparaît que cette station se situe à proximité d'une faille délimitant d'une part une structure granitique et d'autre part une structure sédimentaire. La discontinuité de résistivité observée entre les stations A_1 et A_2 pourrait être due au contact granite-sédiments induit par cette structure. Le fait que la discontinuité observée en A_1 ne s'observe que dans une des directions s'explique par le comportement de l'onde électromagnétique à la surface d'un dioptre. En effet, la composante normale du champ électrique y est discontinue tandis que sa composante tangentielle est continue. Ces facteurs influencent les résistivités apparentes qui dépendent de l'intensité des champs E et H mesurés dans des directions orthogonales. La résistivité apparente correspondant au champ électrique orthogonal à la structure encore appelée résistivité transversale sera discontinue et ressortira mieux la traversée des deux milieux (Swift, 1971). A_1 se révèle donc être située sur des formations non sédimentaires. La section géoélectrique moyenne en cette station nous présente une succession de couches superficielles et de résistivités faibles par rapport à celles des

couches profondes. En cette station l'analyse du coefficient d'anisotropie suggère que les terrains commencent à être homogènes à partir d'une haute fréquence : 680 Hz, donc vers la surface. Une pellicule sédimentaire superficielle ou une couche d'altération pourrait donc exister au niveau de cette station.

L'analyse des sections géoélectriques permet de distinguer le fait que les stations A_2, A_3, A_4 et A_5 soient constituées de terrains plus résistifs qui reposent sur ceux qui le sont moins. En effet, dans le cas de la section géoélectrique représentée en figure 8-a, en A_2 deux terrains de 120 et 58 Ohm.m reposent sur un terrain de 2 Ohm.m. En A_3 , des terrains de 48 et 97 Ohm.m reposent sur un terrain de 9 Ohm.m. En A_4 , des terrains de 98 et 58 Ohm.m reposent sur d'autres de 5 et 4 Ohm.m. A la dernière station, finalement, des terrains de 10 et 36 Ohm.m reposent sur deux autres de 3 et 9 Ohm.m. D'après la géologie du milieu (fig.2), ces stations sont situées sur des formations sédimentaires. L'interprétation des sondages fait ressortir la structure géoélectrique du bassin en profondeur, le long de ces stations. Celle-ci indique sa nature sédimentaire au vu des faibles résistivités observées (≈ 10 Ohm.m). Il pourrait donc s'agir en A_2, A_3, A_4 et A_5 , d'une succession de terrains sédimentaires résistifs qui reposeraient sur des terrains sédimentaires plus conducteurs.

Le modèle géologique proposé (fig.8-b) est issu de l'interprétation des sections géoélectriques moyen-

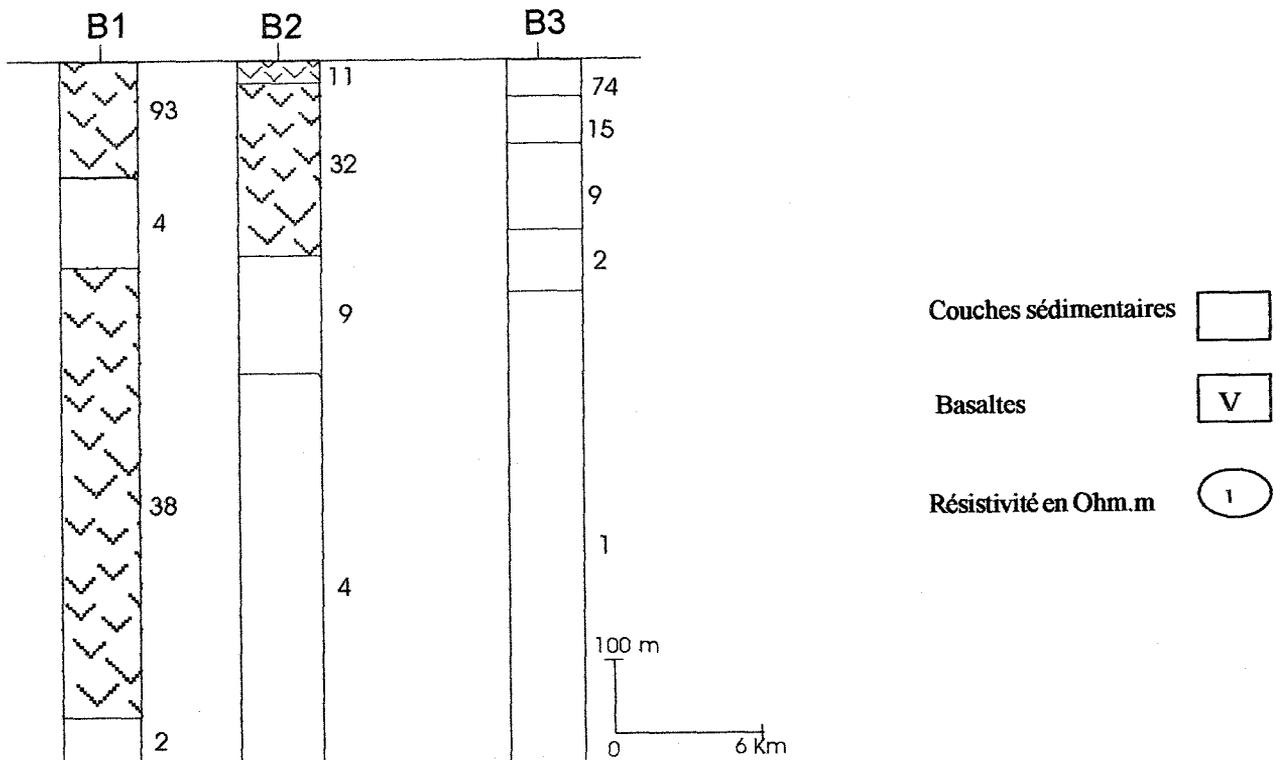


Fig. 9-a : Interprétation de la section géoélectrique N-S du profil 2. Le contact basalte-sédiments est mis en évidence.

nes. Il représente le contact faillé granite-sédiments de la station Otu qui se situe sur formations granitiques. La nature du bassin est également présentée en profondeur le long des 4 dernières stations du profil, nature sédimentaire au vu des faibles valeurs de résistivités électriques rencontrées. La conductivité faible de ces terrains pourrait s'expliquer par une saturation en eau. En effet, la résistivité électrique étant une fonction de ce facteur, plus les couches sont saturées, moins elles sont résistantes à la traversée des courants telluriques.

Dans le cas du second profil, le traitement des données géophysiques a suggéré l'existence de deux blocs de résistivité (B_1 - B_2 et B_3). L'analyse des pseudosections permet de voir le resserrement des courbes d'isoresistivité de B_2 vers B_1 , dans les deux directions. Des courbes presque verticales observées entre B_2 et B_3 suggèrent la limite entre des formations distinctes.

Dans la section géoélectrique E-W présentée (fig 9-a), B_1 présente à partir de la surface 5 terrains de résistivités respectives : 93, 4, 38 et 2 Ohm.m. B_2 présente des terrains de résistivités respectives : 11, 32, 9 et 4 Ohm.m. En B_3 , on a 74, 15, 9, 2 et 1 Ohm.m à partir de la surface. La section géoélectrique moyenne de ce profil, dont l'interprétation nous a servi lors de la modélisation présente des résultats presque similaires.

L'analyse de la carte géologique renseigne que les deux premières stations se retrouvent sur des formations volcaniques en occurrence des basaltes. La troi-

sième station repose sur des structures sédimentaires à proximité de la Cross-River. Nous attribuons donc les résistivités >10 Ohm.m aux roches basaltiques et ≤ 10 Ohm.m aux roches sédimentaires, au niveau des deux premières stations. B_3 , située à proximité d'un cours d'eau comme la station A_5 du premier profil, doit être composée de formations sédimentaires. Ses deux premiers terrains, de résistivités moyennement élevées, pourraient être constitués de sédiments plus résistifs. La géophysique interne permet donc de retrouver le contact basalte-sédiments, mis en évidence par la géologie de surface. A la première station (fig 8-b), on observe une couche cloisonnée de faible résistivité (celle-ci est également perçue dans la direction N-S), ceci pourrait être des sédiments emprisonnés à près de 150 m de profondeur par des dépôts basaltiques. En effet, les précipitations tombées sur les couches superficielles, s'infiltrent dans le sol et peuvent donner naissance aux nappes souterraines. Des sondages effectués dans ladite zone pourraient étayer cette thèse.

Le modèle géologique proposé (fig 9-b) issu de l'interprétation de la section géoélectrique moyenne permet de mettre en évidence le contact basalte-sédiments, jusqu'à une certaine profondeur. La différence entre la direction E-W présentée et la section géoélectrique moyenne est l'épaisseur de la couche basaltique en B_1 qui s'avère plus importante. Les profondeurs le long des deux dernières stations de ce profil sont marquées par de faibles résistivités électriques qu'il est possible d'octroyer à ceux des terrains sédimentaires. Des travaux effectués récemment (Ndjandjock, 2000) ont per-

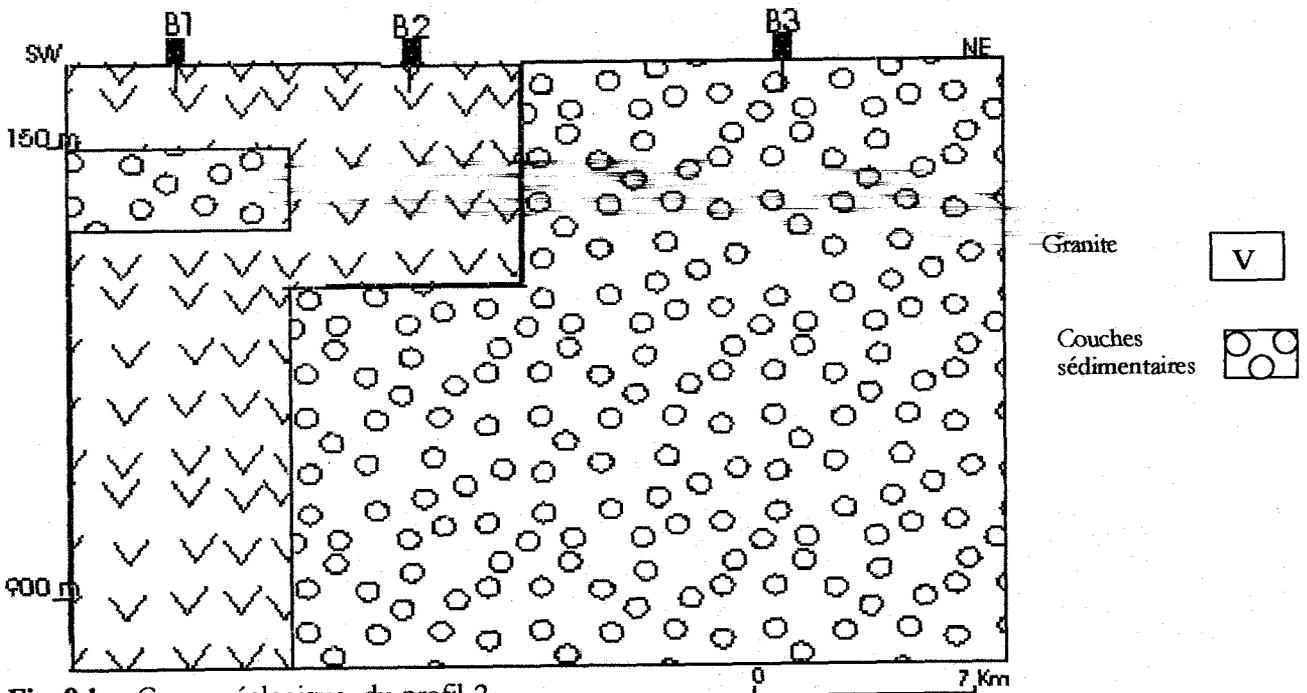


Fig. 9-b : Coupe géologique du profil 2.

mis d'établir les limites méridionales des formations sédimentaires et métamorphiques au niveau de Ajayukndip Forest (près de 6 km au sud de B₁ sur le même profil). De B₂ à B₁, la transition vers les limites méridionales du bassin de Mamfé est amorcée.

5.0 CONCLUSION

Nous pouvons dire qu'avec l'application de la géophysique interne combinée à la géologie de surface, plusieurs résultats ont été mis en évidence :

Dans le cas du premier profil, il a été constaté l'effet en profondeur de la faille qui passe à proximité de la station Otu, délimitant des formations granitiques et sédimentaires. Le long de ce profil, la station Otu ne se retrouve pas dans le bassin et les anomalies de conductivité observées sont dues au contact granite-sédiments. L'existence d'un empilement de terrains sédimentaires d'épaisseur variable, reposant sur des terrains de même nature, électriquement plus conducteurs a également été mise en évidence.

Deux blocs de résistivités ont été entrevus au niveau du second profil. Il s'agit en fait de l'effet d'un contact basalte-sédiments signalé par la géologie. La couche basaltique en B₂ est moins épaisse par rapport à celle de B₁, elle atteint en effet près de 400 m. B₃ repose essentiellement sur des formations sédimentaires de la Cross-river. La profondeur maximale atteinte dans toute cette étude, environ 900 m, est propre aux stations A₁ et B₁. Une explication pourrait en être que ces stations sont situées aux confins du bassin ; l'influence des roches granito-gneissiques du substratum à quelques kilomètres, paraît donc considérable ; ceci se manifeste par l'augmentation de la résistivité apparente, et par conséquent, celle de la profondeur de pénétration. Les autres stations (A₂, A₃, A₄, A₅ ; B₂, B₃) sont situées à l'intérieur bassin, les faibles résistivités électriques rencontrées en profondeur ne permettent pas une grande profondeur de pénétration, et le toit du substratum ne semble pas atteint. Ce constat nous permet de supposer enfin, que l'épaisseur des sédiments de ce bassin doit être certainement importante, comme certaines études entreprises par le Département de Physique de l'Université de Yaoundé I, axées sur l'évolution de la profondeur du toit du substratum le dénotent, de même que l'étude sur sa structure crustale menée par Fairhead et al (1990) ainsi que par Ndougsa (2004)

L'utilisation d'un dispositif magnétotellurique tensoriel, ayant des périodes plus longues, une prise de mesures avec un pas plus serré devraient permettre d'explorer le bassin plus en profondeur, et une meilleure évaluation de l'épaisseur de la pile des sédiments.

REFERENCES

- BENDERITTER Y., 1982. Interprétation des mesures audiomagnétotelluriques à l'aide d'un resistivimètre ECA. Centre de recherches géophysiques, Garchy (France).
- CAGNIARD L., 1953. Principe de la méthode magnétotellurique, nouvelle méthode de prospection géophysique. Ann. Geophys. 9 : 95-124.
- COLLIGNON F., 1968. Gravimétrie de reconnaissance, Cameroun. ORSTOM, Paris, 35 pp.
- DUMORT J.C., 1968. Notice explicative sur la feuille de Douala-Ouest. Carte géologique de reconnaissance. Direction des mines et de la géologie du Cameroun, 69 pp.
- DOWLING F.L., 1970. Magnetotelluric measurements along the Wisconsin arc. J. Geophys. Sres., 75 : 2683-2698.
- DUNLOP H.M., 1983. Strontium isotope geochemistry and potassium-argon study on volcanic rocks from the Cameroon line, West Africa. PhD thesis, University of Edinburgh, United Kingdom.
- FAIRHEAD J.D, and GREEN C.M., 1989. Controls on rifting in Africa and the regional tectonic model for the Nigeria and East Niger rifts basins. Journal of African earth sciences, 8; (2-4): 231-249.
- FAIRHEAD J.D, OKEREKE C.S, GREEN C.M. and NNANGUE J.M., 1990. Crustal structure of the Mamfe basin, West Africa, based on gravity data. Tectonophysics, 186: 351-358.
- FITTON J.G., 1980. The Benue through and Cameroon line : a migrating rift system in West Africa. Earth planet. Sci. Lett. 51, 132-138.
- FITTON J.G., 1983. Active versus passive rifting: evidence from the West African rift system. Tectonophysics 94, 473-481.
- FITTON J.G. and DUNLOP H.M., 1985. The Cameroon line, West Africa and its bearing on the origin of oceanic and continental alkali basalt. Earth Planet. Sci. Lett. 72, 23-38.

- FITTON J.G., 1987. The Cameroon line, West Africa: a comparison between oceanic and continental alkaline volcanism. In: Fitton J.G. Upton B.G.J. (eds) Alkaline igneous rocks. Geol. Soc. London. spec. publication 30 : 273-291.
- HALLIDAY A.N., DICKIN A.P., FALLICK A.E. and FITTON J.G., 1988. Mantle dynamics: a Nd, Sr, Pb and O isotopic study of the Cameroon volcanic line chain. *Journal of petrology*, vol. 29, part 1, pp 181-211. Oxford University Press.
- DOUCET D., 1991. SONDMT : logiciel d'interprétation des sondages électriques et magnétotelluriques. I.G.A, Tours, France.
- KANDE H.L., 2000. Etude Audiomagnétotellurique de la transition sédimentaire-métamorphique de la bordure orientale du bassin de Mamfé, Cameroun. Mémoire de Maîtrise, Université de Yaoundé I, 60 pp.
- MANGUELLE-DICOUM, E., BOKOSSAH A.S. and KWENDE MBANWI T.E., 1992. Geophysical evidence for a major Precambrian schist-granite boundary in Southern Cameroon. *Tectonophysics*, 205 ; 437-446.
- MANGUELLE-DICOUM, E., NOUAYOU R., BOKOSSAH A.S. and KWENDE MBANWI T.E., 1993. Audiomagnetotellurics (AMT) soundings on the basement-sedimentary transition zone around the Eastern margin of Douala Basin in Cameroon. *Journal of African Earth Sciences*, vol 17, n° 4 pp. 487-496.
- NDOUGSA MBARGA T., 2004. Etude géophysique, par méthode gravimétrique, des structures profondes et superficielles de la région de Mamfé. Thèse de Doctorat Ph D., Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Physique ».
- NJANDJOCK N. P., 2000. Etude audiomagnétotellurique de la transition sédimentaire-métamorphique de la bordure méridionale du bassin sédimentaire de Mamfé, Cameroun. Mémoire de Maîtrise (Université De Yaoundé I), 60 pp.
- OLADE M.A., 1975. Evolution of Nigeria's Benue trough (aulacogen): a tectonic model. *Geol. Mag.*, 112 : 575-583.
- POPOFF M., BENKHELI J., SIMON B. and MOTTE, J.J., 1983. Approche géodynamique du fossé de la Benue (N-E Nigeria) à partir des données de terrain et de télédétection. *Bull. Cent. Rech. Expl., -Prod. Elf-aquitaine*, 7: 323-337.
- REDDY I.K., RANKIN D. and PHILLIPS R.J., 1977. Three-dimensional modelling in magnetotelluric variational sounding. *Geophys. j. Rastr. Soc.* 51, 313-325.
- Strangway D.W., Swift C.M. and Holmer, 1973. Application of audiomagnetotellurics (AMT) to mineral exploration. *Geophysics*, 38: 1159-1175.
- SWIFT C.M., 1967. Magnetotelluric investigation of an electrical conductivity anomaly in South Western United States. PhD Thesis, Department Of Geology And Geophysics, MIT.
- SWIFT C.M., 1971. Theoretical magnetotelluric and turam response from two-dimensional inhomogeneities. *Geophysics* 36,38.
- VOZOFF K., 1972. The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins. *Geophysics* 37: 98-141.

Received: 19/11/2003

Accepted: 09/04/2004