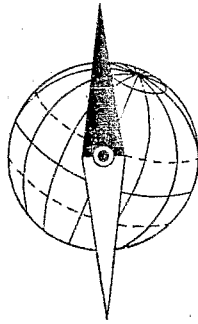


REPUBLIQUE FEDERALE DU CAMEROUN

F. COLLIGNON

**CONTRIBUTION GÉOPHYSIQUE
A L'ÉTUDE DU BASSIN
DE LA BÉNOUÉ**

OCTOBRE 1969



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

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

N° : 14 584

Cote : B

134



S O M M A I R E

INTRODUCTION

- I. Aperçu géologique
- II. Les sondages mécaniques
- III. Les sondages électriques

A/- Rappel de quelques propriétés des terrains
homogènes et isotropes - Applications

B/- Essais d'étalonnage

- a) Garoua - Sanguéré - Ndjola
- b) Maari - Rey Bouba

C/- Etude régionale

Bassin de Rey-Bouba
Bassin de Garoua
Bassin Occidental
Bordure méridionale
Socle proche et accidents

IV. La gravimétrie

- a/- Carte de l'anomalie de Bouguer
- b/- Coupe Tchéboa - Kalgué - Pitoa
- c/- Failles de Pitoa et Boumeije

CONCLUSION

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

N° : 14584

Cote : B

Le présent rapport a pour objet des études de détail qui furent entreprises par l'O.R.S.T.O.M. à la suite de l'établissement de la carte gravimétrique du Cameroun en 1968. On avait pu remarquer en effet, l'existence d'anomalies bien localisées coïncidant avec des structures géologiques particulières, à l'interprétation desquelles l'emploi de méthodes nouvelles était susceptible d'apporter une contribution originale. Deux zones d'étude furent retenues : le bassin de la moyenne Bénoué et le fossé d'effondrement de la M'Béré. Au cours de la saison sèche 1968-1969 une campagne de 25 sondages électriques fut réalisée par MM. LACHAUD et JOUJLET dans le bassin de la Bénoué tandis que des compléments de gravimétrie y étaient effectués par M. CEUVIN.

I. APERÇU GÉOLOGIQUE

LE BASSIN DE LA BÉNOUÉ

Les limites de notre zone d'étude sont celles du bassin sédimentaire tel qu'il apparaît sur les coupures de la carte géologique au 1/500.000e c'est-à-dire sensiblement les parallèles 8° 30' et 9° 30', le méridien 14° 20' à l'Est et la frontière nigérienne à l'Ouest. Les levés des cartes de Garoua Ouest et Est ont été réalisés respectivement par P. KOCH et P. SCHWOERER.

L'ensemble de cette région peut être considéré comme une immense pénéplaine en forme de cuvette dont le centre est marqué par l'axe de la Bénoué et dont les bords se relèvent doucement pour aboutir au massif montagneux des Monts Mandaras au Nord, au plateau de l'Adamaoua au Sud. De cette pénéplaine émergent quelques reliefs très caractéristiques en inselbergs que s'est attaché à décrire Ed. ROCHE.

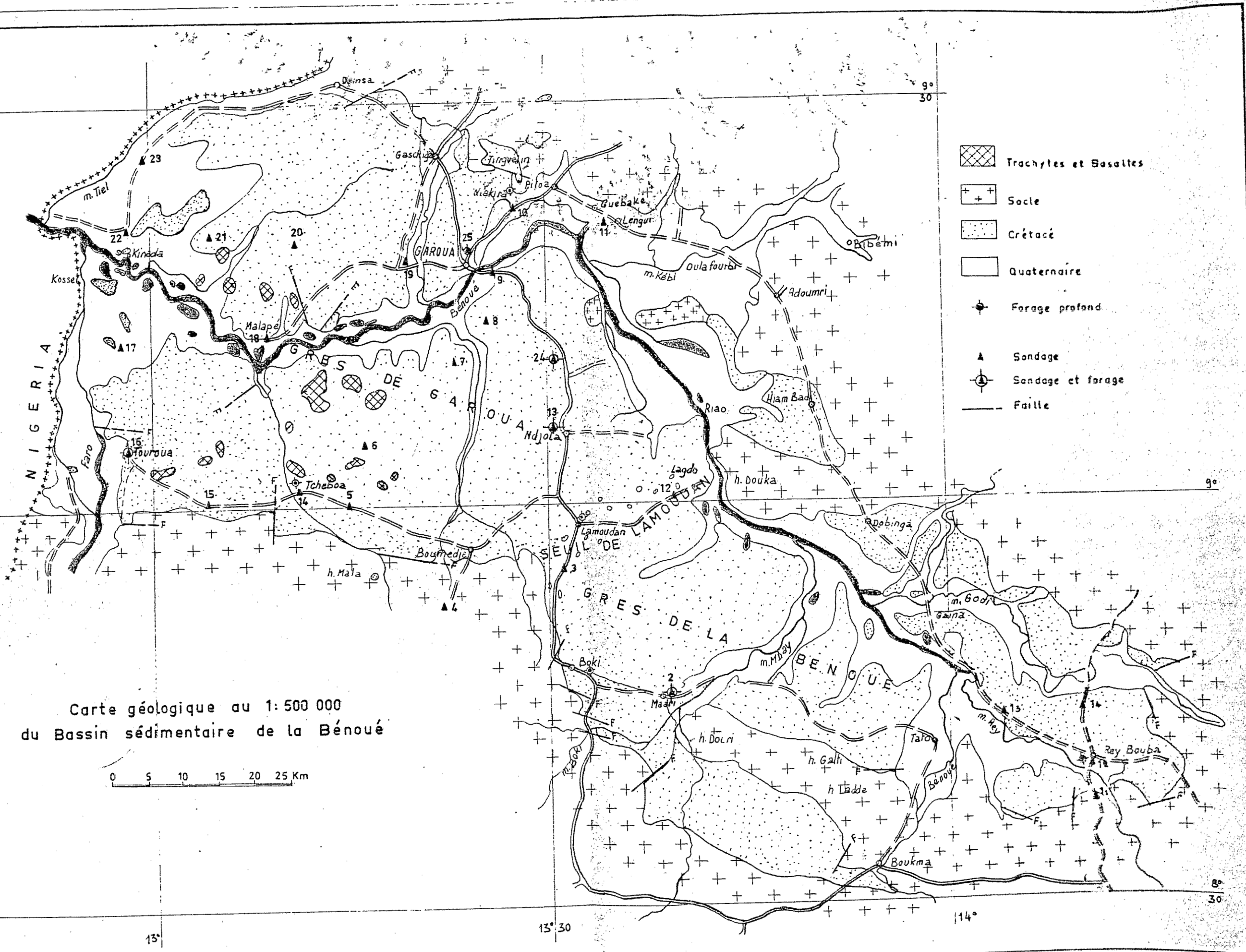
Dans ce relief assez mou, on distingue les formations suivantes :

1. les formations superficielles
 2. les terrains sédimentaires
 3. les terrains volcaniques
 4. les formations antécétacées et les roches intrusives des bords de la cuvette.
- } Formant la cuvette

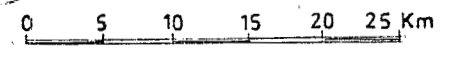
1/- Les formations superficielles

Ce sont essentiellement les alluvions de la Bénoué et de ses principaux affluents : le Mayo-Kébi et le Mayo-Réfi . Ces cours d'eau ont un alluvionnement extrêmement important et leur zone d'inondation atteint plusieurs kilomètres de largeur. Les dépôts consistent en sables dans le lit des rivières et en limons fins dans les zones inondées.

ig. 1



Carte géologique au 1:500 000
du Bassin sédimentaire de la Bénoué



- Trachytes et Basaltes
- Socle
- Crétacé
- Quaternaire
- Forage profond
- Sondage
- Sondage et forage
- Faille

2/- Les to

zontaux do
La route d
grès dits
discordanc
cette dist

- Les
la Bénoué,

- Les
affleurem
souvent f
sence de
que l'on
Rey-Bouba
rattache
crétacé m

3/- Les t

sont disp
la partic
ou de po
ou trach
volcanis
dont il
triques
inclinée
dinalom
comporte
électric
conséque

2/- Les terrains sédimentaires

De part et d'autre de la Bénoué se trouve une vaste bande de grès horizontaux dont la direction est WNW - ESE et dont la largeur est de 50 kilomètres. La route de Ngaoundéré à Garoua constitue approximativement la limite entre les grès dits de Garoua à l'Ouest, et les grès dits de la Bénoué, à l'Est. Aucune discordance n'a cependant pu être mise en évidence entre ces deux formations et cette distinction repose sur les faits suivants :

- Les grès de Garoua culminent à une altitude nettement supérieure à ceux de la Bénoué.

- Les grès de Garoua sont conservés en falaises bien cimentées alors que les affleurements des grès de la Bénoué sont de mauvaise qualité. Les premiers sont souvent ferrugineux, les seconds souvent argileux. On peut également citer la présence de nombreux bois silicifiés dans les grès de la Bénoué, analogues à ceux que l'on rencontre dans les formations de Lamé au Tchad ou de Mayo-Reï au SE de Rey-Bouba. Un âge crétacé a pu ainsi être attribué à ces formations. E. ROCHE rattache les grès de Garoua au crétacé supérieur et les grès de la Bénoué au crétacé moyen.

3/- Les terrains volcaniques

De nombreux pointements de roches volcaniques, des filons ou des coulées sont dispersés sur l'ensemble du bassin. Ils sont notablement plus nombreux dans la partie occidentale, sous forme de petites buttes coniques, de dykes filoniens ou de pointements arrasés. La plupart de ces formations sont trachytiques (Tchéboa ou trachyandésitiques mais l'on rencontre également des basaltes (Koubadjé). Ce volcanisme apparaît dans les sondages électriques comme un facteur perturbateur dont il est difficile d'évaluer l'influence. L'interprétation des sondages électriques repose généralement sur l'hypothèse de couches horizontales ou faiblement inclinées, à l'intérieur desquelles la résistivité est supposée varier longitudinalement de façon très faible. Il est vraisemblable que les roches intrusives se comportent comme des noyaux résistants et font obstacle à l'écoulement des courants électriques. Ceci entraîne une déformation des lignes de force du champ et par conséquent une modification de la résistivité apparente. Comme la disposition des

roches volcaniques est inconnue en profondeur, on ne pourra prévoir le sens de la modification, ce qui peut expliquer l'allure très peu canonique de certains diagrammes de sondage.

4/- Les formations antécrotacées et les roches intrusives du bord de la cuvette

Nous donnons ici quelques indications sur le pourtour du bassin de la Bénoué qui seront utilisées dans l'interprétation gravimétrique. La plus grande partie du bassin est bordée par des granites appartenant aux formations plutoniques anciennes (Batholite de Boubandjida à l'Est, granite de Demsa au Nord) ou récentes (bordure Sud des grès de Garoua).

Des failles marquent par endroits les limites du bassin sédimentaire : faille de Tinguelin au Nord de Garoua, faille de Boumedje en bordure méridionale. Nous avons établi le profil gravimétrique de ces deux accidents de façon à en préciser l'importance.

Signalons aussi l'important batholite de Gabbros de Sigari qui s'étend sur 500 km² au Sud du bassin mais ne le borde superficiellement que sur quelques kilomètres. Au Nord-Est les alluvions du Mayo-Kébi et de la Bénoué reposent sur des migmatites principalement des gneiss à faciès rubanné. Dans le Sud-Est, ce sont des ectinites formées de micaschistes chloritoschistes, séricitoschistes et calcoschistes qui sont en contact sur 50 kilomètres avec les grès de la Bénoué.

La colline granitique de Lagdo qui émerge des grès de la Bénoué a particulièrement retenu l'attention des géologues. En effet, la Bénoué au lieu de contourner ce relief par un des deux points bas voisins, a scié une gorge large de 140 mètres à peine en plein granite sous l'aplomb du point culminant. Cette disposition prouve que le cours de la Bénoué est surimposé. On peut donc penser avec E. ROCHE que les sédiments crétacés ont autrefois complètement enfoui la colline de Lagdo, qui, maintenant dégagé, fait saillie au-dessus de la plaine.

II. LES SONDAGES MECANIQUES

Avant d'entrer dans le détail des travaux réalisés par la mission géophysique de l'ORSTOM dans le bassin de la Bénoué, il convient de rappeler quelques résultats obtenus par la mission Wakuti-Siegen qui avait effectué pour le Bureau de l'Eau une importante campagne de sondages mécaniques.

D'une façon générale il n'existe pas de forage qui ait rencontré le socle cristallin à une profondeur supérieure à 226 m (Rey-Bouba). On peut donc distinguer :

1 - Sondages " profonds " (profondeur supérieure à 226 m)
Maari
Garoua

2 - Sondages "non profonds" (profondeur inférieure ou égale à 226m)

a/- ont atteint le socle :

Tchéboa
Guébaké Hosséré
N'djola
Lamoudan
Boki
Rey-Bouba

b/- n'ont pas atteint le socle

Touroua
Gaschiga
Niakira
Guebaké Saské
Sanguéré

Pas plus que les observations de surface, ces sondages n'ont permis d'établir une limite précise entre les grès de Garoua et les grès de la Bénoué. Les passes argileuses sont plus fréquentes à l'Est et au Nord-Est mais on pourra juger sur les logs stratigraphiques reproduits ici du caractère homogène des formations gréseuses. Toutefois le faciès de bordure est généralement plus

grossier que le faciès axial.

En nous appuyant sur les données géologiques précédentes, nous avons assigné deux objectifs à notre campagne de sondages électriques : le premier était de déterminer l'épaisseur du recouvrement sédimentaire en un certain nombre de points repartis dans la totalité du bassin. Le second objectif plus incertain quant aux chances de réussite, était de rechercher la présence d'horizons séparant les couches de résistivité distinctes de façon à préciser la nature de la couverture.

Dans ce travail d'exploration la méthode électrique disposait de deux atouts :

- le pendage très faible et régulier des grès du Sud vers le Nord
- la présence de sondages mécaniques qui devaient permettre d'asseoir l'interprétation.

En revanche on pouvait prévoir que les pointements trachytiques et les failles constitueraient deux limitations à la qualité des courbes de sondage et à la précision des résultats.

III. LES SONDAGES ELECTRIQUES

A/- Rappel de quelques propriétés des terrains homogènes et isotropes.

Rappelons, à l'aide d'un cas simple, les propriétés relatives à une série de couches horizontales diversement conductrices reposant sur un substratum infiniment résistant.

Dans le cas d'un sondage Schlumberger où la distance AB séparant les deux électrodes d'envoi de courant est grande par rapport à la profondeur de recouvrement (au moins le quadruple), on peut considérer que les filots de courant confinés entre la surface du sol (plan $Z=0$) et le substratum résistant (plan $Z=H_{n-1}$) circulent horizontalement dans les couches conductrices.

D'après le principe de superposition d'autre part, on peut calculer séparément le champ créé par chaque électrode et composer ensuite vectoriellement les deux champs. C'est ainsi qu'au centre du dispositif le champ créé par les deux électrodes est le double du champ créé par une seule électrode.

Dans le cas d'une seule électrode, le champ électrique présente une symétrie de révolution et ne dépend d'un point que de la distance de ce point à la source. Entre deux points de coordonnées R et $R + DR$ il existe une différence de potentiel DU telle que $-DU = IDR$, DR étant la résistance de la couronne cylindrique élémentaire.

Cette résistance se compose de résistances en parallèle telles que :

$$\frac{1}{dR} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{dR_i} \quad \text{avec} \quad dR_i = \frac{\rho_i dr}{2\pi R (H_i - H_{i-1})}$$

ce qui donne par substitution

$$dR = \frac{dr}{2\pi R \sum \frac{H_i - H_{i-1}}{\rho_i}}$$

on en déduit le champ E

$$E = -\frac{dU}{dR} = \frac{I}{2\pi R \sum \frac{H_i - H_{i-1}}{\rho_i}}$$

Calculons maintenant le champ dans un demi espace homogène de résistivité

$$U_0 = \frac{I \rho_0}{2\pi r} \quad E_0 = \frac{-dU_0}{dr} = \frac{I \rho_0}{2\pi r^2}$$

On peut alors calculer la résistivité apparente

$$\frac{\rho_a}{\rho_0} = \frac{E}{E_0} = \frac{1}{2\pi r \sum \frac{h_i \cdot h_{i+1}}{\rho_i}} \cdot \frac{2\pi r^2}{\rho_0} \quad \text{d'où} \quad \rho_a = \frac{r}{\sum \frac{e_i}{\rho_i}} = \frac{H}{\rho}$$

avec $H = \sum e_i$ $\rho = \frac{H}{\sum \frac{e_i}{\rho_i}}$

Ce résultat généralement connu sous le nom de "Loi de Hummel" peut s'énoncer ainsi :

Dans le cas d'un substratum infiniment résistant, on peut remplacer l'ensemble des couches qui le recouvrent par une seule couche fictive dont la conductance est égale à la somme des conductances de ces couches et l'épaisseur égale à leur épaisseur totale.

Unité de résistivité

Rappelons que l'unité de résistivité généralement employée est la résistance ohmique d'un cylindre de section $I \text{ m}^2$ et de longueur $I \text{ m}$.

Nous désignerons cette unité en abrégé par le symbole OHM.M.

Application : Carte de résistivités

Si l'on relève sur tous les diagrammes de sondage relatifs à une même région, les valeurs de la résistivité apparente pour un AB donné, on peut tracer une carte de résistivité. Il y a autant de cartes de résistivité possibles que de valeurs du paramètre AB, c'est-à-dire une infinité. Dans le cas d'un substratum infiniment résistant, on choisira un AB suffisamment grand pour que le point correspondant de la courbe soit très voisin de l'asymptote sur l'ensemble des diagrammes. La carte de résistivité fait alors apparaître tout épaissement des couches conductrices si les résistivités sont constantes, ou toute diminution de résistivité si les épaisseurs sont constantes. On a souvent une couche très conductrice dont la contribution au terme $\sum \frac{e_i}{\rho_i}$ est prépondérante.

La carte des résistivités donne, alors, l'allure des variations d'épaisseur de la série conductrice, en supposant que sa résistivité reste sensiblement constante.

La carte de résistivités ne donne donc pas les variations d'épaisseur du recouvrement, puisqu'elle ne fait pas intervenir les séries résistantes. Si l'épaisseur de ces dernières est constante, alors seulement nous aurons l'allure du toit du socle par les courbes d'équirésistivité.

Dans cette étude, nous avons rencontré dans l'ordre des profondeurs croissantes, les résistivités suivantes :

alluvions quaternaires entre	10	OHM.M. (argiles)
	et 30	OHM.M. (sables)
grès	entre 10 et 2500 OHM.M.	
Socle cristallin	plusieurs centaines d'OHM.M.	

On remarque que la résistivité des grès varie dans de grandes proportions ce qui peut s'expliquer de deux façons :

- a)- par les variations d'épaisseur et de fréquence des lits argileux mis en évidence à plusieurs niveaux par les forages.
- b)- par des variations de faciès intervenant dans la composition du ciment des grès.

Nous verrons plus loin que des grès de résistivité élevée recouvrent les grès de basse résistivité dans la partie occidentale du bassin. Ce qui correspond à la superposition des grès de Garoua sur ceux de la Bénoué. La carte de résistivité donnera donc une idée des variations d'épaisseur des grès de la Bénoué.

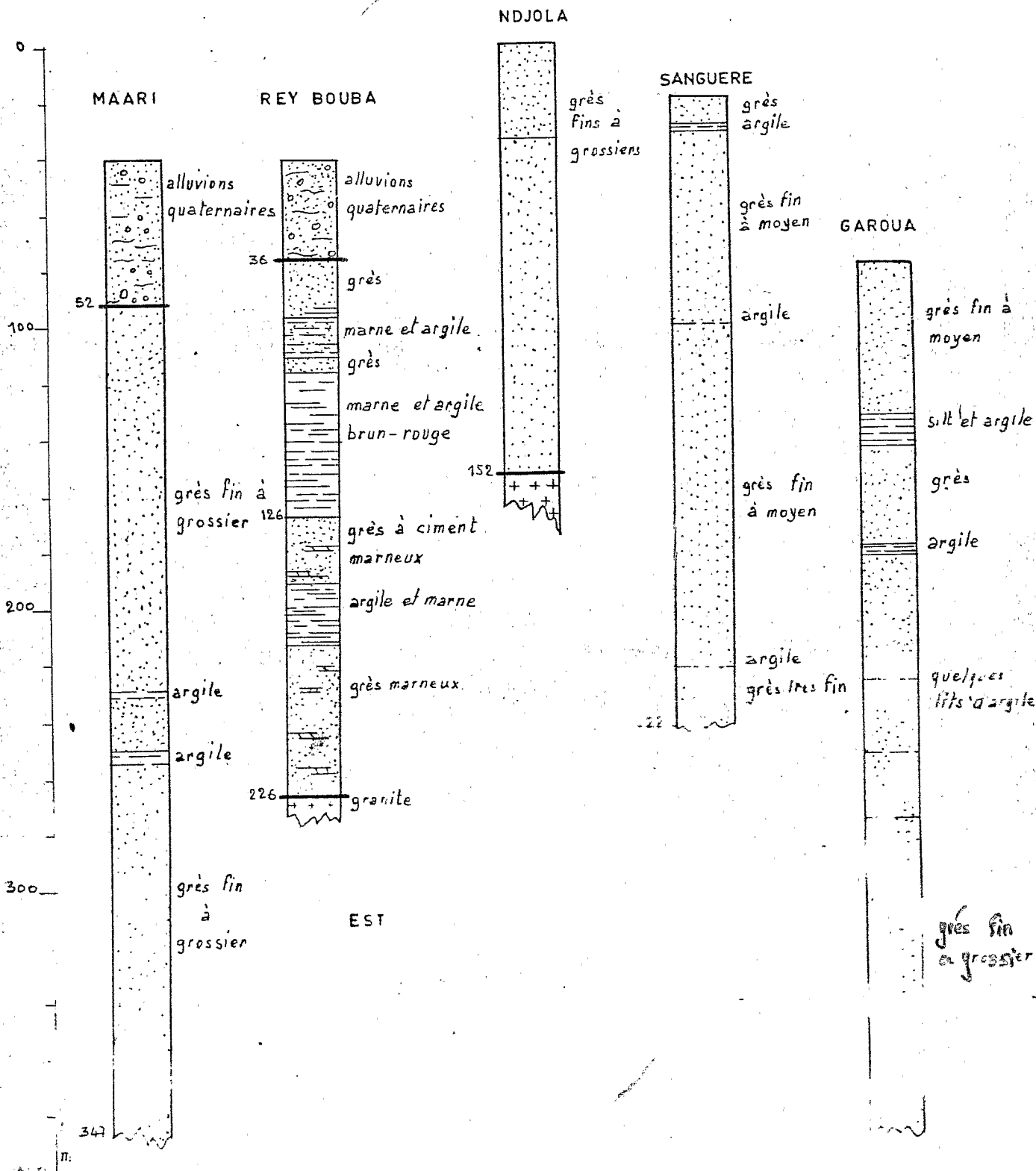
B/- Essai d'étalonnage des sondages électriques

Nous avons reporté sur un même diagramme 5 sondages électriques qui ont été effectués sur emplacement de forage. On trouvera également les logs stratigraphiques correspondants.

Fig. 2

LOGS DE SONDAGE

Bassins de Garoua et de la Bénoué



Il apparaît que ces sondages se répartissent en deux groupes :

a).-sondages du bassin de Garoua : Garoua-Sanguéré-Ndjola.

Les deux premiers terrains présentent des résistivités élevées (1000 à 2000 OHM.M.) puis on observe une chute brutale de résistivité inférieure à 30 OHM. Enfin la courbe remonte à 45° environ ce qui correspond à un substratum résistant que nous assimilons au socle cristallin.

Nous avons donc une succession de 4 terrains ou ensembles de terrains bien différenciés du point de vue de leurs propriétés électriques. Or si nous nous reportons aux logs stratigraphiques, nous voyons que les formations gréseuses sont assez homogènes et que l'on passe de façon continue des grès fins aux grès moyens ou grossiers et vice-versa. Les lits argileux sont plus fréquents et plus épais dans le forage de Garoua, le plus important étant compris entre les niveaux 54 et 64 mètres. Cependant le diagramme correspondant n'est pas très différent des deux autres. On peut dire que seul le passage du troisième au quatrième terrain correspond à un changement net de formation : le contact sédimentaire-cristallin.

Examinons les conductances horizontales. Dans le cas d'un milieu formé de couches homogènes et isotropes.

$$\rho_a = \frac{r}{\sum \frac{e_i}{\rho_i}}$$

Dans le sondage de Ndjola pour $r = 5000$ m $\rho_a = 64$

on en déduit : $\sum \frac{e_i}{\rho_i} = \frac{5000}{64} \approx 73$

Si l'on néglige la contribution des deux premiers terrains à la somme

$\sum \frac{e_i}{\rho_i}$ on peut écrire :

$$\frac{e_3}{\rho_3} = 73$$

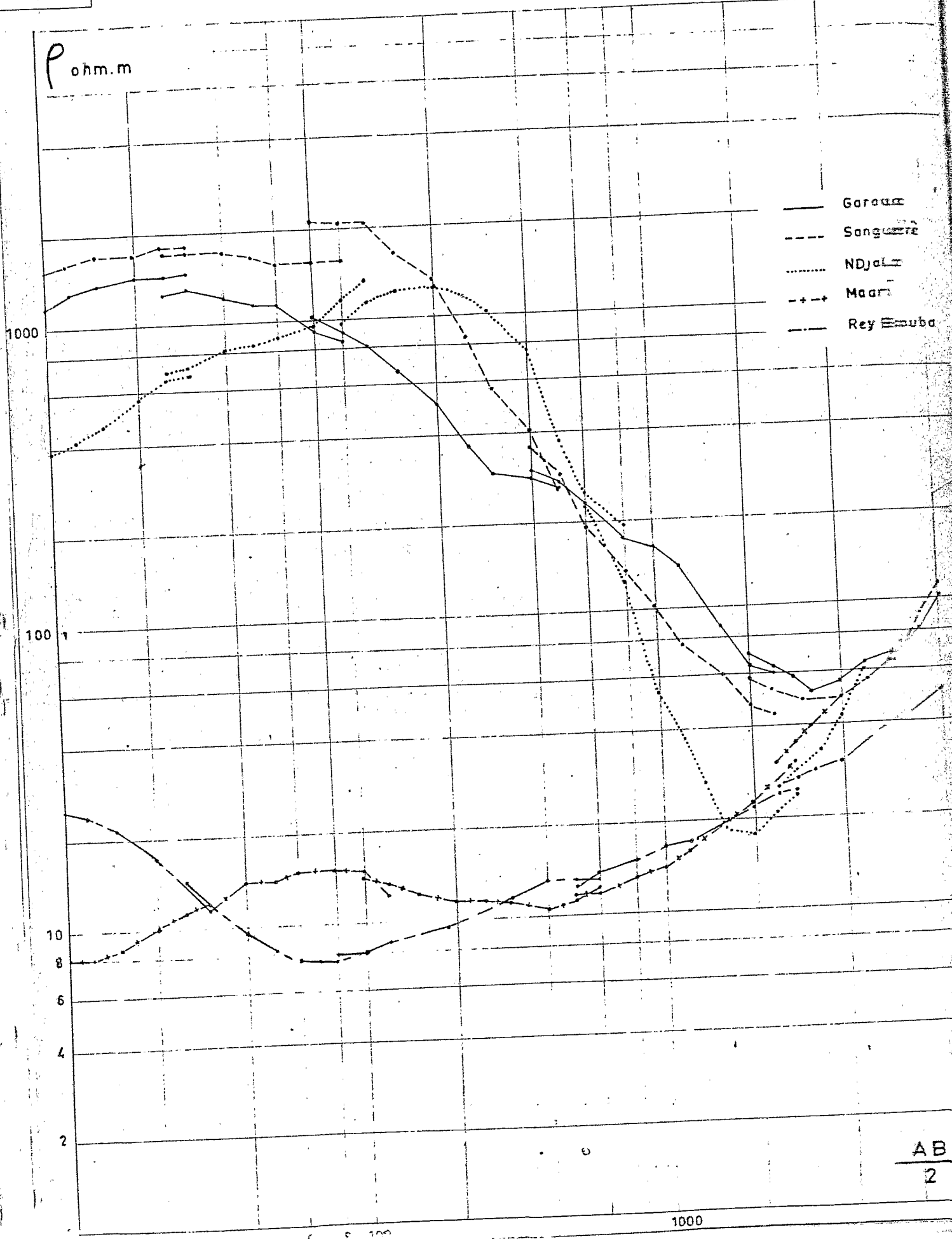
Le sondage mécanique nous donne d'autre part $\sum e_i = 152$ m.

on en déduit par conséquent

$$\rho_3 \approx \frac{e_3}{73} \ll \frac{152}{73} \text{ soit } \rho_3 < 2 \text{ ohm.m}$$

Fig. 3

SONDAGES D'ETALONNAGE



On peut alors proposer l'interprétation suivante :

- 3 m à 120 OHM.M. : quaternaire
- 125 m à 1500 OHM.M. : grès
- 24 m à 0,33 OHM.M. : grès à ciment argileux (salé ?)
- Socle.

Cette disposition n'est pas la seule possible mais il semble difficile de retenir une résistivité plus importante pour ρ_3 car cela conduirait à une épaisseur trop faible du deuxième terrain.

Par exemple si l'on prend $\rho_3 = 1 \text{ OHM.M.}$ $e_3 = 73 \text{ m}$ on aura $e_2 \ll 75$
Or le produit $e_2 \rho_2$ est de l'ordre de $1300 \times 140 = 182 \text{ 000}$
donc $\rho_2 > \frac{182 \text{ 000}}{80} = 2 \text{ 275 OHM.M.}$ valeur qui ne peut être retenue.

L'interprétation que nous avons proposée est cependant sujette à certaines réserves.

1)- La partie ascendante de la courbe qui correspond au substratum résistant à une pente supérieure à 45° . Or la pente de l'asymptote dans le cas de couches horizontales est de la forme $\frac{\rho_4 - \rho}{\rho_4 + \rho}$. Si ρ tend vers l'infini , Ce rapport tend vers 1 par valeurs inférieures . Ceci nous conduit à penser que l'hypothèse des couches horizontales n'est pas vérifiée ici. Il est plausible que le dispositif s'est trouvé parallèle à une faille masquée.

2)- Si nous comparons le diagramme de Ndjola à celui de Garoua nous voyons que la valeur de la conductance horizontale globale est sensiblement identique pour les deux sondages. Si l'on admet l'égalité des parties principales de la conductance horizontale, nous pourrions écrire :

$$\frac{e_3}{\rho_3} = \frac{e'_3}{\rho'_3}$$

($e_3 \rho_3$ pour Ndjola, $e'_3 \rho'_3$ pour Garoua).

Faisons alors l'hypothèse $\rho_3 \neq \rho'_3$, ceci entraîne $e_3 \neq e'_3$ or à Garoua le forage a traversé 402 m de grès sans rencontrer le socle.

3 m
1000

on peut donc écrire, en négligeant les variations d'épaisseur

$$\begin{aligned} e'_2 - e_2 &> 402-152 && \text{du premier terrain.} \\ e'_2 - e_2 &> 250 \text{ m} && (1) \end{aligned}$$

Comparons d'autre part les résistivités transversales du deuxième terrain.

$$\begin{aligned} e_2 \rho_2 &= 182\ 000 \\ e'_2 \rho'_2 &= 45\ 000 \\ \frac{\rho_2}{\rho'_2} &= 4 \frac{e'_2}{e_2} && (2) \end{aligned}$$

De (1) et (2) nous déduisons

$$\begin{aligned} \frac{\rho_2}{\rho'_2} &> 4 \frac{250 + e_2}{e_2} \\ \frac{\rho_2}{\rho'_2} &\gg 4 && (3) \end{aligned}$$

La relation (3) n'est manifestement pas vérifiée par les deuxièmes terrains définis sur les diagrammes de Ndjola et Garoua.

L'interprétation directe d'une part, la comparaison avec le sondage de Garoua d'autre part tendent à prouver que des phénomènes tectoniques perturbent la configuration du champ électrique de façon telle que l'on observe une résistivité apparente trop faible pour les grandes longueurs de ligne AB. Une disposition régulière et horizontale des terrains placerait normalement le diagramme de Ndjola au-dessus de celui de Garoua. A partir d'une conductance horizontale plus faible, il est possible d'attribuer à l'épaisseur et à la résistivité de la troisième couche des valeurs qui permettent une interprétation directe plus plausible et assurent des relations de compatibilité avec les sondages voisins.

En définitive nous constatons que le sondage de Ndjola établi sur l'emplacement d'un forage ayant atteint le socle ne peut être retenu comme sondage d'étalonnage pour l'interprétation quantitative de la carte de résistivité.

b) Sondages du bassin de la Bénoué

Dans la partie Sud-Est de notre zone d'étude, deux sondages électriques ont été réalisés sur emplacement de forage à Maari et à Rey-Bouba. Les diagrammes correspondant se distinguent nettement des précédents par l'absence de fortes résistivités apparentes.

Sondage de Rey-Bouba

Ce sondage a été réalisé sur l'emplacement d'un forage qui a rencontré le socle à une profondeur de -226m. Le diagramme est assez régulier et laisse apparaître une succession de couches alternativement résistantes et conductrices, sans que les résistivités dépassent 30 OHM.M.

En accord avec le log stratigraphique on distingue :

- un terrain superficiel de résistivité égale à 28 OHM.M. d'épaisseur une dizaine de mètres.
- un terrain conducteur à 5 - 6 OHM.M. dont l'épaisseur serait de 30m environ.
- un terrain légèrement plus résistant que le précédent (le changement de pente qui se produit immédiatement après le premier "embrayage") épaisseur indéterminée .
- une succession de terrains de résistivité croissante parfois entrecoupés de couches conductrices de faible épaisseur. La partie correspondante du diagramme constitue une branche montante dont la pente tend vers 45° .

Interprétation

Le terrain superficiel correspond aux 7 - 8 premiers mètres de sable fin. Puis nous rencontrons ^{des} alluvions plus argileuses comprenant gravier fin, argile et sable alternés.

A la côte -36m nous quittons le quaternaire pour aborder les grès du crétacé. Dans ces grès les passes argileuses sont fréquentes et étendues. Entre les niveaux -55 et -126 on rencontre principalement des marnes et des argiles. Cette partie du sondage pourrait correspondre au décrochement que l'on observe

dans la partie ascendante de la courbe .

Il semble que le passage du grès au granite se fasse du point de vue des résistivités de façon très progressive. Il est possible que le granite soit très altéré, ce qui abaisserait notablement sa résistivité mais on peut penser également que cette longue branche montante de pente inférieure à 45° est due à une macroanisotropie, car plusieurs sondages réalisés avec diverses orientations ont sensiblement la même allure .

Rappelons en effet que les courbes théoriques de S.E. ont été calculés dans l'hypothèse d'un milieu homogène et isotrope, hypothèse qui n'est pas toujours vérifiée sur les courbes réelles.

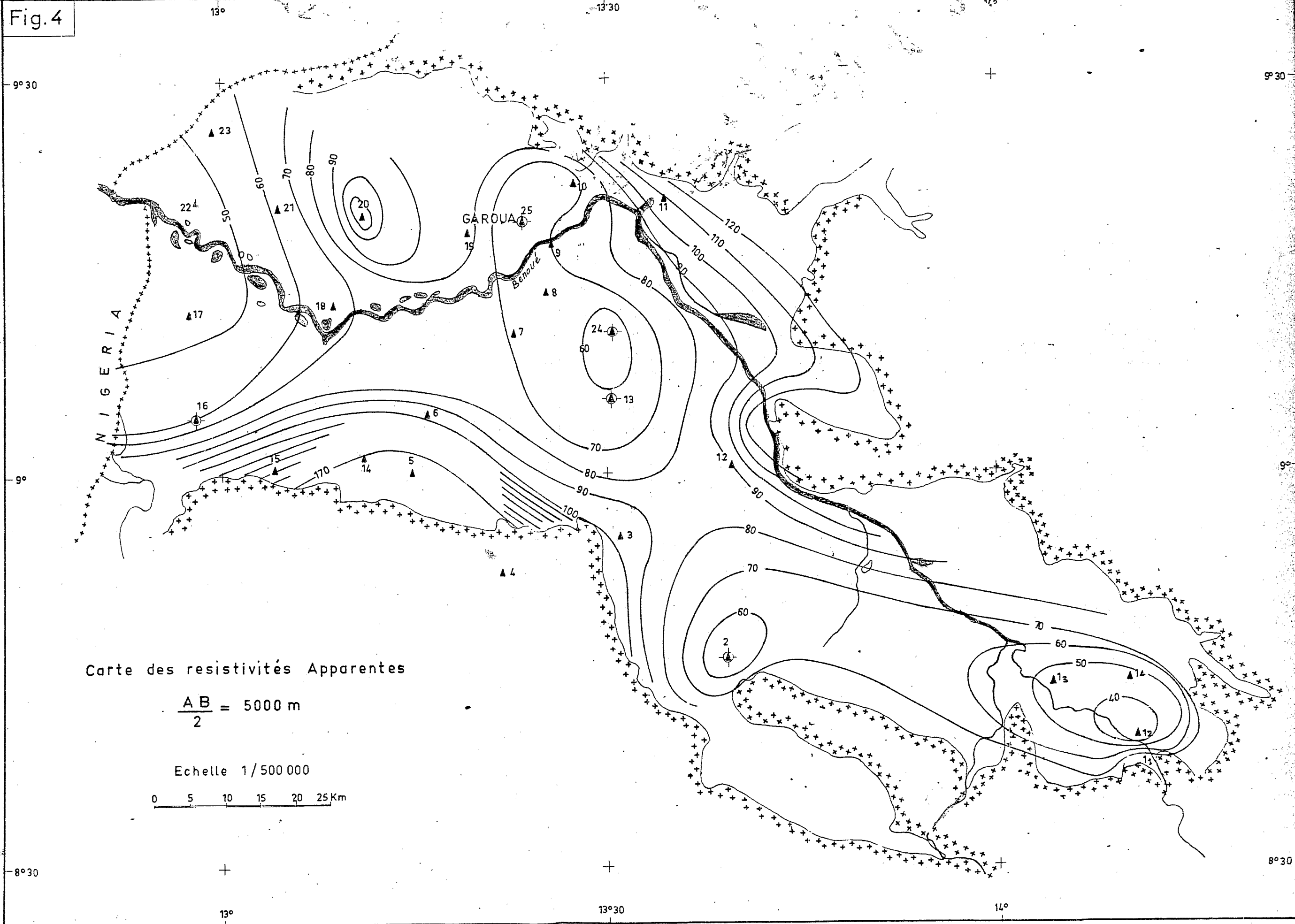
Les terrains sédimentaires par exemple, sont généralement plus résistants dans la direction perpendiculaire au plan de stratification. On peut aussi avoir une anisotropie apparente dans le cas où les mesures de résistivité concernent de grands volumes de terrain. C'est ainsi qu'une série de couches alternativement conductrices et résistantes apparaît comme ayant une résistivité plus élevée normalement aux strates et c'est ce qu'on appelle macroanisotropie.

On peut montrer par la théorie que si l'on ne tient pas compte de l'anisotropie, la détermination de profondeur du substratum au moyen des abaques donne des profondeurs un peu trop grandes.

Dans le sondage de Rey-Bouba, il semble que l'asymptote à 45° soit déportée vers la partie droite du diagramme, de telle façon que le substratum paraît plus profond à Rey-Bouba qu'à Maari, proposition qui est infirmée par les forages de contrôle.

Examinons maintenant le sondage de Maari. Comme dans le précédent, la gamme des résistivités rencontrées se situe entre quelques OHM.M. et 25-30 OHM.M. Le terrain superficiel est ici plus argileux. La résistivité est de l'ordre de 7 OHM.M. Ensuite un faciès sableux de résistivité plus élevée -une vingtaine d'OHMS - puis à nouveau et alternativement argile, graviers, sables donnant une résistivité voisine de celle du terrain superficiel. Le passage du quaternaire au grès ne se marque pas de façon très sensible. La dernière partie de la courbe semble indiquer que l'on atteint le socle résistant dont la profondeur indiquée.

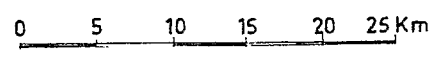
Fig.4



Carte des resistivités Apparentes

$$\frac{AB}{2} = 5000 \text{ m}$$

Echelle 1/500 000



par le forage est supérieure à 352 m.

De ces deux diagrammes nous retenons les faits suivants :

- 1) les alluvions quaternaires présentent une résistivité basse mais assez variable
- 2) le forage de Maari a traversé près de 300m de grès conducteurs. Le faciès de ce grès est certainement très différent de celui trouvé à Garoua.

Dans le bassin de Garoua, nous avons rencontré des résistivités atteignant 2500 OHM.M. tandis que dans le bassin de la Bénoué les résistivités ne dépassent pas quelques dizaines d'OHM.M.

Il ressort clairement des diagrammes de Garoua, Sanguéré, Ndjola que les deux faciès sont présents dans cette partie du bassin. Autrement dit la série résistante assimilée aux grès de Garoua recouvre dans la partie occidentale du bassin la série conductrice assimilée aux grès de la Bénoué.

En résumé il apparaît que si les résistivités peuvent être évaluées, les profondeurs restent pratiquement indéterminées. Ceci tient à ces faits suivants :

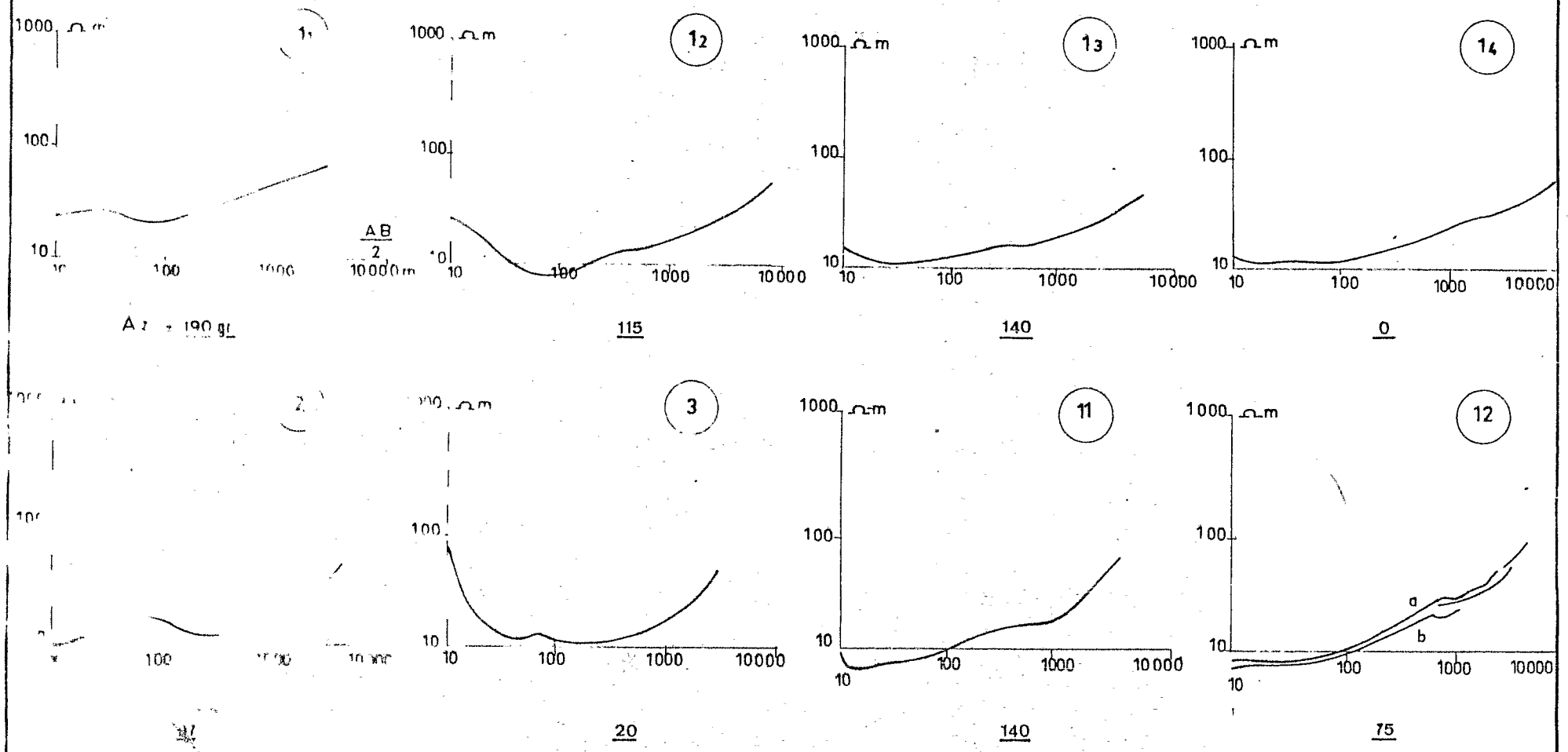
- Invalidité de l'hypothèse des couches horizontales, homogènes et isotropes.
- Rareté des forages profonds ayant atteint le socle.
- Mauvaise différenciation géologique des faciès gréseux.

C/- Etude régionale

La classification que nous avons adoptée pour la clarté de l'exposé a été établie à partir de la carte de résistivité AB = 10 000m. Elle s'harmonise en général avec les données gravimétriques et les connaissances géologiques. Certains diagrammes toutefois ont été isolés (8-19), ou regroupés avec d'autres (II avec I.2.3.) pour faire ressortir un caractère distinctif ou au contraire semblable. Il n'est pas besoin de souligner la part d'arbitraire que comporte cette classification.

Le tracé des courbes d'équirésistivité fait apparaître trois bassins également importants au centre desquels les résistivités apparentes sont de l'ordre de 50 OHM.M.

Sondages Electriques Bassin de Rey Bouba



Au Sud-Est le bassin de Rey-Bouba : sondages I.2.3.I2.II.

Au centre le bassin de Garoua : sondages 7.I3.24.25.9.I0.

A l'Ouest et se prolongeant manifestement vers le Nigéria, le bassin que nous appellerons "Occidental" et auquel nous rattachons les sondages : I4.I5.I6.I7.I8.20.2I.22.23.

Séparant ou en bordure de ces bassins, on observe des compartiments de résistivité plus élevée : entre le premier et le deuxième bassin, on observe un seuil assez large (sondages 3-I2). De même les résistivités apparentes de la bordure Sud du bassin de Garoua dépassent la centaine d'OHM.M. (sondages 4.5.6.). Enfin des sondages tels que S8 et SI9 indiquent une distribution très irrégulière du paramètre résistivité et l'on ne peut en donner une interprétation par couches horizontales.

Bassin de Rey-Bouba

Nous rencontrons ici les plus faibles valeurs de résistivité apparente pour la longueur de ligne choisie $\rho_a = 36$ OHM.M. à Rey-Bouba 50 OHM.M. à Maari (S2) - La conductance horizontale du recouvrement est donc élevée. Par ailleurs les diagrammes n'indiquent aucune couche résistante épaisse. On en déduit que l'on a un recouvrement assez uniformément conducteur mais qui peut comporter des couches plus résistantes minces en alternance avec les couches conductrices. Ainsi le diagramme S3 présente la forme "fond de bateau" avec un minimum à II OHM.M. On peut donc penser qu'il existe des séries de résistivité bien inférieure (2 à 3 OHM.M.). Dans ce même sondage le premier terrain est un résistant (\neq 100 OHM.M.) peu épais. C'est un sondage de transition avec ceux du bassin de Garoua. Dans SI2 on observe une seule branche montante. Il serait bien illusoire de l'interpréter avec un abaque 2 ou 3 terrains alors que SII dont l'allure est très voisine et particulièrement régulière, ^{pour} un modèle rendant compte de toutes les particularités devrait comporter au moins 6 terrains ! Notons en passant la position excentrique de SII très au Nord du bassin de Rey-Bouba mais dont le diagramme dénote la présence de tout horizon résistant important.

Comme nous l'avons vu plus haut, il existe deux sondages mécaniques dans cette partie de la carte : Rey-Bouba (SI₂) et Maari (S2). Ils nous permettent de proposer l'interprétation suivante pour cette première série de sondages : une couverture quaternaire conductrice de quelques dizaines de mètres, puis une première série gréseuse légèrement plus résistante d'épaisseur inférieure à 100 m, une série gréseuse à ciment argileux très conductrice reposant sur le socle cristallin parfois altéré. Nous incluons les deux séries gréseuses dans les grès de la Bénoué.

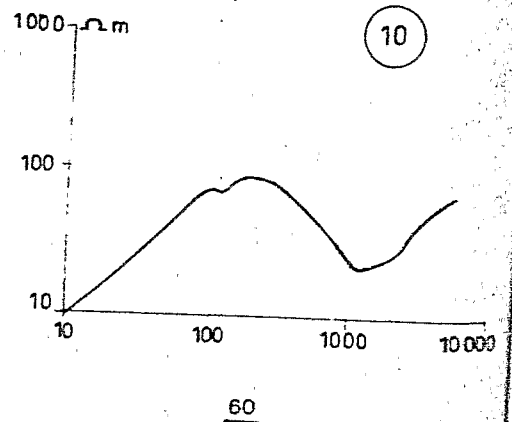
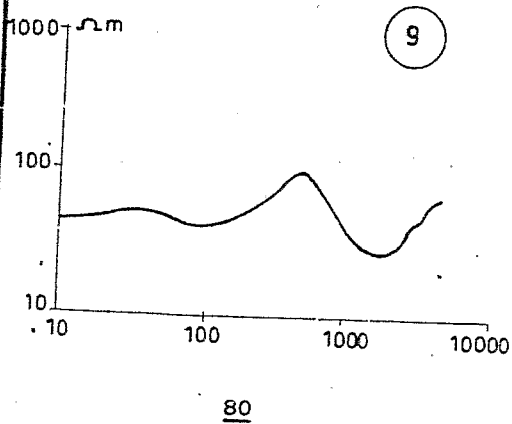
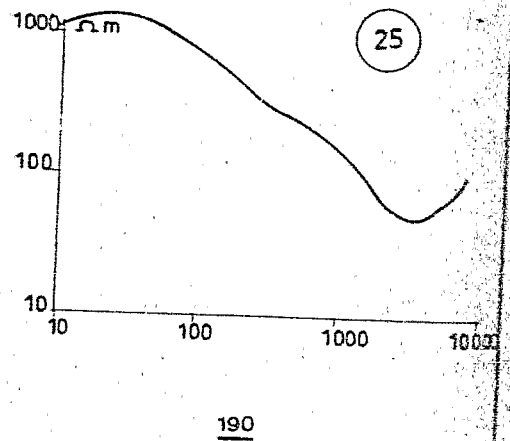
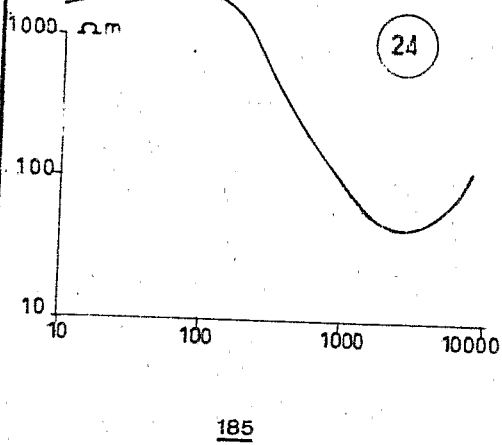
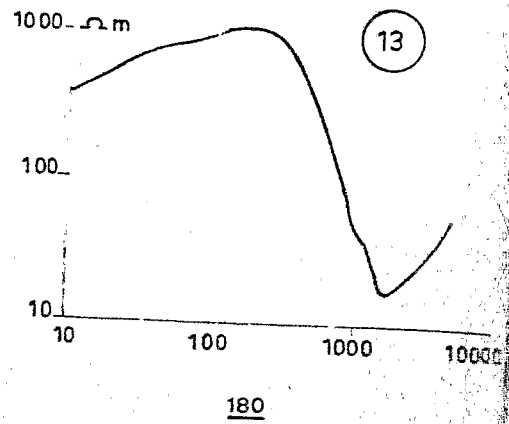
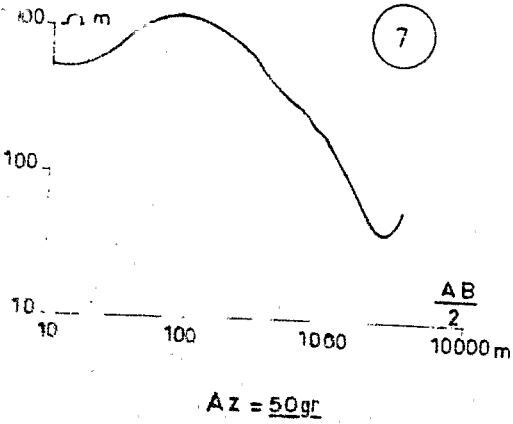
Le forage de Rey-Bouba nous laisse à penser que des argiles et des marnes constituent dans l'ensemble du bassin, le soubassement des sédiments gréseux. Les très faibles résistivités que l'on a pu déduire des sondages électriques sont favorables à l'hypothèse d'argiles salées, témoin d'une invasion marine secondaire.

Un premier fait vient corroborer cette hypothèse : l'analogie entre les faciès marneux de Tchatarra situé à quelques kilomètres à l'Est de Lamoudan (route Ngaoundéré-Garoua) et ceux de la série de Lamé au Tchad. P. SCHWOERER a d'ailleurs trouvé des bois silicifiés dans les deux formations. Or dans la série de Lamé, la présence d'argiles salées a été clairement établie. Nous citons E. ROCH. "La source salée de Gaodan n'était, lorsque nous l'avons visitée, qu'une simple zone humide dans l'argile à Berbéré récente, reposant sur les grès vert-clair. Chose remarquable, alors que l'eau qui suinte des grès est douce, en revanche, celle de l'argile est salée. Déjà curieuse par son gisement, la source l'est aussi par sa forte teneur en chlorures. L'explication de ce phénomène ne nous apparaît pas nettement et il semble que l'on doive : ou bien envisager, sous le Crétacé moyen un synclinal pincé de Crétacé inférieur, dont on sait que les couches renferment des sels ou bien penser que le Crétacé moyen abrite des niveaux salifères dans ses propres assises. Après avoir envisagé la première hypothèse, nous penchons maintenant vers la deuxième et nous croyons que le sel se trouve in-situ dans le Crétacé moyen".

Un deuxième fait peut être cité en contrepoint de notre hypothèse : il s'agit des sondages électriques réalisés dans le Sud du Tchad par P. LOUIS. Il a été observé, en effet, à la base du Continental Terminal, une couche conductrice de résistivité voisine de 10 OHM.M. qui présente par endroit une très grande épaisseur. P. LOUIS propose deux hypothèses. Dans la première il s'agirait d'une

Fig 6

Sondages Electriques Bassin de Garoua



série détrique continentale très argileuse, dans la seconde d'une formation marine argilo-marneux. L'auteur ne cache pas sa préférence pour la seconde en raison notamment de l'allongement de l'anomalie de Bouguer en direction des formations de Pala et de Léré et de l'existence de marnes noires dans le sondage de Maïdiguri (Nigéria).

Le bassin de Garoua

La transition avec le bassin de Garoua est marquée par l'apparition d'un terrain résistant dont l'épaisseur va en croissant d'Est en Ouest. C'est ainsi que l'on voit apparaître une branche montante de pente supérieure à 0,8 dans S9 et S10 alors que dans S11 et S12 elle ne dépasse pas 0,3. On voit donc que la limite entre les bassins de Rey-Bouba et de Garoua n'est pas constituée par le seuil de Lamoudan-Lagdo mais par une ligne sensiblement Nord-Sud dont la courbe d'équirésistivité 80 donne une position approchée dans le bassin de Garoua, c'est ce qu'indique également la carte géologique au 1/500 000 établie par SCHWOEBERER.

Le sondage S9 établi dans les alluvions de la Bénoué a rencontré quelques lits moyennement conducteurs puis une faible épaisseur de grès résistants (quelques centaines d'OHM), une série conductrice reposant sur un substratum résistant que nous assimilons au socle cristallin. Dans S10 les grès résistants sont pratiquement en surface puis on rencontre la série conductrice bien marquée et le socle peu profond.

Les sondages S7, I3, 24, 25 fournissent des diagrammes tout à fait caractéristiques des différentes séries.

On distingue nettement les 4 terrains suivants :

- quelques mètres de couvertures de résistivité comprise entre 600 et 1000 OHM.M.
- une série très résistante de l'ordre de 1500 à 2000 OHM.M. dont l'épaisseur est mal déterminée (de 100 à 200 m environ)
- une série conductrice dont la résistivité est certainement inférieure à 10 OHM.M. Quant à l'épaisseur, on peut donner comme ordre de grandeur 400 à 500 m.

-un substratum résistant que nous assimilons au socle cristallin.

La plus grande épaisseur du recouvrement se situe vraisemblablement vers Sanguéré (S24) - La partie occidentale est accidentée : des failles perturbent les sondages 7 et 8.

Le rapport de J. KNOBEL sur les bassins Crétacés du Nord Cameroun est venu récemment nous apporter des compléments importants concernant le Crétacé supérieur du bassin de Garoua. Nous avons vu que P. KOCH et P. SCHWOEBERER avaient établi la coupure suivante :

Crétacé supérieur (grès de Garoua) à tendance grossière dans la partie inférieure.

Crétacé moyen (grès de la Bénoué) à niveaux plus argilleux.

Malgré l'homogénéité des faciès, J. KNOBEL a pu définir dans le Crétacé supérieur

- les séquences à "Surfaces Temps" hématiteuses
- l'épisode de faciès de piedmont
- les séquences à "Surfaces Temps" limoniteuses.

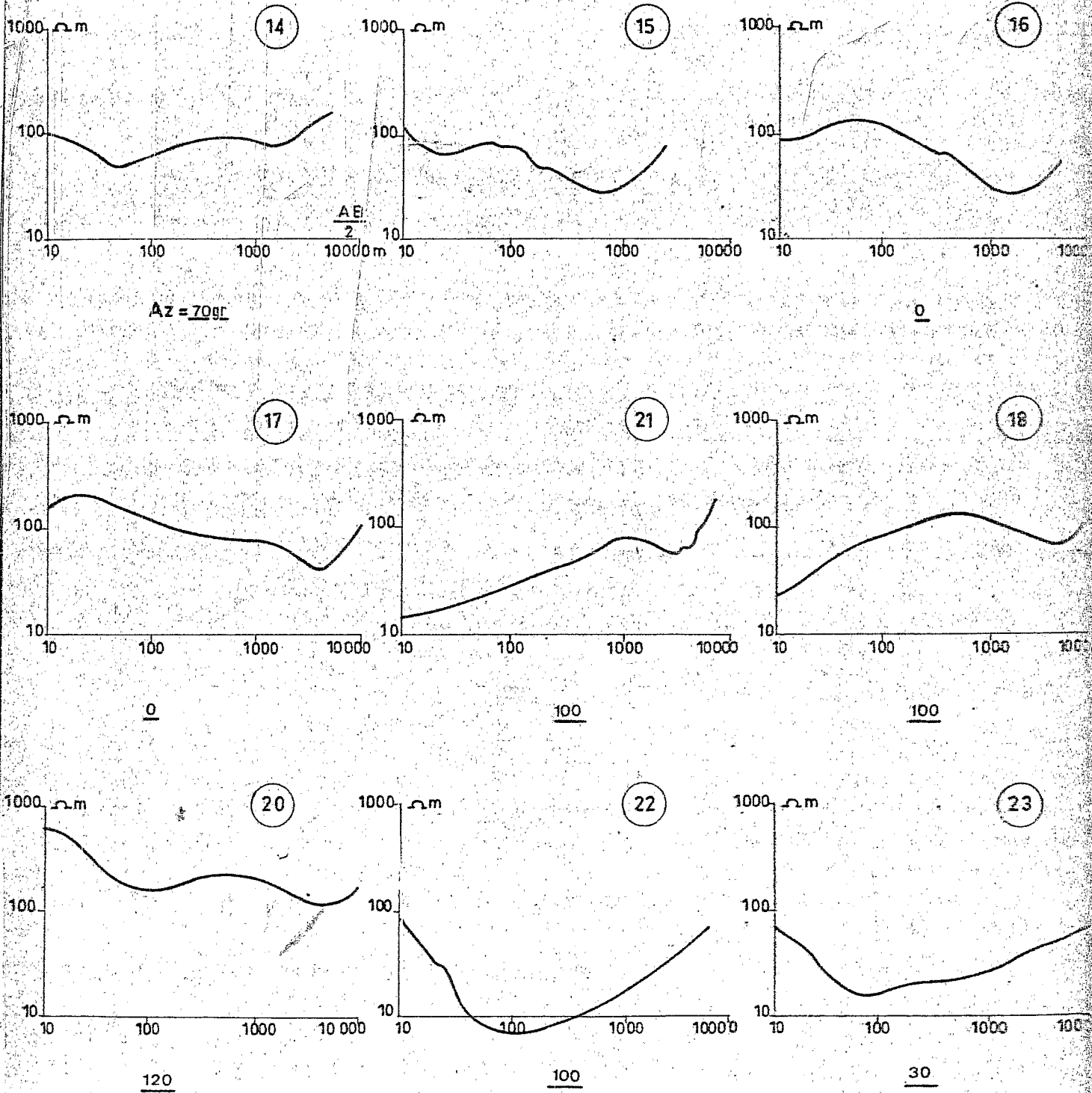
Le Crétacé moyen n'a été malheureusement que partiellement étudié. On pourra voir sur la carte extraite de son rapport que les sondages qui indiquent une résistivité voisine de 1000 OHM.M. pour le premier terrain se situent tous sur une séquence "à Surface Temps" limoniteuse - (S7, 8, I3, I9, 24, 25). Au contraire les sondages S9, S10 et S11 probablement appartiennent au domaine du Crétacé moyen qui a été dégagé par l'érosion.

Le Bassin Occidental

La partie Ouest de la carte de résistivité se présente comme une boucle ouverte en direction du Nigéria. A la différence des sondages précédents les diagrammes sont plus réguliers et les contrastes de résistivité sont adoucis. D'une façon générale, on n'observe plus la couche très résistante des sondages précédents. Les sondages S14, I5, I6, I7 montrent un approfondissement régulier du socle. On peut suivre également d'un diagramme à l'autre, un deuxième terrain moins résistant que le terrain de surface et un troisième terrain de résistivité voisine du premier (100 OHM.M. environ).

Fig. 7

Sondages Electriques Bassin Occidental



Au Nord de la Bénoué la résistivité des premiers terrains s'abaisse à quelques dizaines d'OHM.M. On observe des branches montantes en escalier dans S18 et S21 avant d'atteindre un terrain à 100 OHM.M., la série conductrice et le substratum.

S20 marque la transition avec le bassin de Garoua avec un premier terrain résistant à 600 OHM.M. Enfin dans S22 et 23 la série conductrice devient prépondérante sous une couverture peu épaisse à 100 OHM.M.

En résumé on retiendra que la couverture gréseuse résistante du bassin de Garoua va en diminuant d'épaisseur vers l'Ouest tandis que la série marnouse va en augmentant vers le Nord.

La bordure méridionale

La carte de résistivité nous montre que le contact entre socle cristallin et la couverture sédimentaire se fait de façon régulière. Dans la partie médiane de la bordure, on observe une sorte de compartiment haut du socle pénétrant assez profondément dans le bassin. De part et d'autre de cette partie médiane, la possibilité d'un contact faillé n'est pas à écarter.

3 sondages établis suivant un profil perpendiculaire à la bordure montrent l'enfoncement progressif du socle S4, 5, 6.

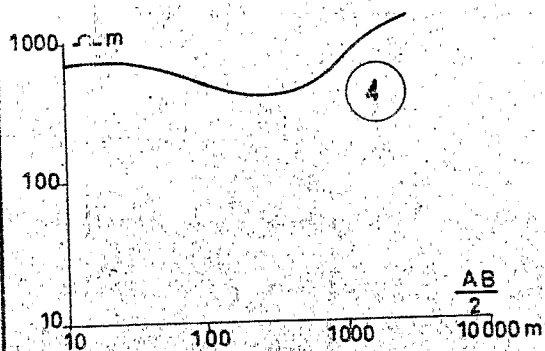
Le sondage S4 réalisé sur le granite récent nous donne l'ordre de grandeur des résistivités du granite. Le diagramme indique une succession de terrains de résistivités supérieures à 400 OHM.M.

C'est sans doute l'altération du granite qui provoque un abaissement de la résistivité sous la cuirasse superficielle à 700 OHM.M.

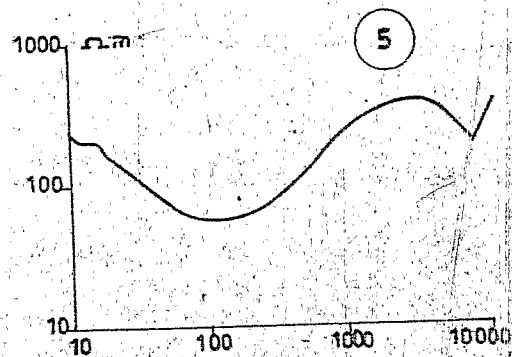
Dans S5 on observe deux branches montantes à 45°. Il semble que ce soit la première qui indique le substratum résistant. Le décrochement ultérieur de la courbe correspondrait plutôt à un passage de faille qu'à l'apparition de nouveaux terrains.

Fig. 8

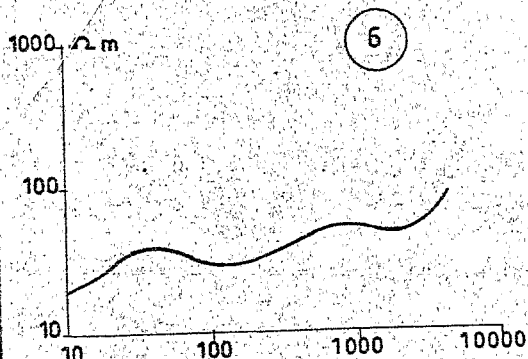
Sondages Electriques Socle proche et accidents



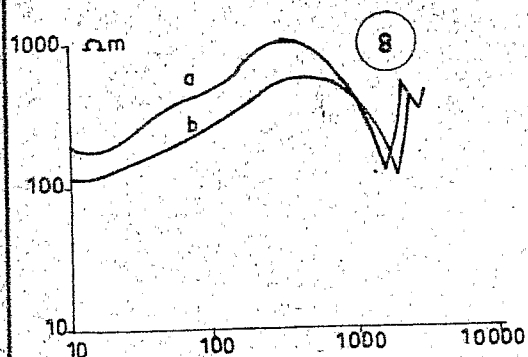
$Az = 40gr$



120

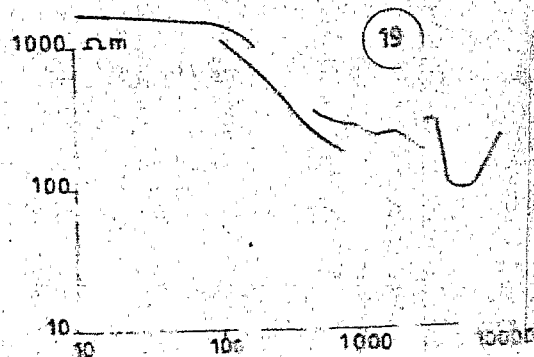


40



a 110

b 10



110

■ ■ ■

Nous avons regroupé S6 avec les sondages précédents bien que la couverture sédimentaire y présente déjà une certaine épaisseur. Cependant le diagramme s'apparente autant avec ceux du bassin occidental qu'avec ceux de Rey-Bouba.

Socle proche et accidents

Enfin les diagrammes de S8 et SI9 que nous avons reproduits ici sans lissage nous indiquent nettement que l'hypothèse des couches horizontales homogènes et isotropes est inadmissible ici. Le sondage 8 a été réalisé suivant deux directions perpendiculaires (Az (a) = 110 grades Az (b) = 10 grades) et dans les deux diagrammes on observe dans angles aigus et une remontée supérieure à 45°. On peut penser qu'une des extrémités de la ligne AB est venue, dans les deux cas, prendre position sur un massif nettement plus résistant que les grès (granites ou trachytes). De même dans SI9 on observe une remontée supérieure à 45° et des "embrayages" de très mauvaise qualité. Des à coups de prise importants ont manifestement perturbé le sondage.

Il est à noter que S8 et SI9 ceignent la région de Garoua proprement dite et limitent l'extension de la couverture très résistante des grès de Garoua vers l'Ouest et le Sud-Ouest. On peut noter également que les changements de pente dans S8a et S8b se produisent pour une même longueur de ligne AB, ce que nous traduisons par l'existence d'une faille d'orientation 10 + 50 = 60gr. ou 110 + 50 = 160gr. Nous remarquons que l'azimut 160 correspond à une direction de faille souvent représentée dans le bassin. Nous verrons d'autre part que les résultats gravimétriques sont également favorables à l'hypothèse d'une faille dans cette région.

Nous retiendrons de ces derniers sondages qu'il existe une dissymétrie entre les flancs Sud et Nord du bassin. La couverture sédimentaire est de faible épaisseur au Sud et un système de failles SW-NE à une vingtaine de kilomètres au Nord du contact cristallin sédimentaire provoque alors l'approfondissement du bassin. Nous verrons d'ailleurs ce résultat confirmé par les données gravimétriques.

IV GRAVIMÉTRIE

En même temps que se déroulait la campagne de sondages électriques, un programme de gravimétrie venait compléter les mesures antérieures qui avaient servi à dresser la carte au 1/1 000 000 de l'anomalie de Bouguer. C'est principalement sur la partie centrale du bassin que devait porter notre effort, en raison de quelques possibilités d'itinéraires offertes par d'anciennes pistes ou sentiers et inexploitées lors des précédentes campagnes.

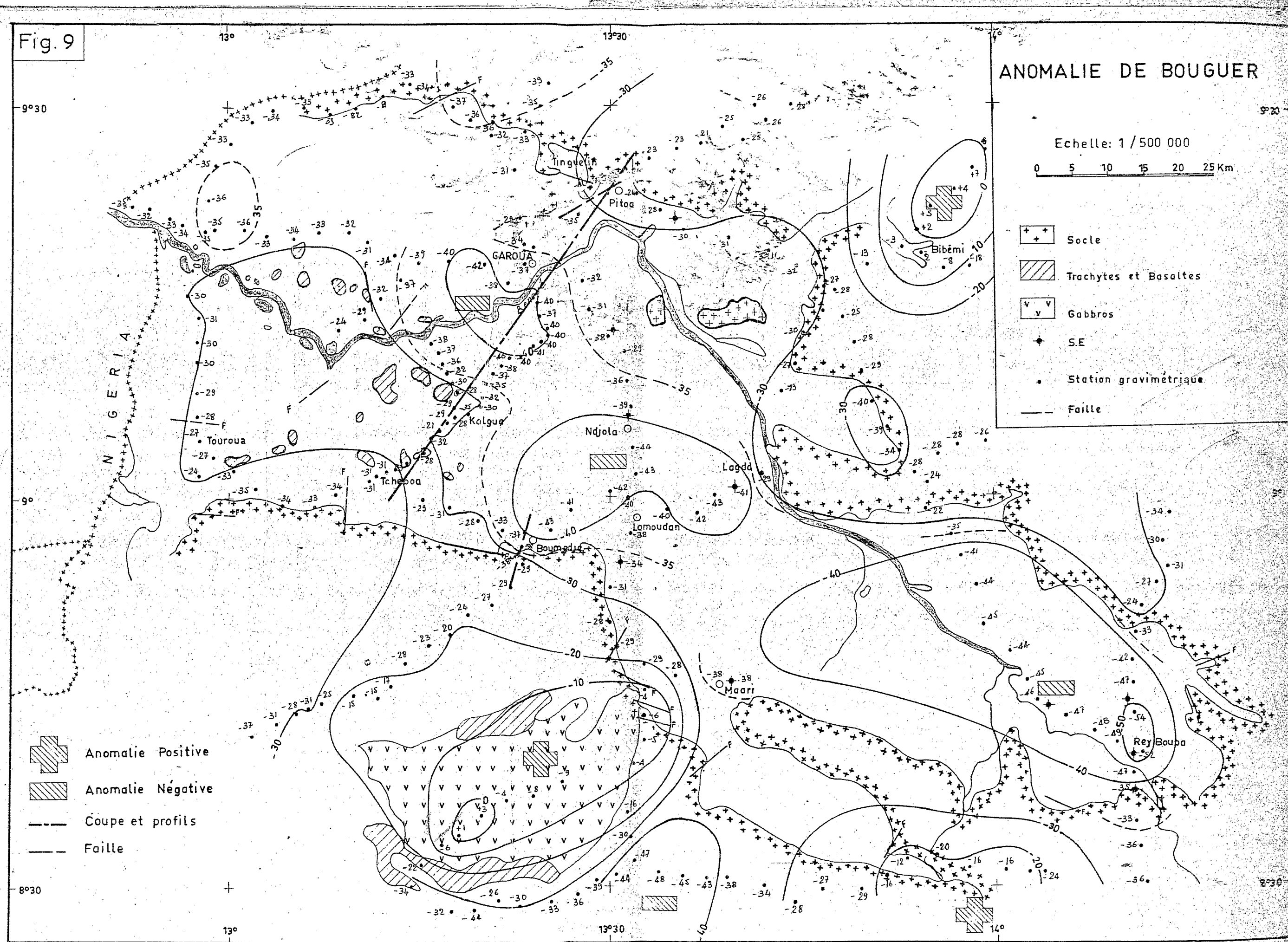
Dans la partie centrale un itinéraire traverse le bassin de part en part, de Tchéboa au Sud, à Pitoa au Nord. Deux profils de détail ont été levés avec altimétrie en des lieux de gradient maximum : à Boumédjé au Sud; à Pitoa au Nord. Ces gradients semblaient correspondre à deux failles qui limitent le bassin sédimentaire et une étude plus approfondie devait permettre de compléter les connaissances géologiques de la tectonique régionale.

Dans la partie occidentale deux itinéraires sont venus s'adjoindre heureusement au réseau antérieur. L'un N-S. (Touroua-Barnaké) traverse la Bénoué près de la frontière Nigériane, l'autre Est-Ouest part de Barnaké pour aboutir à Garoua. Le bassin de Rey-Bouba n'a pu faire l'objet de nouvelles stations gravimétriques. Seules des liaisons fluviales pourraient compléter cette carte au meilleur rendement.

Toutes les nouvelles mesures ont été effectuées avec gravimètre type Worden et rattachées à la base de Garoua Aviation qui fait partie du réseau de bases ORSTOM. L'anomalie de Bouguer a été calculée pour une densité des terrains superficiels égale à 2,67 et sans tenir compte de la correction de terrain, peu importante dans ce relief de pénéplaine.

Il a paru de faible intérêt et délicat à réaliser de définir une anomalie régionale. En effet, l'examen de la carte gravimétrique montre que deux directions perpendiculaires ordonnent le dessin des isogames. La première SE-NW marquée par des anomalies légères correspond à l'orientation générale du bassin, la seconde SW-NE reprend la direction de la "ligne du Cameroun", avec deux anomalies lourdes situées de part et d'autre de la bande sédimentaire.

Fig. 9



ANOMALIE DE BOUGUER

Echelle: 1 / 500 000
0 5 10 15 20 25 Km

- + + Socle
- Trachytes et Basaltes
- v v Gabbros
- * S.E.
- Station gravimétrique
- - - Faille

- Anomalie Positive
- Anomalie Négative
- - - Coupe et profils
- - - Faille

Pour avoir une idée de l'allure d'une anomalie régionale qui répondrait aux deux conditions de s'écarter faiblement en moyenne des anomalies observées et de varier très lentement, on pourra se représenter une selle de cheval dont le pommeau correspondrait à l'anomalie positive du Nord de Poli, et le trousséquin à l'anomalie de Bibemi.

a).- Caractères de l'anomalie de Bouguer dans le bassin de Garoua

On peut dire de prime abord que ce bassin ne constitue pas une unité gravimétrique bien définie. En effet, tout en tenant compte de la faible densité de stations, on remarque que la configuration des isogames est peu ordonnée, et l'on observe très rarement la répétition d'une forme sur plusieurs isogames consécutives. Un examen plus détaillé montre cependant que trois minima occupant la vallée de la Bénoué tandis que les bords cristallins de la cuvette sont en général marqués par des anomalies positives.

Au Sud-Est se trouve le bassin de Rey-Bouba que nous limiterons à l'anomalie -40 -. Le minima de l'anomalie se situe vraisemblablement peu au Nord de Rey-Bouba entre deux points -52. Les gradients sont plus élevés dans la partie orientale. Au Sud de cette même localité on observe un gradient de 30 à 40 cwtuôs (1 cwtuôs correspond à une variation de 1 mgal sur 10 km).

Dans la région centrale on observe une anomalie négative moins étendue que la précédente. Son orientation générale est approximativement Est-Ouest. Le lobe oriental vient buter sur l'affleurement granitique de Lagdo tandis que le lobe occidental s'arrête à Boumedje également à proximité du socle cristallin. Le gradient est de 24 cwtuôs à l'Ouest de Lagdo ce qui indique un approfondissement net du socle cristallin. Le relief haut du socle à Lamoudan est mis en évidence sans que les indications gravimétriques permettent d'en déduire un axe Lamoudan Lagdo.

On remarque de part et d'autre du bassin sédimentaire les deux anomalies lourdes de Poli et de Bibémi. Les amplitudes absolues faiblement positives y sont comparables. La première correspond assez fidèlement à l'affleurement d'un massif de gabbros que nous avons reporté sur la carte géologique au 1/500 000. La mise en place de ce massif ne s'est d'ailleurs pas effectuée sans

provoquer de petites cassures dans le matériau antérieur ainsi qu'en témoignent les nombreuses failles de la région de Boki. L'anomalie lourde est si directement liée au massif de gabbros que l'on peut déduire de la carte, son absence de prolongation sous le bassin sédimentaire.

L'anomalie de Bibé mi correspond bien aux directions tectoniques que l'on peut observer dans les gneiss qui ceignent un massif de granite coïncidant avec le centre de l'anomalie. On notera que les isogames sont moins serrées que celles de Poli : il est vraisemblable que la masse lourde qui est venue percer la couverture à Poli n'a pu atteindre la surface à Bibémi.

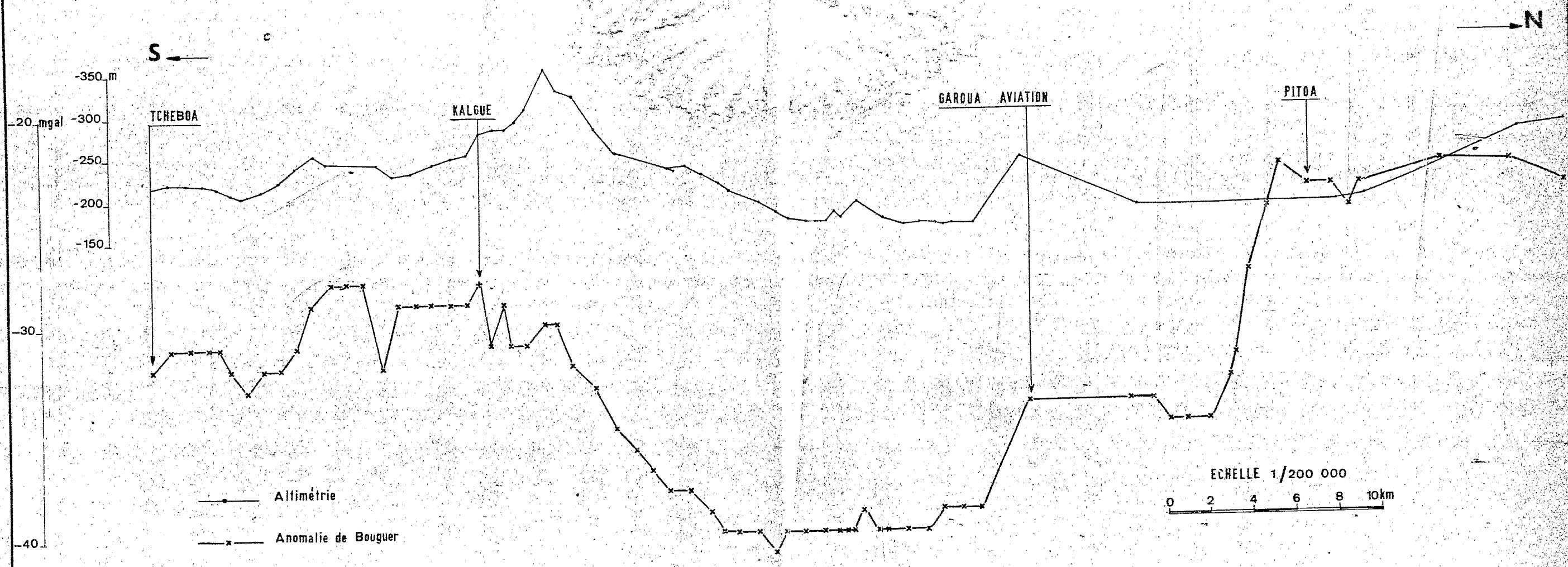
Ce qui frappe le regard lorsqu'on examine la partie occidentale du bassin sédimentaire, c'est l'avancée vers le Nord des isanomales, à l'Ouest de la ligne Boumedje-Garoua. L'isanomale -40 dessine un petit domaine de part et d'autre de la Bénoué en aval de Garoua. L'isanomale -30 décroche nettement de la limite méridionale du bassin pour se rapprocher de l'isanomale -40. Notons qu'elle enserme un certain nombre de pointements trachytiques que ce soit au Nord ou au Sud de la Bénoué avant de rejoindre plus au Sud la bordure cristalline. On verra sur la coupe Tchéboa-Pitoea que les zones de gradient remarquable sont celles de Pitoea au Nord et de Kalgué au Sud, ce qui signifie que la couverture sédimentaire est de faible épaisseur dans la partie située au Sud de Kalgué et que l'axe du bassin est nettement déporté vers le Nord-Est.

b).- Coupe Tchéboa - Kalgué - Pitoea

L'itinéraire Tchéboa-Kalgué-Garoua-Pitoea a été levé à raison d'un point tous les 400 mètres environ ce qui nous a permis de dresser la coupe ci-jointe. Nous avons également reporté l'altitude des stations correspondantes. On remarque la grande similitude de forme entre les deux graphiques. On peut essayer de l'expliquer de deux façons différentes : la première serait de supposer que la densité de 2,67 adoptée pour la correction de plateau est insuffisante, mais ceci est inadmissible pour l'ensemble grès-trachyte, la seconde est de supposer que l'anomalie de Bouguer ne peut être considérée comme indépendante de l'altitude parce que la répartition des masses a inspiré la distribution du relief. Autrement dit les points les plus élevés du profil

Fig.10

Coupe Gravimétrique Tchéboá - Pitoá



correspondent aux intrusions dans la couverture sédimentaire. Dans le même ordre d'idées on peut envisager des déformations affectant aussi le socle.

Ces pitons sont en effet formés par des niveaux de grès relevés (grès de la partie inférieure de l'épisode à "Surfaces-Temps" limoniteuses décrit par J. KNOBEL). Or les coulées de trachyte et basaltes se sont généralement interstratifiées dans la partie moyenne des séquences à "Surfaces-Temps" limoniteuses. L'absence de dépôts supérieurs, connus à l'Est et au Nord et le schéma paléogéographique permettent de penser que toute cette zone s'est surélevée au moment de la mise en place des appareils volcaniques.

Le gradient de 10 cötvös que l'on rencontre au Nord de Kalgué correspondrait à la limite septentrionale du compartiment soulevé par les intrusions volcaniques. Il est vraisemblable que ce décrochement est brutal car le profil gravimétrique suggère une faille masquée dont le rejet serait de même importance que celui de Boumédjé ou Pitoa.

c).- Les failles de Pitoa et Boumédjé

Nous avons choisi deux zones à gradient maximum pour étudier le contact cristallo-sédimentaire sur les bords du bassin : Pitoa au Nord-Est de Garoua et Boumédjé sur la bordure méridionale. Deux profils de détail avec nivellement ont été ainsi levés à raison d'une station tous les 200 mètres.

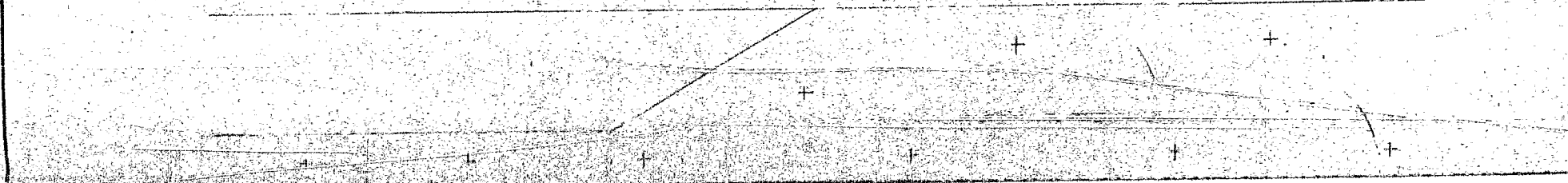
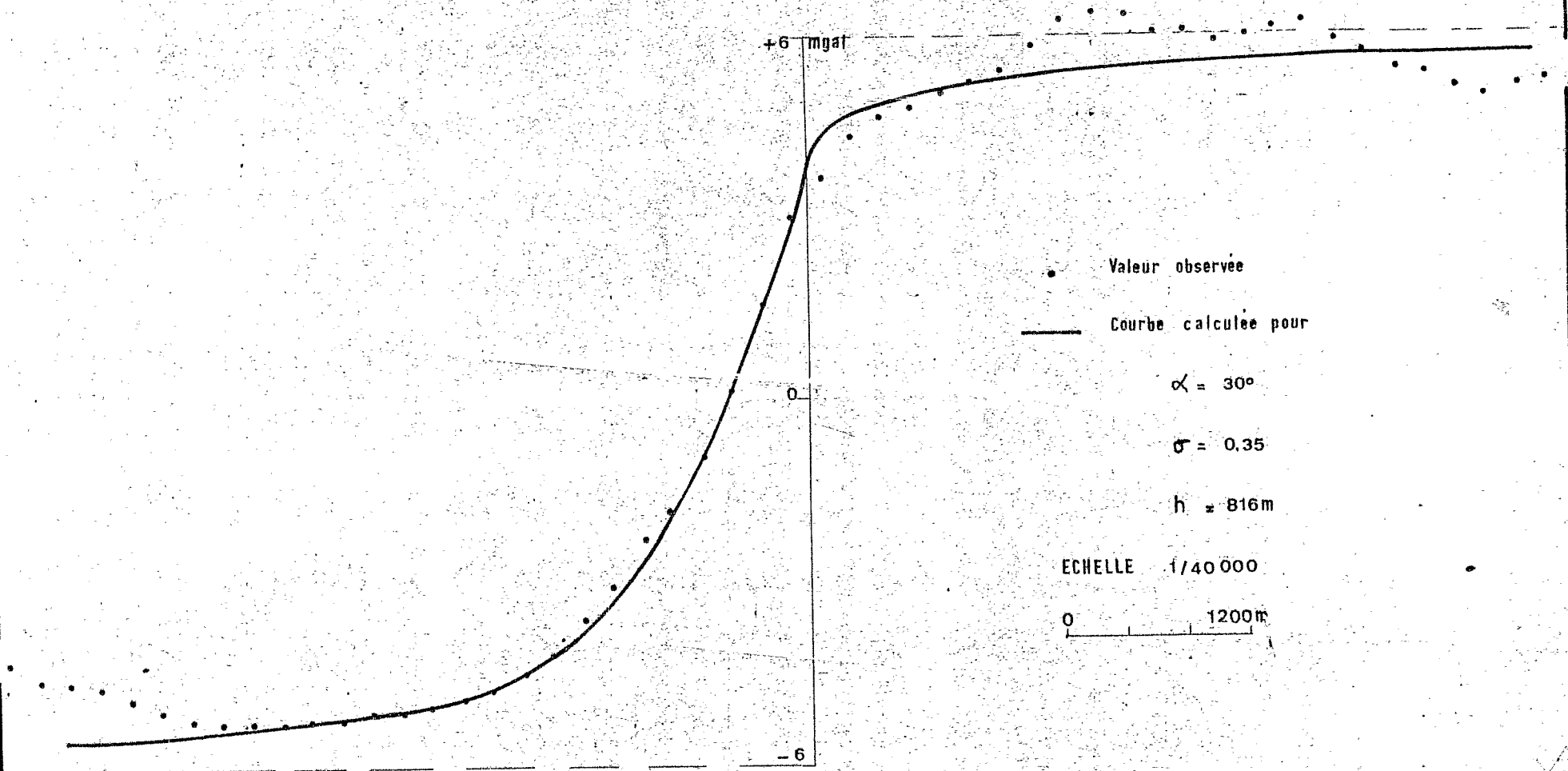
Faille de Pitoa

Le profil se situe à l'extrémité Est d'une faille qui est bien marquée dans le massif de Tinguélin. Son orientation est environ 65° E.

L'anomalie correspondante a une amplitude de 12 milligals. Elle se présente de façon dissymétrique, avec un gradient maximum de 75 cötvös. Une première interprétation peut être donnée par un demi plan horizontal dont le bord se situerait sous le point médian de l'anomalie. La profondeur serait égale à la distance séparant le point médian de l'anomalie, du point situé au premier quart : soit 800m. La densité dans ce demi plan serait alors $12 \times 2,38 \text{ kg/cm}^2$. Ce qui conduirait aux épaisseurs suivantes pour des contrastes de densité 0,2 et 0,3 :

Profil gravimétrique PITOA

Fig. 11



$$\sigma = 0,2 H = 1428 \text{ m}$$

$$\sigma = 0,3 H = 950 \text{ m}$$

Ces valeurs nous placent largement en dehors de notre approximation. Le contraste de densité minimum est formé par l'approximation d'une couche à bord vertical. On trouve à partir de la courbe théorique d'une faille verticale une épaisseur de 1920m et un contraste de densité de 0,15.

Enfin, nous avons tracé différentes courbes correspondant à des failles affleurantes inclinées de façon à tenir compte de la dissymétrie signalée plus haut. Un accord satisfaisant a été trouvé avec le modèle suivant :

Angle de la faille	30°
rejet	816m
contraste de densité	0,35

On remarque certains écarts à la courbe théorique :

-à l'inflexion de la courbe, la pente observée est finie et voisine de 1 ce qui suggère une faille subaffleurante.

-Dans la partie inférieure de la courbe, une faille mineure parallèle à la faille principale a pu provoquer une légère augmentation de la pesanteur par remontée des couches profondes plus lourdes que les couches superficielles.

-Enfin l'extrémité Sud du profil est marquée par une remontée légère de la courbe. Les valeurs les plus faibles de la courbe semblent correspondre aux stations situées directement sur les alluvions de la Bénoué et les derniers points du profil sont à nouveau sur les grès.

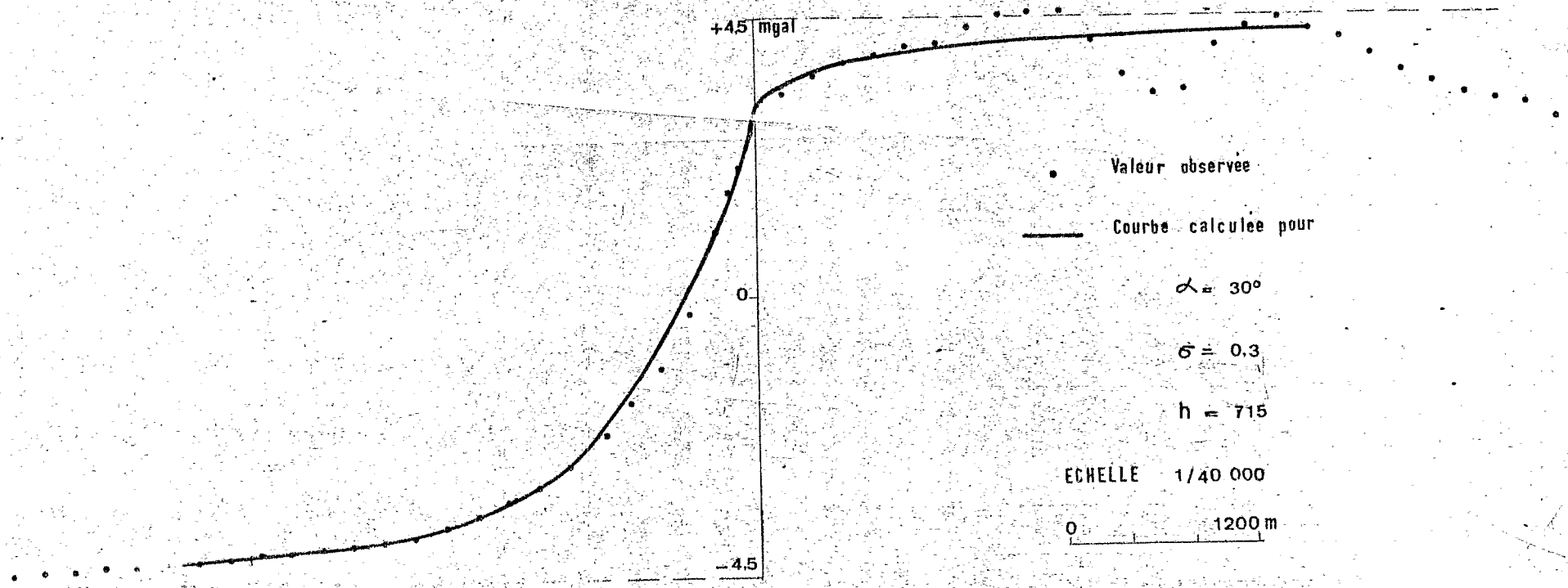
Faille de Boumédjé

Nous avons successivement essayé les mêmes approximations sur la faille de Boumédjé en raison de la similitude de forme. L'amplitude n'est ici que de 9 milligals environ.

La profondeur d'un demi-plan capable de créer une telle anomalie serait de 660m. Sa densité de $9 \times 2,38 \text{ kg/cm}^2$. Ce qui conduit aux épaisseurs suivantes pour les contrastes 0,2 et 0,3 :

Fig. 12

Profil gravimétrique BOUMEDJE



pour 0,2 H = 1070

pour 0,3 H = 715m

Si l'on cherche maintenant quelle serait l'épaisseur d'une couche horizontale superficielle à bord vertical, on obtient $H = 660 \times 2,4 = 1584$ m ce qui constitue la profondeur maximum auquel correspond le contraste de densité minimum de $\frac{214}{1584} = 0,14$. La recherche d'un modèle de faille inclinée créant une anomalie très peu différente de l'anomalie observée nous a conduit aux caractéristiques suivantes :

Angle de la faille	=	30°
rejet	=	715m
contraste de densité	=	0,3

Cette dernière valeur est plus faible que celle trouvée à Pitoa, ce qui peut s'expliquer par l'absence de sédiments non consolidés comme nous avons rencontrés en bordure du profil de Pitoa.

En résumé, nous voyons que les nouvelles données gravimétriques ont permis de mettre en évidence la dissymétrie du bassin à la hauteur de Garoua. La similitude des profils gravimétriques de Boumedje et de Pitoa laisse à penser qu'il s'agit là d'un phénomène récent : il est possible que la faille de Boumedje ne soit qu'un témoin d'une faille plus étendue qui a constitué la limite méridionale du graben crétacé de la Bénoué.

Ultérieurement, les appareils volcaniques ont soulevé lors de leur mise en place la couverture sédimentaire, qui est demeurée de ce fait de plus faible épaisseur dans la partie Sud-Ouest.

Ces soulèvements se sont accompagnés de nombreuses failles dont la plus importante d'orientation NW-SE marquerait la limite Nord du volcanisme dans le bassin.

C O N C L U S I O N

Parmi les bassins crétacés du Nord-Cameroun, le bassin de la moyenne Bénoué représente un des plus importants tant par son étendue que par l'épaisseur de ses sédiments. Ce n'est toutefois que la partie la plus orientale d'un vaste ensemble sédimentaire qui partant de la baie de Biafra s'étale largement en territoire Nigérien de part et d'autre du Niger et de la Bénoué. A la différence des autres lambeaux de couverture sédimentaire du Nord-Cameroun, celui de la moyenne Bénoué est donc encore rattaché aux importantes séries du Nigéria. Un trait original est venu cependant marquer cette partie : il s'agit de mouvements tectoniques qui ont imprimé une direction préférentielle et ainsi constitué un graben d'orientation Est-Sud-Est à Sud-Est. En liaison avec la ligne du Cameroun d'orientation Nord-Est, des intrusions sont venues percer par endroits la couverture sédimentaire entraînant de petits bouleversements à l'échelle locale.

Compte tenu des connaissances géologiques antérieures, l'application des méthodes géophysiques à l'étude du bassin de la moyenne Bénoué est venu confirmer les grandes lignes régionales et mettre en évidence quelques détails structuraux dont l'observation superficielle ne pouvait que suggérer l'existence.

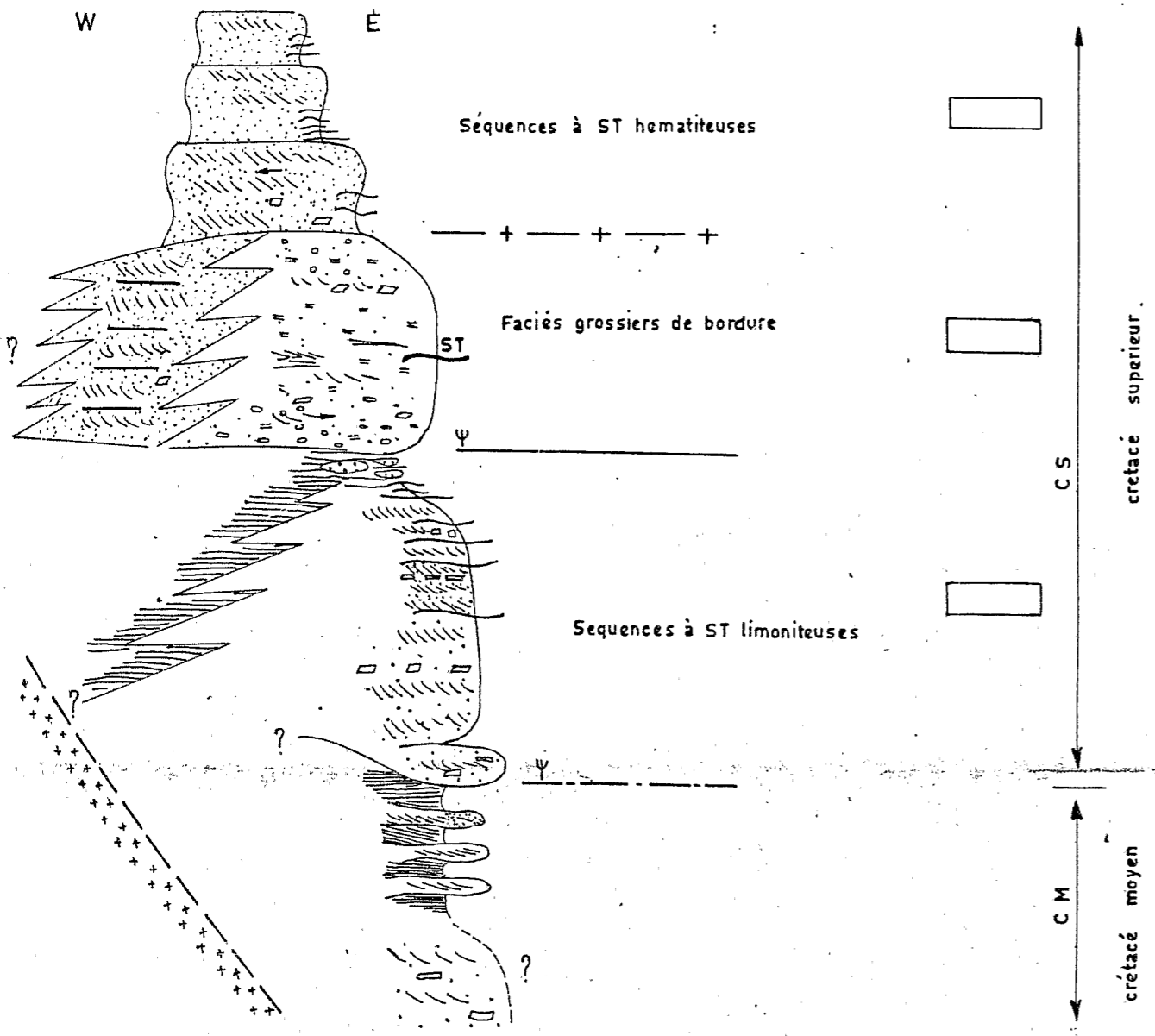
L'accord entre la carte gravimétrique et la carte des résistivités apparentes permet de se représenter la couverture sédimentaire comme un vaste ruban dont l'épaisseur reste sensiblement constante dans tout le bassin. Les estimations que l'on peut tirer de l'étude des profils gravimétriques et des sondages électriques conduisent à admettre une profondeur moyenne de 600mètres. Nous avons vu cependant apparaître par le tracé des différentes isanomalies certains compartiments hauts séparant des petits bassins que l'on retrouve bien individualisés sur les cartes précédemment citées. C'est ainsi que nous avons été amenés à distinguer les bassins de Rey-Bouba, Garoua et le bassin occidental. Parallèlement nous avons pu définir une bordure méridionale qui constitue une sorte de promontoire masqué par un recouvrement de plus faible épaisseur

mais inégalement distribué. Il s'agit là d'un phénomène lié aux manifestations volcaniques qui ont introduit une modification au schéma classique d'un graben sédimentaire.

L'analyse des sondages électriques a mis en évidence la différence des propriétés électriques des grès de la Bénoué et des grès de Garoua. Les premiers très conducteurs s'apparentent à des formations marines argileuses, les seconds représentés principalement autour de Garoua possèdent des résistivités élevées qui correspondent à des grès grossiers, feldspathiques à ciment kaolinieux. En s'approchant de la frontière Nigérienne les variations de faciès sont plus fréquentes et l'on peut penser à un important delta en liaison avec la mer du Crétacé supérieur. Ces formations résistantes masquent ainsi dans l'Ouest du bassin les formations argileuses marines du Crétacé moyen.

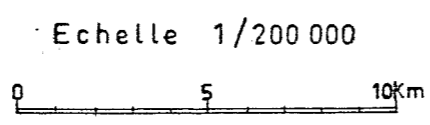
LEGENDE

BASSIN DE GAROUA



- Sondage électrique
- ▨ Pitons de trachyte
- ⤴ Limite EST avancée mer Crétacé supérieur terminal
- ⤵ Limite EST avancée mer Crétacé supérieur basal
- ➔ Ecoulement C S terminal

ESQUISSE GEOLOGIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE

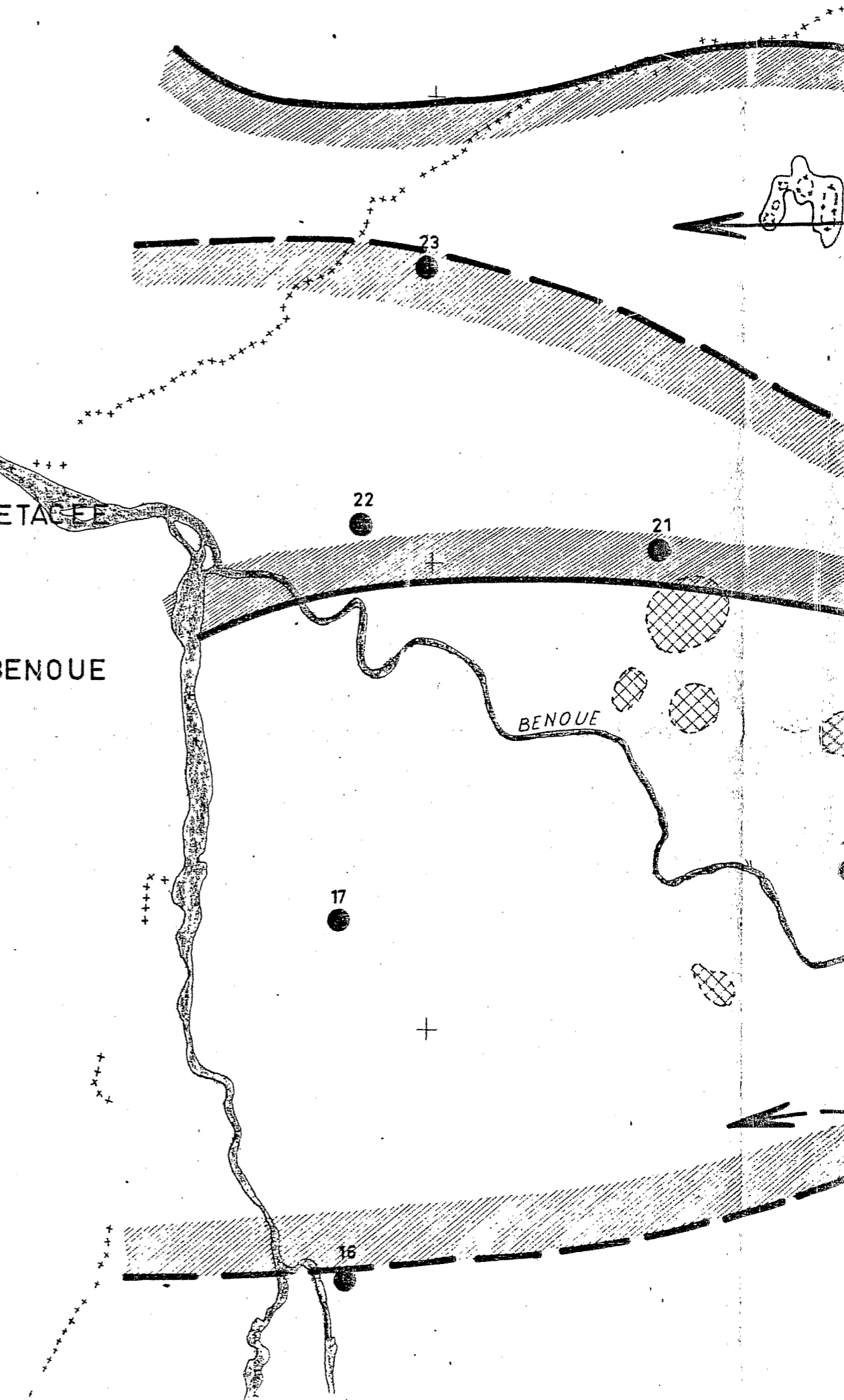


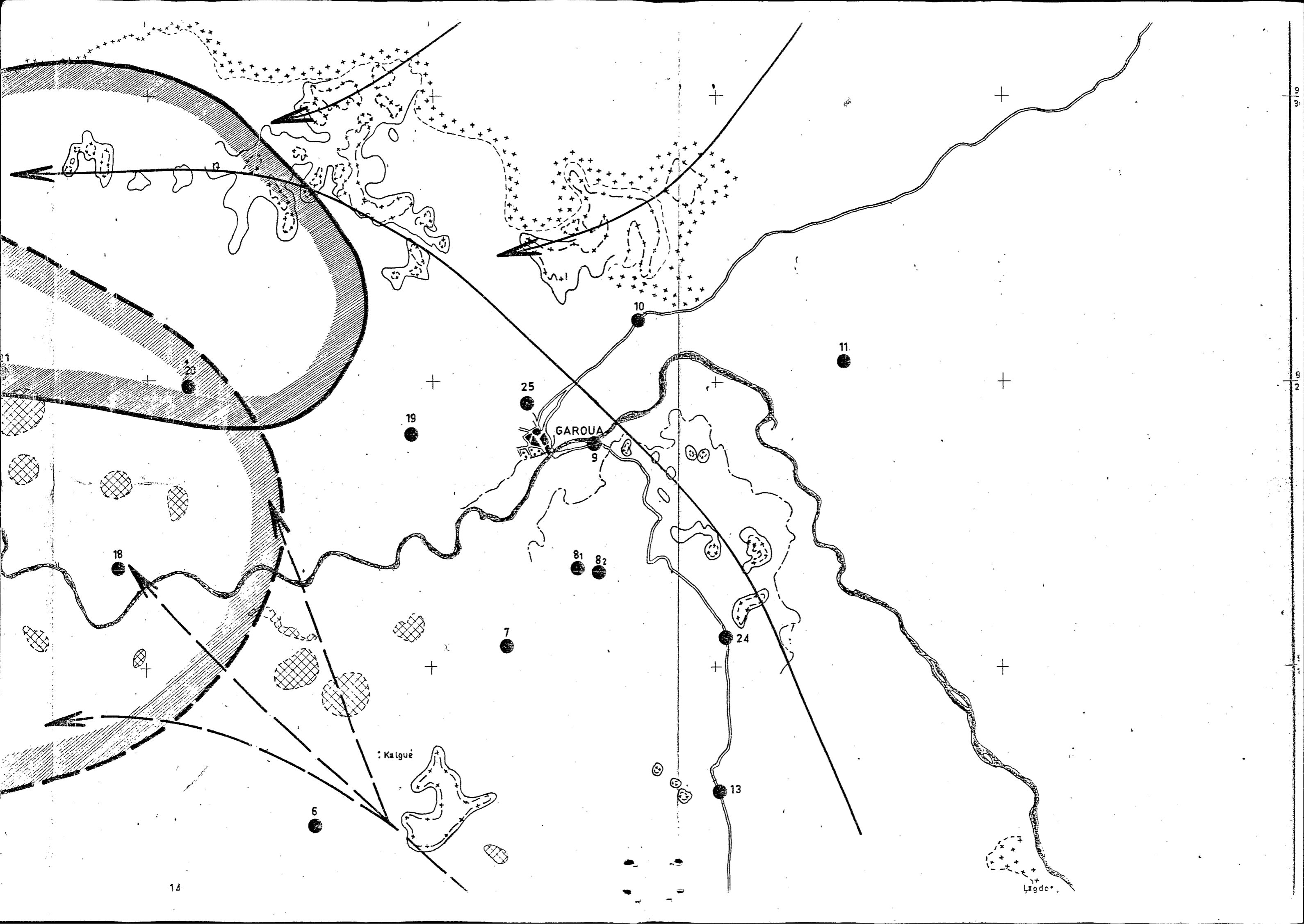
MER CRETACEE
DE LA BENOUE

9°30'

9°20'

9°10'





GAROUA

Kalgue

Ligdo