

Université de Dakar
Faculté des Sciences
INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE

J Y Gac

N° d'ordre IST/0003

42 58 769

2 F

1 7

1 D

MEMOIRE

présenté à

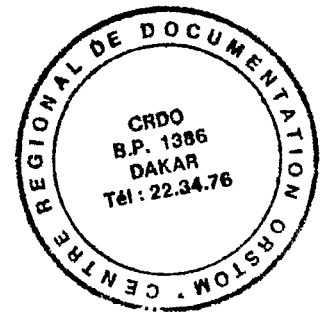
L'INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE

pour obtenir le grade
d'INGENIEUR GEOLOGUE I.S.T.

par

Oumar TOGUYENI

NuTI 58769



ESSAI DE PROSPECTION PAR SONDAGES ELECTRIQUES
APPLIQUEE A L'ETUDE D'AQUIFERES DU SENEGAL
SOUMIS A DES INVASIONS MARINES ACTUELLES
OU RECENTES (Ferlo , Tanma , Nianing)

Soutenu publiquement le 16 juillet 1986

devant la commission d'examen:

MM. O. DIA	Président	Université de Dakar
P. MOURGUES	Rapporteur	ORSTOM
O. FAMBITAKOYE	Examinateur	ORSTOM
J.Y. GAC	Examineur	ORSTOM
C.B. GAYE	Examineur	Université de Dakar

F-26596

~~Remplace
ex. perdu~~

ESSAI DE PROSPECTION PAR SONDAGES ELECTRIQUES APPLIQUEE
A L'ETUDE D'AQUIFERES DU SENEGAL SOUMIS A DES
INVASIONS MARINES ACTUELLES OU RECENTES.
(Ferlo, Tamna, Nianing)

Oumar TOGUYENI

SOMMAIRE

	pages
Avant-propos	3
INTRODUCTION	3
Chapitre I. CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES ,CLIMATIQUES ET GEO- LOGIQUES. REVUE SUCCINCTE DES TRAVAUX ANTERIEURS ..	5
I- Situation géographique	5
II- Le cadre climatique	7
III- Le contexte géologique	10
A. Le mésozoïque	10
B. Le tertiaire	11
C. Le quaternaire	13
D. Aperçu sur la tectonique	15
IV- Reconnaissances antérieures.....	16
A. Etudes régionales.....	16
B. Etudes locales.....	18
Chapitre II. LA PROSPECTION ELECTRIQUE.....	22
I - Généralités.....	22
II - Principes de la prospection électrique	23
A. Formules de base.....	23
B. Dispositif quadripole.....	25
C. Sondages électriques.....	25
D. Limites de la méthode.....	28
III - Le dispositif de mesures	29
A. Organisation du quadripole.....	29
B. Procédure de mesures.....	30
IV - Interprétation des courbes.....	30
A. Généralités sur l'interprétation.....	31
B. Interprétation des SEV de la présente campagne.....	32
Chapitre III. ETUDES DE SONDAGES ET DE COUPES	33
I- La basse vallée du Ferlo	33
A. Les sondages	33
B. Les enseignements des coupes	41
C. Conclusion	45
II- Le site de Nianing	46
A. Les sondages	47
B. La coupe	53
III- La dépression du lac Tanma	55
A. Etude des sondages	56
B. La coupe	59
INTERPRETATIONS ET CONCLUSIONS	62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	64

AVANT - PROPOS

Avant de présenter ce mémoire, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin m'ont apporté leur soutien, leur aide et leurs précieux conseils tout au long de mes études.

En premier lieu, je remercie Monsieur le Professeur O. DIA, directeur de l'IST qui malgré ses lourdes tâches m'a toujours prodigué ses conseils et encouragements pendant mes études à l'Université de Dakar. Je lui suis reconnaissant d'avoir accepté de présider et de juger mon travail.

Que Monsieur P. MOURGUES, Directeur de Recherches à l'ORSTOM trouve ici l'expression de ma profonde gratitude, non seulement pour avoir accepté de m'encadrer mais aussi pour avoir été pour moi un véritable père. Je le remercie du fond du coeur.

Je remercie Monsieur O. FAMBITAKOYE, Directeur de Recherches à l'ORSTOM d'avoir accepté de juger ce travail et de sa constante disponibilité lors de mon séjour au laboratoire de géophysique de Hann.

J'adresse mes plus vifs remerciements à Monsieur J.Y. GAC pour l'accueil chaleureux qu'il m'a réservé dans son laboratoire et pour honorer de sa présence ce jury.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur C.B. GAYE qui a bien voulu accepter de juger mon travail.

Mes remerciements vont également à :

- Monsieur Michel CARN qui a été mon constant compagnon de travail tant sur le terrain qu'au laboratoire et qui m'a beaucoup apporté lors de mon stage. Qu'il reçoive ici l'expression de ma très grande reconnaissance,

- Tout le personnel de l'ORSTOM de Hann et de M'Bour et en particulier M.B.KALOGA, Mme NIVON ainsi que MM. H.SANE, B.SAGNA, Y.NDIAYE et M.TAHER.

- Monsieur A. DIA, Directeur des études de l'IST ainsi qu'à tous les enseignants et le personnel de l'Institut des Sciences de la Terre pour leur encadrement et leurs conseils.

Je n'oublie pas non plus:

- mon cousin Y.TOGUYENI et sa famille dont le soutien ne m'a jamais fait défaut,

- Carmélie DOMINGO et sa famille: qu'ils reçoivent ici les assurances de mes bons sentiments,

- mes amis de tous les jours Jean-Yves, Rémi, Fodé, Dakyo et Djénéba, Mor, Georges T, Georges KZ, Calixte,

- tous mes camarades de l'IST et de l'Université Abdou, Fary Sérigne, Moussa, Somda, Barry, Bamba, Fatou et Dombia.

- que les familles NONGONIERMA et KASSAMBA, ainsi que tous mes amis de Gibraltar, trouvent ici le témoignage de ma profonde sympathie.

Enfin, je m'adresse à mes parents, à mes frères et soeur. C'est à vous que je dédie ce modeste travail.

INTRODUCTION

La partie occidentale du Sénégal constituée d'un bassin sédimentaire subsident se caractérise par des altitudes très basses. Les zones cotières et certains estuaires ont été et sont encore aujourd'hui très vulnérables à la pénétration d'eau marine même à l'occasion de faibles oscillations du niveau de la mer.

Le régime hydrologique actuel de cette région sahélienne est marqué par une crue temporaire durant la saison des pluies et des étiages très prononcés (pouvant aller jusqu'à l'arrêt des écoulements dans certains collecteurs) pendant la saison sèche. La persistance de la sécheresse depuis près deux décennies (1968-86) l'accentuation de l'aridité de 1982 à 1986 et la surexploitation des nappes d'eau douce ont accru la fragilité des aquifères en augmentant les risques de pollution souterraine par les eaux marines.

L'objectif de ce travail de prospection électrique qui constitue une opération préliminaire à des études plus détaillées était de rechercher soit les reliques d'anciennes transgressions marines, soit de préciser les effets actuels de l'invasion marine sur des aquifères exploités.

A ce titre, trois sites du Sénégal ont été retenus: la vallée du Ferlo en amont du lac de Guiers, la bordure orientale du lac Tamna et la zone d'exploitation des nappes du village de Nianing sur la " petite Côte ". L'étude de la basse vallée du Ferlo s'inscrit dans le prolongement des nombreux travaux publiés récemment sur le lac de Guiers par l'équipe de recherches animée

par J.Y.GAC et dans la perspective du projet de construction du canal du Cayor reliant le Ferlo à la presqu'île du Cap Vert. Le

site du lac Tamna et plus précisément du périmètre de reboisement du flanc Nord-est où des études pédologiques ont montré de fortes variations de la minéralisation élevée des nappes et de la salure des sols, a été choisi pour mieux identifier les problèmes de méthodologie que ne cesse de poser ce type d'environnement. A Nianing, des sondages électriques ont été effectués en 1970 c'est à dire au tout début de la période de sécheresse actuelle par ALBOUY et CARN (1970); il était donc intéressant d'établir une comparaison avec les résultats antérieurs et de situer avec plus de précision l'accroissement considérable de la minéralisation des eaux des nappes de cette zone littorale.

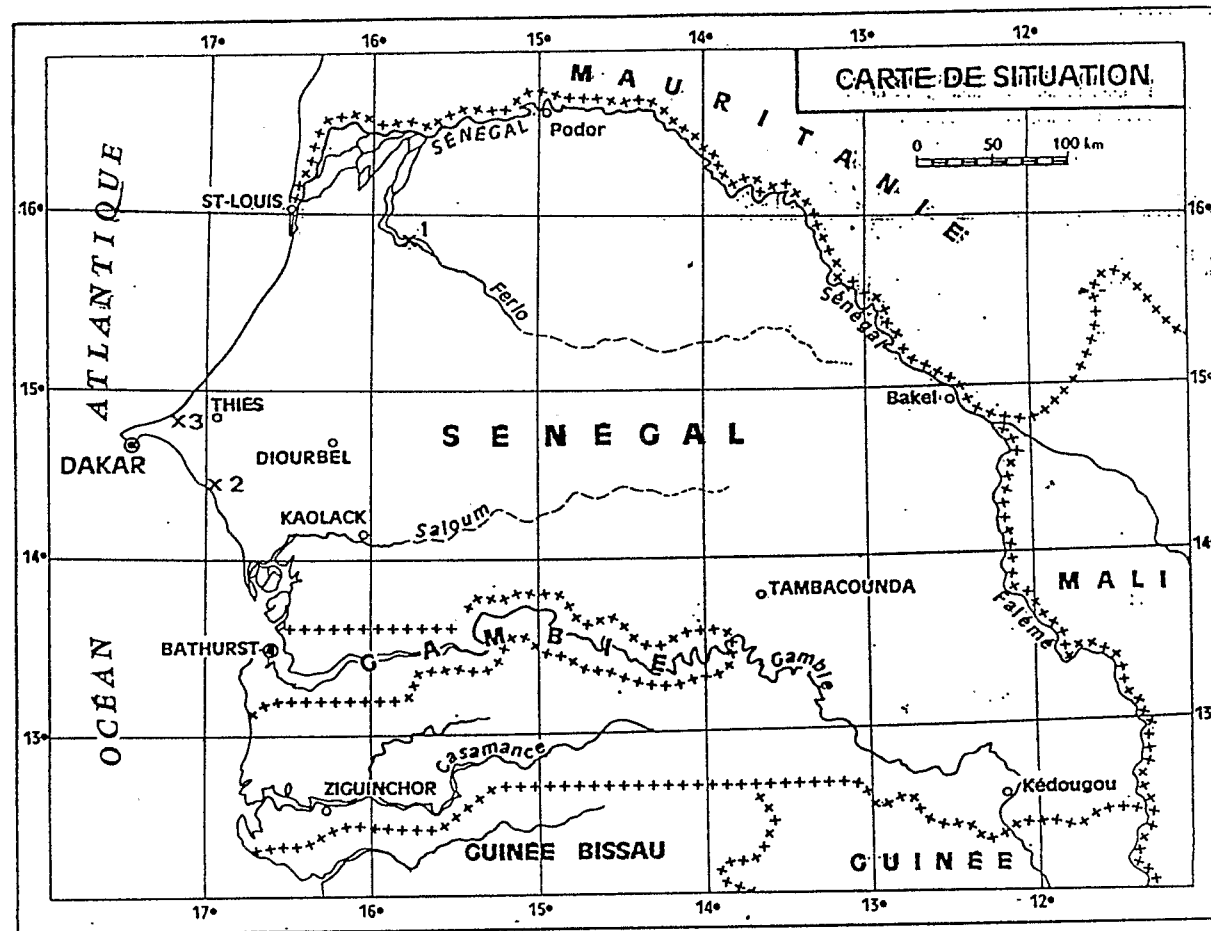
CHAPITRE I

CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES, CLIMATIQUES ET GEOLOGIQUES REVUE SUCCINTE DES TRAVAUX ANTERIEURS

I.- SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les trois secteurs étudiés se situent l'un en rive gauche du fleuve Sénégal, les deux autres en bordure du littoral au nord et au sud de la presqu'île du Cap Vert du Sénégal. (Fig. 1).

La basse vallée du Ferlo constitue le prolongement aval de la dépression occupée par le lac de Guiers au delà de la digue en terre du village de Keur Momar Sarr édiflée en 1957. A l'origine, le lac de Guiers faisait partie du réseau hydrographique du Ferlo. Il communiquait avec le fleuve Sénégal par l'intermédiaire d'un marigot sinueux: la Taoué. Dans ce milieu ouvert, crues et décrues de l'amont ou de l'aval engendraient remplissage ou déversement et le mouvement des masses d'eaux douces, saumâtres ou salées était assujetti aux positions respectives des plans d'eau du fleuve, du lac, de la vallée du Ferlo et de l'ampleur de la pénétration des eaux océaniques dans le lit mineur du Sénégal. A l'échelle du millénaire MONTEILLET et al. (1981) situent la dernière incursion marine dans la vallée du Ferlo entre 1500 et 1800 ans B.P. soit, peu après le début de l'ère chrétienne. Plus



x 1 Vallée du Ferlo x 2 Nianing x 3 Lac Tanma

Fig.1 - CARTE DE SITUATION DES ZONES ETUDIEES

près de nous au XX siècle tous les auteurs s'accordent pour

positionner vers 1913 une importante remontée des eaux marines (HENRY, 1918; HUBERT, 1921; TROCHAIN, 1940; GROSMIRE, 1957 et BRIGAUD, 1961).

Le lac Tamna occupe une dépression interdunaire dans la zone des Niayes comprise entre les villages de Cayar et M'Boro. Situé à moins de 5 km de l'océan Atlantique il est temporairement remis en eau par chaque pluie hivernale dans la mesure où elle est suffisamment abondante. Il constitue cependant pendant la majeure partie de l'année une vaste étendue déserte.

Le village de Nianing s'étire en bordure du littoral sur la "petite côte" entre les villages de Joal et de M'Bour. Installé sur des dunes il est traversé par de petites vallées soumises à des envahissements épisodiques et de courte durée de la mer.

II.- LE CADRE CLIMATIQUE

Le climat du Sénégal septentrional où se situent nos trois sites d'observation est du type soudano-sahélien; il est chaud et sec avec une longue saison sèche et une courte saison pluvieuse qui en règle générale se développe de juillet à septembre. Depuis le début du siècle trois périodes de fortes aridité ont affecté le Sahel. Nous emprunterons à CARN (1985) la synthèse de ces événements successifs:

- la sécheresse centrée sur l'année 1915 qui a duré six années consécutives a été caractérisée par un déficit moyen en

pluie de l'ordre de 30 %,

- l'épisode sec des années 40 a touché l'ensemble du Sahel. Elle a été moins intense que la précédente et a été fréquemment entrecoupée d'années normales qui ont limité l'effet de cumul d'une succession d'années déficitaires,

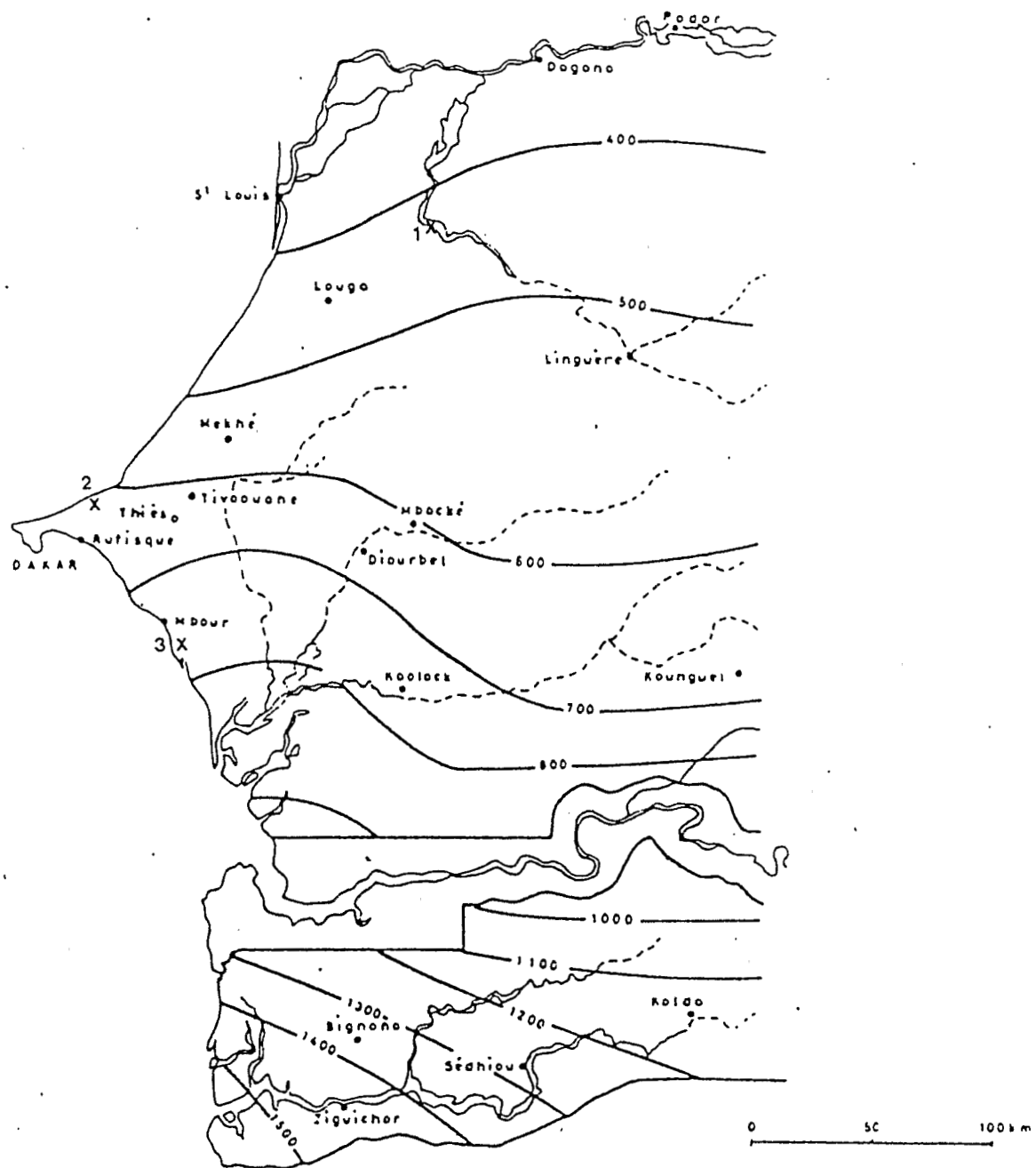
- la sécheresse des années 1968-1986 a été d'une rigueur tout à fait exceptionnelle sur toute la frange sahélienne. Les médias ont d'ailleurs centré un peu trop hâtivement le cœur de la sécheresse aux années 1972-1973. Les biennales 1983-84 et 1984-85 devaient cruellement faire démentir leurs affirmations en se traduisant par exemple pour le fleuve Sénégal par des déficits d'écoulement de près de 70% sans précédent dans la mémoire des hommes. Ces conditions climatiques exceptionnelles ont eut pour corrolaire une nécessaire surexploitation des réserves du sous sol qui a elle-même engendré un abaissement considérable du niveau des aquifères et parfois en dessous du niveau de la mer lorsque la réalimentation par les pluies était insuffisante.

En période dite " normale " l'observation de la carte des isohyètes depuis 1920 (Fig. 2) donne les conditions climatiques au niveau des trois secteurs étudiés:

- la basse vallée du Ferlo est située entre les isohyètes 400 et 500 mm,

- le lac Tamna entre 500 et 600 mm est soumis à proximité de la côte au climat sub-canarien,

- le village de Nianing entre 700 et 800 mm est sous l'influence du climat de la "petite côte".



- 1 Basse Vallée du Ferlo
- 2 Nianing
- 3 Lac Tanma

Fig.2 - Carte des isohyètes du Sénégal

III.- LE CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le bassin sénégalo-mauritanien qui couvre l'ensemble du Sénégal, à l'exception de la partie orientale (constituée par les formations précambriennes et paléozoïques) est essentiellement formé de terrains mésozoïques et cénozoïques. La majorité de ces formations ont été reconnues au cours de sondages pétroliers.

Ce bassin se caractérise par deux types de sédimentation: la partie orientale correspond à une sédimentation continentale, détritique peu profonde; la zone occidentale subsidente présente des formations marines de nature chimique et biochimique.

A - SERIES DU MESOZOIQUE

1. Le Trias et le Lias se caractérisent par des roches salifères (gypse, anhydrite et sel) en association avec des argiles vertes et noires.
2. Le Jurassique : au Jurassique moyen et supérieur, l'ouest du bassin sénégalais présente une sédimentation de bassin peu profond, néritique à littoral avec des dépôts de carbonates. Les régions de Diourbel et de Kolda marquent les limites de la transgression marine. A l'Est, les faciès passent latéralement à des formations détritiques représentées par des sables.
3. Le Crétacé supérieur et moyen: au Néocomien, les dépôts des carbonates dominent toujours dans la partie occidentale du bassin

mais on note l'apparition de grès. Les formations du Néocomien, qui se développent sur près de 1320 m sont essentiellement des calcaires, des dolomies, des calcaires sableux et des grès.

Au Crétacé moyen les faciès sont gréseux et très peu épais à l'Est; à l'Ouest on remarque les alternances de calcaires, de grès et d'argiles. Le Campagnien, le Santonien et le Coniacien qui représentent un ensemble de 930 m dans les sondages du Mont Rolland (petite colline qui surplombe le lac Tamna), sont formés de dépôts argilo-gréseux. A l'Ouest, on observe des intercalations carbonatées tandis qu'à l'Est, les argiles sont versicolores, les sables grossiers avec des niveaux de graviers et de galets.

4. Le Maestrichien: il est transgressif; son épaisseur passe d'une centaine de mètres sur la bordure orientale du bassin où il est

sableux et azoïque à plus de 2000 m dans la région située au NE de Rufisque avec des dépôts sablo-argileux et argileux. Dans cette région, des failles synsédimentaires ont joué un rôle important au cours de la phase de sédimentation.

Dans le bassin sénégalais, c'est le terme le plus ancien connu à l'affleurement et ses faciès sableux contiennent le plus important aquifère du Sénégal.

B. - SERIES DU TERTIAIRE

1. Le Paléocène est transgressif sur le Crétacé. Gréseux à la base (dans les sondages du lac Tamna, on observe des lits de graviers), il devient argilo-marneux et calcaire. Dans le Ferlo, il a pu être individualisé par la présence d'une faune riche en Nummulites et à Operculines.

Son épaisseur oscille entre 80 et 100 m, mais atteint 1000m à Rufisque. Il affleure en bordure et sur le horst de Ndiass. Les calcaires zoogènes paléocènes sont fortement karstifiés, sans doute en liaison avec une émergence du bassin.

2. L'Eocène et l'Oligocène: à l'Eocène inférieur, la mer s'étend sur l'ensemble du bassin avec une prédominance de dépôts argileux et marneux surmontant des horizons marne-calcaires ou sableux. On relève notamment les argiles papyracées (attapulgites) et les épaisses marnes de la région de Rufisque. L'Eocène inférieur se termine par des marnes calcaires et des calcaires de l'horizon de Ngazobil. Son épaisseur varie de 50 à 500 m d'Est en Ouest.

A l'Eocène moyen, la mer est toujours transgressive mais son extension est moins considérable et les faciès sont calcaires ou argilo-marneux, sablo-phosphatés ou grésocalcaires. Selon DIOF (1984), les marnes à huîtres, les grès, quartzites et calcaires du Lutétien inférieur mentionnés par SAINTON (1957) bordent l'extrémité sud du lac de Guiers dans la région de Keur Momar Sarr que nous avons prospectée.

Sur la marge occidentale du bassin, le Lutétien correspond à des argiles et des marnes avec quelques intercalations de calcaires argileux à silex: ce sont les marnes de Lam-Lam. Dans le reste du bassin, les calcaires sont dominants et contiennent beaucoup de nummulites.

A l'Eocène supérieur, la mer est régressive avec des dépôts marins dans la partie méridionale tandis que le bassin se soulève à l'Ouest et que le centre s'affaisse en édifiant la cuvette du Ferlo (MICHEL, 1973).

L'Oligocène est représenté par des faciès calcaires et sableux. C'est à cette époque que se forment les phosphates de la région de Lam-Lam. A Ziguinchor, l'Oligocène est constitué de 25 m de calcaires à lépidocyclines et nummulites.

3. Le Miocène: le Miocène marin est connu en Casamance dans le forage de Ziguinchor avec des argiles et des sables. Ailleurs sur la presque totalité du bassin se met en place le Continental terminal dont l'épaisseur n'excède pas 150 m . C'est une formation sablo-argileuse rubéfiée dont le toit est généralement coiffé par une cuirasse latéritique. Dans le Ferlo, son épaisseur est très variable et peut aussi atteindre 150 m.

4. Le Pliocène : le Pliocène marin n'est pas représenté dans le bassin qui à cette époque est émergé; à cette époque se forme une cuirasse latéritique de 10 à 20 m de puissance.

C. - LES SERIES DU QUATERNAIRE

ELOUARD et al. (1973) qui ont étudié le Quaternaire du bassin sénégal-mauritanien ont mis en évidence quatre grandes phases de transgression dont deux au Sénégal.

1. L'Inchirien : à 32 000 ans B.P., phase de transgression et dépôt d'un beach-rock à Bargny.

2. L'Ogolien de 21 000 à 15 000 ans B.P. : la régression post inchirienne débute au cours de la seconde moitié du Pléistocène supérieur. Elle coïncide avec une période aride et le niveau de la mer s'abaisse à - 132 m. L'action érosive intense du vent sur les sédiments marins conduit à la formation d'ensembles dunaires orientés NE-SW qui couvrent toute la partie nord du Sénégal. Selon

MICHEL (1973), c'est à cette époque que se sont déposés les sables de couverture du plateau du Ferlo nord. TRICART (in DIOP 1984) suggère que le climat contrasté de cette époque, en relation avec des précipitations abondantes entraînent l'écoulement du Ferlo qui creuse la vallée du Bounoum et le sillon du lac de Guiers.

3. Le Post-Ogolien ou Tchadien (15 000- 7 000 ans B.P.): le climat devient plus humide, ce qui provoque la rubéfaction des composants des dunes ogoliennes. Le sud du lac de Guiers et la vallée du Ferlo sont sujet à un intense ruissellement avec ravinement des formations tertiaires. Cet épisode apparaît mal à Nianing.

4. Le Nouakchottien (7000-4200 B.P.): la transgression marine submerge les basses vallées des fleuves dont elle reprend le matériel sableux qu'elle étale en vastes plages riches en *Arca Senilis*.

Au maximum de cette transgression, vers 5500 ans B.P. (M. DIOP, 1984) une immense lagune se développe dans le sillon du lac de Guiers et présente une sédimentation fine avec dépôts de pélites. Dans la cuvette de Keur Momar Sarr, un niveau de vase noire surmonté d'argiles grises avec des coquilles de *Macra Nitida* et *Turitella*, indique un biotope sursalé.

Les restes actuels de la transgression nouakchottienne se présentent sous forme de vasières plates à sols salés appelés des tannes et bordés de tamaris que l'on retrouve au lac Tamna et dans la basse vallée du Ferlo. A Nianing le Nouakchottien est représenté par une terrasse de sables argileux.

5. Le Post-Nouakchottien (4 200-2000 B.P.) marque la fin de la transgression et le début de la régression: les cuvettes des

interdunes sont alors alimentées par les crues des bassins versants avec des dépôts de gypse et de sels (lac Tamna).

Vers 2 000 ans B.P. (Dakarrien), une nouvelle transgression dépose une microfaune importante dans toute la vallée du Ferlo. Les eaux marines remontent profondément vers l'amont des fleuves et de près de 150 km dans le Ferlo; il se forme une véritable ria suivie d'un épisode lagunaire. A Nianing, le cordon littoral (6 m d'épaisseur s'appuie sur la terrasse nouakchottienne érodée et renferme d'importantes concentrations en minéraux lourds (et en particulier de l'ilménite).

D. - APERCU SUR LA TECTONIQUE

Le bassin sénégal-mauritanien qui s'étend du NW de la Mauritanie au NE de la Guinée présente une tectonique d'ensemble relativement calme. Cependant deux familles de failles majeures ont pu être mises en évidence; elles sont orientées E-W et N-W et il semblerait que c'est à leur intersection que se sont mis en place les systèmes volcaniques du Cap-Vert (A. DIA, 1982).

Les failles les plus importantes sont celles de William Ponty de Fouloum Ngomène et de Sébikotane.

L'édification du horst de N'Diass et son basculement au cours de l'Eocène moyen a été attribué à une tectonique cassante à deux phases.

La zone du lac de Guiers constitue un dôme allongé SW-NE; Selon P. MICHEL (1973), à la fin du Maestrichien, il y a constitution d'une ride anticlinale sableuse sur laquelle se déposent ultérieurement les calcaires paléocènes. Ensuite la

tectonique de nouveau active est marquée par une nouvelle poussée anticlinale.

Des recherches y ont identifié une succession de failles dont les principales sont orientées SW-NE; le jeu de ces failles aurait déterminé la nature des dépôts du Quaternaire ancien et moyen ainsi que l'orientation de la vallée du Ferlo et du lac de Guiers.

Dans la région de Nianing, de petites failles mineures ont affecté les formations géologiques jusqu'à l'Eocène; ce sont de petites failles normales qui accentuent l'enfoncement des terrains tertiaires vers l'est et le sud-est.

Selon A. DIA (1982), la dépression du lac Tamna serait liée à la phase cassante qui bascule le horst de N'Diass entre le lutétien inférieur et le pliocène.

IV - RECONNAISSANCES ANTERIEURES

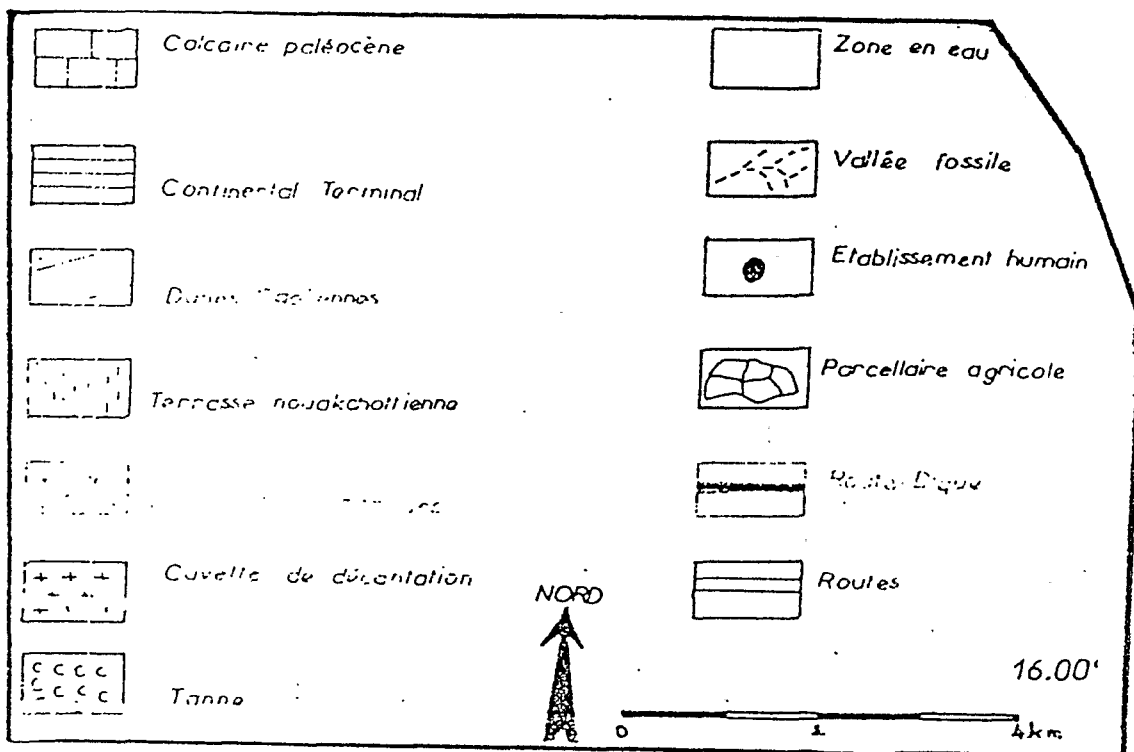
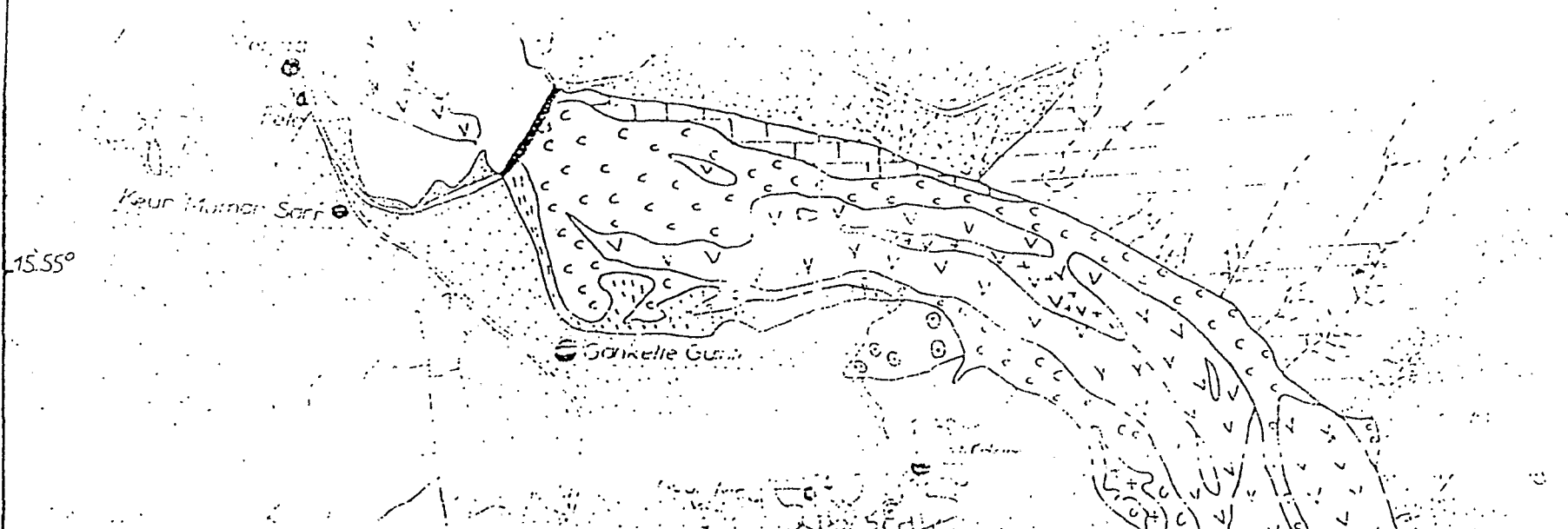
Les raisons de notre étude dans les trois secteurs choisis sont liées aux problèmes soulevés par des travaux antérieurs à la fois de géophysique, d'hydrologie, de géochimie, de pédologie et de géomorphologie.

A. -ETUDES REGIONALES

Il faut citer ici la campagne de prospection électrique de la CGG (Compagnie Générale de Géophysique) en 1956-1957 qui avait pour objectif une reconnaissance hydrogéologique et structurale du Sénégal et de la Mauritanie. Elle devait entr'autres résultats déboucher sur l'établissement d'une échelle de résistivité pour certaines formations du bassin:

- formations post-éocènes

CROQUIS GEOMORPHOLOGIQUE DE LA BASSE VALLEE DU FERLO d'après M DIOP (1984)



continental terminal (grès, sables et argiles):résistivité moyenne de 5 à 30 ohm.m .

massifs dunaires: de 30 à 150 ohm.m ,

terrains salés ou sursalés: de 0,2 à 1,5 ohm.m

- formations éocènes

calcaires francs(lutétien): de 50 à 400 ohm.m ,

calcaires marneux: 40 ohm.m ,

marnes et argiles: de 3 à 30 ohm.m

- Paléocène

argiles et calcaires:de 100 à 200 ohm.m

B. - ETUDES LOCALES

1. Le Ferlo et l'environnement lacustre du Guiers (Fig. 3)

Ces deux régions ont constitué de tous temps des secteurs d'études privilégiés pour les hydrologues, les paléoclimatologues les géomorphologues et les pédologues. Les ouvrages de MICHEL (1973)et de ROCHETTE (1974) résument en grande partie l'essentiel de ces travaux. Plus récemment, et découlant des difficultés dues aux conditions extrêmes d'aridité de nombreuses études ont été consacrées à la dépression lacustre et à son prolongement naturel que constitue la vallée du Ferlo :il s'agit essentiellement des travaux d'hydrogéochimie de J.Y. GAC , de ses collaborateurs et étudiants.En établissant le bilan hydrologique chiffré du lac de Guiers,ils posent le problème des échanges entre le lac et les aquifères environnants et en particulier avec la dépression du Ferlo.

SAOS et al.(1982),COGELS (1984) ont proposé la séquence lithologique suivante des sédiments du lac de Guiers:

- de 0,00 à 1,50 m : vase molle fluante
- de 1,50 à 3,60 m : horizon sablo-argileux
- de 3,60 à 12,00 m : niveau de sables fins et moyens
- au dessous le substratum des calcaires argileux lutétiens.

DIOP (1984) a pour sa part levé quelques coupes de faibles profondeurs dans la vallée du Ferlo et effectué quelques mesures sur la conductivité des eaux des nappes. Ces conductivités sont très élevées (supérieures à 30 mmhos.cm) et montrent bien la très forte minéralisation des solutions dans les aquifères de sub-surface du Ferlo.

2. Le lac Tanma (Fig. 4).

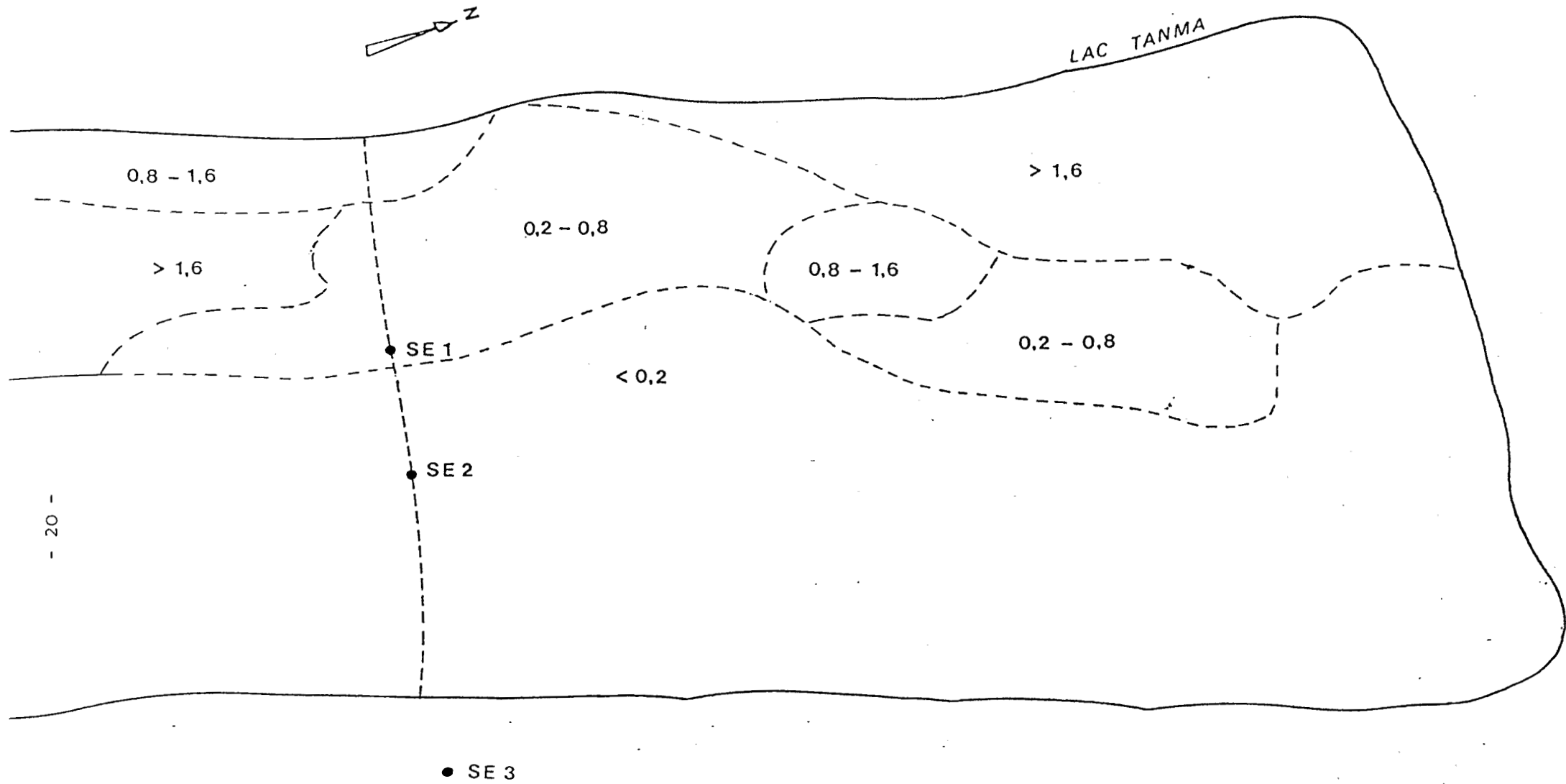
Les études pédologiques effectuées par PEREIRA-BARRETO(1961) BENARICHA (1985) et SADIO (1986) ont mis en évidence l'origine sédimentaire des sols marqués par l'action des grandes phases géomorphologiques qui se sont succédées sur la "grande côte". Les sols sont essentiellement sableux souvent en mélange avec des coquillages à base d'Arcas Senilis. Un sondage réalisé en 1970 a donné le profil suivant:

- 0 - 2 m : plage à arcas
- 2 - 16 m : sables argileux à nombreuses coquilles
- 16 - 23 m : argiles sableuses
- 23 -140 m : faciès argileux divers
- 140 -200 m : calcaires zoogènes

Les nappes se situent à faible profondeur (entre 2 et 3 m). Les variations saisonnières de niveau sont importantes ; des remontées supérieures à 1 m ont été observées pendant la saison des pluies . Les eaux sont fortement minéralisées et présentent des faciès chlorurés sodiques.

3. La region de Nianing

La campagne de prospection électrique menée par ALBOUY et CARN (1970) avait pour but essentiel la localisation du meilleur emplacement possible pour l'implantation d'un forage complémentaire. Un forage de reconnaissance situé au voisinage de



Echelle 1/5000
 50 0 50 100 150 200 m

Fig.4 CARTE DE LOCALISATION DES SONDAGES DU LAC TANMA
 ET CONDUCTIVITES d'après Benaricha
 (mmhos/cm)

la mission donne la coupe simplifiée suivante:

- 0 - 3 m : sables secs (résistivité supérieure à 100 ohm.m)
- 3 - 18 m : argiles (résistivité de 2 à 30 ohm.m)
- 18 - 36 m : sables à eau douce (résistivité 25 ohm.m)
- au delà : calcaires (résistivité inférieure à 10 ohm.m)

D'autre part, le récent forage CARITAS implanté à plus d'un kilomètre à l'est de cette zone correspond à une coupe différente

(SARR, 1983) présentée ci-dessous:

- 0 - 3 m : Sables argileux mio-plio-quaternaires.
- 3 - 8 m : Argiles à silex de l'Eocène.
- 8 - 115 m : divers facies calcaires du Paléocène.
- 115-250 m : Argiles sables argileux et argiles du Maestrichien.

CHAPITRE II

LA PROSPECTION ELECTRIQUE

I - GENERALITES

Les méthodes de prospection électrique sont basées sur la mesure des propriétés électriques du sous-sol. Lorsqu'un corps est soumis à un champ électrique E dérivé d'un potentiel, il est traversé par un courant dont l'intensité i est proportionnelle au champ E . C'est la loi d'Ohm qui s'écrit:

$$\vec{i} = \sigma E = \sigma (- \text{grad. } \vec{V})$$

σ étant la conductivité, dont l'inverse $\rho = 1/\sigma$ est la résistivité et V le potentiel.

Il existe dans la nature des corps conducteurs dans lesquels les charges électriques sont susceptibles de se déplacer; cette conductibilité peut-être de nature métallique (mobilité des électrons) ou de nature électrolytique (mobilité des molécules ou atomes ionisés). A l'opposé les corps isolants ou diélectriques, ne permettent aucune mobilité.

La conduction électrique par les terrains est presque toujours d'origine électrolytique. A l'exclusion de quelques minerais, sulfures métalliques et graphite, elle est donc fonction à la fois de la porosité des matériaux constituant le sous-sol et des champs ioniques contenus dans le liquide d'imbibition. A ce

titre on perçoit l'intérêt que peuvent représenter les méthodes électriques pour distinguer, dans une formation donnée, un aquifère à eau douce d'un aquifère salé (ce dernier étant naturellement plus conducteur que le précédent). De la même manière, le taux d'argile dans une formation détermine une conductivité élevée

c'est à dire une faible résistivité, puisque la dimension réduite des pores occupés par le liquide d'imbibition favorise les échanges ioniques qui sont par contre rendus plus difficiles dans un matériel plus grossier.

Ainsi la méthode de prospection électrique paraît tout à fait adaptée à l'étude des aquifères tels qu'ils se présentent dans les formations cotières du Sénégal.

II - PRINCIPES DE LA PROSPECTION ELECTRIQUE

A. FORMULES DE BASE

La prospection électrique par courants continus repose sur l'analyse de la distribution des courants dans le sous-sol lorsqu'on applique une tension V entre deux points A et B de la surface et dont l'éloignement est variable.

Soit une source ponctuelle A dans un sous-sol homogène: les surfaces équipotentiellles sont des sphères centrées sur la source. Le courant représenté par un vecteur élémentaire \vec{I} est perpendiculaire aux équipotentiellles; i étant la densité du courant on peut écrire:

$$\vec{I} = \frac{dI}{ds} = \frac{I}{4\pi r^2}$$

I est l'intensité du courant injecté à la source et r la distance à la source.

D'autre part la loi d'Ohm permet d'écrire:

$$\vec{i} = -\sigma \frac{dV}{dr} = -\frac{1}{\rho} \frac{dV}{dr}$$

On a, donc:

$$\frac{I}{4\pi r^2} = -\frac{1}{\rho} \frac{dV}{dr}$$

Par intégration on obtient la tension en un point situé à la distance r de la source:

$$V = \frac{\rho I}{4\pi r} + \text{constante}$$

le courant injecté dans le sol par l'électrode "source" (A) doit être récupéré par une électrode "puits" (B), par rapport à laquelle le potentiel en un point sera donnée par la même relation que celle ci-dessus mais de signe opposé.

Remarque: lorsque les électrodes sont situées à la surface du sol comme c'est le cas dans cette étude, les surfaces équipotentiellles ne sont pas des sphères mais des demi-sphères puisque l'air est un isolant. On doit donc remplacer $4\pi r^2$ par $2\pi r^2$ de sorte que l'expression de la tension en un point situé entre A et B sera de la forme:

$$V = \frac{\rho I}{2\pi r} + \text{constante}$$

Dans le cas d'un dipôle AB, le potentiel en un point M tel que $MA = r_1$ et $MB = r_2$ sera la somme des potentiels dus aux électrodes A et B.

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \text{constante}$$

B. DISPOSITIF QUADRIPOLE (Fig.5)

Afin de supprimer le terme constant qui subsiste du fait que les constantes d'intégration ne sont pas identiques pour les deux électrodes A et B, on préfère mesurer une différence de potentiel ΔV entre deux points M et N situés au centre du dipôle AB.

On a dans ce cas:

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{MA} - \frac{1}{MB} \right) - \left(\frac{1}{NA} - \frac{1}{NB} \right) \right]$$

les termes MA, MB, NA, et NB étant des constantes pour un dispositif donné, on remplace le terme entre crochets par un facteur constant K et on obtient:

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} K \quad \text{et on en déduit:} \quad \rho = \frac{\Delta V}{I} \frac{K}{2\pi}$$

l'unité de résistivité est l'ohm mètre (Ω/m). C'est une résistivité telle qu'un prisme de 1 m de long et 1 m² de section crée une résistance de 1 ohm.

C. SONDAGES ELECTRIQUES

Parmi les différentes méthodes d'étude de la distribution

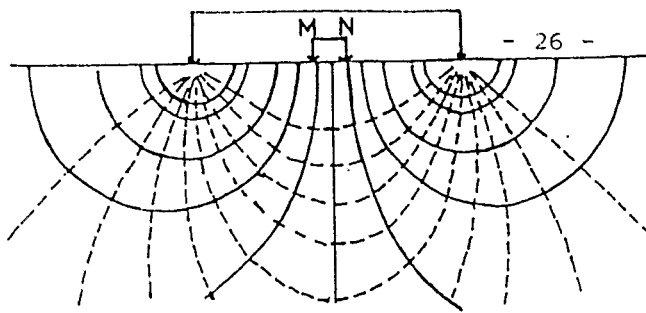


Fig 5 : Quadripôle Schlumberger

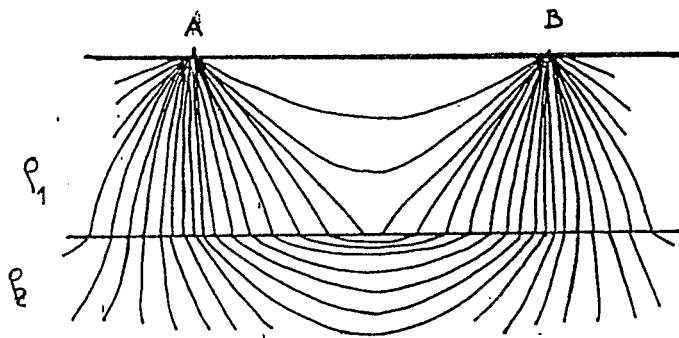


Fig 6 : Répartition des lignes de courants dans une formation à 2 terrains ($\rho_2 > \rho_1$).

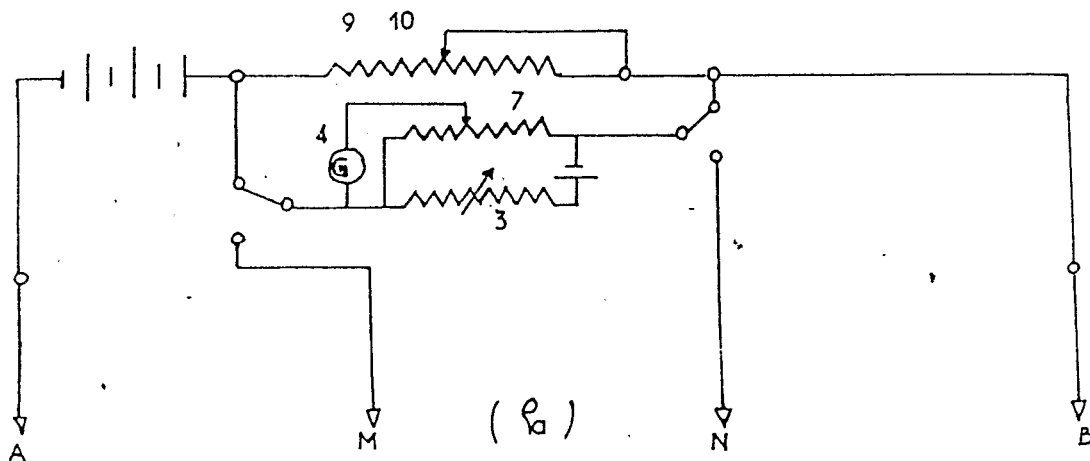


Fig 7 : Schéma du circuit de mesure de la résistivité (la signification des nombres reportés sur le circuit est donnée dans l'annexe résistivimètre).

des courants dans le sous-sol, c'est la méthode du sondage électrique qui a été retenue. Cette méthode permet en effet d'obtenir après interprétation un log des résistivités à la verticale du point central du sondage.

Dans le cas d'un terrain homogène un accroissement de la longueur AB et un accroissement proportionnel de la distance MN ne modifie pas la mesure de ρ bien que le volume concerné augmente puisque par raison d'homothétie, la profondeur de pénétration du courant croît avec la longueur AB.

Dans le cas d'un terrain présentant deux couches horizontales de résistivité différente, les lignes de courant vont se réfracter au contact de la deuxième couche suivant la loi:

$$\rho_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \rho_2 \operatorname{tg} \alpha_2$$

ρ_1 et ρ_2 étant les résistivités des deux terrains considérés et α_1 et α_2 les angles formés par la ligne de courant avec la normale à la surface de séparation. Ainsi une couche conductrice (ρ faible) concentre les lignes de courant au détriment des couches peu conductrices (ρ élevé). Ces déformations se

répercutent sur la forme des surfaces équipotentielles ainsi que sur la valeur de I. Donc le terme $\Delta V / I$ sera modifié par rapport à un terrain homogène pour une valeur donnée de K (Fig.6)

La résistivité mesurée ρ ne représente la résistivité du sol que dans le cas d'un terrain homogène mais lorsque les lignes de courant traversent deux ou plusieurs couches on mesure une

résistivité apparente (ρ_a) qui résulte d'une somme complexe de trajets dans les différentes couches.

Le principe du sondage électrique consiste à accroître progressivement les dimensions du dispositif quadripôle, K étant calculé pour chaque longueur de AB (et de MN) et ρ étant mesuré à partir des valeurs de $\Delta V / I$. L'analyse de la courbe obtenue en fonction de $AB / 2$ permet de déterminer les valeurs des résistivités des terrains rencontrés.

Remarque : Avant d'effectuer la mesure de $\Delta V / I$ qui est réalisée lors de l'injection du courant, il est nécessaire de connaître la valeur de la différence de potentiel naturelle entre les points M et N (polarisation spontanée) qui sera soustraite à la valeur de ΔV .

D. LIMITES DE LA METHODE

L'interprétation d'un sondage électrique est significative dans la mesure où un certain nombre de conditions sont réunies :

- homogénéité des formations
- stratification horizontale
- plans de séparation réguliers entre les couches

Les causes de perturbations se résument en général :

- à des hétérogénéités latérales qui peuvent provenir de variations de faciès entre A et B à une profondeur quelconque concernée par le passage des lignes de courant,

- à des hétérogénéités provoquées par des lentilles

conductrices ou résistantes dont les dimensions sont d'un ordre de grandeur comparable à l'épaisseur des couches,

- à des perturbations produites par la mise en place des électrodes (effet piézoélectrique par exemple),

- au pendage des couches lorsqu'il excède une pente de 12° ou à l'affleurement d'une couche profonde même s'il se situe à l'extérieur du dipôle AB,

- aux conduites et canalisations métalliques enterrées.

III. DISPOSITIF DE MESURE (Fig. 7)

A. ORGANISATION DU QUADRIPOLE

Les électrodes sources (A) et puits (B) sont reliés à un ensemble de piles au moyen d'un interrupteur permettant de sélectionner la tension optimum pour obtenir une intensité suffisante sans être trop forte. Les tensions utilisées ont été comprises entre 45 et 480 volts.

Le dispositif de mesure est le quadripôle schlumberger dans lequel MN est petit par rapport à AB. L'accroissement de la longueur de $AB/2$ permet d'augmenter progressivement la profondeur d'investigation. Les longueurs suivantes exprimées en mètres ont été utilisées sur les cables: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250 et 300. Les valeurs correspondantes de MN sont : 0,4 pour $1 \leq AB/2 \leq 2$; 1 pour $2 \leq AB/2 \leq 8$; 2 pour $8 \leq AB/2 \leq 25$; 10 pour $25 \leq AB/2 \leq 80$; 40 pour $80 \leq AB/2 \leq 200$; et 80 pour $200 \leq AB/2 \leq 800$. A chaque changement de valeur de MN, on répète la mesure avec le MN précédent.

Les valeurs de $AB/2$ et de MN étant préétablies, le coefficient K peut être calculé permettant ainsi la détermination rapide de la résistivité apparente.

B. PROCEDURE DE MESURE

La mesure s'effectue pour chaque valeur de $AB/2 - MN$ au moyen d'un résistivimètre Scintrex type RSP 6 (voir schéma en annexe)

La procédure de mesure est la suivante:

- mise à zéro du pont de mesure,
- compensation à l'aide d'un potentiomètre de la déviation produite par la polarisation spontanée entre les électrodes de mesures MN ,
- injection du courant,
- remise à zéro du galvanomètre en agissant sur un pont de résistance complémentaire. Les déviations du potentiomètre sont graduée en $\Delta V / I$,
- quand $\Delta V / I$ est inférieur à 0,005, on utilise un ampèremètre placé en série entre l'électrode A et la borne de sortie du résistivimètre donnant la valeur de I ; sur les bornes M et N on place en parallèle un voltmètre.
- les fluctuations de la valeur de la polarisation spontanée (PS) sont corrigées en faisant une dizaine des mesures de PS et de $\Delta V'$, la valeur retenue correspondant à la moyenne des écarts $\Delta V = (\Delta V' - PS)$.

IV. L'INTERPRETATION DES SONDAGES ELECTRIQUES VERTICAUX

L'interprétation des sondages électriques verticaux (S.É.V) se fait en deux phases :

La première est l'interprétation proprement dite des courbes enregistrées sur le terrain. Elle consiste à individualiser les différents terrains, en évaluant leurs résistivités et leurs épaisseurs.

La seconde est l'identification géologique des couches "géoelectriques" ce qui exige la connaissance de l'échelle régionale des résistivités corrélée avec la stratigraphie.

A- GENERALITES SUR L'INTERPRETATION PROPREMENT DITE.

L'interprétation des courbes expérimentales peut se faire selon diverses méthodes qui sont essentiellement :

- les méthodes de superposition
- les méthodes de réduction ou du "point auxiliaire"
- les méthodes d'approximations successives

1) les méthodes de superposition

Elles consistent à comparer les courbes expérimentales aux courbes théoriques d'un catalogue. Il existe actuellement divers recueils d'abaques (européen, russe ou américain) qui permettent l'interprétation de courbes trois et quatre terrains.

2) les méthodes de réduction

Elles utilisent toutes l'abaque général deux terrains puis un certain nombre d'abaques auxiliaires (trois ou quatre selon les méthodes et les contrastes de résistivités entre les différentes couches prises trois par trois).

Le principe général de ces méthodes réside dans le fait que depuis les travaux de Hummel, et surtout d'Ebert et de Kalenov, on s'est aperçu que l'on pouvait en appliquant le principe d'équivalence remplacer deux terrains par un terrain unique et ainsi de proche en proche interpréter des courbes à n terrains.

3) les méthodes d'approximations successives

Elles nécessitent l'emploi d'une calculatrice programmable ou d'un micro-ordinateur.

On procède préalablement à l'interprétation des courbes expérimentales par l'une des deux méthodes précitées puis on teste les solutions trouvées en les injectant dans le programme

de calcul, qui restitue la courbe théorique correspondant à ces solutions. Si la superposition de la courbe théorique et de la courbe expérimentale est bonne l'interprétation est terminée sinon on modifie les valeurs trouvées jusqu'à obtenir une correspondance satisfaisante entre les deux courbes.

B- INTERPRETATION DES S.E.V DE LA PRESENTE CAMPAGNE.

Nous avons utilisé essentiellement la méthode de réduction à l'aide des abaques auxiliaires d'EBERT (PASCAL, 1970).

Cet auteur propose de distinguer quatre types de courbes de sondages électriques (Annexe 1) :

type A : $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$
 type H : $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$
 type K : $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$
 type Q : $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$

Les résultats obtenus ont été testés avec un programme de calcul mis au point par les géophysiciens de l'ORSTOM, et notamment J.VASSAL qui l'a adapté au micro-ordinateur HP-85 (nous joignons en annexe le listing de ce programme).

CHAPITRE III

ETUDES DES COUPES ET SONDAGES

I. - LA BASSE VALLEE DU FERLO

A. - ETUDES DES SONDAGES

La figure 8 montre la localisation des différents sondages réalisés dans la vallée du Ferlo. Ils se situent tous au Sud et à faible distance de la digue en terre de Keur Momar Sarr qui isole le lac de Guiers de la vallée du Ferlo.

1. - Sondage n° 1

Il est le plus proche de la digue. Son azimut est de N 045 et son AB/2 maximum de 100 mètres. Il débute par un terrain de très faible résistivité (0.4 ohm.m) et de 1,5 m d'épaisseur. La couche sous-jacente épaisse (21 cm) présente une résistivité un peu plus élevée (1,6 ohm.m). Le dernier horizon est manifestement celui qui indique la résistivité la plus forte. Sur la courbe représentative (annexe) on remarque un brusque décrochement qui nous paraît au premier abord difficilement interprétable par les abaques habituels.

On note que pour AB/2 = 2 mètres, il y a une divergence très importante ainsi que pour AB/2 = 3 et 4.

Une mesure in situ de la conductivité de l'eau de la nappe

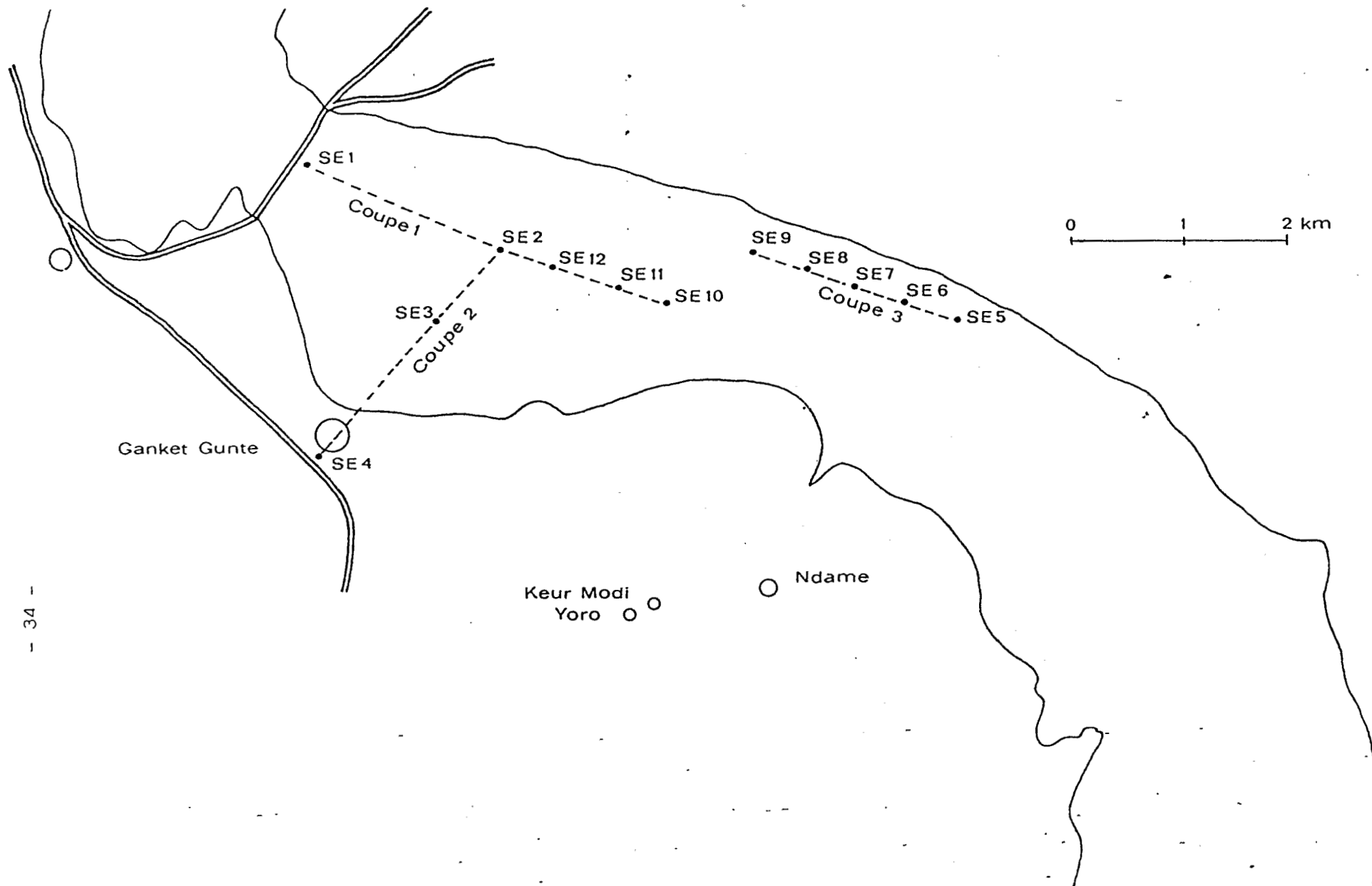


Fig. 8 . LOCALISATION DES SONDAGES DANS LA VALLEE DU FERLO

qui se situe à - 1,20 m environ indique que les solutions qui imprègnent les sédiments sont fortement minéralisées. On retrouve ici les résultats acquis par DIOP (1984) qui signalait dans ce secteur des concentrations supérieures à celles de l'eau de mer.

La comparaison avec les mesures de DIOP suggère par ailleurs une importante croissance de la salinité des aquifères depuis 2 ans.

En se référant aux recherches antérieures (MICHEL, 1973), COGELS et GAC (1982, 1983), COGELS (1984), DIOP (1984), le niveau superficiel serait constitué de vase molle imprégnée de cristaux de sels, le second de sables argileux et le dernier pourrait sans doute correspondre aux calcaires argileux du substratum éocène (lutétien).

2.- Sondage n° 2

Il est localisé sur la transversale de Ganket (N 37) en position axiale du tanne et à 1,09 m au dessous du niveau du lac au moment de la mesure. Dans ce profil, la frange humidifiée même à cette époque avancée de la saison sèche (mai 86) est décelable dès les premiers 20 cm.

L'azimut de ce sondage est de N 195 avec un AB/2 maximum de 25 mètres; au-delà, les rapports V / I sont trop faibles. Les points de la courbe sont assez bien alignés à l'exception de celui obtenu pour AB/2 = 4 mètres (en annexe).

Cette représentation graphique permet de dissocier:

-une couche supérieure peu épaisse (60 cm), à faible résistivité (0,65 ohm.m);

- un second horizon qui se développe sur près de 8 mètres et plus résistant (1,3 ohm.m),

- un troisième niveau qui provoque une brusque inclinaison de la courbe difficilement interprétable.

La mesure de la conductivité (47 mmS/cm) révèle à nouveau la présence d'eaux fortement minéralisées et les niveaux successifs diffèrent sans doute très peu des précédents dans le sondage 1.

3.- Sondage n°3

Il se situe sur une levée alluviale à 68 cm en dessous du niveau du lac (azimut N 295). Comme dans le sondage précédent, la valeur maximum de AB/2 est de 25 m. L'alignement des points sur la courbe (annexe) est rigoureuse à l'exception des points qui correspondent à AB/2 = 3 et 6.

La résistivité (5,5 ohm.m) de l'horizon superficiel est tout à fait normale étant donnée la position haute sur la levée sablo-argileuse plus ou moins imprégnée de sels. Le second niveau est moins résistant (0,83 ohm.m) et plus épais (5,4 m). Les calcaires éocènes figurent à nouveau à la base du profil comme l'indiquent les fortes résistivités (41 ohm.m).

4.- Sondage n° 4

Il a été réalisé en dehors de la dépression actuelle du Ferlo à proximité de la route reliant Louga et Keur Momar Sarr. D'après nos évaluations, il se situe entre 3 et 4 mètres au-dessus

du plan d'eau du lac de Guiers.

La courbe représentative est assez régulière avec cependant quelques écarts notables pour $AB/2 = 10, 15, 20$ et 80 m.

Les terrains rencontrés sont essentiellement constitués de sables et de calcaires:

- de 0 à $1,05$ m : sables secs très résistants (700 ohm.m),
- de $1,05$ à $4,35$ m: formation sableuse plus humide qui donne une résistivité de 180 ohm.m,
- de $4,35$ à $16,55$ m: la résistivité décroît de nouveau (80) et pourrait témoigner de la présence de calcaires argileux ou marneux,
- le dernier horizon détecté indique une résistivité de plus de 180 ohm.m; il peut s'agir de calcaires francs ou de sables aquifères

5. - Sondage n°5

En position axiale sur le tanne Nord, il se situe au débouché du marigot de N'Dame à proximité de nombreuses céanes où s'abreuvent les troupeaux.

L'interprétation de la courbe (annexe) permet de discerner trois types de formations:

- une couche superficielle fine (30 cm) et peu résistante (3 ohm.m) correspondant à des sables argileux secs et peu salés,
- un niveau très puissant (11 m), peu résistant ($1,2$ ohm.m) que l'on peut assimiler à des sables argileux contenant une nappe salée,
- une formation de base : les calcaires argileux.

L'eau de la nappe dans ce sondage a une teneur en sel de près de 13 mg/l.

6.- Sondage n° 6

La courbe de ce sondage (annexe) est d'un tracé difficile à cause de la grande dispersion des points. Il semble que la couche superficielle sablo-argileuse atteindrait 5,5 m et surmonterait les calcaires du substratum (résistivité de 25 ohm.m).

7.- Sondage n° 7

A 500 mètres au nord du précédent. L'interprétation de la courbe (annexe), paraît très aléatoire:

- formation sablo-argileuse à nappe salée, peu résistante (1,05 ohm.m) de la surface jusqu'à -1,95 m ,
- calcaires lutétiens à la base.

8.- Sondage n° 8 et n° 9

Les courbes obtenues sont comparables (Annexe.). Elles se caractérisent par deux triplets identiques pour les valeurs de $AB/2 = 8, 10$ et 12 mètres, ce qui pourrait indiquer une structure particulière dans ce secteur. On y retrouve les formations déjà reconnues dans la plus part des sondages: au sommet les sables

argileux (épaisseurs respectives de $4,4$ m et de $2,7$ m) et à la base les calcaires argileux.

9.- Sondage n° 10

Ce sondage est de nouveau sur la levée alluviale qui occupe la partie médiane de la vallée; elle se caractérise par l'importance d'amas coquilliers (gastéropodes et lamellibranches).

L'abondance de cette faune fossile sur près de 75 cm d'épaisseur se traduit par une très forte résistivité (120 ohm.m). En dessous et sur une épaisseur de 3,60 m apparaissent des sables salifères à faible résistivité (8,4 ohm.m). La dernière couche traversée avec une résistivité de 2 ohm.m pourrait correspondre aux sables argileux aquifères déjà rencontrés.

Remarque

Pendant les mesures, le potentiel spontané était extrêmement variable et changeait généralement de polarité lors des modifications des valeurs de MN.

Cette instabilité de la polarisation spontanée est sans doute liée à la salinité des aquifères sous-jacents et à leurs fluctuations spatio-temporelles.

10. - Sondage 11

Il se situe dans l'axe du tanne central à environ 0,60 m en dessous du niveau du lac. La ligne AB/2 est de 15 m au maximum. La dispersion des points est faible (Annexe) et on distingue trois types de formation :

- au sommet des vases et argiles salifères d'une épaisseur de 2,20 m et peu résistantes (0,6 ohm.m),
- des sables argileux imbibés d'eau salée un peu plus résistants (2,2 Ω /m) et sur une épaisseur de 8,8 m,
- à la base les calcaires habituels.

11. - Sondage n° 12

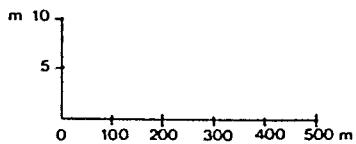
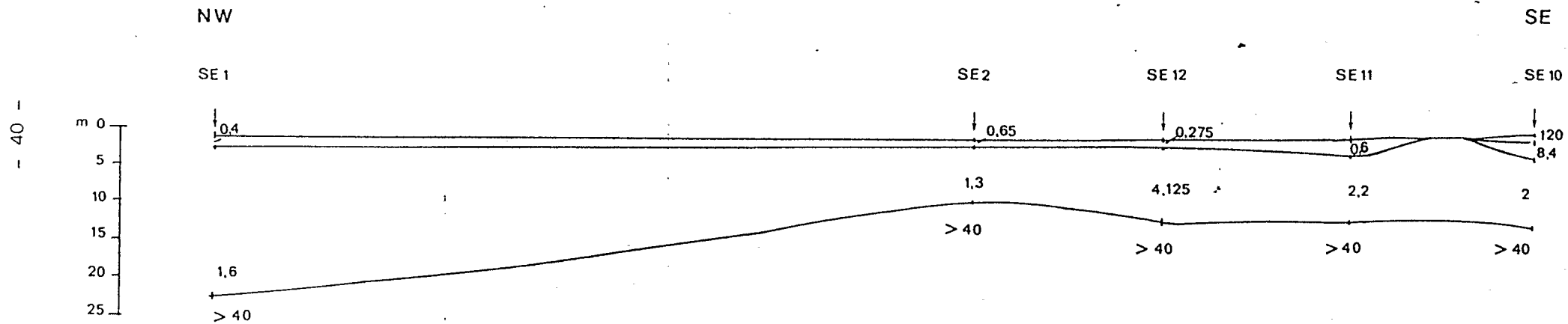


Fig. 9 coupe 1 - FERLO

Il est situé dans le prolongement nord du précédent et à 0,82 m au dessous du niveau du plan d'eau du lac de Guiers. La courbe représentative des résultats (Annexe) souligne la très grande dispersion des points. Les résistivités sont très faibles en surface (0,28 ohm.m) puis croissent rapidement en imprimant au tracé de la courbe un fléchissement de plus de 45°. On retrouve les formations classiques: vases, formations sablo-argileuse et les calcaires du Lutétien.

B. - LES ENSEIGNEMENTS DE L'ETUDE DES COUPES

Les sondages de la vallée du Ferlo ont été réalisés selon trois axes principaux qui prennent en écharpe la partie aval de la dépression (Fig.8).

1. COUPE n° 1 (Fig.9)

Elle inclut les sondages SE 1,2,12,11 et 10 du nord au sud dans l'axe central de la vallée. Cette coupe met en évidence:

- l'horizon superficiel de vases et d'argiles salifères dont la résistivité varie de 0,275 à 0,60 ohm.m. Ces oscillations de la résistivité peuvent résulter de deux causes essentielles: des variations de la teneur en sel ou de la plus ou moins grande teneur en eau des profils. L'épaisseur de cet horizon diminue entre SE 1 et SE 2 puis augmente vers SE 11 et SE 12.

- les sédiments de la levée alluviale au SE 10 constitués de sables coquillers très résistants en surface.

- la constante présence du substratum de calcaires argileux du Lutétien avec ses très fortes résistivités et un pendage moyen de 0,037 ° SE vers le lac de Guiers.

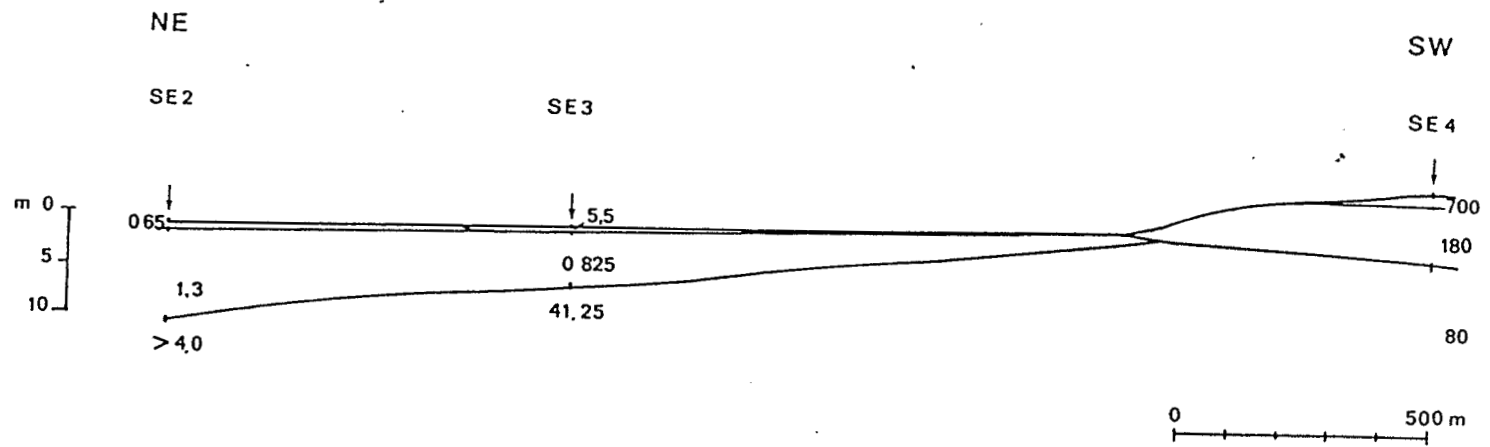


fig.10.coupe 2 . FERLO

- la couche de sédiments sablo-argileux aquifères dont l'épaisseur diminue du lac vers la vallée (sondage SE 2). La résistivité de cette couche augmentant sensiblement dans le même sens avec un maximum au sondage SE 12.

2. COUPE n° 2 (Fig.10)

Elle est transversale à la vallée à la hauteur du village de Ganket Gunte et correspond aux trois sondages SE 2, 3 et 4 ; le sondage SE 4 en bordure de la dépression est situé sur les dunes rouges de l'Ogolien.

Au niveau des sondages 2 et 3 on rencontre successivement:

- l'horizon supérieur de vases salifères caractérisé par sa faible résistivité (0,55 à 0,65 ohm.m)
- la formation de sable de levée alluviale relativement plus résistante (5,5 ohm.m),
- le niveau de sables argileux dont l'épaisseur se réduit vers les flancs de la cuvette ; son absence dans le sondage SE 4 laisse supposer que cet horizon s'achève en biseau vers la bordure de la vallée.

En effet le sondage 4 révèle des formations particulières et notamment:

- une couche sableuse supérieure très résistante
- un second niveau de sable mais bien différencié du précédent, humide mais sans nappe potentiellement exprimée
- les calcaires éocènes

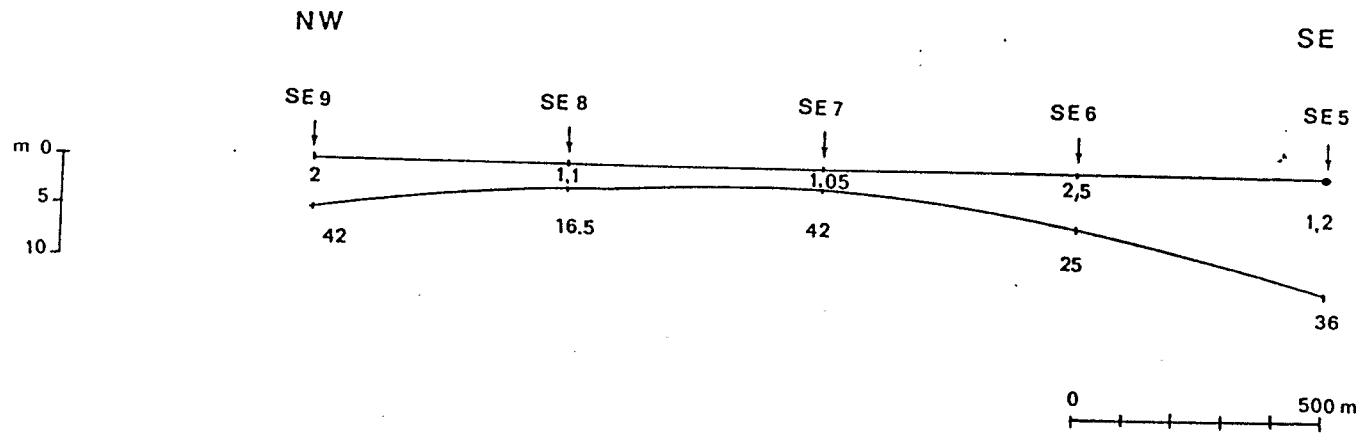


fig.11 .coupe 3 FERLO

- à la base de ces calcaires des sables aquifères.

3. COUPE n° 3 (Fig.11)

Elle est située sur la rive Est aux abords du village de Ndamé et comprend les sondages SE 5, 6, 7, 8 et 9.

Son originalité réside dans l'absence de l'horizon supérieur de vase et d'argiles à cristaux de sels et de gypse. On peut y distinguer, successivement:

- des sables argileux à nappe salée dont l'épaisseur minimum au centre de la coupe (2,50m en SE7) s'accroît vers le nord (5,0 m en SE 9) et vers le sud (12,5m en SE5). Les valeurs de la résistivité s'accordent avec ces variations d'épaisseur: elle est minimum (1,05 ohm.m) en SE 7.

Corrélativement la formation sous-jacente des calcaires du Lutétien subit les mêmes fluctuations. Ces calcaires affleurent sur la bordure de la vallée, sont proches de la surface en SE 7 et en SE 8: ils s'effondrent progressivement de SE 6 à SE 5 ainsi que vers SE 9.

C. - CONCLUSION SUR L'ETUDE DE LA VALLEE DU FERLO

L'étude des sondages et leur regroupement en trois coupes a permis de préciser le position du toit du substratum des calcaires argileux éocènes. Celui-ci présente une forme en cuvette avec un maximum de profondeur (environ 12m), vers le milieu de la vallée alors qu'il affleure notamment sur la bordure nord dans la

région de Dame. La résistivité de ces calcaires est comprise entre 16,5 Ω/m et plus de 50 Ω/m .

Au-dessus de ces calcaires se trouvent les formations sablo-argileuses du Tchadien. Leur résistivités sont comprises entre 0,825 Ω/m et 4,125 Ω/m .

Les sables rouges ogoliens constituent la première couche géoélectrique rencontrée dans le sondage réalisé à Gankette Gunte à cet endroit leur résistivité est de 700 Ω/m .

La couche superficielle du fond de la vallée, très conductrice (résistivité comprise entre 0,275 Ω/m et 0,65 Ω/m .) correspond aux vases et argiles salifères de la transgression nouakchottienne décrites par MICHEL, TESSIER et ELOUARD. Ces vasières plates et salées appelées tannes, sont envahies par une végétation de tamaris caractéristique des sols sursalés.

Selon DIOP (1984), les levées fluviodeltaïques post-nouakchottiennes occupent la dépression lacustre depuis le seuil de Syer jusqu'en amont de Bolabol dans la vallée du Bounoum.

COGELS (1984) estime que l'accroissement important de la salure du lac aux environs de 0,40m (environ 800 B.P.) peut être lié à des variations notables du régime hydrologique fluvial. Il admet aussi comme hypothèse que les sédiments du lac de Guiers proviennent essentiellement de l'érosion des sols développés sur le haut bassin de la Falémé.

II. - LE SITE DE NIANING

Deux séries de sondages ont permis d'établir une coupe dans

la zone déjà prospectée par ALBOUY et CARN (1970).

A. DESCRIPTION DES SONDAGES

1. Sondage_SE1 (figure 12)

Situé sur les dunes rouges, à 12m du puits abandonné en briques rouges, il est orienté selon N-340°.

La courbe de forme assez régulière présente d'importantes chutes de résistivités.

- le premier terrain très résistant (44000 Ω/m) et peu épais (0,45m) correspond à des sables secs.

- On observe ensuite un palier à 1100 Ω/m correspondant également à des sables dont l'épaisseur serait de 4,30m

- le troisième terrain très conducteur pourrait correspondre à la nappe phréatique dont le niveau identifié dans le puits à quelques mètres du sondage est à 5,0 m. La pente de la courbe excessivement forte n'a permis qu'une estimation de la valeur de la résistivité qui serait inférieure à 10 Ω/m . On ne peut pas cependant exclure la possibilité d'un niveau calcaire.

La conductivité de l'eau du puits est de 21,1 $mS.cm^{-1}$, ce qui correspond à une minéralisation d'environ 16 g/l, ce qui expliquerait la faible résistivité de l'aquifère dans le sondage SE 1

2. Sondage_SE2

Il a été réalisé dans le lit du marigot qui traverse le village, approximativement dans la zone du sondage SE 21 d'ALBOUY

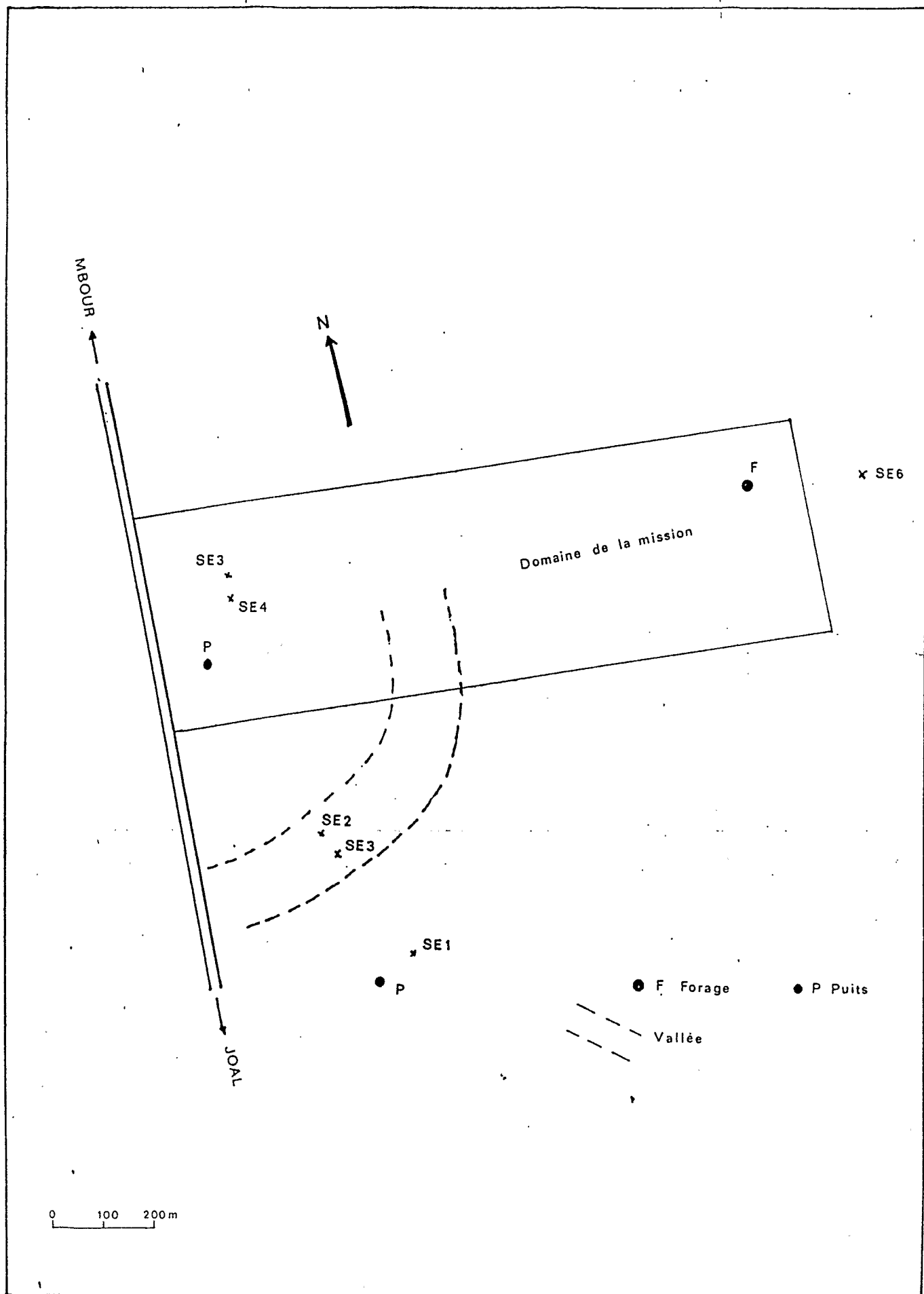


Fig. 12 Localisation des sondages de Nianing

et CARN (1970). Son azimuth est de N-295°.

La courbe régulière jusqu'à un AB/2 de 8m est caractérisée ensuite par une grande dispersion des points de mesures ainsi que par des à-coups de prise importants aux changements de MN.

On distingue successivement:

- un terrain superficiel très peu résistant (1,5 Ω/m) et peu épais (0,36m) puis un second terrain encore plus conducteur (0,75 Ω/m) mais plus puissant (3m); il s'agit de sables argileux salifères dont la différence de résistivités est vraisemblablement liée à une variation de la teneur en eau.

- la base du sondage plus résistante (15 Ω/m) pourrait soit correspondre à un niveau sableux humide, soit à des argiles silicifiées.

3. Sondages SE3 et SE4

Ils se situent dans la zone du sondage SE17 ALBOUY-CARN, à environ 100m au nord du point de forage de la mission.

Réalisés en croix avec un décalage des points origines de 40m ces deux sondages ont donné des courbes peu différentes.

Le sondage SE3 débute par un premier terrain résistant (600 Ω/m) puis on note une forte chute de la résistivité (42 Ω/m); la dernière couche est très conductrice (2,9 Ω/m).

On observe à nouveau une grande dispersion des points de mesure au-delà d'un AB/2 de 20m.

La courbe du sondage SE4 est régulière; seuls les points

correspondants aux dispositifs AB/2 de 15 et 20m s'écartent notablement de la courbe; ceci a été provoqué par la présence à cet endroit d'une canalisation métallique perpendiculairement à la ligne du sondage à une profondeur d'environ 0,60m.

Cette courbe présente un premier terrain à forte résistivité (1660 Ω/m), on passe ensuite à une formation plus conductrice (41,6 Ω/m); enfin le dernier terrain comme dans le sondage précédent a une résistivité très faible (4,16 Ω/m)

Par comparaison avec la stratigraphie locale on peut interpréter ces deux sondages de la façon suivante:

- La couche supérieure de sables secs à une épaisseur de 4,1m dans le sondage SE3 et de 1,25m dans le SE4.

- la formation sous-jacente correspondrait à des sables aquifères dont l'épaisseur varie de 6,9m dans le SE3 à 2,8m au SE4.

- Enfin les résistivités à la base des deux sondages pourraient correspondre soit au niveau de la nappe phréatique si l'on se réfère aux niveaux de l'eau observés dans les puits voisins des deux sondages SE 1 et SE 4. Les faibles valeurs de la résistivité rendraient compte d'une teneur plus forte en argile que dans les sables humides supérieurs ou d'une concentration en sels plus élevée que lors des mesures de 1970 où la valeur de la résistivité était estimée dans cette zone entre 20 Ω et 70 $\Omega.m$.

4. Sondage SE5

Situé sur le bord du marigot (azimuth: N-30°) il se trouve en position intermédiaire entre les sondages SE1 et SE2.

Une nouvelle fois la forte dispersion des points de mesures

a rendu l'interprétation délicate. On a noté en outre de fréquents changements de polarité lors des accroissements de MN.

On distingue successivement:

- un premier terrain peu résistant ($6 \Omega/m$) et très fin (0,32m) correspond à des argiles mieux lessivées que celles rencontrées dans le sondage SE 2, le sondage SE 5 étant situé à 50 cm au dessus de SE 2. On passe ensuite à un niveau encore plus conducteur ($1,2 \Omega/m$) d'épaisseur 3,2 m. Ce niveau correspondrait à des argiles un peu moins salifères que celles observées dans le sondage SE 2,

- la troisième formation de faible résistivité ($2,4 \Omega/m$) et puissante d'environ 40m, représente probablement un aquifère très argileux ou légèrement salé,

- On note ensuite une brusque remontée de la courbe, avec une pente supérieure à 45° , qui marque le passage à un terrain très résistant (supérieur à $1200 \Omega/m$) peu épais; cette couche pourrait correspondre à une couche ou à une lentille de grès calcaires. La profondeur de 43,5 m n'est pas en désaccord avec les données du sondage voisin où les calcaires ont été identifiés à 38 m. La proximité d'une dénivelée pouvant correspondre à un niveau plus élevé des calcaires à l'Est du sondage (voir SE 6) et la taille du dispositif AB > 100 m peuvent expliquer une déformation des équipotentielles due à une contribution importante d'une structure latérale,

- la partie terminale de la courbe est constituée par un palier à

8 Ω/m indiquant un faciès plus argileux, calcaires marneux par exemple.

5. Sondage_SE6

Implanté à 150m du forage CARITAS, soit à plus de 1km des autres sondages il a été orienté selon un azimuth N-27°.

Deux interprétations, l'une en 4 terrains la seconde en 5 terrains sont proposées.

a) Quatre terrains:

- le premier terrain très résistant (8000 Ω/m) et fin (0,32m) correspond aux sables secs.
- un second niveau moins résistant (120 Ω/m) et épais (10,2m) pourrait représenter des sables humides
- on passe ensuite aux calcaires paléocènes à faciès marneux (résistivité inférieure à 10 Ω/m) très épais, (81,2m de puissance).
- enfin la base du sondage (20 Ω/m) pourrait être constituée par les sables argileux du toit du Maestrichien.

b) Cinq terrains:

Elle se distingue de l'interprétation précédente par l'intercalation entre les terrains 2 et 3, d'une formation plus conductrice vraisemblablement sableuse, ce qui donne le log géo-électrique suivant:

- sables superficiels très secs (8000 Ω/m)
- sables humides (180 Ω/m et 2,05m d'épaisseur)
- sables aquifères (82 Ω/m et 6,5m)
- calcaires paléocènes (8,5 Ω/m et 128m)

- sables argileux du Maestrichien ($40 \Omega/m$)

On observe une bonne concordance entre cette interprétation et le log du forage réalisé à cet endroit.

L'eau prélevée dans ce forage a une conductivité de $8,5 \text{ mS.cm}^{-1}$, ce qui correspond à une charge minérale d'environ $6g/l$, soit une valeur très sensiblement supérieure à la norme de potabilité admise par l'O.M.S. (valeur limite: $2g/l$)

B.- COUPE DE NIANING (figure 13)

D'orientation moyenne Sud Nord, elle se compose des sondages SE 1, SE 5, SE 2, SE 4 et SE 3. Elle comporte une dune au Sud (SE 1) une vallée marquée par des invasions marines (SE 5 et SE 2) et une zone boisée à caractère agricole.

Les sables extrêmement secs de la dune (résistivité de l'ordre de $44\ 000 \text{ ohm.m}$) surmontent un horizon de sables secs dont les résistivités sont comprises entre 600 et $1800 \Omega.m$ ce qui révèlent une variation latérale des teneurs en argiles.

Le niveau de la nappe indiqué par deux puits au voisinage des sondages SE 1 et SE 4 correspond en général à des résistivités inférieures à $10 \Omega.m$ sauf pour le sondage SE 3 où la valeur de $42 \Omega.m$ représenterait un aquifère sableux à eau douce. La pente correspondant au contact entre les résistivités de l'ordre de $42 \Omega.m$ et celles de 3 à $4 \Omega.m$ pourrait représenter la trace d'une vallée fossile (ALBOUY et CARN 1970); les faibles valeurs de résistivité signalent des niveaux à attapulgites.

On pourrait expliquer la faible épaisseur du niveau à $42 \Omega.m$

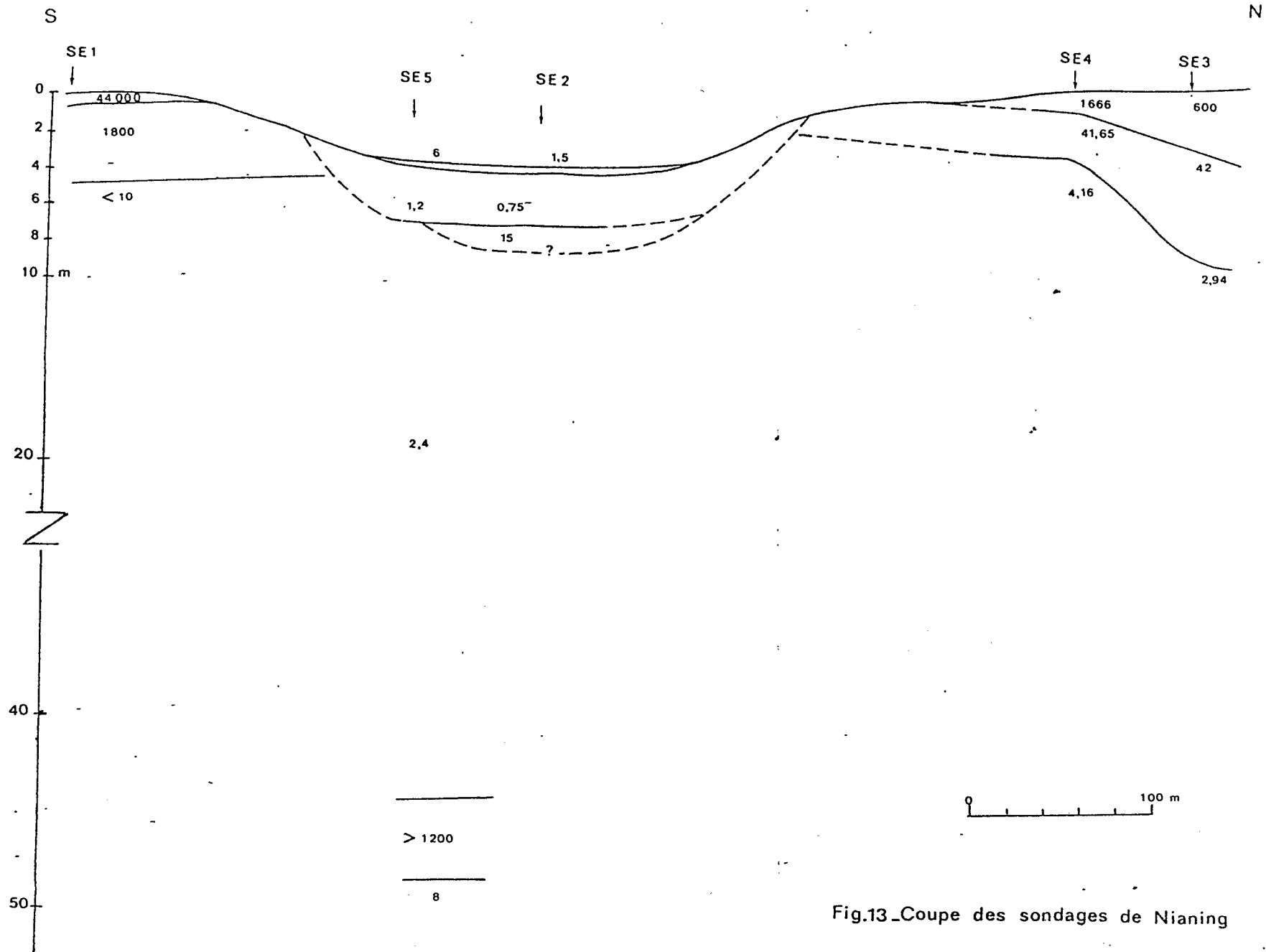


Fig.13_Coupe des sondages de Nianing

pour SE 4 par une influence plus marquée par l'eau salée en raison de l'exploitation du puits voisin.

En ce qui concerne la vallée actuelle, le niveau supérieur des sables secs est inexistant et remplacé par un niveau d'argiles salées sèches peu épais (de l'ordre de quelques cm), mieux lessivées en SE 5 situé en bordure du lit fluvial; en devenant humides, ces argiles présentent des résistivités qui varient de 0,7 à 1,2 Ω .m. le niveau inférieur localisé sous le sondage SE 2 présentant une résistivité de 15 Ω .m pourrait correspondre à un niveau sableux plus grossier bien lessivé par des eaux douces. Enfin les valeurs de 2,4 Ω .m trouvées sous une épaisseur de terrain de l'ordre de 40 mètres (EN SE 5) serait attribuable à un faciès argileux (attapulgites) éventuellement plus salé que ceux identifiés en SE 1 et SE 4

Le niveau très résistant situé à 44 m. dans le sondage SE5 doit être attribué aux calcaires paléocènes identifiés à 38 m. au voisinage du SE4. Ces variations latérales supposées ne permettent pas de définir avec certitude l'épaisseur et la nature de cette couche. Enfin la valeur de 8 Ω /m. à la base de SE5 est interprété comme un faciès plus marneux de ces calcaires très épais comme on a pu le constater dans le sondage SE6.

III. - LE LAC TANMA

La géomorphologie de la région du lac Tanma est étroitement liée au grand erg des sables ogoliens. Disposées en cordons de

dunes, ces anciennes formations sont orientées NE-SW. Elles ont été prises en écharpe par les dunes littorales récentes et actuelles qui ont isolé de petites dépressions occupées par des lacs salés témoins de la dernière transgression. Au lac Tanma, BARRETO (1962) considère que la salure des sols et des aquifères qu'ils renferment est d'origine marine et fossile. Cette salure se prolonge aujourd'hui par les apports de sels lessivés des formations géologiques du bassin versant.

Les trois sondages ont été effectués au niveau de la clairière constituée par le brise-feu perpendiculairement au chemin forestier traversant la zone de reboisement (Fig.4). C'est dans cette zone que le gradient de salinité des aquifères est le plus important: la minéralisation des solutions des nappes passe en moins de 500 mètres de 1-2 mmhos.cm à 25-50 mmhos.cm.

A.- ETUDE DES SONDRAGES

1. Sondage SE 1

Il a été réalisé sur le flanc nord-est de la dépression à 120 mètres de la piste forestière qui traverse la zone boisée. Son azimut est N 010 E et son AB/2 minimum de 80 m . La grande dispersion des points à partir de $AB/2 = 12$ m permet d'envisager deux possibilités (Annexe). Le tracé d'une courbe moyenne amène à distinguer:

- un horizon supérieur très résistant (1350 ohm.m), peu épais (1,05 m) . Il s'agit de sables légèrement argileux très

riches en coquilles d'Arca Senilis,

- un horizon peu épais (0,95 m) et de très faible résistance (67,5 ohm.m) ce qui entraîne dans la courbe représentative une chute très forte à la limite de l'interprétation. Il est formé de sables argileux salifères non coquillier.

- la troisième couche est encore moins résistante (10 ohm.m) avec une épaisseur de 3,97 m. Elle correspond à des sables argileux contenant un aquifère légèrement salé.

- à la base de cette formation un terrain à faible résistivité (6,25 ohm.m) mais qui se développe sur près de 102 m pourrait correspondre aux marnes à attapulgites de l'éocène inférieur qui ont été recoupées par le forage OMS.

- enfin la remontée finale de la courbe indique la présence d'une dernière formation plus résistante (62,5 ohm.m) que l'on peut attribuer aux calcaires gréseux ou calcaires argileux de la base de l'éocène et du sommet du paléocène.

2. Sorsage SE 2

Il est à 120 mètres, dans la direction N 095, du premier sondage, ce qui correspond dans la classification de BENARICHA (1985) à la zone à nappe d'eau douce (les conductivités des eaux sont comprises entre 2,3 et 10 mmhos.cm).

De même azimut que SE 1, il présente un AB/2 maximum de 200 m mais on remarque la dispersion des points de mesures à partir de AB/2 = 25 m (Annexe). Nous avons opté à nouveau pour une courbe moyenne dont l'interprétation amène à distinguer:

- une couche superficielle peu épaisse (0,62 m) mais très

résistante (200 ohm.m). C'est une formation sableuse peu argileuse et peu fossilifère,

- une seconde couche moins résistante (90 ohm.m) dont la puissance est de 4,34 m qui correspond vraisemblablement à un niveau sablo-argileux,

- le troisième terrain qui engendre une remontée de la courbe du sondage présente une résistivité de 170 ohm.m et une puissance de 8,43 m. Il pourrait s'agir de sables aquifères légèrement salés,

- à cette couche sableuse succède un niveau plus épais (34m) et plus conducteur (27 ohm.m) correspondant à la formation des argiles sableuses aquifères.

- à la base du sondage, une formation peu résistante (moins de 10 ohm.m) mais très épaisse car son mur n'a pu être atteint. Il s'agit sans doute des marnes argileuses de l'éocène inférieur.

3. Sondage SE 3

A 280 mètres dans la direction N 095, il présente le même azimut que le sondage précédent mais il se situe en dehors des zones classifiées par BENARICHA (1985) sur des dunes occupées par quelques baobabs (*Adansonia digitata*).

La très forte résistivité des terrains superficiels a limité l'écartement des électrodes d'injection à un AB/2 maximum de 32 mètres. La distribution des points de mesures se fait de manière régulière et a permis d'obtenir une courbe unique assez fiable (Annexe). Ce sondage traverse successivement;

- des sables superficiels de 1,50 m d'épaisseur, très secs et très résistants (10 000 ohm.m),

- une seconde formation sableuse d'épaisseur sensiblement égale à la précédente mais de résistivité moindre (900 ohm.m). Cette diminution de la résistivité peut correspondre soit à une humidification plus importante ou à la présence d'argiles,

- le troisième niveau (résistivité de 220 ohm.m) pourrait être constitué de sables légèrement salifère et serait en continuité avec une quatrième formation sableuse contenant la nappe d'eau douce. La séparation à 7,80 m de profondeur peut marquer le niveau piézométrique.

B. - ETUDE DE LA COUPE (Fig.14)

D'orientation générale W-E, elle permet de mettre en évidence les importantes variations de nature et de chimisme des aquifères et des terrains.

D'Ouest en Est, on note:

- la couche de sables plus riche en débris de coquilles au niveau de SE 1 que des autres sondages; la diminution de la faune marine allant de pair avec la croissance de la résistivité,

- les sables salifères plus résistants vers l'Est; cette variation est vraisemblablement liée à la baisse de la salinité au fur et à mesure que l'on s'éloigne du lac,

- la formation de sables traversés dans les sondages 2 et 3 qui se termine en biseau avant SE 1,

- les sables argileux portant les aquifères sont d'épaisseur

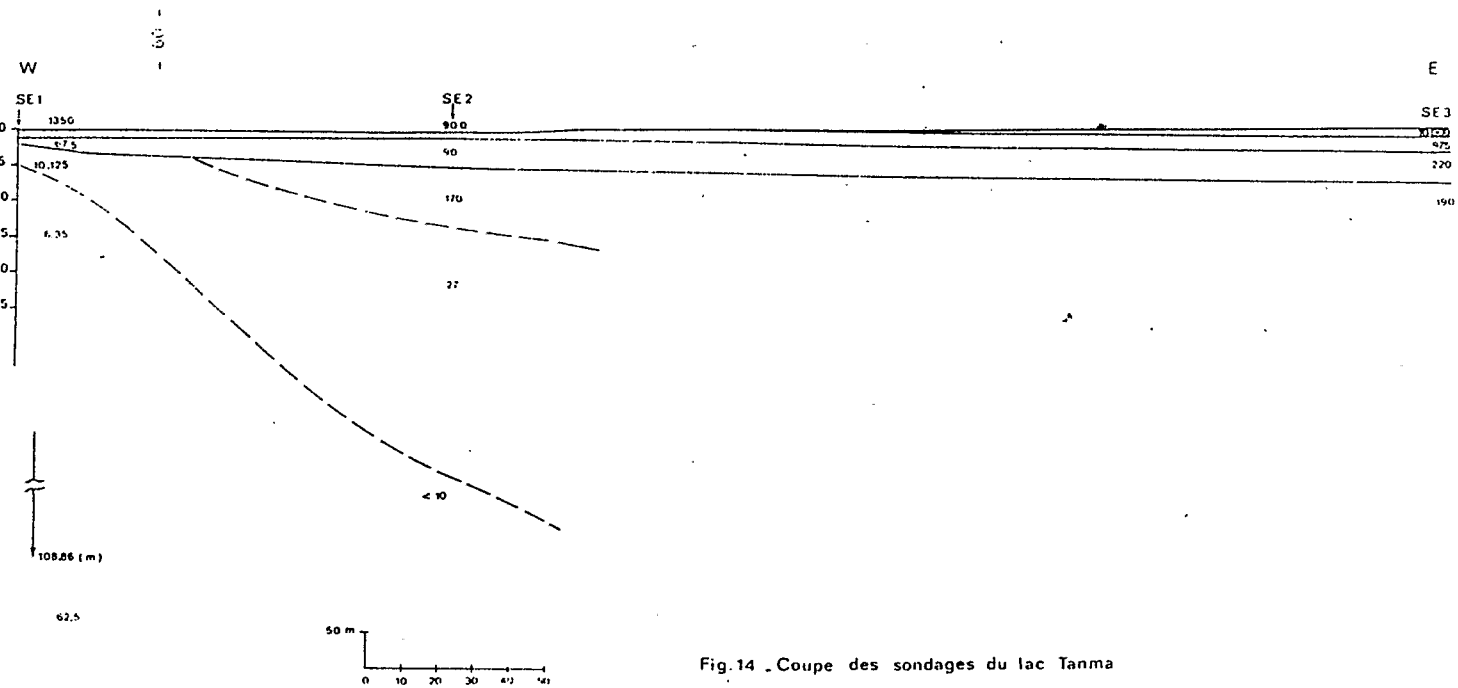


Fig.14 .Coupe des sondages du lac Tanma

très inégale. L'horizon passe de 3,97 m en SE 1 à plus de 47 m au sondage SE 2 ;corrélativement la résistivité varie de 10 à 27 ohm.m, augmentation liée à la diminution de la minéralisation des aquifères,

- seul le sondage SE 1 a révélé la base des argiles et marnes de l'éocène inférieur qui surmontent les calcaires argileux ou calcaires sableux de la base de l'éocène inférieur.

Selon les études polliniques de GUIRAUD et BELLION (1979), les sables argileux et les argiles sableuses correspondent à un épisode lagunaire et pourrait remonter au Tchadien à la base de

l'Holocène. Ces auteurs suggèrent par ailleurs que l'épaisseur relativement élevée des formations quaternaires attesterait du tracé d'une vallée fossile dont l'exutoire serait la canyon de Kayar.

Le nombre réduit de sondages effectués ne peut donner lieu à une interprétation exhaustive des variations d'épaisseur des différents niveaux. Toutefois la pente vers l'est des terrains de plus faible résistivité et l'accroissement progressif de cette résistivité vers l'est suggèrent l'existence d'un coin salé ancien progressivement lessivé par l'écoulement produit par les sources situées à l'est.

CONCLUSION

On notera tout d'abord que la basse vallée du Ferlo et le lac Tanma se singularisent en tant que dépressions à très fort taux de salinité dans lesquelles la présence d'une faune fossile composée essentiellement d'Arca, et de Turritelles, révèle une ancienne pénétration marine. A Nianing l'invasion par l'eau de mer se poursuit actuellement de façon épisodique, lors des fortes marées notamment.

Les formations d'argiles et de vases salifères caractéristiques de la basse vallée du Ferlo trouvent leurs équivalents dans les argiles sableuses qui occupent le fond du lit du marigot de Nianing.

Les résistivités de ces niveaux sont comprises entre 0,4 et 0,7 Ω/m et leurs épaisseurs inférieures à 1 m en général; la présence du sel est due à une concentration des nappes sous l'effet de l'évaporation. L'accumulation dans le temps de tels épisodes expliquerait également dans la vallée du Ferlo une salinité supérieure à celle de l'eau de mer observée sur les eaux prélevées dans les sables argileux.

La situation du lac Tanma paraît un peu différente, en ce qui concerne le secteur étudié qui borde le lac proprement dit. En effet malgré la présence de fossiles qui attestent l'origine marine de cette lagune, on n'observe pas de très faibles résistivités. L'évolution de ce système est interprétée comme un lessivage par les nappes d'eau douce actuelles d'un ancien domaine salé. La morphologie des contacts entre les couches de résistivités différentes suggère également la présence d'un coin salé en voie de resorption.

Le dernier aspect envisagé dans les relations eau douce - eau salée est illustré par la zone d'exploitation de l'aquifère du village de Nianing (mission catholique canadienne). S'il semble que la nappe a certainement une résistivité inférieure à celle mesurée en 1970 (ALBOUY, CARN), une correspondance rigoureuse n'a cependant pu être établie entre les sondages électriques réalisés à 16 ans d'intervalle. Les faibles résistivités qui les caractérisent ne peuvent être facilement distinguées de celles qu'on observerait par invasion d'eau salée dans un aquifère sableux. Les variations latérales de facies entre sables et argiles étant par ailleurs très fréquentes dans cette zone.

Les couches profondes qui constituent le substratum des différentes zones étudiées sont ptout représentées par les calcaires, dont les résistivités, plus élevées dans tous les cas que celles des argiles, varient toutefois en fonction de leur teneurs en argiles.

On notera pour chacune des régions:

- Calcaires lutétiens de la basse vallée du Ferlo; résistivité moyenne : 40 Ω/m

- Calcaires paléocènes de la région de Nianing; résistivité moyenne : 2 à 10 Ω/m

- Calcaires paléocènes du lac Tamna; résistivité moyenne : 62 Ω/m .

64
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBOUY Y. et CARN M. (1970). Prospection électrique à Nianing (Sénégal). Rapport ORSTOM multigr., 6p.
- ASTIER J.L. (1971). Géophysique appliquée à l'hydrologéologie. Masson (Eds), 277 p.
- BÉNARICHA B. (1985). Etude pédologique du reboisement du lac Tamna (région de Thiès). Rapport ORSTOM, Dakar, 76p.
- BRIGAUD F. (1961). Connaissance du Sénégal: l'hydrographie. Etudes Sénégalaises, I.F.A.N., n° 9, 2, 102 p.
- CARN M. (1985). Etude expérimentale de l'évolution chimique des eaux du lac de Guiers concentrées par évaporation. Mémoire de D.E.A., Dpt de Géologie, Univ. de Dakar, 75 p.
- COGELS F.X. (1984). Etude limnologique d'un lac sahélien: le lac de Guiers, (Sénégal). Thèse d'Etat, F.U.L., Arlon (Belgique), 385 p., 3 volumes.
- COGELS F.X. et GAC J.Y. (1982). Le lac de Guiers; Fonctionnement, bilans hydriques, évaporation d'une nappe d'eau libre en zone sahélienne. Cah. ORSTOM, sér. Géol., vol. XII, 1, pp. 41-60.
- COGELS F.X. et GAC J.Y. (1983). Aménagements et évolution hydro-géochimique du lac de Guiers depuis 1916. Coll. AUPELF, Thiès, avril 1983, 17 p.
- DIA A. (1982). Contribution à l'étude des caractéristiques pétrographiques, pétrochimiques et géotechniques des granulats basaltiques: de la presqu'île du Cap-Vert au plateau de Thiès. Thèse 3è. cycle, Univ. Dakar, 183 p.
- DIOP M. (1984). Le delta sous-lacustre du Guiers. Etude géomorphologique. Mém. de Maîtrise, Univ. Dakar, 94 p.
- ELOUARD P., FAURE H., HEBRARD L. (1977). Variations du niveau de la mer au cours des 15 000 dernières années autour du Cap Vert du Sénégal. Coll. P.I.C.G.-I.N.Q.U.A., Dakar, 19 p.
- GROSMOIRE P. (1957). Eléments de politique sylvo-pastorale au Sahel Sénégalais. Bull. du Service des Eaux et Forêts, 2-10, 56 p.
- GUIRAUD D. et BELLION Y. (1979). Etude lithostratigraphique des sondages et des forages OMS réalisés dans le secteur lac Tamna. Rapp. Faculté des Sciences, Dakar, 6p.
- HENRY Y. (1918). Irrigations et cultures irriguées en Afrique tropicale. Paris, Larose Ed., 296 p.
- HUBERT H. (1921). Eaux superficielles et souterraines au Sénégal. Paris, Larose Ed., Publi. Gouvern. Gén. A.O.F., 30 p.
- LASFARGUES P. (1957). Prospection électrique par courant continu. Manuel de Géophysique (Eds MASSON), 277 p.

- MICHEL P. (1973). Les bassins des Fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Mém. ORSTOM, 63, 845
- ORELLANA E. (1972). Prospeccion geoelectrica en corriente continua. Biblioteca tecnica Philips, 523 p.
- PEREIRA BARRETO S. (1961). Etude pédologique des abords NE du lac Tamna en vue de l'implantation d'un village pionnier. Ministère de l'Economie Rurale et de la Coopération du Sénégal, 23 p.
- PASCAL G. (1970). Etude expérimentale de l'emploi des abaques auxiliaires pour l'interprétation des sondages électriques.
- ROCHETTE C. (1974). Le bassin du fleuve Sénégal. Monographies Hydrologiques de l'ORSTOM, 1, 391p.
- SADIO S. (1986). Etude pédologique des facteurs de mortalité des essences forestières introduites en milieux salés au Sénégal. Rapport ORSTOM, multgr., 31p.
- SAOS J.L. et al. (1982). Etude préliminaire de deux sondages dans les sédiments holocènes du lac de Guiers (Sénégal). Cahier ORSTOM, sér. Géol., XII, 1, pp. 61-72
- SAINTON C. (1957). Etude géologique de la région du lac de Guiers. Arch. D.F.M.G., A.O.F., Rapport inédit.
- SARR R. (1982). Etude géologique et hydrogéologique de la région de Joal Fadiouth (Sénégal). Thèse 3 cycle, Université de Dakar, 191 p.
- TROCHAIN (1940). Contribution à l'étude de la végétation au Sénégal. Eds. Larose, Paris, 434p.

ANNEXE 1

Abaques et programmes d'interprétation sur HP-85

ANNEXE 2

Interprétation des sondages:

- courbes des sondages
- résistivités et épaisseurs des couches

ANNEXE 3

Résistivimètre: panneau de la console du RSP.6

PROGRAMME D'INTERPRETATION DES COURBES DE SONDAGES AU HP 85

```

5  - PAGEM "ELECT1"
10 OPTION BASE 10 CLEAR
20 DIM P(17),T0(169),O(139),X3(
31),Y3(31)
21 DISP "ECRAN (1) DU PLOTTER (
22)"
22 INPUT Z
23 IF Z=2 THEN Z=705
30 E8=30.@ E8#0 @ PLOTTER IS Z
35 GOSUB 7000 ! -----DATA
70 GOTO 30
80 E8=E8+2 @ P3=-1.@ GOSUB 2000
   ! EPAIS
90 DISP
110 DISP "NOMBRE DE COUCHES"
114 INPUT N
120 N1=2*N-1
130 N2=-1
140 FOR I=1 TO N-1
150 N2=N2+2
160 DISP
170 DISP "RESIST. ET EPAIS. DE L
   A COUCHE";I
180 INPUT P(N2),P(N2+1)
190 NEXT I
200 DISP
220 DISP "RESIST. DERNIERE COUCH
   E";N
230 INPUT P(N1)
235 IF E8>0 THEN 250
240 GOSUB 5000 ! -----GRILLE
245 GOSUB 6000 ! -----STRAT
250 P3=4 @ GOSUB 2000
260 LOCATE 8,112,5,100
270 SCALE X1,X2,Y1,Y2
275 DISP "   ATTENDEZ"
280 S=-1.7239458
290 O1=LOG(10)/10
300 N3=2*N-3
310 P1=P(1)
320 P2=P(N1)
330 K=(P(N3)-P(N1))/(P(N3)+P(N1)
   )
340 FOR I=1 TO 139+E8
350 I0=130-I
350 U=EXP(-((LOG(X)/O1+I0)*O1+S)
   )
355 ON ERROR GOTO 375
370 E1=K*EXP(-(2*P(2*N-2)*U))
372 GOTO 380
375 E1=0 @ OFF ERROR
380 T=P(2*N-3)*(1-E1)/(1+E1)
390 FOR J=N-2 TO 1 STEP -1
400 J0=J+1
410 J1=2*J-1
420 J2=2*J
425 ON ERROR GOTO 435
430 E2=EXP(-(2*P(J2)*U))
432 GOTO 440
435 E2=0 @ OFF ERROR

```

```

440 W=P(J1)*(1-E2)/(1+E2)
450 T=(W+T)/(1+W*T/(P(J1)*P(J1)
   )
460 NEXT J
470 T0(I)=T
480 NEXT I
490 MOVE X1,Y1
500 LINETYPE 1
510 FOR I1=0 TO E8
520 GOSUB 3000 ! -----CONVOL
530 X3(I1+1)=I1* 1+X1
540 Y3(I1+1)=LGT(R)
550 NEXT I1
560 FOR I=1 TO E9
570 PLOT X3(I),Y3(I),-1
575 IF Z=1 THEN DRAW X3(I),Y3(I)
580 NEXT I
600 DISP USING "#,K" . CHR$(27)
   "&10T"
605 PEN 0
610 DISP "UN AUTRE MODELE? OUI=
   , NON=0";
620 INPUT A
630 IF A=1 THEN 80
1998 PEN 0
1999 STOP
2000 ! -----EPAI
2010 LOCATE 110,140,5,100
2020 SCALE 0,10,0,100
2030 LINETYPE 1
2040 PEN P3 @ CSIZE 3,5
2050 E3=0
2060 FOR I=1 TO N-1
2070 E3=P(2*I)+E3
2080 MOVE 2+E8,E3
2090 DRAW 3+E8,E3
2100 NEXT I
2110 Y=0
2120 FOR I=1 TO N
2130 IF I=N THEN P(2*N)=100-Y
2140 Y=P(2*I)+Y
2150 Y0=Y-P(2*I)/2
2160 MOVE 2.5+E8,Y0
2170 LABEL USING "K" . P(I*2-1)
2180 NEXT I
2190 RETURN
3000 ! -----CALCULE
3010 R=C1*P2+C2*P1
3020 FOR I=1 TO 139
3030 R=R+C(I)*T0(I+E9-I1)*.0000
   .001
3040 NEXT I
3050 RETURN
5000 ! -----GRILLE
5010 DISP "DESSIN DE TOUTE LA C
   ILLE : OUI=3 . NON=2";
5020 INPUT G1
5030 DISP "ORIGINE SUP OX (1,1)
   . . .)";
5040 INPUT X

```

```

5050 DISP "ORIGINE SUP OY (1,10)
      "
5060 INPUT Y
5070 X1=LGT(X)
5080 Y1=LGT(Y)
5090 X2=X1+2.85
5100 Y2=Y1+2.85
5110 LOCATE 8,106,5,107
5120 SCALE X1,X2,Y1,Y2
5130 CSIZE 3, 5
5140 FOR I=0 TO 2
5150 LORG 8
5160 MOVE LGT(X*.95),Y1+I
5170 LABEL USING "K" , 10^(Y1+I)
      " "
5180 LORG 5
5190 MOVE X1+I,LGT(Y*.8)
5200 LABEL USING "K" , 10^(X1+I)
      " "
5210 NEXT I
5211 LORG 9
5212 MOVE LGT(X*.95),Y1+1.5
5213 LABEL "Res."
5214 LORG 9
5215 MOVE X1+3,LGT(Y*.8)
5216 LABEL "A/B m"
5218 LORG 5
5220 FOR I=0 TO 3
5230 I1=10^I
5240 FOR J=1 TO 10
5250 L1=G1
5260 IF J=1 THEN L1=1
5270 LINETYPE L1, .5
5280 Y0=Y1+LGT(J*I1)
5290 MOVE X1,Y0
5300 DRAW X2,Y0
5310 X0=X1+LGT(J*I1)
5320 MOVE X0,Y1
5330 DRAW X0,Y2
5335 IF G1=2 THEN 5350
5340 NEXT J
5350 NEXT I
5360 RETURN
6000 ! -----STRAT
6010 LOCATE 110,140,5,100
6020 SCALE 0,10,0,100
6030 LINETYPE 1
6040 MOVE 10,0
6050 DRAW 1,0
6060 DRAW 1,100
6070 FOR I=0 TO 9
6080 FOR J=1 TO 10 STEP 2
6090 L1=3
5100 IF J=1 THEN L1=1
6110 LINETYPE L1, 5
6120 Y0=J-1+I*10
6130 MOVE 1,Y0
6140 DRAW 1.5,Y0
6150 NEXT J
6160 NEXT I

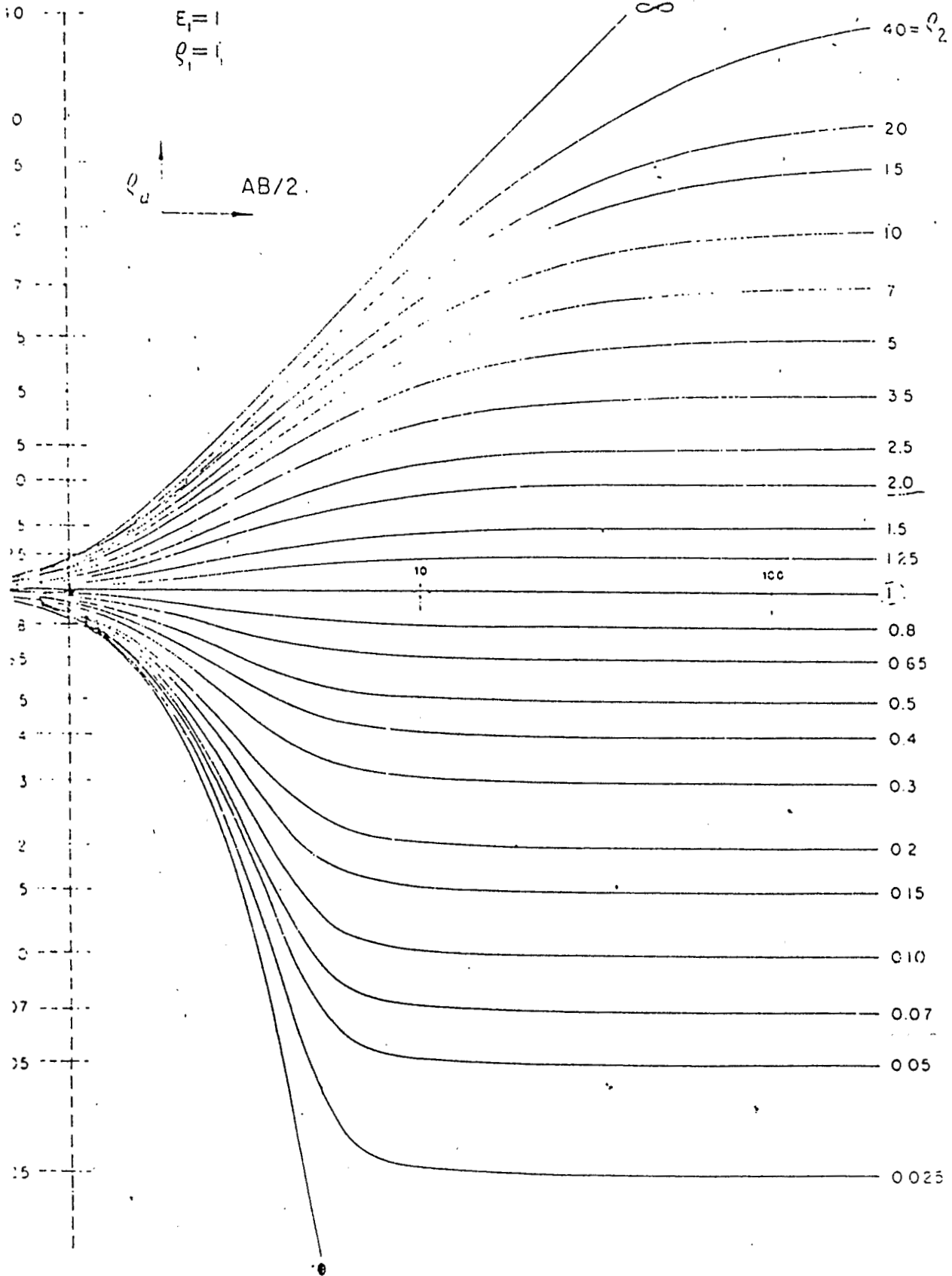
```

```

6170 LINETYPE 1
6180 CSIZE 3, .5
6190 FOR I=1 TO 10
6200 MOVE 0,(I-1)*10
6210 LABEL USING "K" , (I-1)*10
      " "
6220 NEXT I
6230 MOVE 0,96
6240 LABEL USING "K" , "Met "
6250 RETURN
7000 ! -----CONVOL
7010 DATA -12484,12726,-12975,
231,-13494,13765
7020 DATA -14043,14330,-14625,1
930,-15244,15567
7030 DATA -15901,16246,-16602,1
971,-17352,17746
7040 DATA -18154,18577,-19015,1
469,-19941,20429
7050 DATA -20936,21463,-22009,2
577,-23166,23779
7060 DATA -24416,25079,-25768,2
487,-27235,28016
7070 DATA -28830,29680,-30568,3
496,-32467,33484
7080 DATA -34549,35666,-36838,3
069,-39363,40724
7090 DATA 42156,43666,-45259,46
40,-48717,50596
7100 DATA -52587,54697,-56936,5
314,-61845,64540
7110 DATA -67414,70484,-73767,7
284,-81057,85111
7120 DATA -89475,94183,-99267,1
4775,-110741,117248
7130 DATA -124303,132085,-14046
,149959,-159826
7140 DATA 171917,-182946,199955
-209469,239052
7150 DATA -234543,304916,-23412
,453990,-106745
7160 DATA 899282,550573,2442523
3250077,7926675
7170 DATA 13023345,25610307,411
0741,64231809
7180 DATA 72803988,36118538,-10
406442,-242172543
7190 DATA 20052460,444506381,-4
9348908,294899398
7200 DATA -137791072,61285163,-
9362551,15817356
7210 DATA -9504597,6226174,-435
505,3198475,-2441493
7220 DATA 1920840,-1548505,1273
95,-1065148,903512
7230 DATA -775750,673079,-58937
,520264,-462558
7240 DATA 413891,-372478,336951
-306251,279543
7250 DATA -256168,235594,-21739
,201216,-186773
7260 DATA 173826,-162176,151657
-142126,133463
7270 DATA -125568
7280 FOR I=1 TO 139 @ READ C1
NEXT I
7290 C1=.00006174
7300 C2=.00060905
7310 RETURN
9999 END

```

SHEET
LAMINA 1



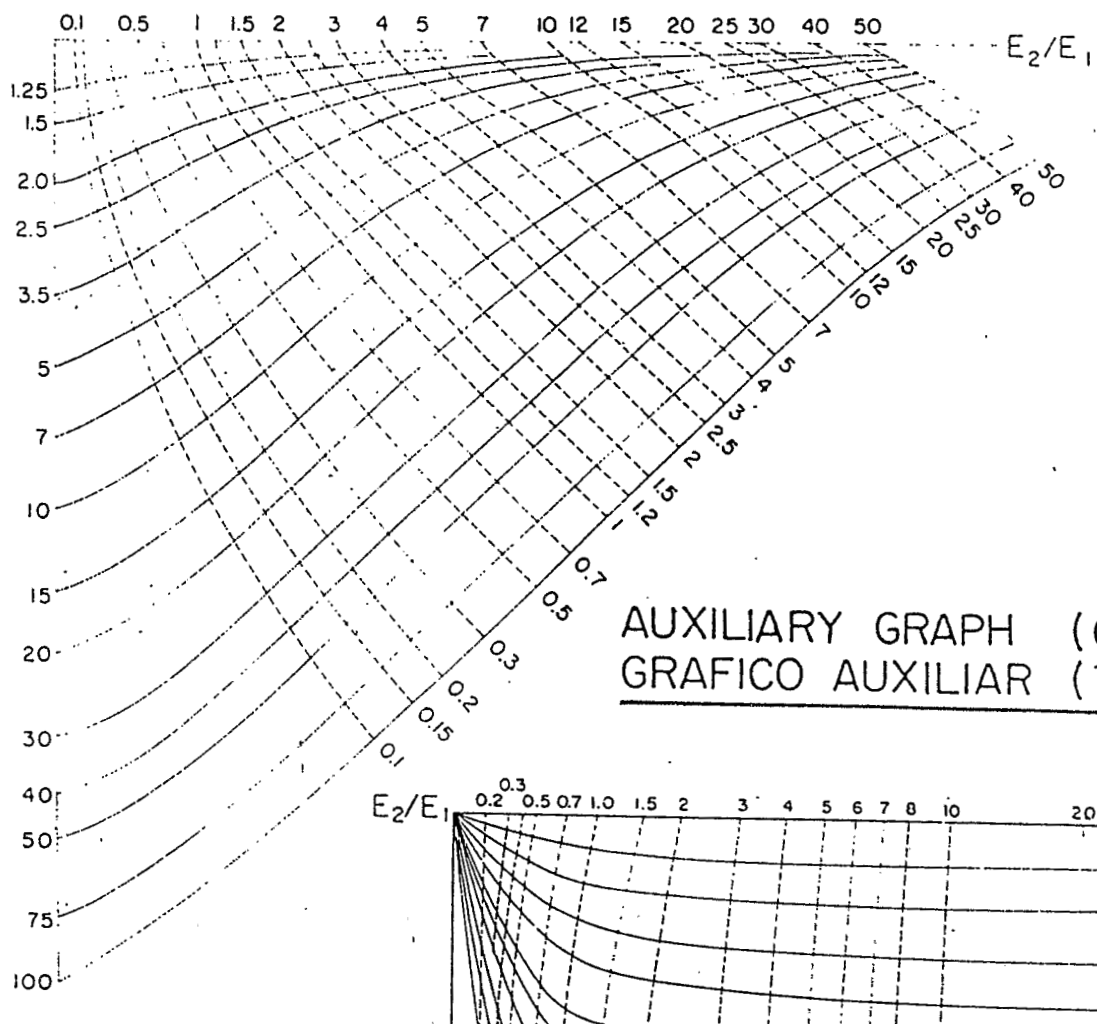
EY
RES
SEV

TWO - LAYER CURVES - CURVAS DE DOS CAPAS

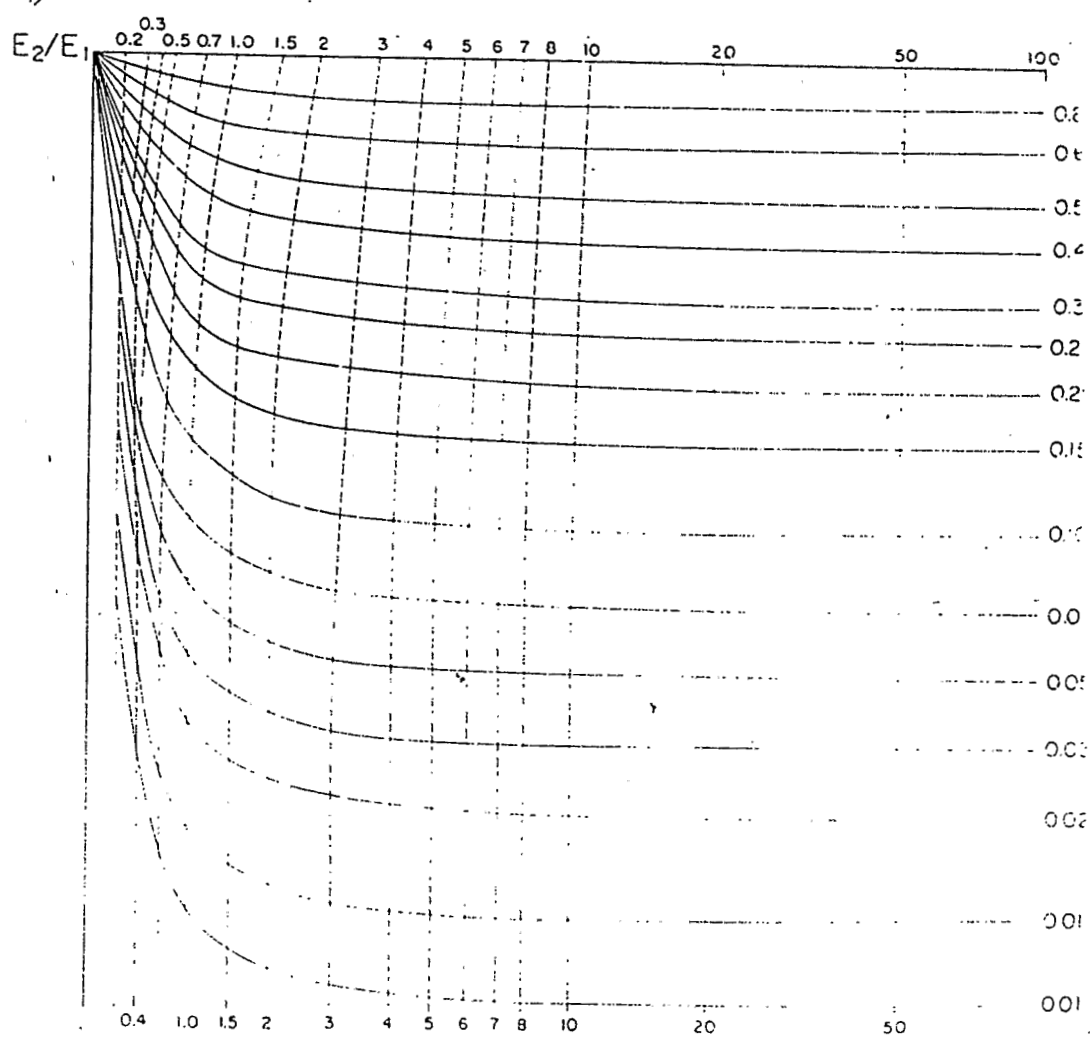
$\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$

AUXILIARY GRAPH (K-TYPE)
 GRAFICO AUXILIAR (TIPO-K)

SHEET . . .
 LAMINA . . .



AUXILIARY GRAPH (Q-TYPE)
 GRAFICO AUXILIAR (TIPO-Q)

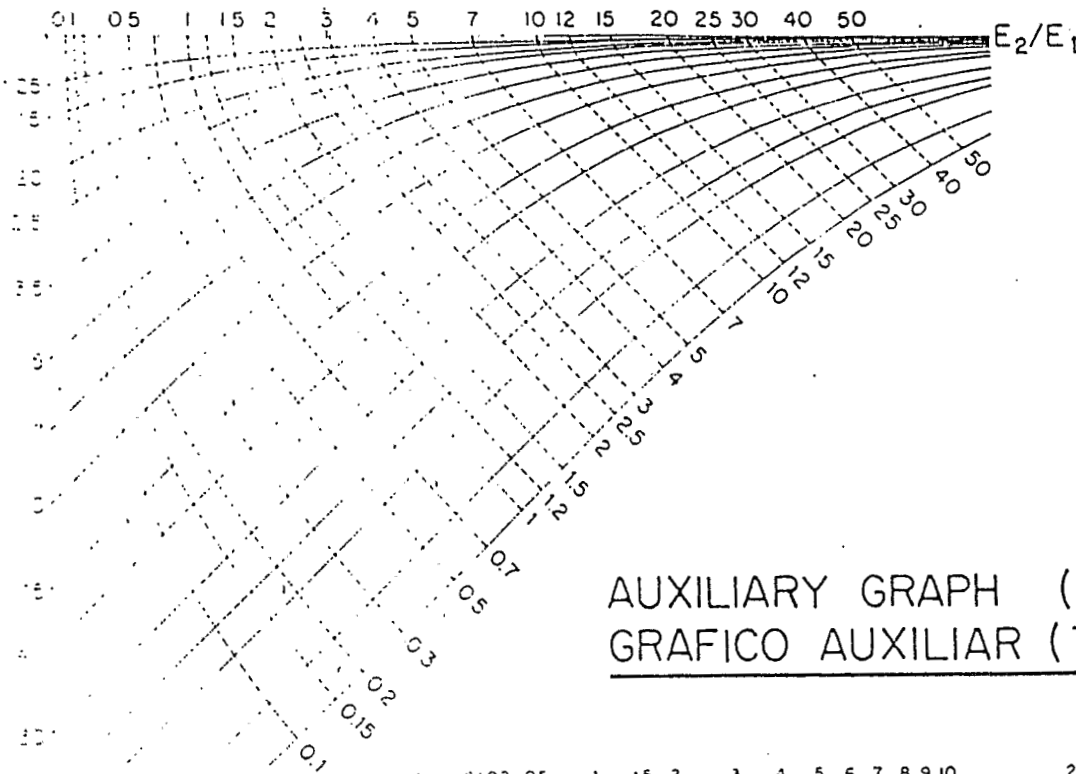


$\frac{0.2}{1}$

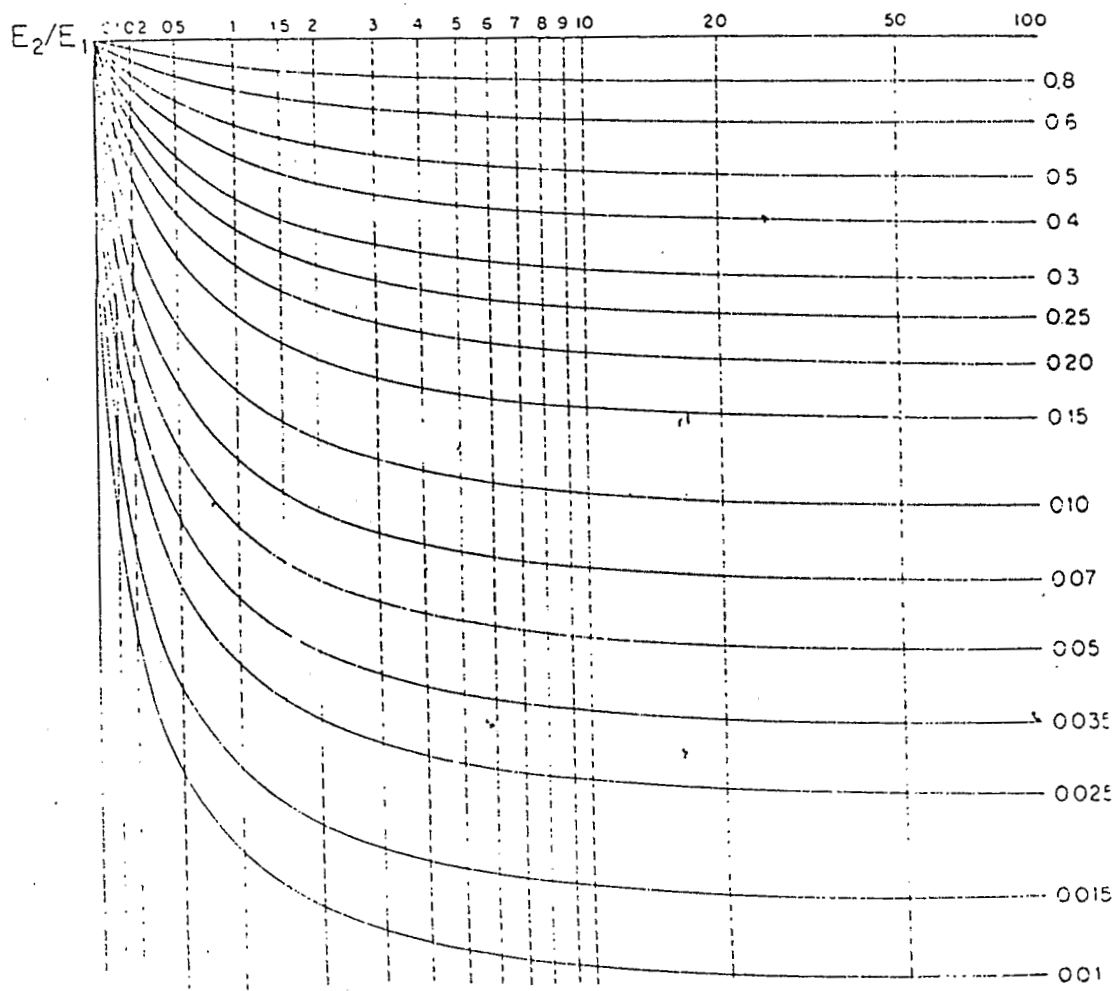
AUXILIARY GRAPH (A-TYPE)
 GRAFICO AUXILIAR (TIPO-A)

$\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$

SHEET-B
 LAMINA-B



AUXILIARY GRAPH (H-TYPE)
 GRAFICO AUXILIAR (TIPO-H)



$\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$

Mission :	SE n°	Cordonnées	Azimuth :	Date :
-----------	-------	------------	-----------	--------

$\frac{AB}{2}$	MN	K	$\frac{\Delta v}{I}$	e_a	$\frac{AB}{2}$	MN	K	$\frac{\Delta v}{I}$	e_a
1	0,4	7,575			32	2	1600		
1,5	0,4	17,40			40	10	495		
2	0,4	31,10			50	10	777,5		
2	1	11,715			60	10	1125		
3	1	27,5			80	10	2000		
4	1	49,5			80	40	478		
5	1	77,75			100	40	755		
8	1	112,5			100	10	3140		
8	1	200			120	40	1132		
8	2	100			150	40	1715		
10	2	155,5			200	40	3115		
10	1	314			200	80	1508		
12	1	451			250	80	2392		
12	2	224			320	80	3958		
15	2	358			400	80	6220		
20	2	628			500	80	9755		
25	2	980			600	80	14074		
25	10	188			800	80	25070		
32	10	318							

Observations

INTERPRETATION DES SONDAGES ELECTRIQUES :

RESISTIVITES ET EPAISSEURS DES COUCHES

(Les résistivités sont exprimées en ohm.m et les épaisseurs en mètres)

----- Courbes théoriques
 ————— Courbes expérimentales

1-Vallée du Ferlo

SE1
 $\rho_1 = 0,4 \Omega/m$ $e_1 = 1,5m$
 $\rho_2 = 1,6$ $e_2 = 21$
 $\rho_3 > 40$

SE2
 $\rho_1 = 0,65 \Omega/m$ $e_1 = 0,6m$
 $\rho_2 = 1,3$ $e_2 = 7,8$
 $\rho_3 > 40$

SE3
 $\rho_1 = 5,5 \Omega/m$ $e_1 = 0,3m$
 $\rho_2 = 0,8$ $e_2 = 5,4$
 $\rho_3 = 41,25$

SE4
 $\rho_1 = 700 \Omega/m$ $e_1 = 1,05m$
 $\rho_2 = 180$ $e_2 = 3,3$
 $\rho_3 = 80$ $e_3 = 12,2$
 $\rho_4 = 180$

SE5
 $\rho_1 = 3 \Omega/m$ $e_1 = 0,3m$
 $\rho_2 = 1,2$ $e_2 = 11$
 $\rho_2 = 36$

SE6
 $\rho_1 = 2,5 \Omega/m$ $e_1 = 5,5 m$
 $\rho_2 = 25$

SE7
 $\rho_1 = 1,05 \Omega/m$ $e_1 = 1,95m$
 $\rho_2 = 42$

SE8
 $\rho_1 = 1,1 \Omega/m$ $e_1 = 2,7m$
 $\rho_2 = 16,5$

SE9
 $\rho_1 = 2 \Omega/m$ $e_1 = 4,4 m$
 $\rho_2 = 40$

SE10
 $\rho_1 = 120 \Omega/m$ $e_1 = 0,7m$
 $\rho_2 > 40$

SE11
 $\rho_1 = 0,6 \Omega/m$ $e_1 = 2,2m$
 $\rho_2 = 2,2$ $e_2 = 8,8$
 $\rho_3 > 40$

SE12
 $\rho_1 = 0,28 \Omega/m$ $e_1 = 0,9 m$
 $\rho_2 = 4,12$ $e_2 = 11,5$
 $\rho_3 > 40$

2-Lac Tanma

SE1
 $\rho_1 = 1350 \Omega/m$ $e_1 = 1,05m$
 $\rho_2 = 67,5$ $e_2 = 0,95$
 $\rho_3 = 10,25$ $e_3 = 3,9$
 $\rho_4 = 6,25$

SE2
 $\rho_1 = 900 \Omega/m$ $e_1 = 0,6m$
 $\rho_2 = 90$ $e_2 = 4,3$
 $\rho_3 = 170$ $e_3 = 8,4$
 $\rho_4 = 27$ $e_4 = 34,1$
 $\rho_5 = 10$

SE3
 $\rho_1 = 10000 \Omega/m$ $e_1 = 1,5m$
 $\rho_2 = 975$ $e_2 = 2,5$
 $\rho_3 = 220$ $e_3 = 3,9$ $\rho_4 = 190$

3-Nianing

SE1

$\rho_1 = 44000 \Omega/m$ $e_1 = 0,45m$
 $\rho_2 = 1200$ $e_2 = 4,3$
 $\rho_3 = 10$

SE3

$\rho_1 = 600 \Omega/m$ $e_1 = 2,3 \text{ m}$
 $\rho_2 = 42$ $e_2 = 6,9$
 $\rho_3 = 2,9$

SE5

$\rho_1 = 1350 \Omega/m$ $e_1 = 1,05 \text{ m}$
 $\rho_2 = 67,5$ $e_2 = 0,95$
 $\rho_3 = 10,12$ $e_3 = 3,97$
 $\rho_4 = 6,25$

SE6 (en 5 terrains)

$\rho_1 = 7250 \Omega/m$ $e_1 = 0,31 \text{ m}$
 $\rho_2 = 180$ $e_2 = 2,05$
 $\rho_3 = 82$ $e_3 = 6,51$
 $\rho_4 = 3,5$ $e_5 = 128$
 $\rho_5 = 40$

SE2

$\rho_1 = 1,5 \Omega/m$ $e_1 = 0,36m$
 $\rho_2 = 0,75$ $e_2 = 3$
 $\rho_3 = 15$

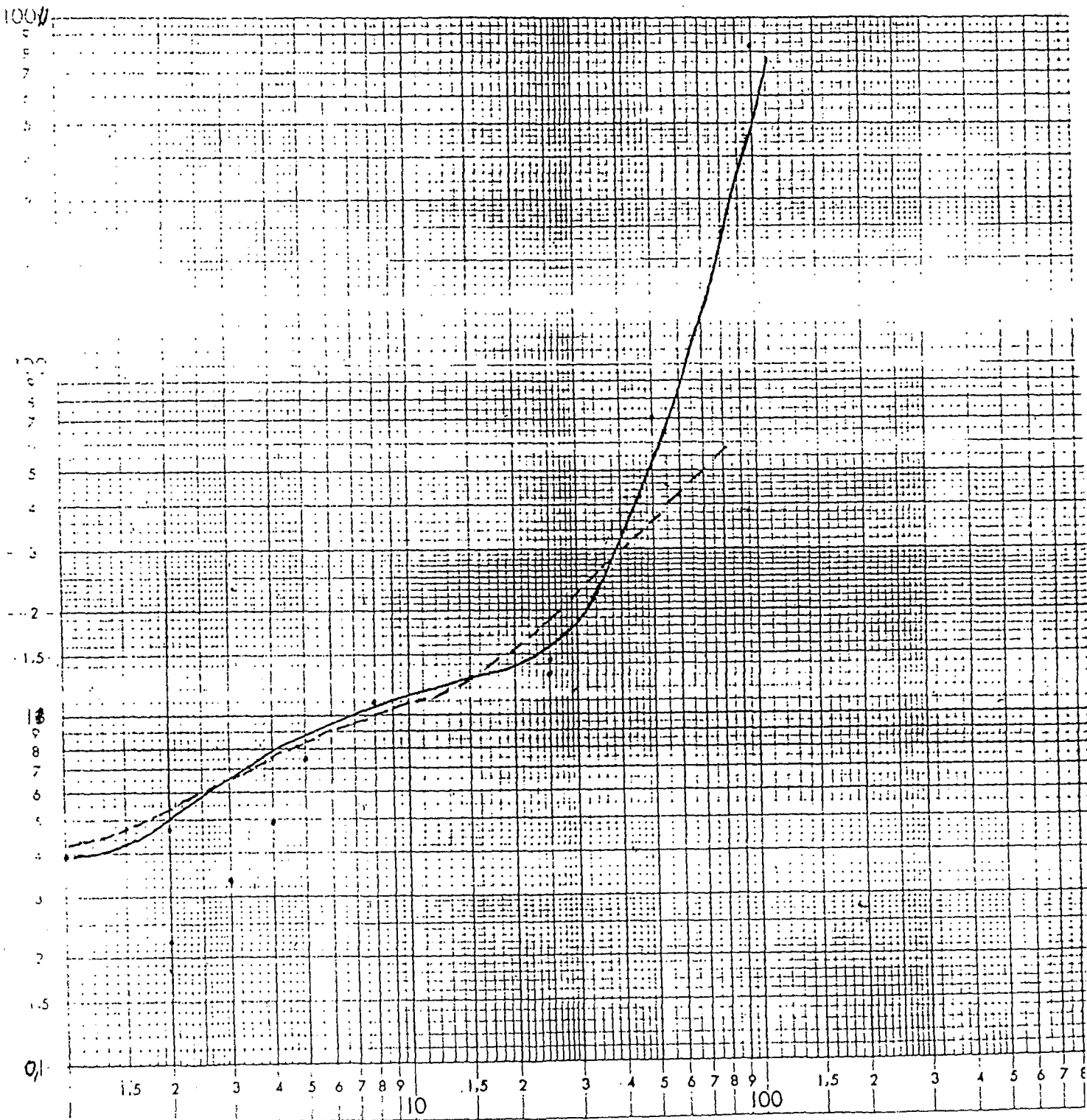
SE4

$\rho_1 = 1666 \Omega/m$ $e_1 = 1,25 \text{ m}$
 $\rho_2 = 41,65$ $e_2 = 2,8$
 $\rho_3 = 4,16$

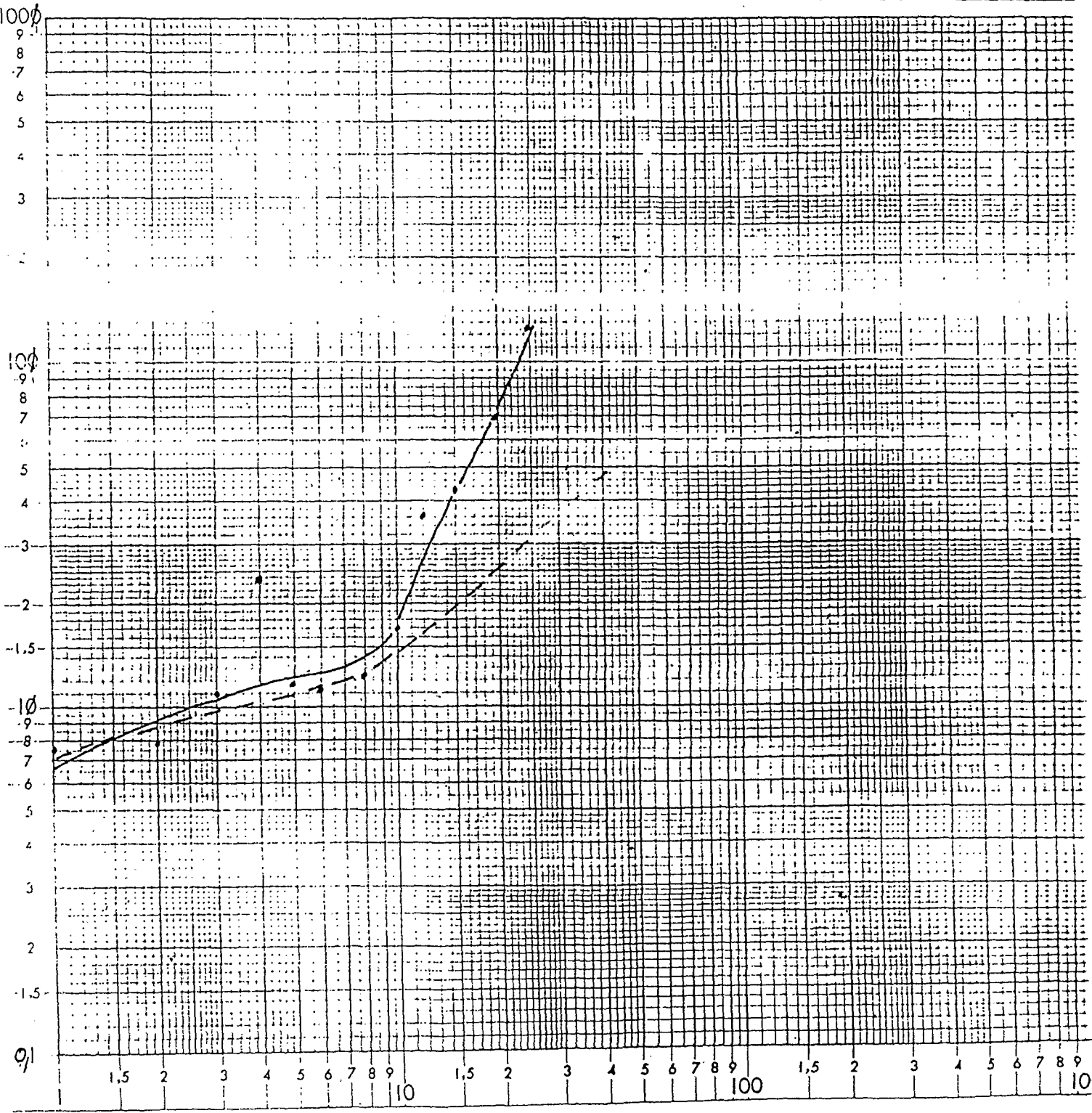
SE6 (en 4 terrains)

$\rho_1 = 8000 \Omega/m$ $e_1 = 0,32 \text{ m}$
 $\rho_2 = 120$ $e_2 = 10,24$
 $\rho_3 = 8$ $e_3 = 81,9$
 $\rho_4 = 20$

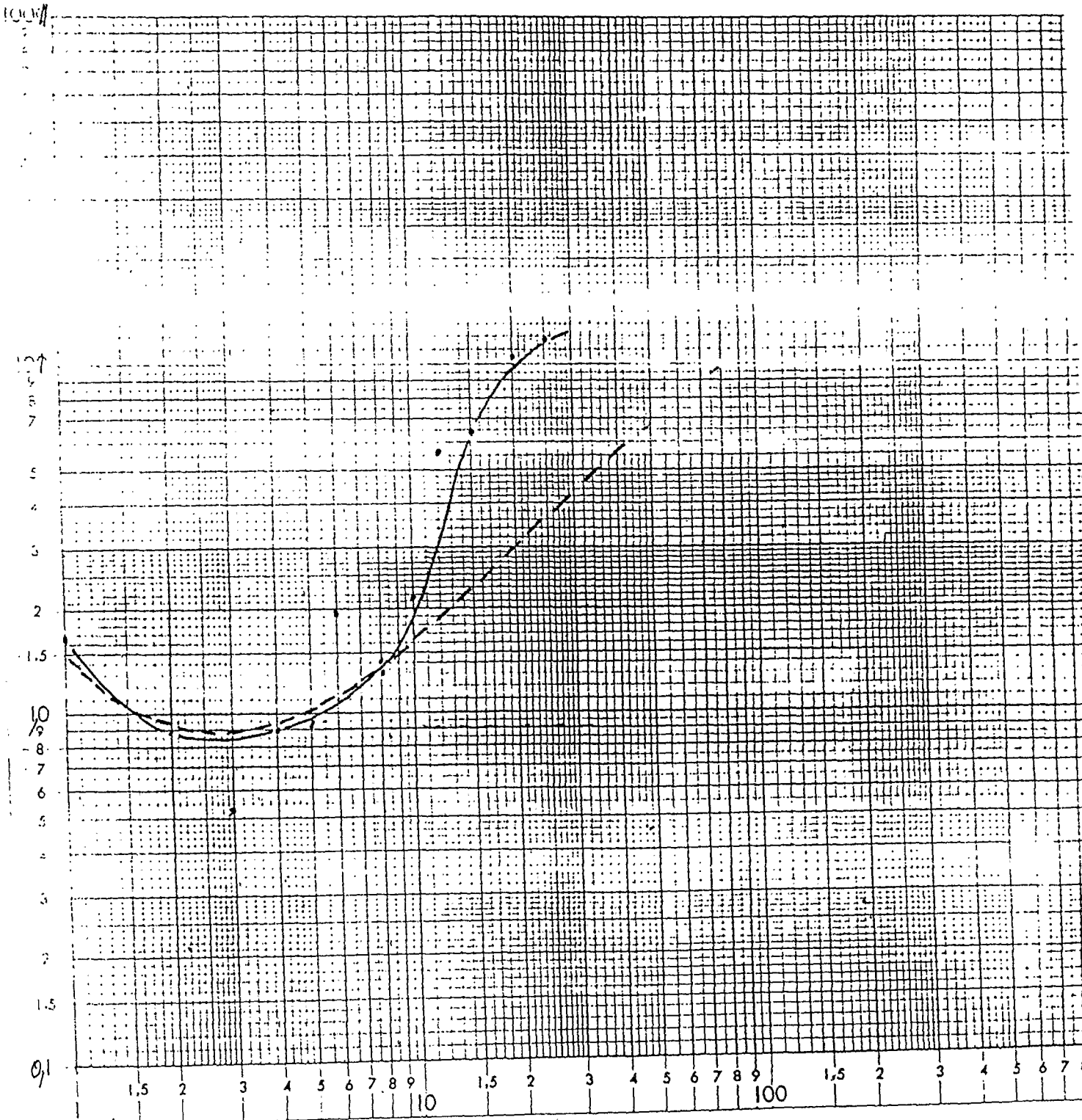
Mission : FERLO	S E n° : 1	Coordonnées Zied de La digue de Keur Nomar SARR Position axiale	Azimuth : N 045	Date : 18 / 05 / 1986
--------------------	---------------	---	--------------------	--------------------------



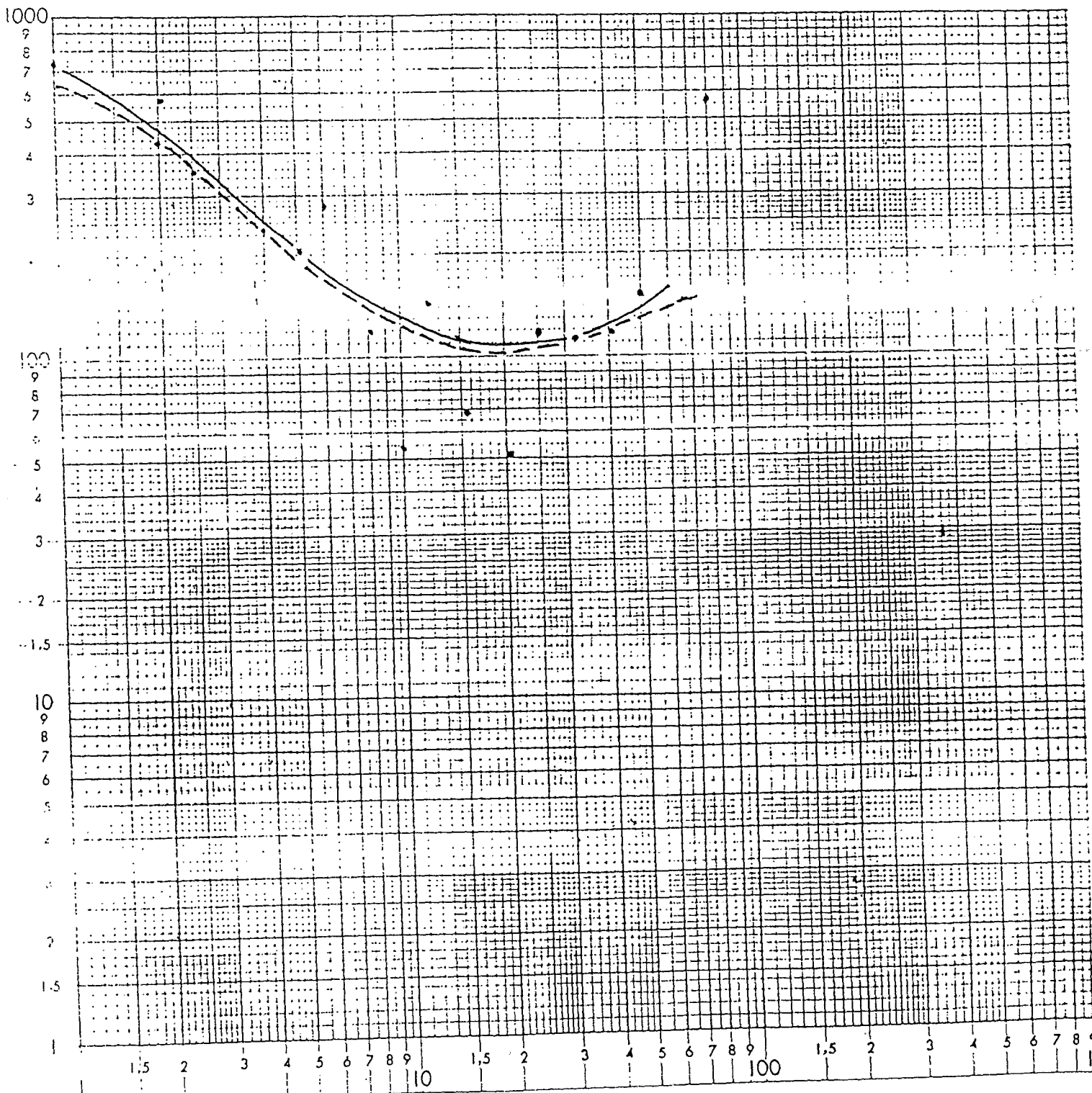
Mission : FERLO	SE n° : 2	Coordonnées Prolongation de La transversale de GANKET Position axiale de la nne N 37 de GANKET	Azimuth : N 195	Date : 13-05-1986
--------------------	--------------	--	--------------------	----------------------



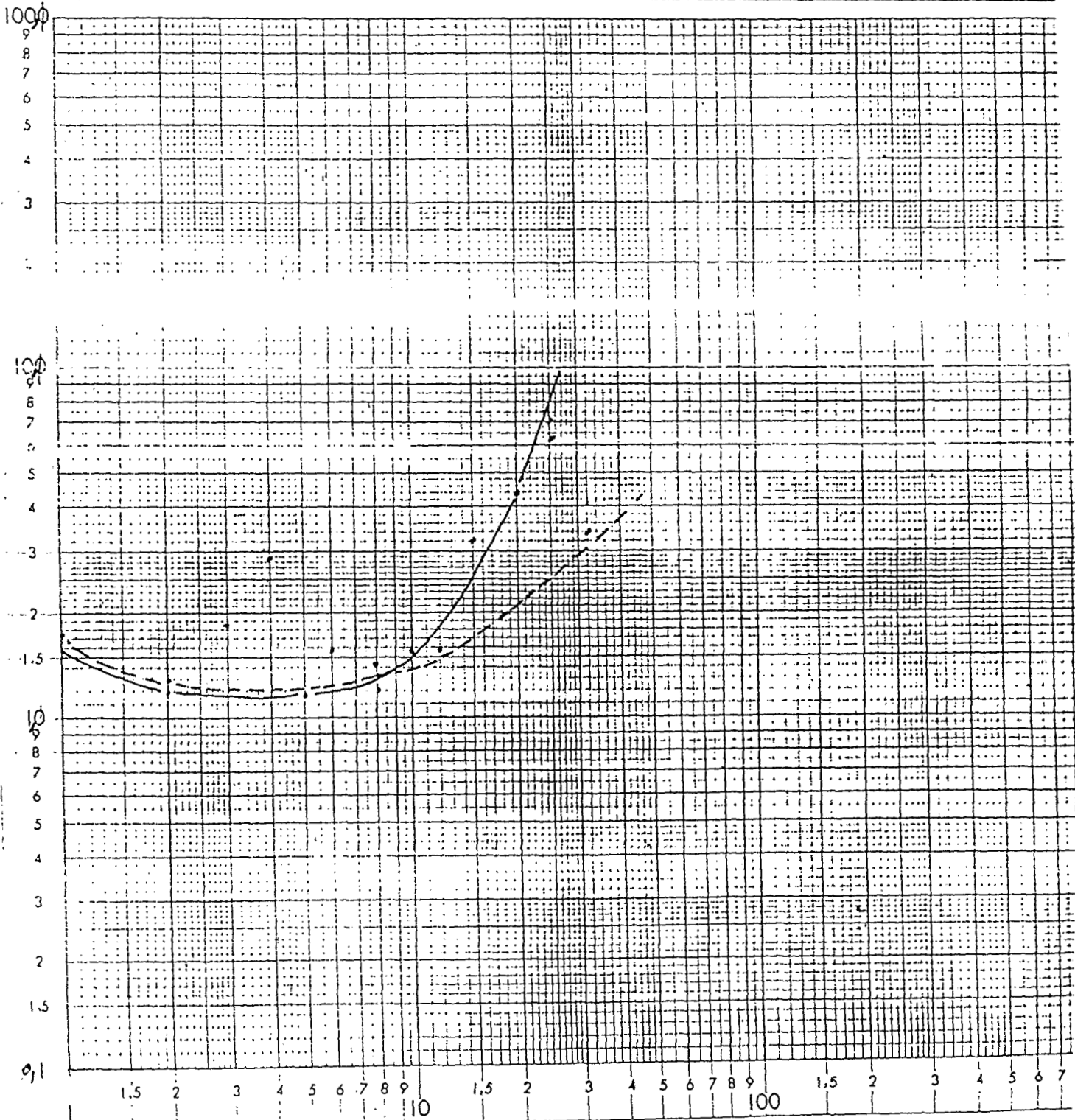
Mission : FERLO	SE n° : 3	Coordonnées Entre le point SE ₂ et GANKET sur une Levée pluviale	Azimuth : N 295	Date : 13-05-1986
------------------------	--------------	---	------------------------	--------------------------



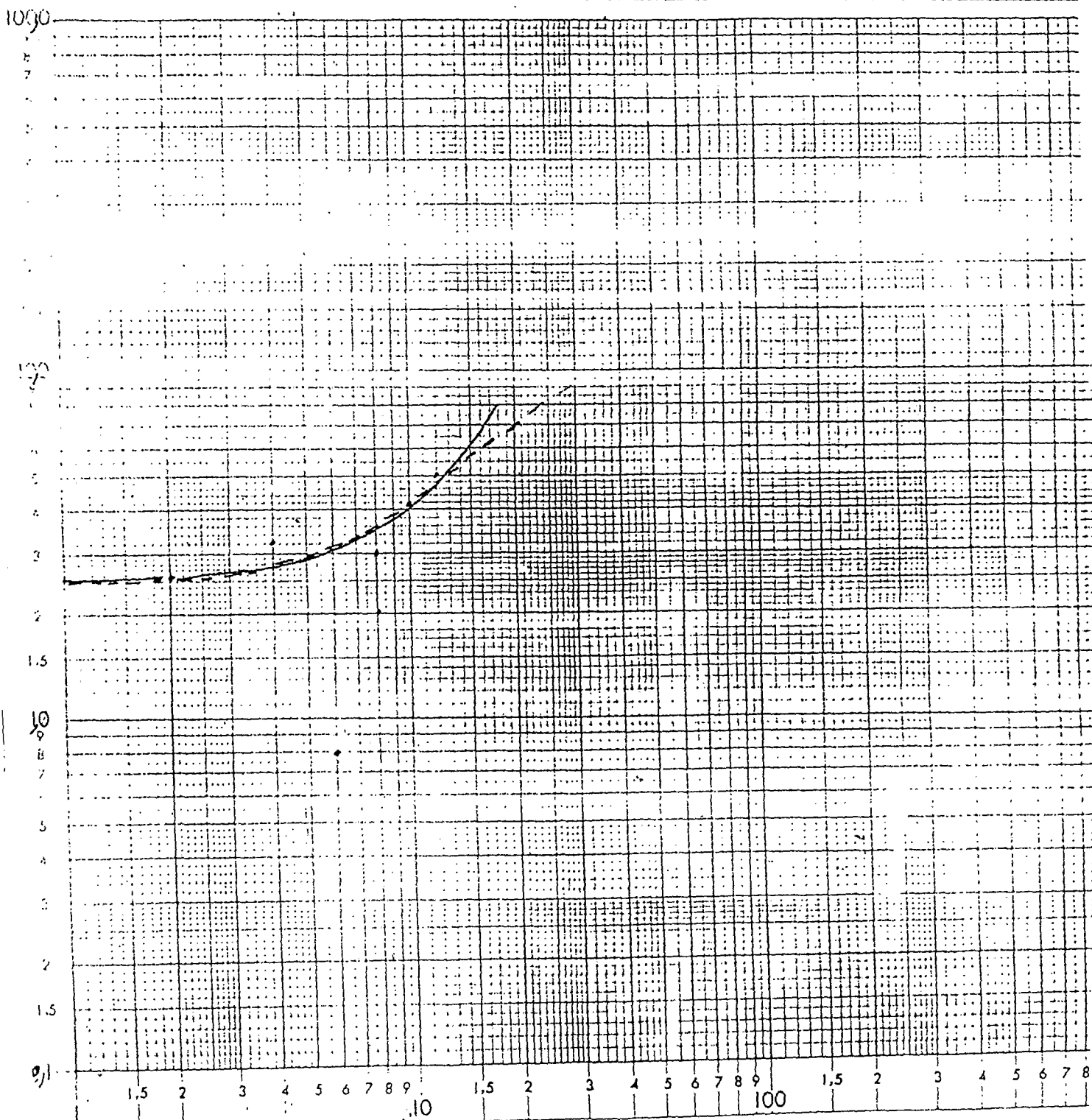
Mission : FERLO	SE n° : 4	Coordonnées Sortie village de GANKET côté route goudronnée	Azimuth : N 122	Date : 13-05-86
--------------------	--------------	--	--------------------	--------------------



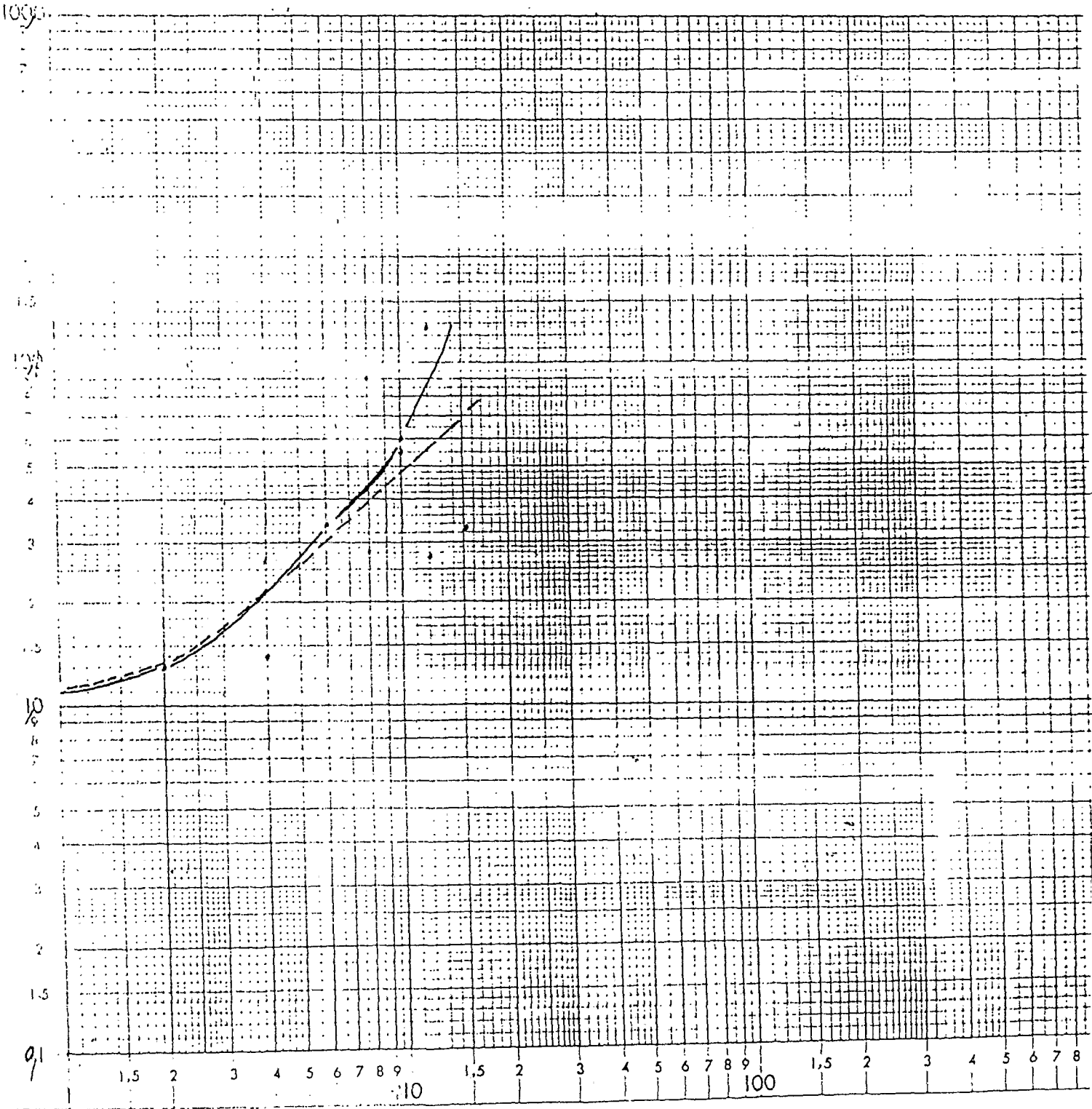
Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
FERLO	5	Sur le tanne Nord Position axiale au débouché du marigot	N 114	14 / 05 / 1986



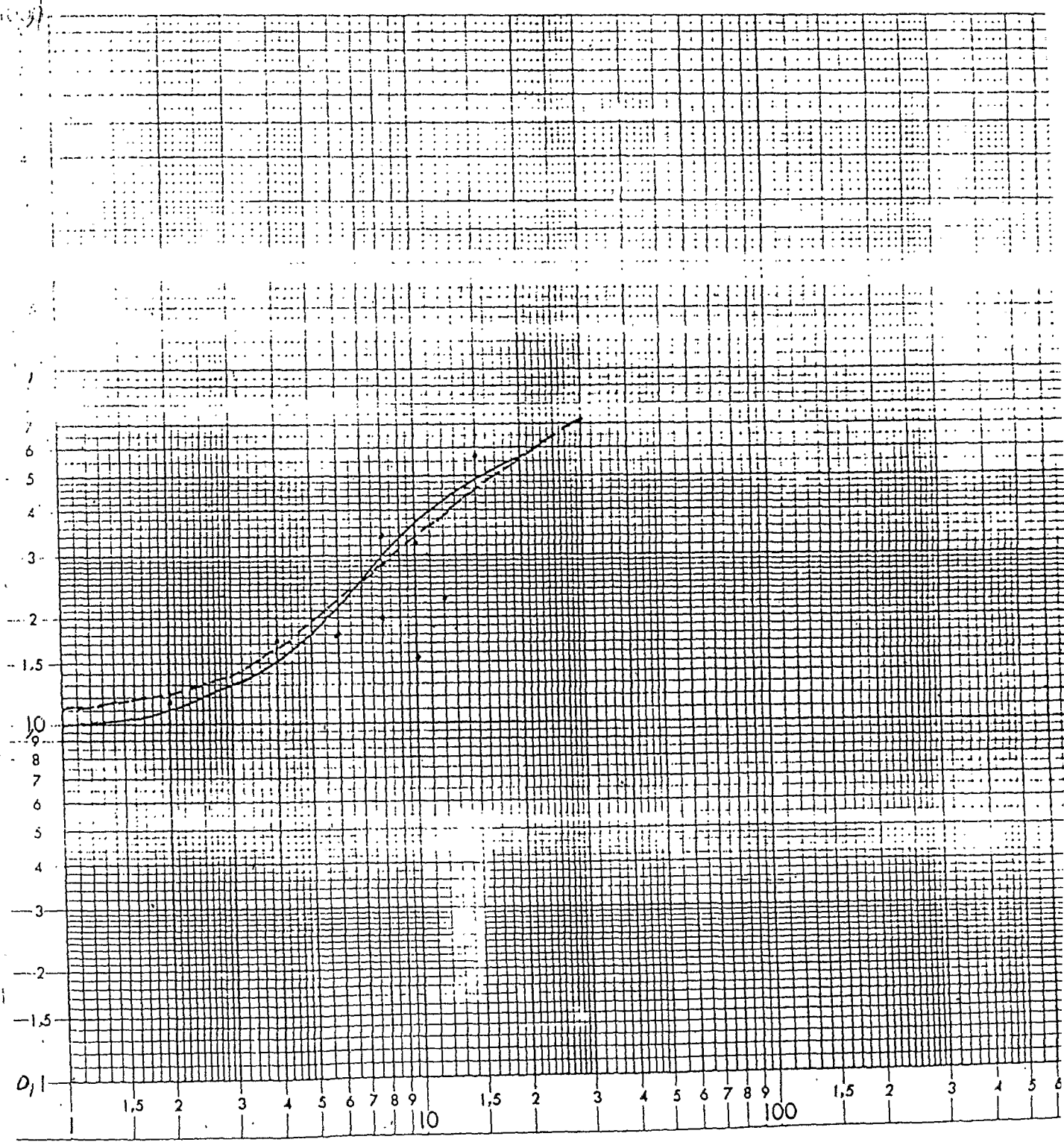
Mission : FERLO	S E n° : 6	Coordonnées A 500 m du SES N 270	Azimuth : N 270	Date : 14/05/1986
------------------------	---------------	---	------------------------	--------------------------



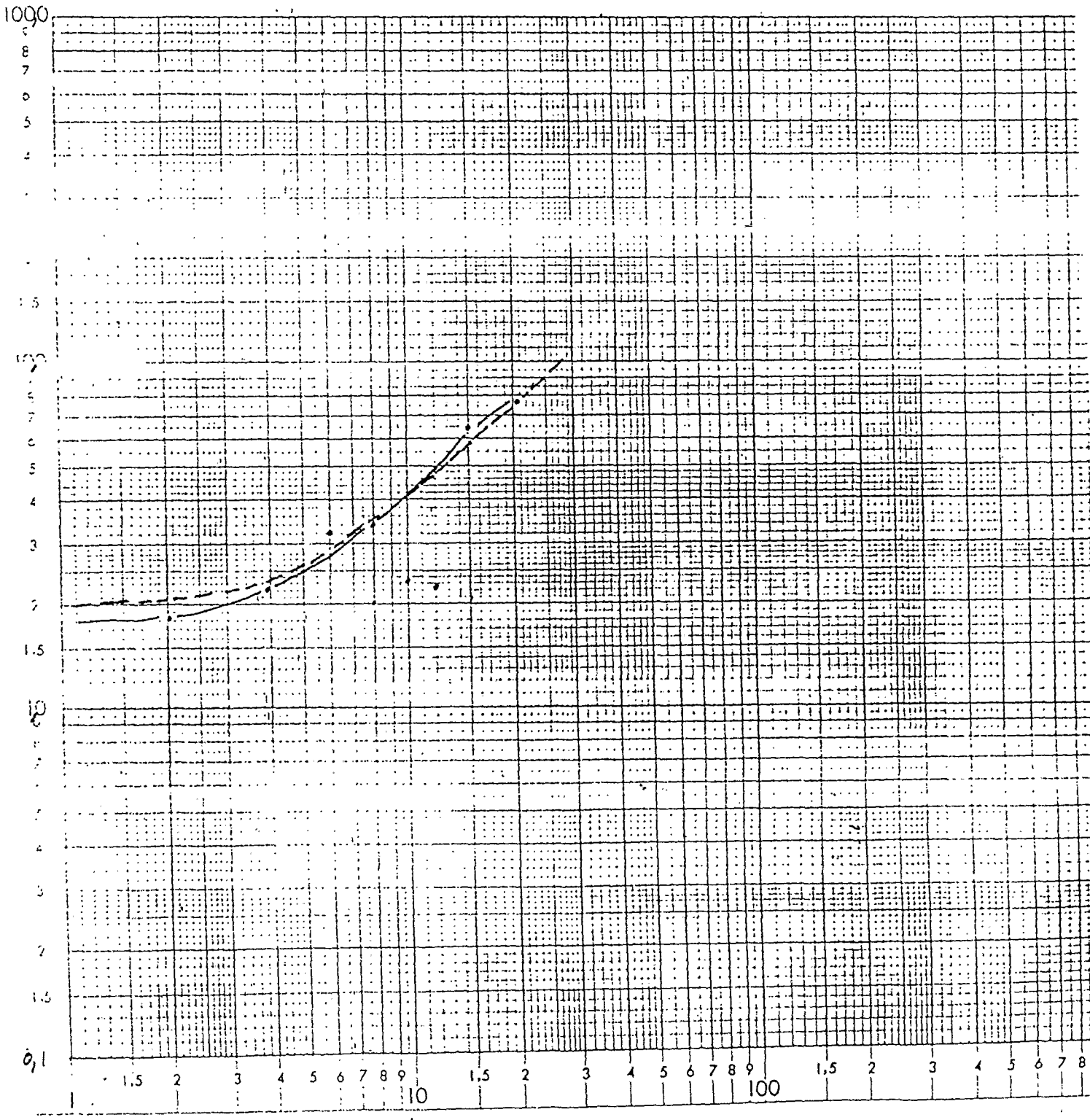
Mission.: FERLO	S E n°: 7	Coordonnées A 500 m du SE 6 N 270	Azimuth: N 270	Date: 14-05-1986
--------------------	--------------	--	-------------------	---------------------



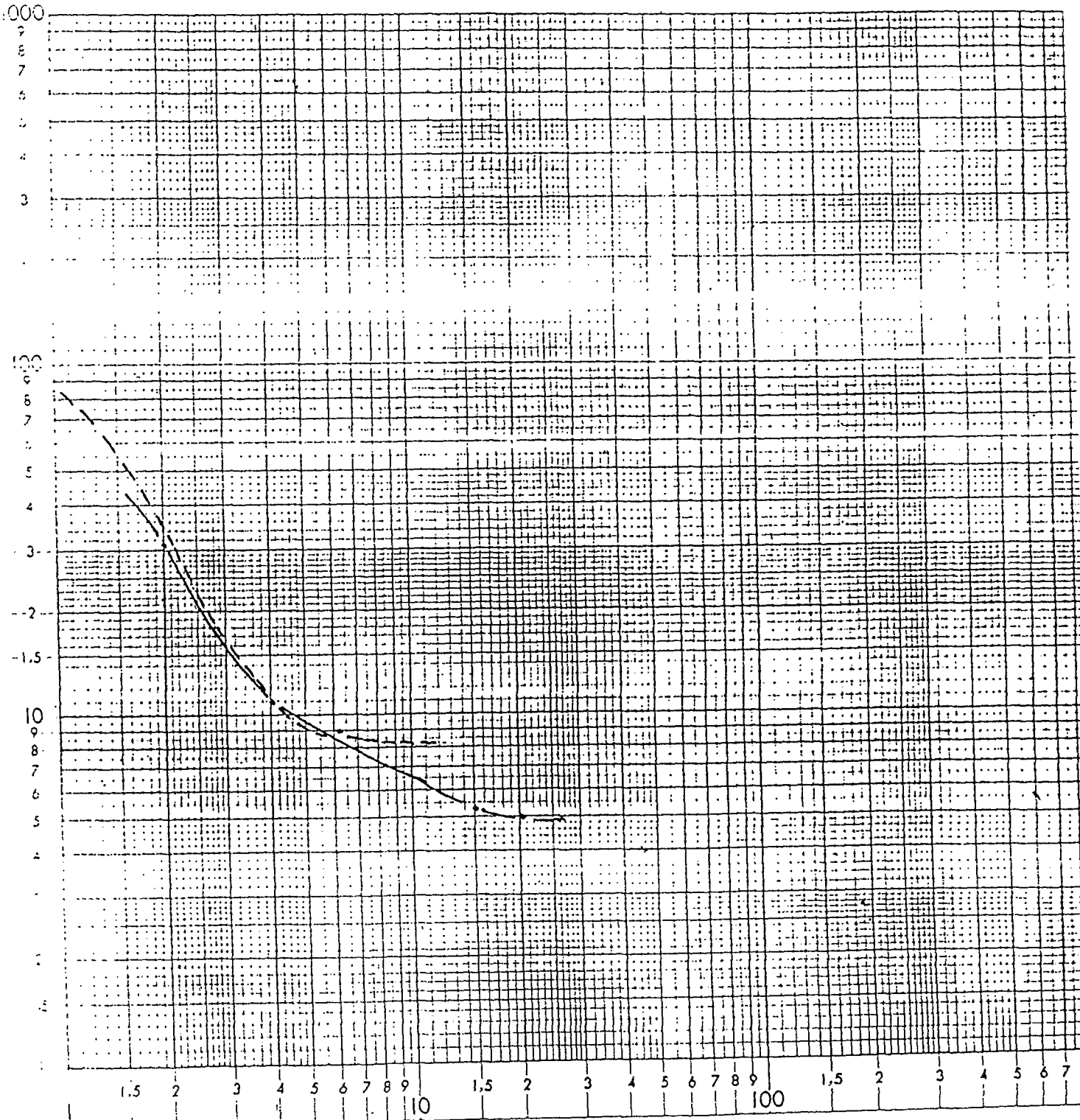
Mission :	SE n° :	Coordonnées :	Azimuth :	Date :
FERLO	8	500 m N 280 du SE 7 dans le tanne	N 270	14-05-6



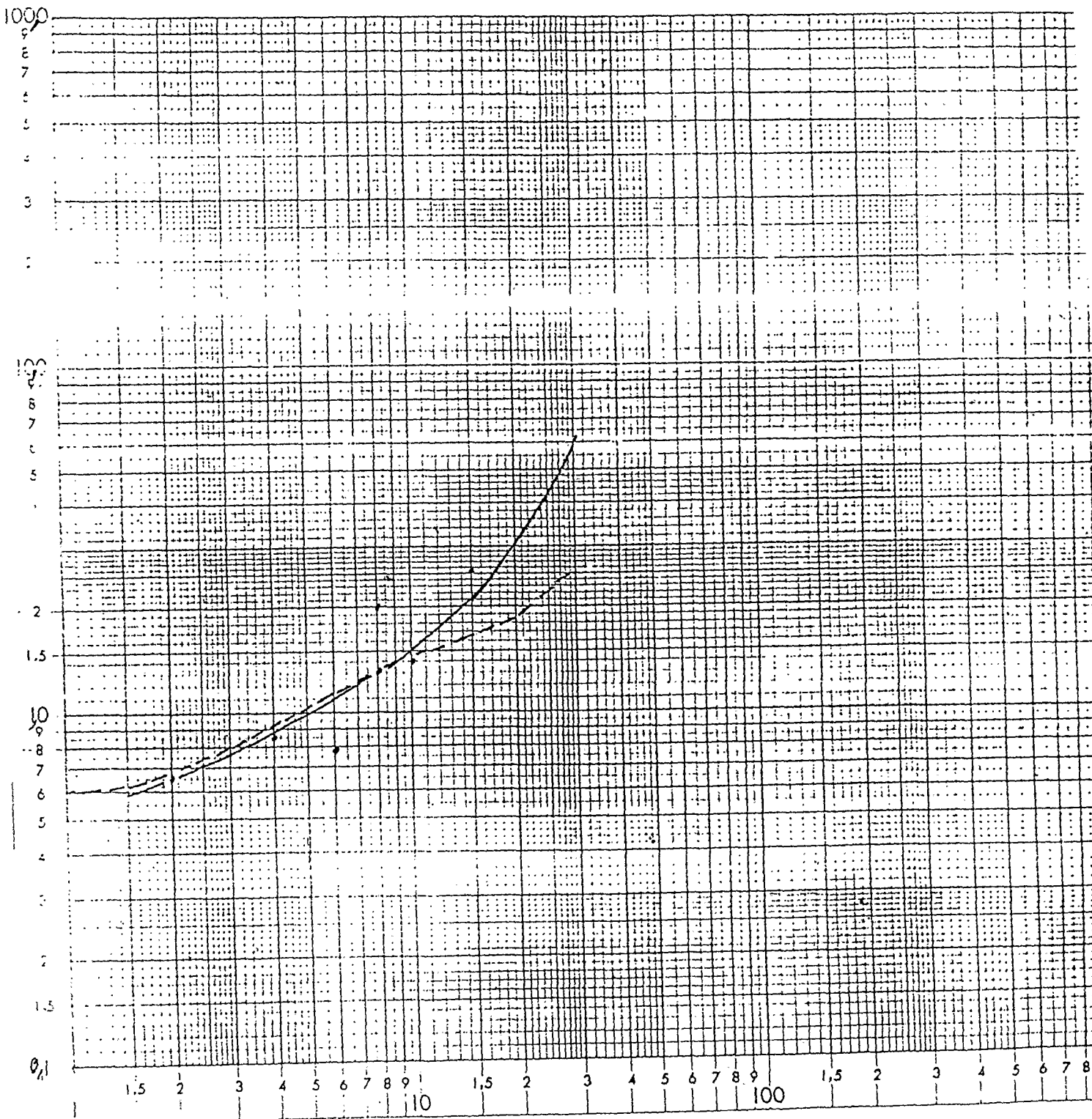
Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
FERLO	9	à 500 m N 280 du SE 8	N 280	14 / 05 / 1986



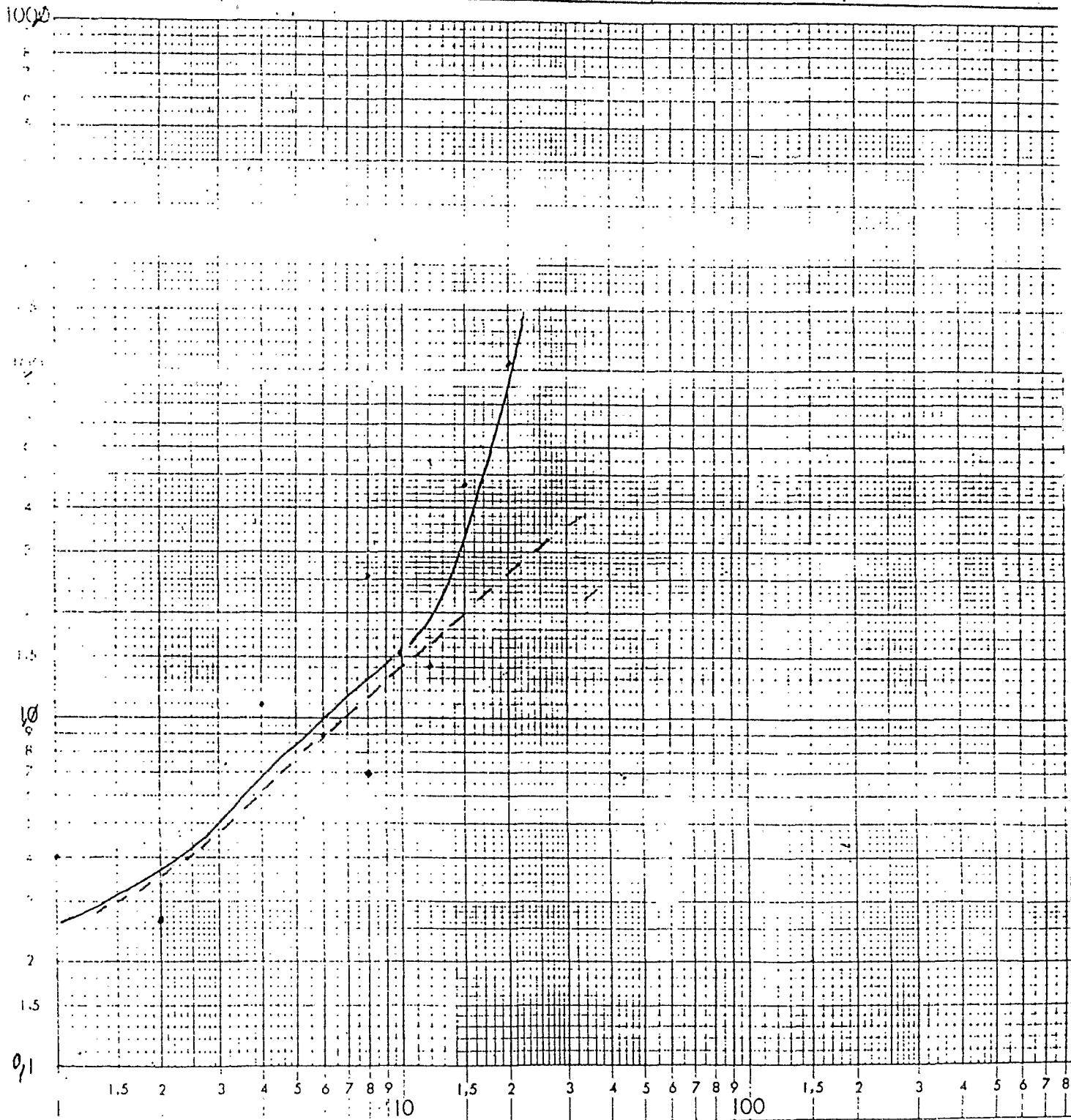
Mission : FERLO	SE n° : 10	Coordonnées Sur la levée pluviale dans l'axe du bassin à 600 m du SE 11	Azimuth : N 300	Date : 14/05/86
--------------------	------------	---	--------------------	--------------------



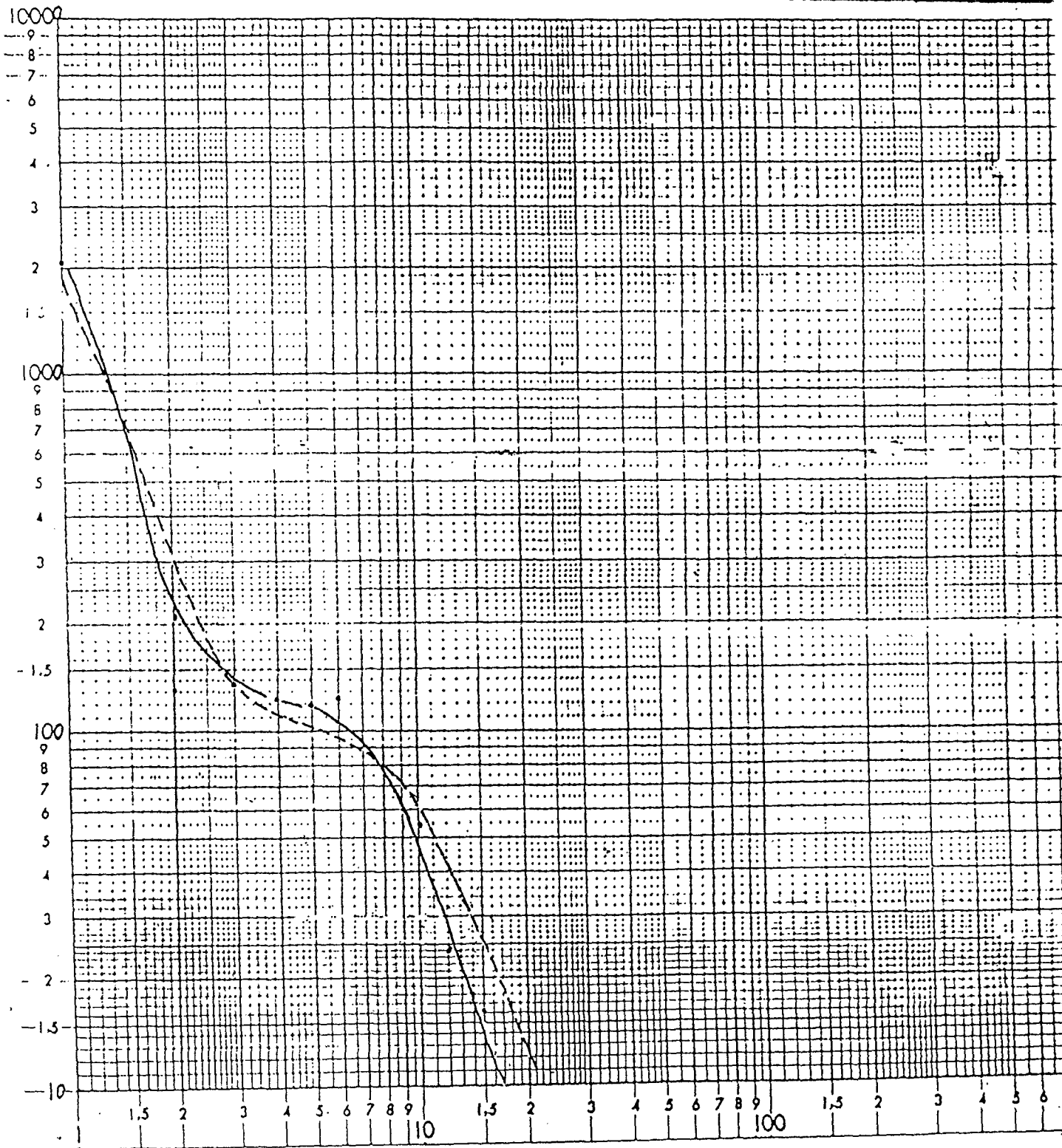
Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
FERLO	11	A 500 m du sondage dans l'axe du tanne central	N 300	14-05-86



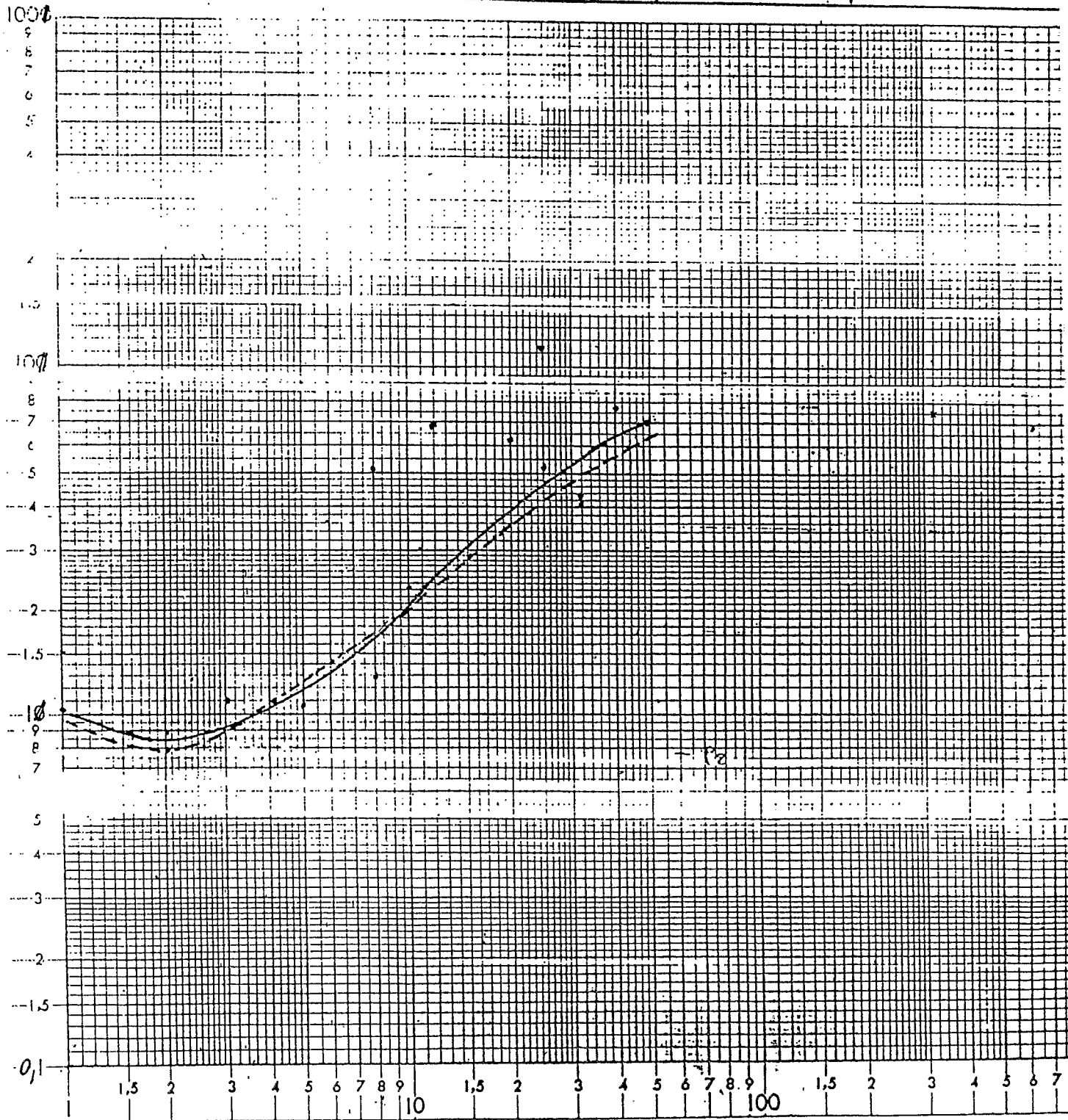
Mission : FERLO	SE n° : 12	Coordonnées A ≈ 500 m N300 du SE ₂ dans l'axe du tanne central	Azimuth : N 300	Date : 14-05-86
--------------------	---------------	---	--------------------	--------------------



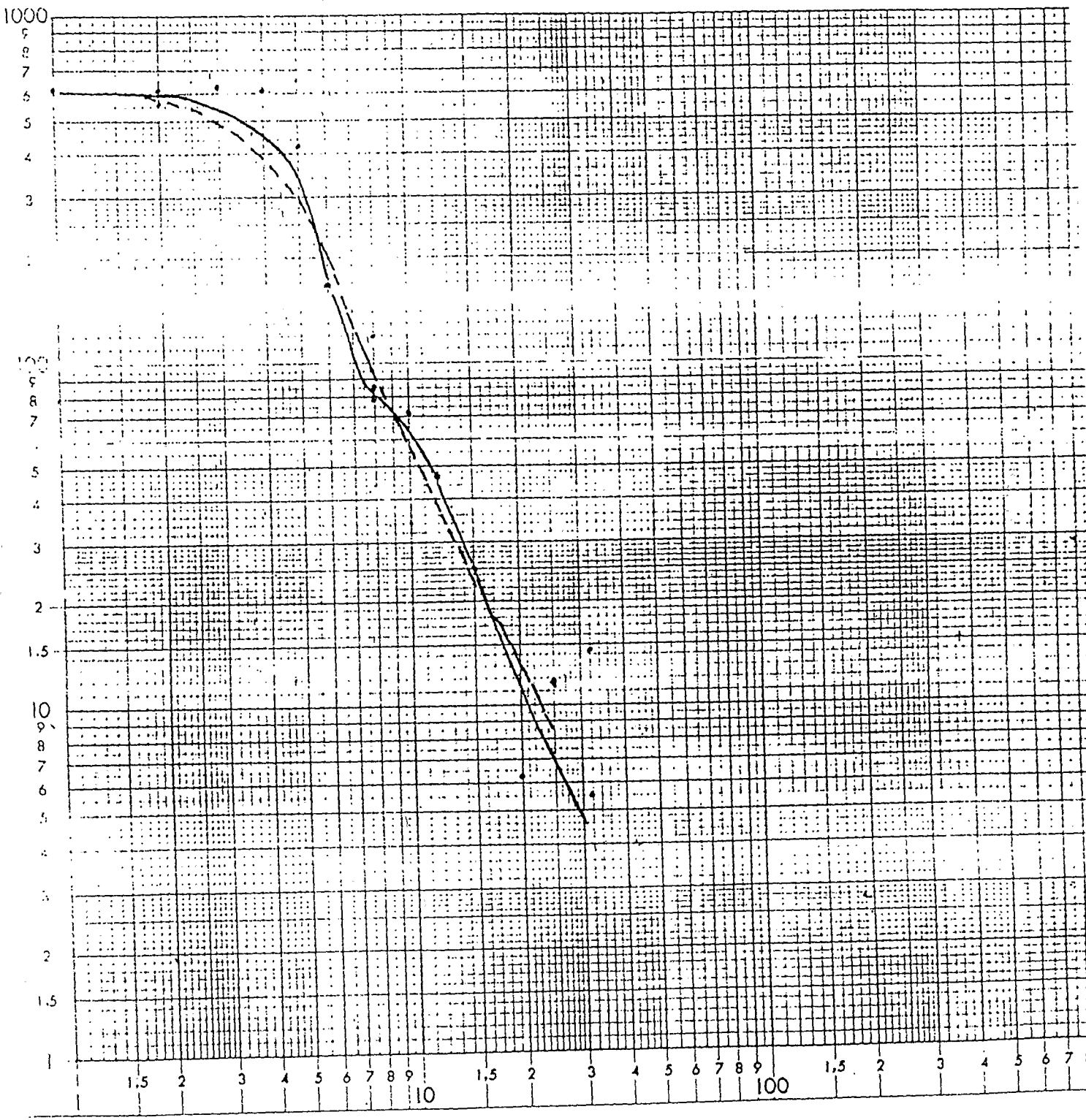
Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
NIANING	1	12 m du puits ancien en briques rouges	N340	21-05-86



Mission : <i>NIANNING</i>	S E n° : <i>2</i>	Coordonnées Au fond de la vallée à ≈ 150 m de la mission	Azimuth : <i>N 89° E</i>	Date : <i>21-05-86</i>
------------------------------	----------------------	--	-----------------------------	---------------------------



Mission : NIANING	SE n° : 3	Coordonnées A ≈ 150 m au Nord du forage de la mission	Azimuth : N 355°	Date : 21-05-1986
----------------------	--------------	--	---------------------	----------------------



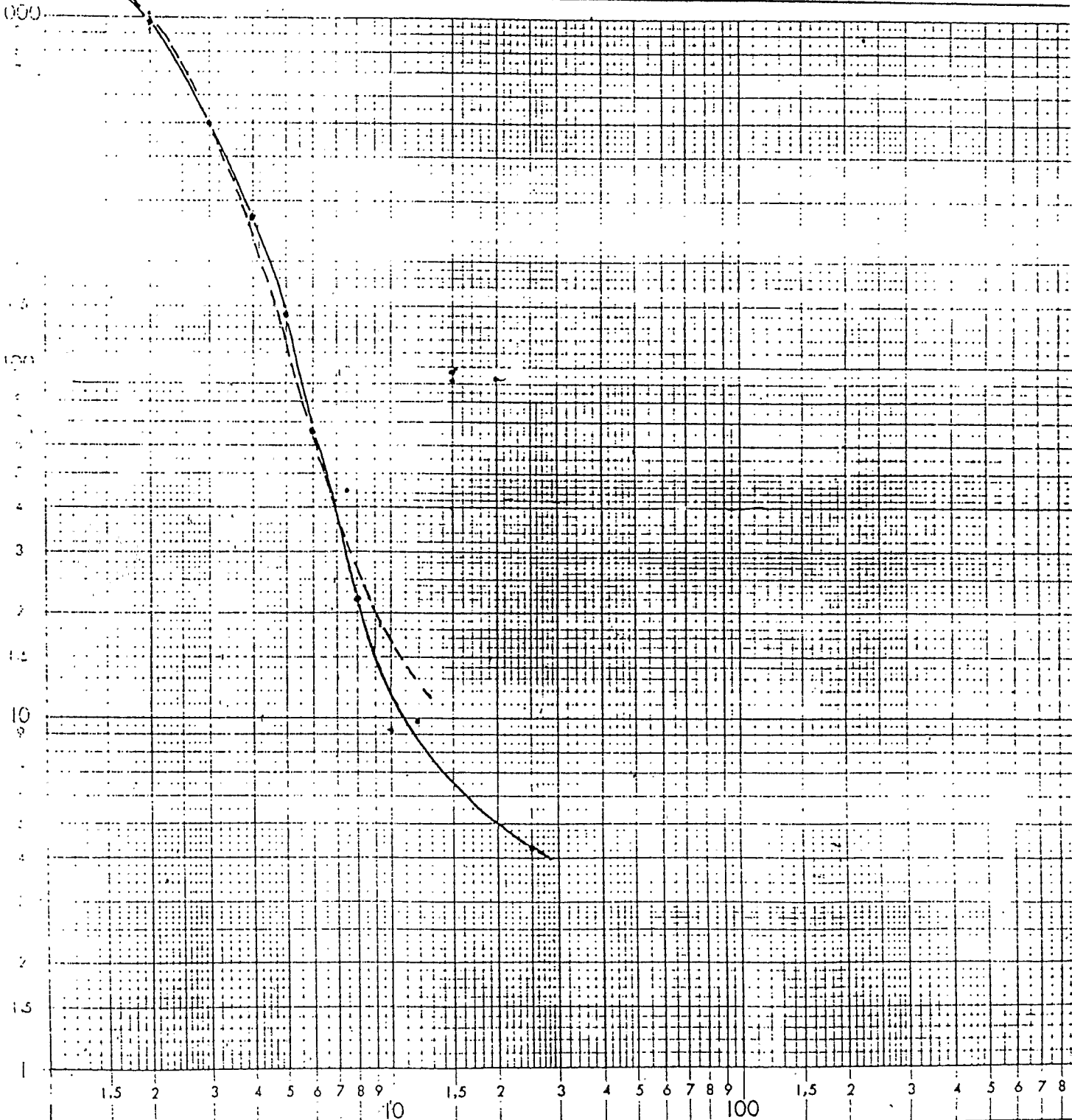
Mission :
NIANING

SE n° :
4

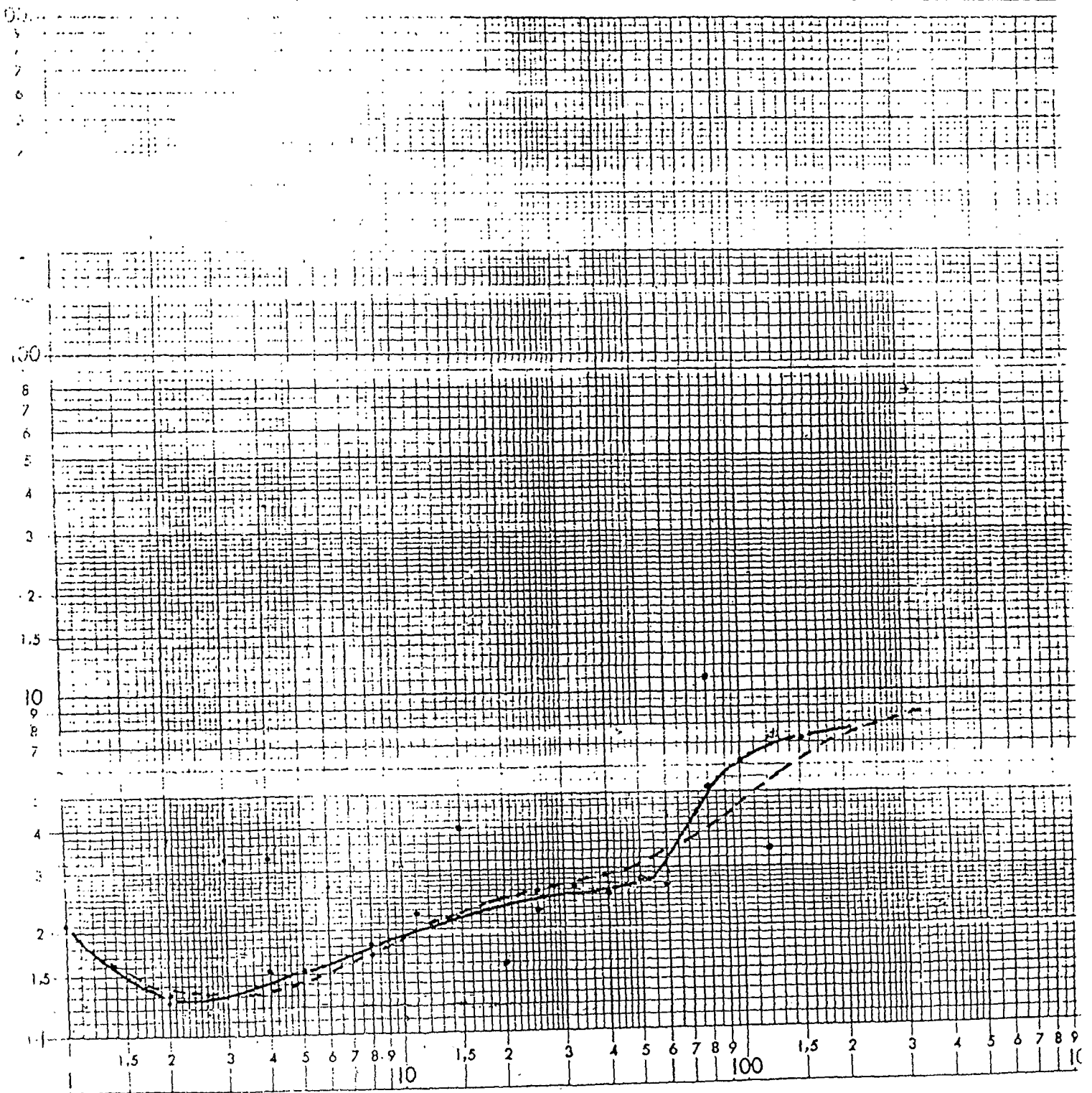
Coordonnées
 $L \approx SE_3$
au point $\frac{AB}{2}$ 40m

Azimuth :
N 865°

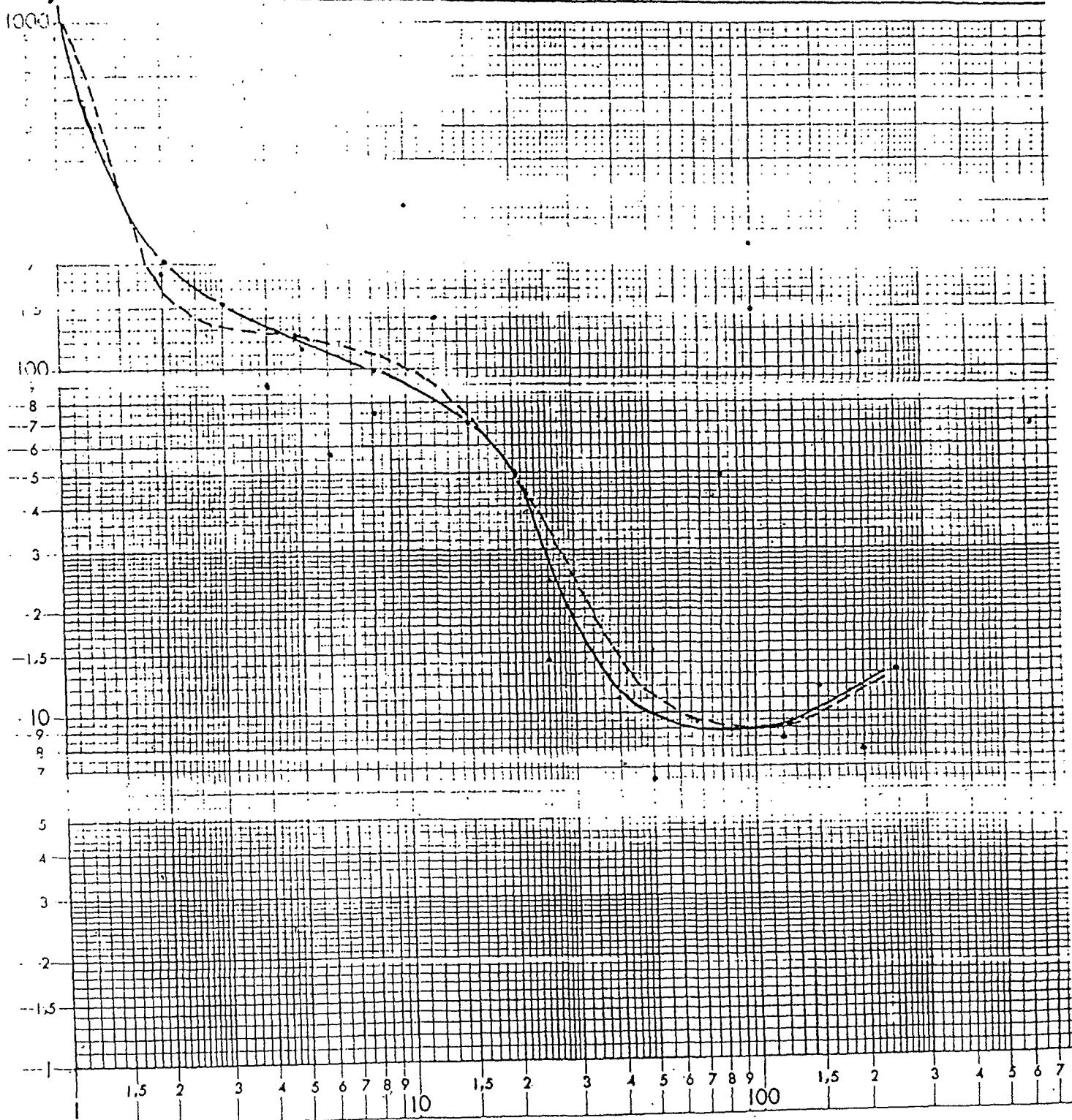
Date :
21-05-1986



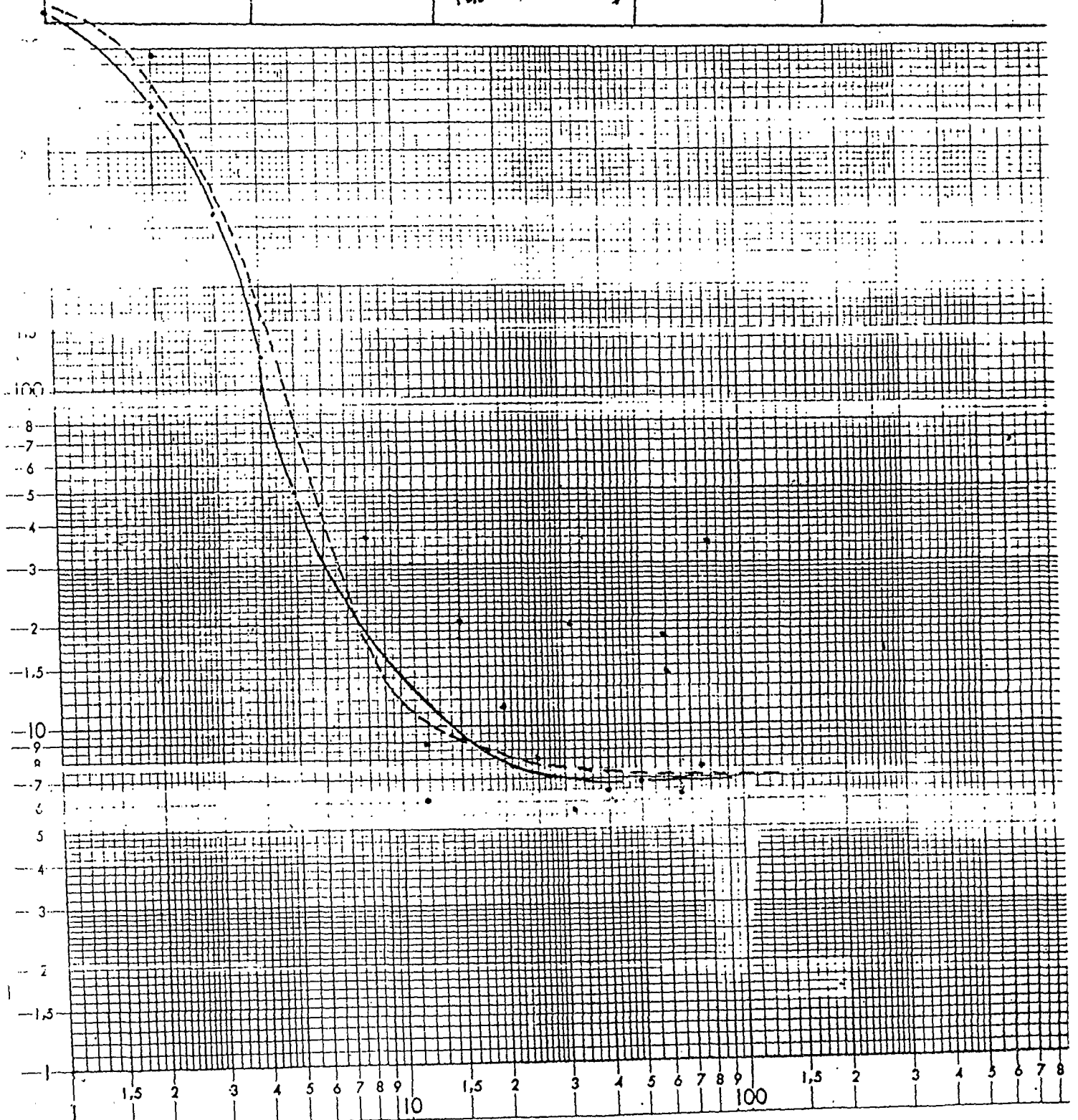
Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
NIANING	5	Entre le SE ₁ et le SE ₂ à 51m du SE ₂ au bord de la vallée	N 030	05-06-86



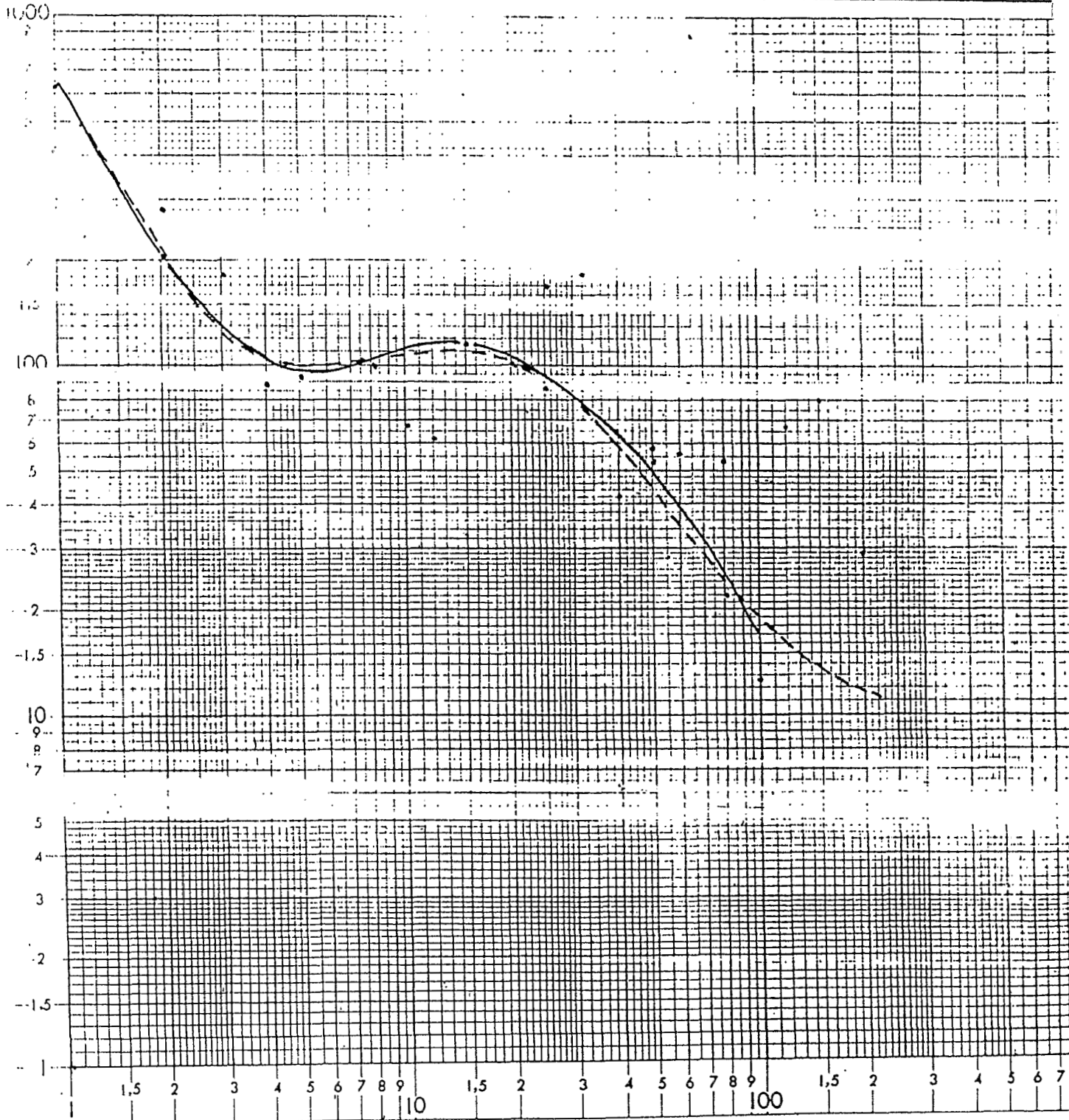
Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
NIANING	6	A ≈ 150 m à l'est du forage CARITAS	N 27 E	06-06-86



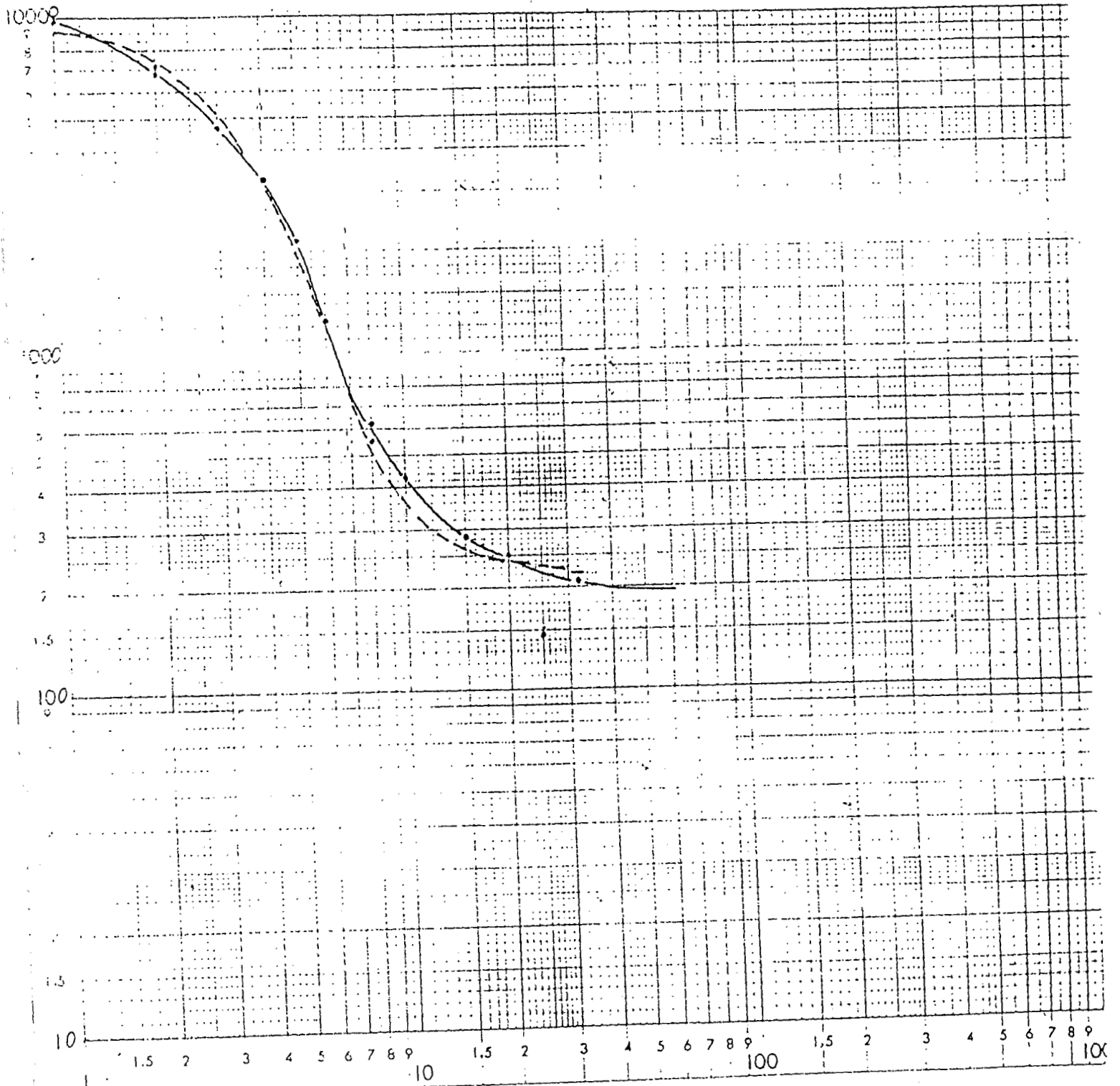
Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
TANMA	1	5 120 m vers N095 de la pista Zone à nappes Ng (23 - 10 mmols)	N 010	23-05-86

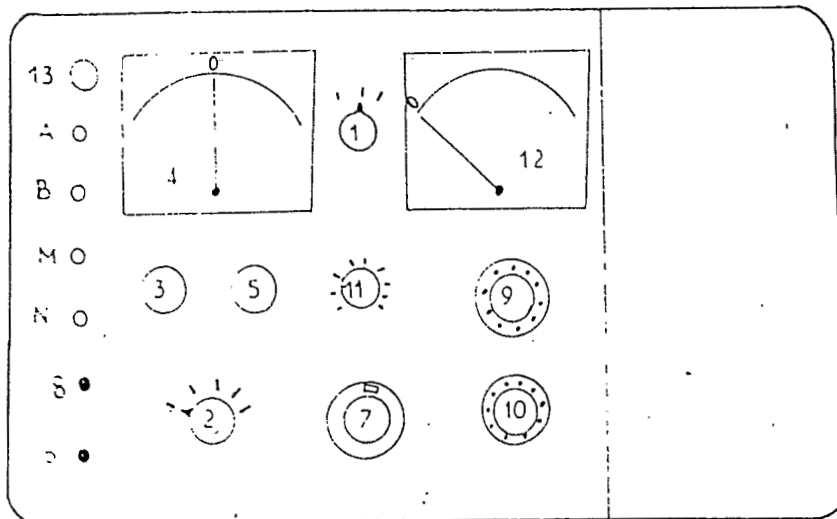


Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
TANMA	2	A 120 m du SE ₁ Vers N 95E Zone nappa-N ₂ (0,0-230 m mhos)	N 010E	23-05-76



Mission :	SE n° :	Coordonnées	Azimuth :	Date :
TANTRA	3	A 280 m du SE 2 à N 95 E sur les dunes	N 010	23-05-86





Annexe III RESISTIVIMETRE : Panneau de la console RSP-6

- 1 - Commutateur du choix du type de mesure : résistivité (Res et Rev - Res) ou potentiel spontané (PS).
- 2 - "Main switch" commutateur principal :
 - test des piles
 - calibration
 - détermination de la polarité du PS.
- 3 - "Red mark setting" calibration du résistivimètre.
- 4 - Galvanomètre.
- 5 - "Zero setting" mise à zéro du galvanomètre.
- 6 - "Measuring" commutateur pour mesures grossières.
- 7 - Potentiomètre (mesure du PS).
- 8 - "Sensible" commutateur pour affiner les mesures.
- 9 - Potentiomètre à échelle multiple)
)oo pour la mesure de la résistivité.
- 10 - Potentiomètre inférieur)
- 11 - Bouton de réglage du courant.
- 12 - Cadran de mesure du courant.
- 13 - Fiche d'alimentation extérieure.