

ETUDE par PROSPECTION ELECTRIQUE et SISMIQUE
de la région de GOUNDAM - NARA - NEMA

Dans le cadre du marché de gré à gré n° 4 entre le SERVICE de l'HYDRAULIQUE de l'A.O.F. et la COMPAGNIE GENERALE de GEOPHYSIQUE, cette dernière a effectué une étude structurale et hydrologique de la région de Goundam - Nara - Néma, par sondages électriques et sismique réfraction.

Cette étude, conduite par nos ingénieurs MM. Garnaud et Marcel, s'est déroulée du 16 Mai 1955 au 12 Février 1956, avec une interruption du 18 Juin au 26 Juillet 1955 pour une prospection à Richard Toll. Elle a donc duré au total près de huit mois, pendant lesquels furent effectués 186 sondages électriques, en longueurs de ligne AB atteignant le plus souvent 4000 ou 6000 m, et 20 sondages sismiques.

Lors de son passage à Dakar en Mai 1956, G. Huot a pu discuter de nos hypothèses avec MM. F. Tessier, G. Palausi et R. Dars. J. Marchand, spécialiste de la région de Néma, était malheureusement absent. Il semble qu'on soit parvenu à des idées générales acceptables pour tous avec le peu d'éléments dont on disposait.

GEOLOGIE (voir carte n° 1 au 1/500 000)

La région considérée s'étend sur près de 450 km d'Est en Ouest et sur 150 à 300 km du Nord au Sud, sur la rive gauche du Niger. Les travaux géologiques les plus récents, dont J. Archambault a déjà donné des synthèses partielles dans ses rapports de 1953 et 1955, sont ceux de G. Palausi pour la partie Est, R. Dars pour la partie Ouest, et J. Marchand pour la partie Nord.

Schématiquement, on peut distinguer 4 grands ensembles stratigraphiques : les schistes primaires, les grès primaires, les formations continentales et ce que nous appellerons la série d'Quartemachet.

A - Les schistes primaires

G. Palausi décrit les schistes de Toun, très feuilletés, généralement bruns, avec des intercalations de grès et de calcaires dolomitiques.

R. Dars décrit les schistes de Nara, bleuâtres, compacts ou en plaquettes, souvent jaspoïdes, avec également des passées gréseuses ou dolomitiques. Ils sont recoupés par de multiples intrusions de dolérite et la série se termine, à Néma, par une falaise de 200 m environ de niveaux argileux. Suivant les dernières conceptions, schistes de Toun et schistes de Nara ne seraient que deux facies d'une seule et même série.

B - Les grès primaires

Sur les schistes de Toun de la région de Goundam - Niafouké reposent des grès : étage de Koutiala à la base, étage de Bandiagara au sommet. Les deux étages gréseux paraissent concordants et ont une tectonique "en tôle ondulée", l'axe des ondulations étant Nord-Sud. Une discordance avec les schistes sous-jacents est probable - à notre avis certaine - mais n'a encore jamais été vue sur le terrain.

A la bordure Sud du secteur occidental (Mourdiah - Sokolo) affleurent les grès de Kita. L'observation de pendages Nord dans les schistes de Nara a pu faire croire que ces grès passaient sous les schistes. Mais un forage de 200 m à Nara ne les a pas atteints, et en fait les pendages des schistes sont en tous sens. La tendance actuelle est alors de rattacher les grès de Mourdiah - Sokolo aux grès de Koutiala - Bandiagara.

C - Les formations continentales

Disparaissant fréquemment sous un manteau quaternaire, elles couvrent des étendues considérables et ont des facies variés.

Les auteurs sont assez d'accord pour attribuer au Continental Terminal les formations argilo-gréseuses de Maamé et de Bassikounou, ainsi que les sables ou grès de Bouljan, El Graïnat, Lerneb, etc..., du secteur Est.

J. Marchand décrit dans les puits à l'Est de Néma la formation dite d'In Kerchef qui semble différer de celle de Bassikounou, sans qu'on puisse la dater. Sous cette formation d'In Kerchef reposent les grès de Néma, épais de 5 à 20 m, qui constituent le couronnement de la falaise de Néma. Ils contiennent des débris végétaux post-ordoviciens. R. Dars pensait que ces grès pourraient peut-être appartenir au Continental Intercalaire et nous souhaiterions connaître l'opinion de J. Marchand à ce sujet.

D - La série d'Ouartemachet

J. Archambault a signalé, au fond des puits d'Ouartemachet et de Tin Esgar, des argiles ou marnes savonneuses, des grès calcaires, des calcaires marneux en plaquettes, "sédiments très différents de ceux qui constituent le Continental Terminal habituel". (Les Eaux souterraines de la Boucle du Niger Février 1953 - page 12). Il soupçonnait des dépôts lacustres ou lagunaires, présentant peut-être une grande épaisseur.

Pour la commodité du langage, nommons série d'Ouartemachet ces formations inconnues, dont nous allons maintes fois parler dans ce qui suit.

ECHELLE DES RESISTIVITES ET DES VITESSES

<u>Schistes de Toun</u> :	S.E. 1, 3, 4, 38	:	30 - 70 ohm.m
	S.E. 9, 17, 24, 169	:	100 - 150 ohm.m
<u>Schistes de Nara</u> :	S.E. 62, 67	:	250 ohm.m
	S.E. 75	:	100 - 150 ohm.m.

Tous les schistes ont des vitesses supérieures à 3500 m/s.

Grès de Koutiala ou de Kita - Dolérites : Les affleurements de grès secs (S.E. 7, 15, 18) dépassent 20 ou 30 000 ohm.m. Pour les grès sous le niveau statique, on peut probablement admettre des valeurs de l'ordre de 600 à 1000 ohm.m (S.E. 190 - 117 ?). Même chose pour les dolérites (S.E. 71 - 189). Les vitesses dépassent 4500 m/s.

Formations continentales à eau douce : 20 à 150 ohm.m

S.E. 161, 133.

Formations continentales sèches : extrêmement variables. Quelques dizaines d'ohm.m à plus de 50 000 ohm.m (S.E. 25, 26, 27, 137).

Série d'Ouartemachet : 8 à 10 ohm.m. S.E. 33, 34.

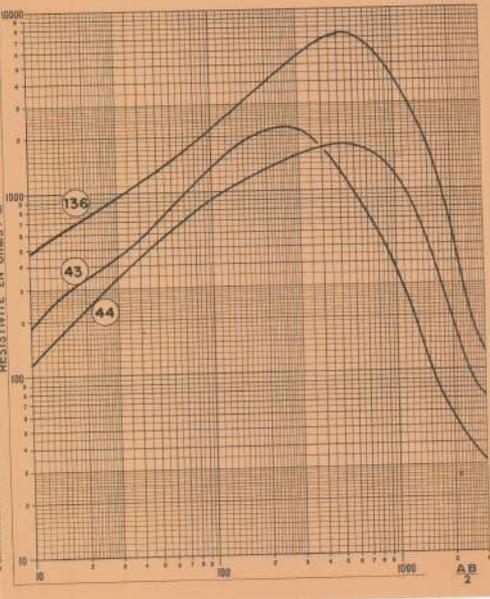
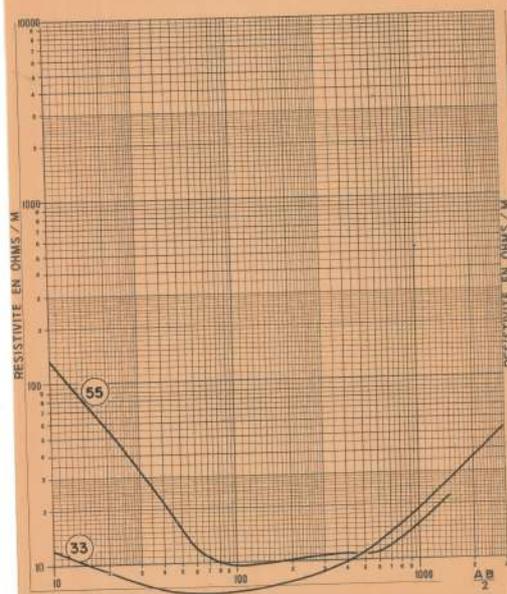
Les vitesses des formations continentales ou d'Ouartemachet varient de 1600 à 2200 m/s.

Ces échelles, à dessein très schématiques, permettront de suivre plus facilement les raisonnements que nous allons développer. Notre exposé comprendra 4 parties :

- La fosse d'Quartemachet,
- La tectonique générale des schistes,
- Les structures à l'Est de Néma,
- Les possibilités hydrologiques des formations continentales.

FIG.1

FIG.2



LA FOSSE d'OUARTEMACHET

a) Dimensions et origine

La découverte d'une vaste dépression à remplissage conducteur, qui s'étend de Gargondo à Tindié, soit sur plus de 350 km du Nord-Est au Sud-Ouest, avec une largeur moyenne de 50 à 60 km, est le premier résultat de notre étude.

Le S.E. 28, montrant près de 150 m de terrains à 10 ohm.m (série d'Ouartemachet), marque à peu près l'extrémité orientale de la fosse. L'épaisseur de la série d'Ouartemachet augmente rapidement vers l'Ouest, puisqu'elle est de l'ordre de 500 m aux S.E. 31, 32, 33, 34, 55, 35. Dans toute cette région les sédiments conducteurs sont subaffleurants (S.E. 33, 55, figure 1 ci-contre). Puis apparaît une couverture de Continental Terminal dont les niveaux secs sont à plusieurs dizaines de milliers d'ohm.m, et que les S.E. ont beaucoup de mal à traverser. Même poussés en AB = 6000 m, les diagrammes ne montrent plus la remontée finale sur le substratum résistant, et on ne peut donc plus chiffrer la puissance de la série d'Ouartemachet. Elle paraît dépasser 800 m aux S.E. 43, 44 et 136, c'est tout ce qu'on peut dire (figure 2).

Sur le profil Bassikounou - Medella, l'effet de la couverture résistante diminue sensiblement, mais des difficultés de déroulage ont limité les longueurs de ligne à $AB = 2000$ m ou 3000 m, de sorte qu'on n'a pas atteint non plus le substratum, sauf au S.E. 78 qui seul a pu être poussé jusqu'en $AB = 6000$ m. Si l'on admet que la série conductrice conserve sa résistivité de 10 ohm.m , son épaisseur en ce point serait de 400 à 500 m.

Sur le profil M' Bo - El Bedao, le S.E. 90, avec de nouveau du Continental Terminal très résistant, indiquerait une puissance du même ordre au minimum.

Enfin, sur le profil Nara - Bouziguiré, aux S.E. 108 à 114, il ne semble pas qu'on dépasse 300 à 400 m. La couverture résistante est assez réduite.

Sur la carte n° 1 nous avons figuré les contours présumés de la fosse d'Ouartemachet. Voir également les coupes de la planche 2.

Pour ne pas alourdir le texte, nous ne développons pas ici les raisonnements qui nous ont amenés à tracer comme nous le faisons les bords du bassin à remplissage conducteur. En plusieurs endroits la détermination est d'ailleurs assez discutable, et nous expliquons pourquoi dans les interprétations données en annexe.

Faisons seulement quelques remarques générales :

1° - Cette dépression très allongée, à bords presque parfaitement

parallèles, évoque un fossé d'effondrement plus que tout autre chose. C'est l'opinion unanime, et réellement il paraît difficile d'imaginer une genèse par érosion, d'autant plus que R. Dars a signalé, dans les schistes de Nara entre Niout et Tichilit Ould Boukerch, un alignement de brèches de même orientation que la fosse.

Le fait que les bords de la fosse ne sont pas toujours abrupts, en particulier aux deux extrémités (voir coupes), n'est pas un argument contraire car il peut s'expliquer par une série d'accidents en gradins.

2° - Si nous admettons une origine tectonique, il est impensable que des failles ou familles de failles d'une telle importance ne concernent que la seule fosse d'Ouartermachtet. Elles appartiennent à un système orogénique beaucoup plus vaste. Pour le moment cette idée n'a pas été sérieusement examinée. Observer que les failles de Goundam sont parallèles aux chaînes d'Afrique du Nord, à certains grands Lacs Africains, à l'axe de la presqu'île de Conakry, à celui des Monts du Cameroun, etc..., n'avance évidemment pas à grand chose dans l'état actuel des connaissances et reste du domaine de la fantaisie. Nous voulons seulement dire qu'il y a des progrès à faire dans cette voie, et nous sommes convaincus que de telles corrélations lointaines apporteront un jour de nouveaux éléments sur la structure d'Ouartermachtet, probablement aussi sur quelques autres.

3° - Terminons par un petit détail assez curieux, dont le principal intérêt pratique est de mettre l'accent, une fois de plus, sur le danger des théories hâtives.

On ne peut manquer de noter la coïncidence frappante entre la rive du Lac Faguibine et le prolongement de la faille Nord de la fosse. La tentation est forte d'imaginer une relation de cause à effet. Or, G. Palausi objecte à juste titre que les lagunes sont déterminées par les barrières de sables dunaires, donc en définitive par les vents dominants et à son avis rien d'autre.

Cette explication simple paraît préférable à des considérations tectoniques. Il est sans doute vrai que la rive du lac se trouve à l'aplomb d'une ligne de fracture, mais cette coïncidence peut être fortuite, et il est prudent de s'en tenir là.

b) Nature et âge de la série conductrice

Les déblais des puits d'Quartemachet et Tin Esgar ne sont pas datés, et ne nous renseignent de toute façon que sur l'extrême sommet de la série. Rien n'autorise à dire que ces argiles, marnes ou calcaires tendres, constituent les centaines de mètres de sédiments conducteurs que montrent les diagrammes. Le fait que les résistivités de 8 à 10 ohm.m semblent se maintenir très constantes, aussi bien d'un point à l'autre qu'en profondeur, pourrait théoriquement correspondre à une sédimentation argilo-marneuse homogène. Nous croyons plutôt que cette uniformité résulte de la salure, qui porte à confondre des couches argileuses avec des horizons perméables, sables ou calcaires à eau saumâtre. Nous n'avancerons donc aucune supposition. On sait que dans le Détroit Soudanais, H. Radier a pu identifier avec une quasi-

FIG. 3

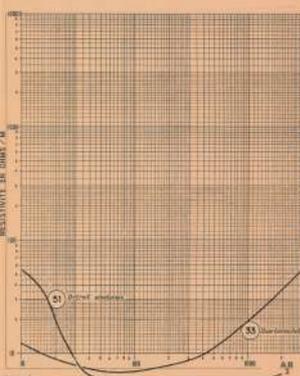


FIG. 4

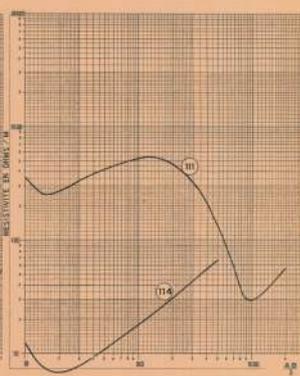


FIG. 4bis

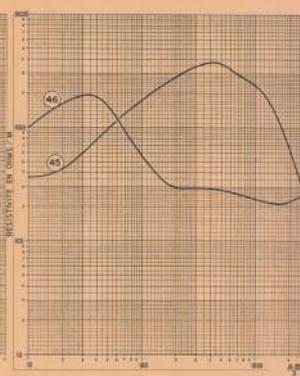
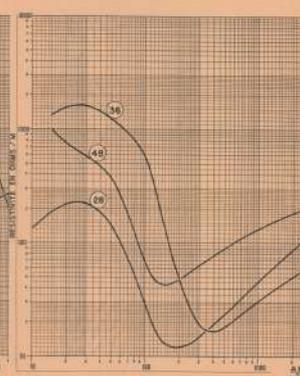


FIG. 5



certitude une série marine cénomaniennne directement sous le Continental Terminal, mais ne s'est pas prononcé quant à la puissante accumulation de sédiments sous-jacents. Dans la même publication R. Furon parle d'un autre fossé semblable, entièrement comblé de Continental Intercalaire (Bulletin de la Société Géologique de France 1953). Bornons-nous pour notre part à mentionner une certaine analogie électrique entre le remplissage de la fosse d'Ouartermachet et celui du couloir de Gao. Il est évident que le S.E. 32 par exemple rappelle beaucoup, profondeur mise à part, le S.E. 51 du détroit Adrar - Gourma (figure 3).

c) La couverture résistante

Tous les géologues ont noté que dans la majorité des cas le Continental Terminal se limite brusquement, en falaises presque rectilignes de 10 à 20 m de haut.

Nous ajoutons que ces falaises (nos grès secs à plusieurs dizaines de milliers d'ohm.m) coïncident assez régulièrement avec la bordure de la fosse : sur chaque profil de sondages, l'apparition des niveaux superficiels très résistants, et l'épaississement brutal des formations à 10 ohm.m dites d'Ouartermachet sont toujours à peu près simultanés (voir les coupes et figures 4 et 4 bis ci-contre).

Les failles auraient-elles donc rejoué après le dépôt du Continental Terminal ? A notre avis, cela n'est pas nécessaire. Il suffirait de simples phénomènes de tassement dans les séries

d'Ouartemachet. Les niveaux supérieurs sablo-gréseux du Continental Terminal auraient échappé à la destruction au droit de la fosse grâce à un léger affaissement, les falaises seraient d'érosion et non tectoniques. On aurait en somme une inversion de relief, exactement comme l'explique G. Palausi, pour la zone des Daounas, où les grès de Koutiala et Bandiagara marquent les synclinaux.

Ce qu'il y a de certain en tous cas, c'est que les niveaux à 20 000 - 50 000 ohm.m du Continental Terminal ne sont pas à prendre pour un facies exceptionnel, particulier au bassin d'effondrement. On les retrouve en effet sur de vastes étendues à l'Est de Néma, S.E. 146 à 155 et 118 à 122. Ils reposent là sur les formations argilo-sableuses d'In Kerchef, formations à quelques dizaines d'ohm.m que nous grouperons avec celles de Bassikounou, de Maamé etc... sous le nom de Continental Indifférencié, faute d'en savoir plus long sur leur compte. Il est assez probable que ce Continental Indifférencié existe aussi dans la fosse, où il est masqué bien entendu par les grès secs à 50 000 ohm.m. C'est lui qu'on voit en surface aux S.E. 36, 28, 46, figure 5, et c'est pourquoi nous avons admis partout sa présence.

LA TECTONIQUE GENERALE DES SCHISTES

Il faudrait, pour un problème tectonique et stratigraphique de cette envergure, des moyens plus puissants que de modestes sondages en AB = 6000 m. Nous n'allons donc pas tenter d'établir des certitudes. Il s'agit seulement de probabilités, ou même de simples présomptions, que nous ne voulons pas passer sous silence car elles rejoignent les préoccupations des géologues, et sont en gros bien d'accord avec leurs plus récentes hypothèses.

Sur les 186 sondages, il n'y en a guère qu'une vingtaine pour nous renseigner valablement sur les résistivités des séries schisteuses. Le plus souvent en effet, ces résistivités sont cachées par la couverture de formations continentales ou de grès primaires. Dans d'autres cas, on est gêné par les dolérites, ou encore les passées de grès ou dolomies intercalées. Les rares sondages caractérisant sans ambiguïté de grandes épaisseurs de schistes homogènes sont faciles à citer tous :

- Goumbou	: S.E. 185, 186	: 300 - 350 ohm.m
- Nara	: S.E. 62, 63, 182	: 200 - 250 ohm.m
- Bouziguiré	: S.E. 115, 116	: 200 - 250 ohm.m
- Ras el Ma	: S.E. 29	: 150 - 200 ohm.m

FIG. 6

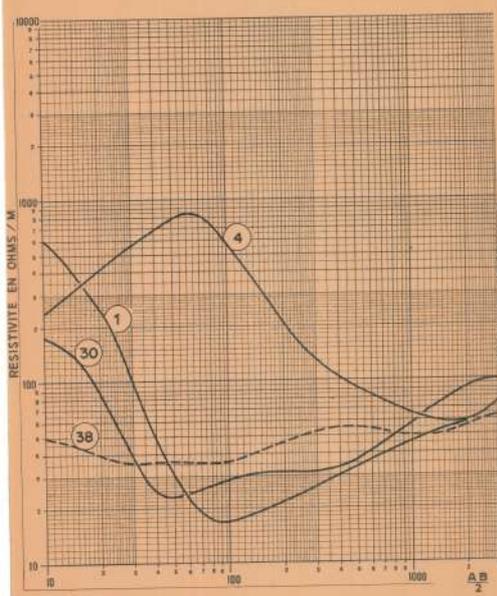
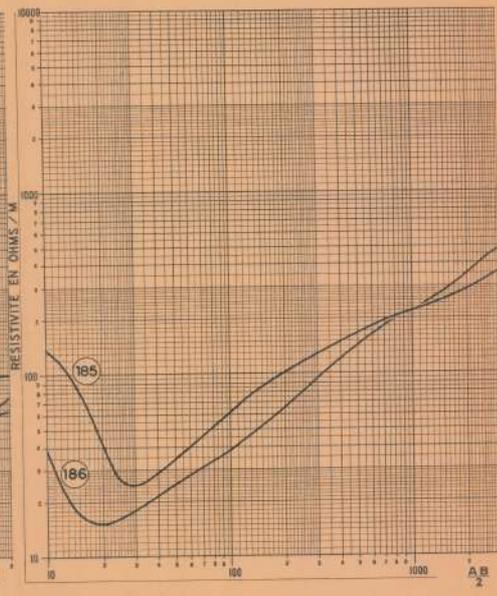


FIG. 7



- M'Bo - Maia Dia	: S.E. 86, 68	: 100 - 150 ohm.m
- Bassikounou	: S.E. 75	: 100 - 150 ohm.m
- Nampala	: S.E. 84	: 100 - 150 ohm.m
- Hassi Touil	: S.E. 173, 175, 172	: 100 - 150 ohm.m
- Tin Ataraye	: S.E. 24	: 100 - 150 ohm.m
- Tin Tabbat-Goundam Barani Bangou	{ S.E. 1, 4, 30, 38	{ Schistes de Toun 30 à 50 ohm.m croissant avec la profondeur.

Ces derniers sondages (figure 6) sont particulièrement intéressants. Rappelons que Toun est dans le Gondo, à quelque 400 km de Goundam, et c'est seulement sur l'analogie de facies que pouvaient se baser G. Palausi et H. Radier pour assimiler les schistes de Goundam aux schistes de Toun. L'analogie de facies est maintenant confirmée par celle des résistivités. Egalement par la puissance de cette série à 30 - 50 ohm.m, qui dépasse 1000 m aux S.E. 4 et 38, tout comme au pied de la falaise de Bandiagara (voir rapport Gondo du 29 Mars 1956).

Poursuivons la comparaison. Dans le Gondo, les schistes à 30 ohm.m sont le terme supérieur - ou un des termes supérieurs - du remplissage d'un vaste synclinal. Il vient naturellement à l'esprit que Goundam, Niafunké, Barani Bangou sont sur un synclinal du même genre, peut-être précisément sur le flanc Nord du même synclinal. Les terrains de résistivités croissantes avec la profondeur que montrent les S.E. 1, 4, 30, 38 doivent être alors les schistes à 100 - 150 ohm.m puis à 200 - 250 ohm.m que l'on retrouve en surface en s'éloignant vers le Nord et vers l'Ouest. Nara - Goumbou, zone où les schistes sont les plus résistants, serait ainsi la zone "la plus anticlinale" de l'étude.

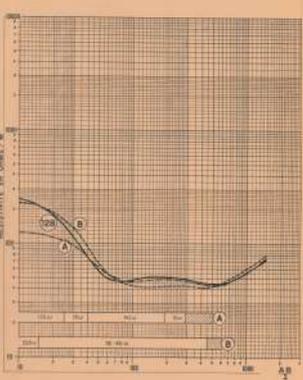
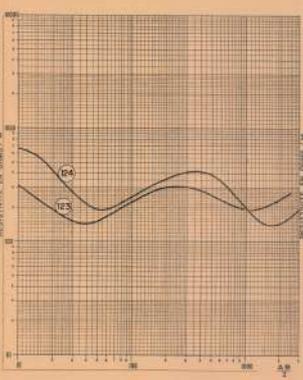
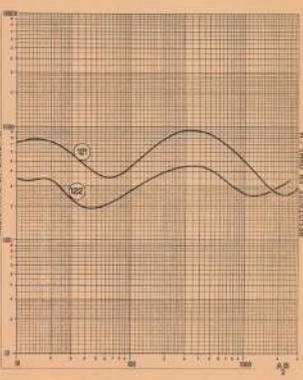
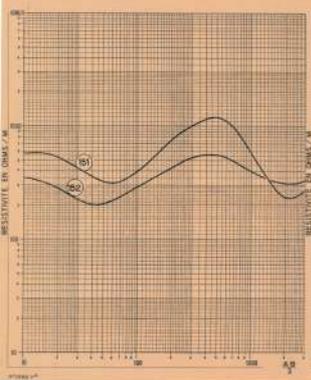
On peut d'ailleurs se demander si les multiples venues de dolérite dans les schistes de Nara - Néma ne sont pas en rapport avec la proximité - très relative - du socle. C'est un fait en tous cas que les sondages du profil Nara - Mourdiah au Sud du S.E. 184 rencontrent sous les schistes des terrains à un millier d'ohm.m qu'on ne traverse pas (dolérites - dolomies du Gondo - grès de Bobo ?) : S.E. 185, 186, figure 7.

FIG. 8

FIG. 8bis

FIG. 8ter

FIG. 9



LES STRUCTURES SOUS LE CONTINENTAL

A L'EST DE NEMA

Ce qu'on observe le plus clairement au Nord de la fosse dans les immensités où tout disparaît sous la monotonie des formations continentales, ce sont de brusques variations des queues de diagrammes : S.E. 151 - 152, 121 - 122, 123 - 124, figures 8, 8 bis, 8 ter.

Il y a de multiples manières de les interpréter. On peut supposer des failles, des nappes saumâtres locales, des remontées de dolérites, etc... bref la plus grande liberté s'offre à l'imagination.

En pareil cas, la prudence conseille d'adopter provisoirement ce qui paraît le plus simple. Nous avons donc admis d'abord que les variations en queue des sondages correspondaient à des variations de profondeur du substratum, ce qui supprime l'hypothèse de nappes salées sporadiques. Nous avons ensuite admis que ces variations brutales de profondeur n'étaient pas des failles. Car des failles, il s'en trouve sans doute une infinité dans les schistes affleurants de Nara - Néma (comme ailleurs) et elles ne marquent guère dans la topographie actuelle de ces schistes. Les seuls reliefs accusés sont dus aux grès primaires qui dominent les Daounas. Rien semble-t-il ne contredit que de pareilles falaises et buttes-témoins aient subsisté sous le Continental et c'est l'idée que nous avons retenue.

Restaient à préciser les résistivités du Continental pour en déterminer les épaisseurs. Hors des zones où les grès sableux secs à plusieurs centaines ou plusieurs milliers d'ohms dissimulent tout le reste, on constate que ces résistivités varient de 15 à 100 - 150 ohm.m. Bien qu'on n'espère pas donner le détail réel de la succession des niveaux alternativement conducteurs et résistants, on peut par exemple décomposer comme suit un sondage tel que le S.E. 128 (figure 9) :

20 à 30 m de niveaux secs à plus de 100 ohm.m,
quelques mètres à 15 ohm.m,
150 m à 50 - 100 ohm.m,
Une centaine de mètres à 15 ohm.m,
Substratum résistant.

Cette coupe théorique donne un diagramme (A) analogue au S.E. 128, et cela montre que notre interprétation est plausible, mais ne garantit pas du tout qu'elle soit la bonne. En principe on pourrait aussi bien supposer 400 m et plus de sables argileux uniformément à 35 - 50 ohm.m, qui donneraient un diagramme théorique du genre (B). Il est toutefois certain que le complexe continental est très hétérogène, ce qui conduit à diminuer systématiquement les profondeurs du substratum. Sur les coupes de la planche 2, nous ne les avons peut-être pas encore diminuées suffisamment.

POSSIBILITES HYDROLOGIQUES

Si imprécises que soient nos évaluations d'épaisseur du Continental, il reste que ces épaisseurs sont grandes, avec des résistivités moyennes assez fortes, donc pas d'eaux salées ni de facies trop argileux. On peut dire qu'en règle générale il n'y a pas de problème hydrologique au Nord de la fosse, à l'Est d'une ligne passant grossièrement par Bassikounou et Arorat Rayé. Nous pensons qu'il en est de même dans la fosse, à l'exception de la zone d'Ouartemachet et de celle à l'Ouest de Tindié, où la couverture continentale s'amenuise. En somme, dans la plus grande partie de l'étude, on aura partout de l'eau douce à condition de pouvoir creuser assez profond. C'est un fait établi depuis longtemps par nombre d'excellents puits, et sur lequel toutes les opinions concordent. Il n'y a donc pas à s'y étendre.

Nous voudrions seulement revenir sur une observation au sujet des niveaux secs à 20 000 - 50 000 ohm.m. En principe, ils ne devraient rien prouver quant à la perméabilité des horizons sous-jacents. En fait, l'expérience montre qu'ils indiquent presque toujours des zones particulièrement intéressantes, où la sédimentation s'est trouvée moins argileuse qu'ailleurs, sous le niveau statique aussi bien qu'en surface.

Nous avons vu cela dans le Déroit Soudanais, à Tabankort (Continental Intercalaire) et In Karkabane (Continental Terminal); également à Sbeyat (Continental Terminal ?). Ici, tous les puits sont bons, mais ceux de la fosse, Bouljan, Lerneb, El Graïnat, etc... apparemment meilleurs encore que les autres.

On peut donc supposer que la région des S.E. 147 à 153 et 119 à 122, où s'étendent, nous l'avons dit, des niveaux superficiels très résistants, est une des plus favorables du point de vue perméabilité. Dans son rapport de Mars 1955, J. Marchand exprimait toutefois la crainte d'y rencontrer trop tôt la dolérite, comme à Arorat Rayé. Nous pensons que le Continental s'épaissit assez vite vers l'Est pour que cet inconvénient ne soit pas à redouter. Peut-être d'ailleurs y a-t-il aujourd'hui des puits dans cette zone qui n'en avait pas encore au moment de notre étude.

CONCLUSIONS

Nous avons mis en évidence une grande fosse qui s'étend depuis les Daounas jusqu'à l'Ouest de Tindié, soit sur plus de 300 km, avec une largeur moyenne d'une cinquantaine de km.

Cette fosse est comblée de sédiments conducteurs à moins de 10 ohm.m, argileux ou salés, dont l'épaisseur dépasse en général 500 m, peut-être 1000 m en certains endroits. Il est vraisemblable que le substratum de cette série conductrice est formé de schistes ou de grès primaires, mais cela n'est pas certain. Il peut exister d'autres sédiments résistants moins anciens, de sorte que la profondeur totale de la fosse demeure hypothétique.

La série à 10 ohm.m, dite d'Ouartermached, est le plus souvent masquée par du Continental Terminal grés-sableux, lequel atteint des résistivités de plusieurs dizaines de milliers d'ohm.m au-dessus du niveau statique. La base de ce Continental grés-sableux est abondamment aquifère. On retrouve du Continental très résistant à l'Est de Néma, dans la zone qui s'étend d'Arorat Rayé à Kra el Azrag. Il serait là le terme supérieur de la série argilo-sableuse d'In Kerchef.

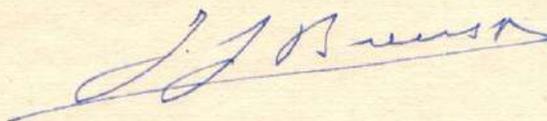
Sous le nom de "Continental Indifférencié" nous groupons les formations d'In Kerchef, de Bassikounou, de Maamé, etc... qui toutes ont une résistivité moyenne de quelques dizaines d'ohm.m, et que nous ne pouvons distinguer les unes des autres. Ces formations sont elles aussi aquifères. Leur épaisseur serait le plus souvent de l'ordre de 200 à 300 m. Nous pensons que le Continental Indifférencié existe sous les niveaux à 20 000 - 50 000 ohm.m dans la fosse comme ailleurs.

La topographie du substratum primaire pose beaucoup de problèmes qui ne sont pas résolus avec certitude pour le moment. Nous avons supposé que le Continental à l'Est de Néma dissimulait une structure aussi simple que possible : schistes plissés rabotés à l'horizontale, avec leur couverture de grès (Koutiala - Bandiagara) discordants et découpés par l'érosion.

En ce qui concerne les séries schisteuses, on constate que les schistes de Goundam ont sur un millier de mètres environ la même résistivité que ceux du Gondo (30 à 50 ohm.m), ce qui légitime tout à fait leur assimilation aux schistes de Toun. La région de Goundam, Niafunké, Léré, serait ainsi synclinale, celle de Nara anticlinale avec peut-être un relèvement considérable du socle précambrien.

Paris, le 25 Janvier 1957

GH/MB



ESSAIS d'INTERPRETATIONS

S.E. 1 Tin Tabbat. Schistes de Toun subaffleurants.
Résistivités inférieures à 50 ohm.m sur plusieurs centaines de mètres.

S.E. 2 Terrain d'aviation de Goundam. Forage stérile arrêté
à 35 m dans des schistes. S.E. doublé d'un sondage sismique. On
distingue :

- 18 m à 200 ohm.m et à 900 m/s : Quaternaire ou Continental argilo-sableux,
- 20 à 30 m à 15 - 20 ohm.m et à 1800 m/s : cette faible vitesse montre que les schistes appartiennent plutôt au Continental qu'au Primaire, à moins qu'il ne s'agisse d'altérations,
- Substratum à plus de 500 ohm.m et à 4000 m/s : grès primaires ou dolomies.

S.E. 3 - 4 : Apparemment schistes de Toun à une trentaine d'ohms sous une couverture gréseuse continentale ou primaire. Substratum résistant (dolomies, schistes de Nara ?).

S.E. 5 - 6 : Schistes de Toun à intercalations gréseuses ou dolomitiques probables.

S.E. 7 : Grès de Koutiala.

S.E. 8 : Une trentaine de mètres d'alluvions (ou altérations) sur schistes de Toun ou grès primaires.

S.E. 9 - 10 : Schistes de Toun sous alluvions ou éluvions.

S.E. 11 : Grès de Koutiala sur schistes de Toun.

S.E. 12 - 13 - 14 - 15 - 16 : Alluvions argileuses ou Continental Indifférencié sur schistes de Toun ou grès de Koutiala.

S.E. 17 : Schistes de Toun sous argiles alluviales ou d'altération.

S.E. 18 - 19 : Grès de Koutiala.

S.E. 20 Ingoderi : Doublé d'un sondage sismique. Une centaine de mètres à 2300 m/s et à moins de 50 ohm.m : schistes de Toun altérés ou schistes du Continental. Substratum à plus de 3000 m/s et à plus de 300 ohm.m : schistes de Toun à intercalations dolomitiques.

S.E. 21 - 22 Tioumallolène : Le S.E. 22 doublé d'un sondage sismique montre 80 m à 1300 - 1600 m/s (Continental) puis 50 m à 3000 m/s (Continental ou schistes de Toun altérés), sur un substratum à plus de 4700 m/s et à plusieurs centaines d'ohm.m (schistes de Toun à intercalations dolomitiques). Le cratère de Tioumallolène aurait pour origine les dissolutions dans ces calcaires dolomitiques. Au 21, la couverture continentale paraît moins épaisse.

S.E. 23 : Moins de 100 m de Continental Indifférencié sur dolomies ou lambeau de grès primaires.

S.E. 24 : Analogue au S.E. 23 avec amenuisement des dolomies ou grès primaires. Schistes de Toun à intercalations résistantes sur plus de 1000 m.

S.E. 25 - 26 - 27 : 50 à 100 m. de Continental argileux ou plus ou moins saumâtre, sous lequel on peut supposer une faible épaisseur de la série à 10 ohms dite d'Ouartemachet.

S.E. 28 : Même chose avec épaissement de la série d'Ouartemachet.

S.E. 29 : Continental à prédominance argileuse (ou eaux légèrement saumâtres). Plus de série d'Ouartemachet, donc en dehors de la fosse.

S.E. 30 : Mêmes conditions qu'aux S.E. 20 - 21 - 22.

S.E. 31 : Doublé d'un sondage sismique. Série d'Ouartemachet à 10 ohm.m et à 2600 m/s jusque vers 500 m. En surface, une quarantaine de mètres à 1900 m/s peuvent comprendre du Continental argileux ou saumâtre.

S.E. 32 - 33 - 34 : Analogues au S.E. 31, avec un léger épaissement du Continental au 32 et sa disparition presque complète au 33.

S.E. 35 - 36 : Mince couverture de Continental grés-sableux à plusieurs milliers d'ohm.m sur les mêmes séries qu'aux S.E. 31 à 34.

S.E. 37 : Continental Indifférencié à 20 - 50 ohm.m sur environ 150 m. Un mince biseau de la série d'Ouartemachet peut encore exister à la base. Le substratum à plusieurs centaines d'ohms peut être les grès primaires.

S.E. 38 : Schistes de Toun sur plus de 1000 m.

S.E. 39 - 40 : Grès primaires.

S.E. 41 - 42 - 43 - 44 - 45 : Sondages typiques de la fosse.

Couverture de Continental grés-sableux à plusieurs dizaines de milliers d'ohm.m. Au S.E. 45, Bouljan, ces grès sableux secs ont une vitesse de 1600 m/s. La rencontre d'un horizon à 2200 m/s vers 110 m de profondeur marque probablement le niveau statique.

S.E. 46 : Doublé d'un sondage sismique. On distingue :

- de 0 à 55 m : niveaux à moins de 1200 m/s : Continental sec.

Ce ne sont apparemment pas les grès sableux de la fosse, mais du Continental Indifférencié,

- de 55 à 200 m : le même Continental, mais aquifère. Sa vitesse est de 2100 m/s; sa résistivité de 300 - 350 ohm.m au sommet tombe sans doute à quelques dizaines d'ohm.m vers la base,

- au delà de 200 m, un substratum rapide à plus de 4500 m/s.

Vu la forte résistivité, il s'agit probablement de grès primaires.

Le S.E. 46 est donc en dehors de la fosse.

S.E. 47 Tabeybarit : Analogue au S.E. 46. N'en diffère que par la présence de niveaux conducteurs au sommet du Continental.

S.E. 48 : Continental Indifférencié, argileux ou saumâtre à la base, avec peut-être quelques mètres de série d'Ouartemachet, sur substratum schisteux.

S.E. 49 : Très curieux parce que seul de son espèce. Il semble y avoir, sous quelques dizaines de mètres (peut-être 100 m) de Continental argilo-sableux, une série homogène à 40 ohm.m jusque vers 600 ou 700 m. Or il paraît difficile d'admettre que la série d'Ouartemachet qui, au S.E. 36 voisin, est à une dizaine d'ohm.m comme partout ailleurs, prenne brusquement une résistivité de 40 ohm.m. Nous pensons que le palier du diagramme, en dépit de son apparence très régulière, résulte de perturbations. Le S.E. 49 serait exactement à l'aplomb de la faille bordière de la fosse et traduirait l'influence des 2 compartiments, l'un résistant, l'autre conducteur.

S.E. 50 : Analogue aux S.E. 35 et 36 avec une plus grande épaisseur de niveaux secs sablo-gréseux.

S.E. 51 - 52 : Très difficilement interprétables en l'absence de sondage sismique. Il y aurait assez vraisemblablement une forte épaisseur de Continental argilo-sableux (200 m ?) sur des schistes de Toun.

S.E. 53 : Continental sablo-argileux sur une centaine de mètres. La branche finale du diagramme paraît amorcer un palier ou une descente, qui indiquerait qu'on a traversé les grès primaires et qu'on atteint les schistes sous-jacents.

S.E. 54 : Continental Indifférencié épais (200 m ?) sur la série d'Ouartemachet.

S.E. 55 - 56 : Moins de 50 m de Continental Indifférencié sur la série d'Ouartemachet, dont l'épaisseur peut atteindre 400 m au S.E. 56 et 600 m au S.E. 55.

S.E. 57 : Quelques mètres de Continental sablo-gréseux sur 200 m environ de série d'Ouartemachet. Ce S.E. 57 serait donc dans la fosse, mais proche de la bordure.

Sondages sismiques 58 et 59 Bab el Héri : Schistes primaires subaffleurants. Vitesses supérieures à 4500 m/s. On n'est pas sûr que ce soient bien là des vitesses caractéristiques des schistes de Toun car on est dans une zone à fréquentes intercalations dolomitiques.

S.E. 60 Sokolo : Une soixantaine de mètres de Continental à prédominance argileuse, sur schistes de Nara.

S.E. 61 Tindié : L'épaisseur du Continental argilo-sableux est probablement comprise entre 50 et 100 m. La puissance de la série d'Ouartemachet serait de l'ordre de 300 m. Le sondage sismique doublant le S.E. ne montre que des vitesses assez uniformes aux environs de 2200 m/s.

S.E. 62 - 63 Nara : Schistes homogènes à 250 ohm.m et à 4100 m/s sous quelques mètres d'altérations.

S.E. 64 - 65 : Schistes de Nara sous une cinquantaine de mètres de couverture très conductrice, probablement du Continental argileux ou saumâtre, ou un biseau de la série d'Ouartemachet.

S.E. 66 : Ne diffère des précédents que par un épaissement de la couverture.

S.E. 67 - 68 : Schistes de Nara subaffleurants. Leur résistivité moyenne est un peu plus faible qu'à Nara.

S.E. 69 - 70 : Dans la fosse. Trop courts pour estimer l'épaisseur de la série d'Ouartemachet.

S.E. 71 - 72 - 73 - 74 : Tous perturbés par les dolérites.

S.E. 75 : Schistes à 100 - 150 ohm.m sous une cinquantaine de mètres de couverture à 10 ohm.m, formation de Maamé que nous assimilerons à la série d'Ouartemachet à cause de sa résistivité. Cette identité électrique ne garantit pas une identité de nature.

S.E. 76 : Très analogue au S.E. 75. Toutefois la branche montante du diagramme est beaucoup moins régulière. C'est peut-être parce qu'on se trouve sur le bord de la fosse.

S.E. 77 à 82 : Probablement tous dans la fosse. Les niveaux grésos-sableux secs sont moins résistants qu'à l'ordinaire. La branche plongeante ayant une pente faible aux 81 et 82, on peut soupçonner une assez grande épaisseur de formations à 100 - 150 ohm.m (?) qui seraient notre "Continental Indifférencié".

S.E. 83 - 84 - 85 : Au S.E. 84 une intercalation conductrice est bien visible entre les niveaux secs et le substratum de schistes à 100 - 150 ohm.m. C'est pourquoi nous admettons l'existence d'un biseau

de la série d'Ouartemachet. Toutefois les schistes paraissent peu profonds (150 m ?). Donc la faille bordière de la fosse passe au Nord de ce S.E. 84. Nous admettons qu'elle se situerait au voisinage du S.E. 85, mais il n'y a aucun argument décisif, car les dernières mesures du S.E. 85 sont douteuses et le S.E. 83 ne nous renseigne en rien.

S.E. 86 - 87 : Schistes à 100 - 150 ohm.m subaffleurants.

S.E. 88 - 89 : Epaisseur rapide de la couverture à 10 ohm.m et apparition des niveaux secs très résistants.

S.E. 90 - 91 : Dans la fosse, dont la profondeur doit dépasser 500 m.

S.E. 92 : Début de la remontée des schistes.

S.E. 93 - 94 - 95 : Schistes vers 100 - 150 m sous des formations à 10 ohm.m.

S.E. 96 à 99 : Les schistes sont probablement à moins de 100 m.

S.E. 100 - 101 : Les montées irrégulières de ces deux diagrammes peuvent être dues à un lambeau de grès primaires ou à des dolérites.

S.E. 102 : Grès de Mourdiah affleurants. Résistivité de l'ordre de 1000 ohm.m.

S.E. 103 à 113 : Voir coupe n° 1.

S.E. 114 - 115 - 116 : Schistes de Nara subaffleurants.

S.E. 117 : Grès primaires à plusieurs milliers d'ohm.m sous une vingtaine de mètres de couverture conductrice.

S.E. 118 à 121 : Il y a sans doute 15 à 20 m de couverture quaternaire, puis des grès sableux secs très résistants du Continental Terminal. Le substratum n'est visible qu'aux S.E. 120 et 121, où sa résistivité paraît atteindre au moins 500 ohm.m. Ce substratum ne serait donc pas les schistes de Nara, qui ne dépassent guère 200 - 250 ohm.m. Nous pensons avoir affaire à des dolérites.

S.E. 122 à 132 : Le substratum remonte brusquement entre le S.E. 121 et le S.E. 122, puis semble rester presque horizontal jusqu'au S.E. 123, ensuite montre des variations de profondeur plus ou moins accusées. Nous avons expliqué dans le rapport pourquoi nous admettions qu'il s'agit de grès primaires. La forte résistivité du substratum, probablement très supérieure à 300 ohm.m, est en accord avec cette hypothèse, mais ne constitue pas une preuve. Quant aux variations de profondeur, qui peuvent paraître considérables à première vue, elles se ramènent à quelques dizaines de mètres seulement si l'on suppose l'existence de niveaux conducteurs à une quinzaine d'ohm.m à la base du Continental, ou même par endroits (S.E. 129) une extension de la série d'Quartemachet.

Tout ceci est très incertain et cette zone demeure une des plus énigmatiques de toute l'étude.

S.E. 133 Hassi Touil : 20 à 25 m de couverture argilo-sableuse (Quaternaire ?) sur du Continental gréseux résistant. Il suffit probablement de 20 à 30 m de ce Continental sec pour expliquer la très large bosse du diagramme. La série d'Ouartemachet n'apparaît pas nettement, mais son existence est probable, car en ligne AB = 6000 m on ne perçoit pas encore l'influence du substratum résistant.

Le sondage sismique doublant le S.E. donne pour la couverture meuble une vitesse de 1400 m/s et pour les grès continentaux 3000 m/s.

S.E. 134 à 137 : Sondages typiques de la fosse où tout est masqué par les niveaux secs.

S.E. 138 Akor - S.E. 139 Marhaldougou : Le puits d'Akor, profond d'environ 80 m, dans les grès sableux continentaux, permet de penser que le S.E. 138 est dans la fosse. Le S.E. 139 qui lui ressemble s'y trouverait également. Il doit être toutefois assez proche de la bordure car la queue du diagramme paraît amorcer une inflexion qui annoncerait la rencontre du substratum à profondeur assez faible (200 - 300 m ?).

Une autre interprétation serait d'admettre que les grès continentaux reposent directement sur un lambeau de grès primaires, la bordure de la fosse passant au Nord du S.E. 138. Dans ce cas le conducteur profond correspondrait à des schistes de Toun à 30 ohm.m comme au S.E. 38, par exemple.

Enfin, sur la coupe n° 4, nous avons figuré une troisième solution possible, intermédiaire entre les deux précédentes.

S.E. 140 Achemine : Grès de Néma sur dolérite. Sondage perturbé au début.

S.E. 141 : Une vingtaine de mètres de sables quaternaires sur grès de Néma et dolérite.

S.E. 142 - 143 - 144 : Grès de Néma subaffleurants sur 100 à 200 m de formations conductrices à une quarantaine d'ohm.m qui sont probablement les schistes argileux de la falaise de Néma. En profondeur, schistes de Nara et dolérites.

S.E. 145 : Une vingtaine de mètres de Quaternaire ou de formations d'In Kerchef sur grès de Néma relativement conducteurs, et sans doute un sill peu épais de dolérite. Ensuite même succession qu'aux S.E. 143 - 144.

S.E. 146 Arorat Rayé : Même chose avec épaissement de la dolérite.

S.E. 147 à 154 : La première bosse des diagrammes doit correspondre au Quaternaire. Quant à la seconde, on pourrait se demander, par analogie avec le S.E. 146, si elle n'est pas causée par la dolérite. Mais son évolution très régulière, croissance progressive jusqu'au S.E. 150, puis décroissance également progressive au delà de ce point, évoque une formation sédimentaire finissant en biseau vers l'Est et vers l'Ouest

bien plutôt que des intrusions, lesquelles donneraient des sondages perturbés. D'ailleurs, à Kra el Azrag, S.E. 154, le puits montre que les niveaux secs occasionnant la bosse appartiennent au sommet de la série d'In Kerchef.

A signaler la remontée brutale du substratum entre les S.E. 151 et 152.

S.E. 155 à 163 : Interprétations analogues à celles des S.E. 122 à 129. Notons que les dernières mesures des S.E. 157 - 158 laissent prévoir qu'on aurait eu des queues de sondages en cloche avec des longueurs de lignes plus grandes. On aurait donc en ces points traversé les grès primaires et touché les schistes sous-jacents plus conducteurs. Le même phénomène pouvait être soupçonné aussi aux S.E. 153 - 154 - 155. Pour des sondages qui ne montrent aucune tendance à redescendre en queue, tels les 156 et 160, il est possible qu'on ait également traversé les grès et qu'on ait rencontré des dolérites.

S.E. 164 - 165 - 166 : A rapprocher des S.E. 46 - 47.

S.E. 167 Lerneb : Situé dans la fosse.

S.E. 168 Bir Salam - S.E. 169 Bou Goundouch : Continental Indifférencié sur schistes de Toun probables, avec peut-être un mince lambeau de grès primaires au S.E. 168.

S.E. 170 : Très probablement dans la fosse.

S.E. 171 : Analogue aux S.E. 131 - 132, donc dans la zone bordière de la fosse, avec du Continental Indifférencié argilo-sableux et un biseau probable de la série d'Ouartemachet à 10 ohm.m, sur des schistes de Toun (vers 300 m ?).

S.E. 172 : Le même avec substratum (schistes de Toun ?) moins profond.

S.E. 173 : Malgré la ressemblance avec les S.E. 75 - 67 - 68, il n'est pas certain que les formations résistantes rencontrées vers 30 m soient les schistes primaires. Il peut s'agir de Continental sableux masquant le substratum.

S.E. 174 : Très probablement dans la fosse.

S.E. 175 - 176 : 100 à 150 m de Continental argilo-sableux sur schistes primaires.

S.E. 177 : Le même que 175 - 176 avec approfondissement des schistes. Ce S.E. serait donc juste sur la bordure de la fosse.

S.E. 178 Bassikounou : Ne diffère du S.E. 76 que par la présence de quelques mètres de grès sableux secs.

Sondages sismiques 179 - 180 : Recouvrement à 2200 m/s, épais de plus de 100 m, sur substratum à plus de 4000 m/s (voir S.E. 20 Ingoderi).

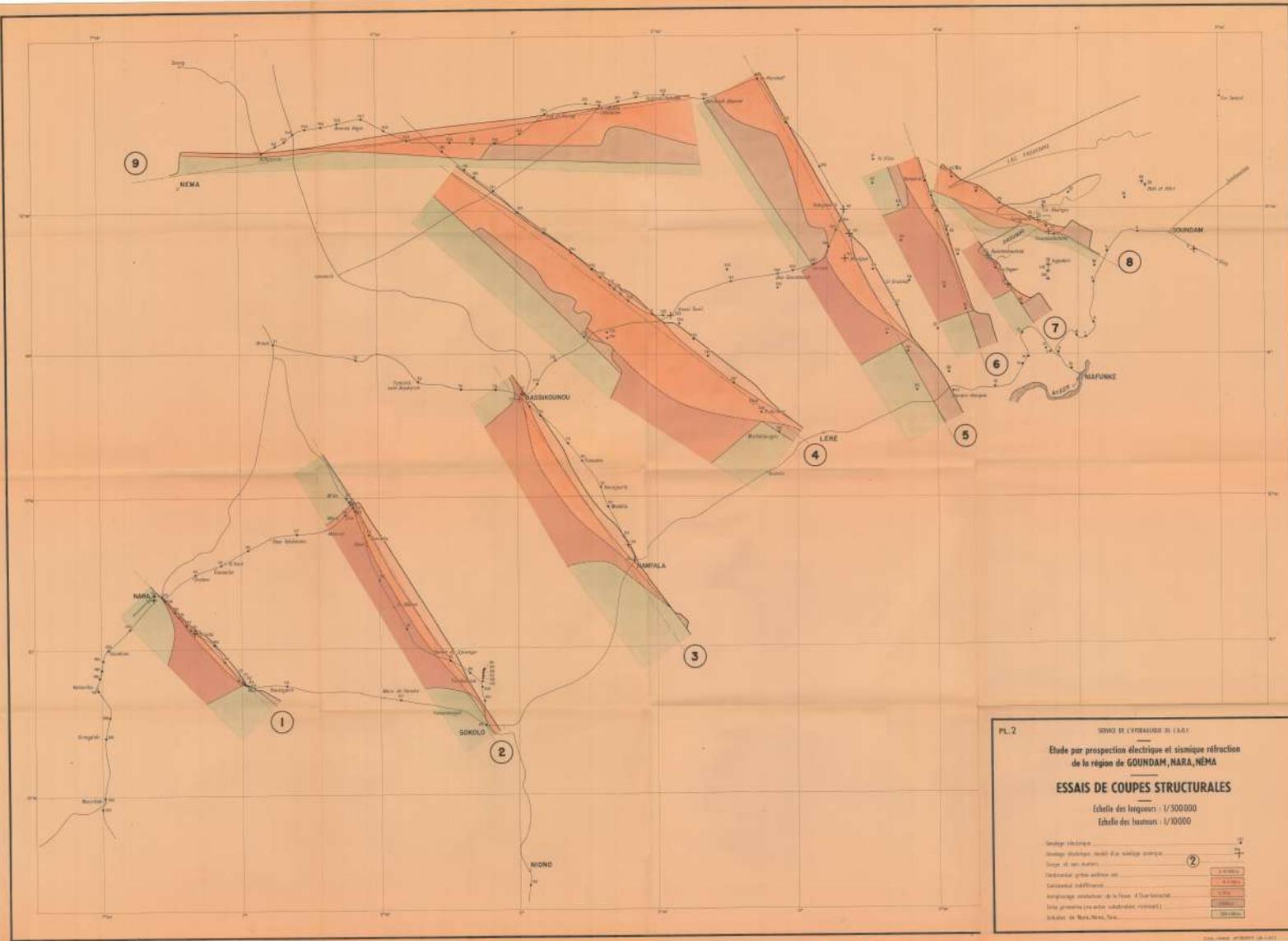
S.E. 181 Niono : Grès primaires dits de Kita, à 500 ohm.m.

S.E. 182 - 183 - 184 : Schistes de Nara à 200 - 350 ohm.m.

S.E. 185 - 186 : Il semble que la montée du diagramme s'effectue en deux temps. Il y aurait des schistes de Néma à 300 ohm.m jusque vers 1000 - 1500 m sur d'autres formations plus résistantes (dolérites, grès de Bobo - socle ?).

S.E. 187 - 188 - 189 : Dolérites.

S.E. 190 : Grès de Mourdiah (ou de Kita) à 500 ohm.m comme au S.E. 181 de Niono. Il se peut qu'on les ait traversés et qu'on atteigne en profondeur le même substratum résistant qu'aux S.E. 185 - 186.



PL. 2

SERVICE DE GÉOLOGIE DE L'ADP

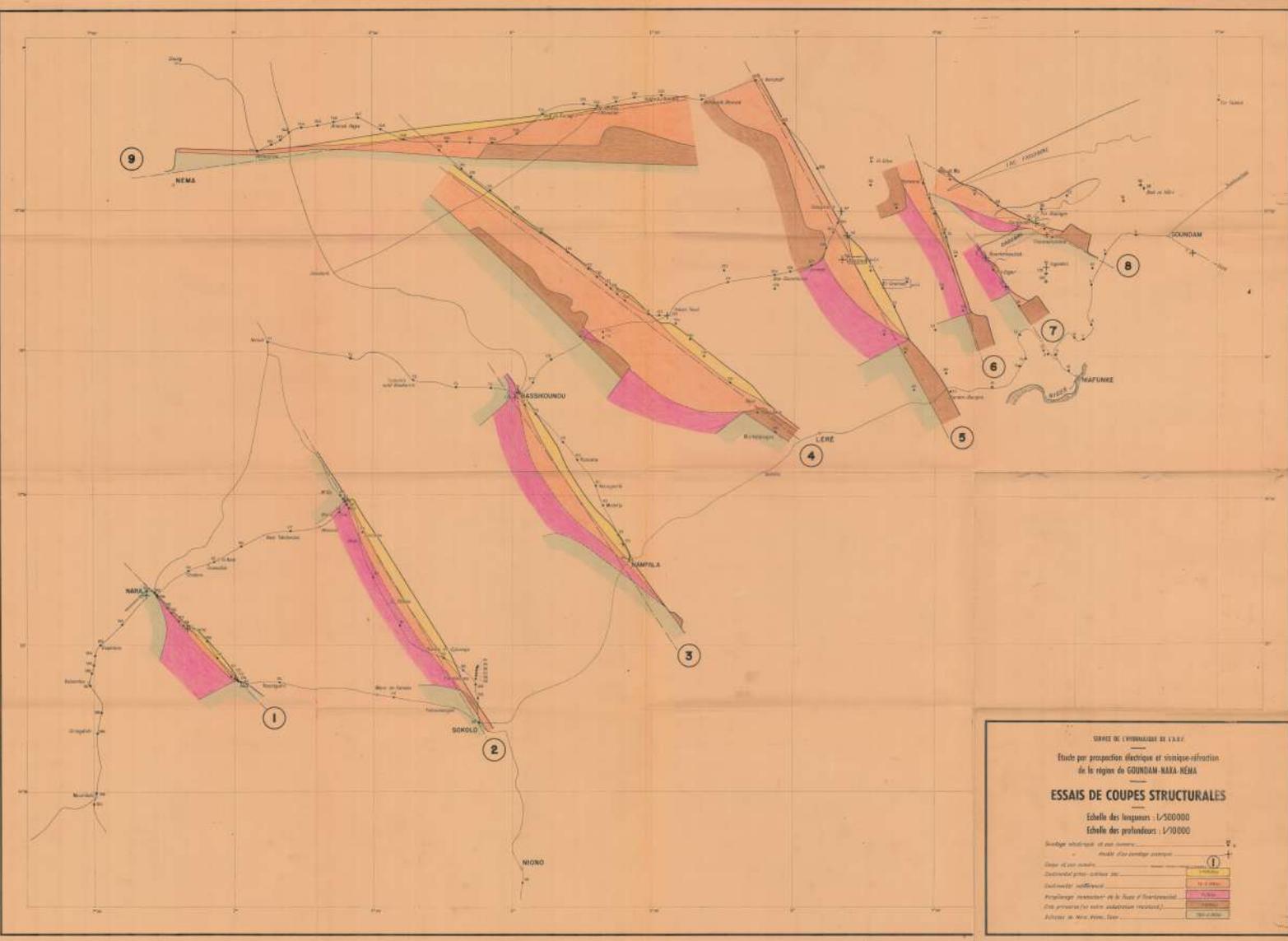
Etude par prospection électrique et sismique réflexion de la région de GOUNDAM, NARA, NEMA

ESSAIS DE COUPES STRUCTURALES

Echelle des longueurs : 1/500000
 Echelle des hauteurs : 1/10000

Symbole électrique \oplus
 Symbole électrique négatif \ominus
 Coupe et ses prolongements ---
 Contournet géométrique ---
 Contournet géométrique ---
 Marginalité structurale de la fosse à l'ouest de Goundam ---
 Zone géologique (selon les observations) ---
 Indices de Nara, Nema, Nema ---

②
 ①
 ③
 ④
 ⑤
 ⑥
 ⑦
 ⑧
 ⑨



SERIE DE LYONNAISE DE L'EST

Etude par projection électrique et sismique-refraction
de la région de GOUNDAM-NANA-NEMA

ESSAIS DE COUPES STRUCTURALES

Echelle des longueurs : 1/500000
Echelle des profondeurs : 1/10000

Géologie interprétée et son contour :
 Coupe et son contour :
 Contour des pannes :
 Contour des failles :
 Profilage sismique de la base d'interprétation :
 Des pannes (ou autres structures tectoniques) :
 Autres de leur nature :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16