



MICROFICHE N°

50240

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F

1

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Secrétariat d'Etat à l'Agriculture

GRUPE DE L'HYDRAULIQUE
ET DES AMÉNAGEMENTS RURAUX

Carte 54

CNSA 50240

الجمهورية التونسية

مكتبة الدولة للزراعة

مصلحة المياه والتعديلات الري

1410

RESERVE

REGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'HORCHANE-BRAGA

RECHERCHES ET ETUDES DES EAUX SOUTERRAINES

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

ARRIVÉE AU B. R. H.
13 MAR 1961 254/A

Cartes
Avis
1961

BORDREAU DES PIÈCES

-

1 - RAPPORT

2 - FIGURES

3 - PLANCHES

REPUBLIQUE TUNISIENNE

الجمهورية التونسية

Secrétariat d'Etat à l'Agriculture

مكتبات الدولة للإصلاح

GRUPE DE L'HYDRAULIQUE
ET DES AMÉNAGEMENTS BURAUX

مصلحة المياه والعيان البرية

REGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'HORCHANE - BRAGA

RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

RAPPORT

REGION DE SIDI BOU ZID

Bassin d'ORCHANE - BRAGA

-

RECHERCHES ET ETUDES DES EAUX SOUTERRAINES

-

ETUDE PRELIMINAIRE

REGION DE SIDI BOU ZID

Bassin d'ORCHANE - BRAGA

-

RECHERCHES ET ETUDES DES EAUX SOUTERRAINES

-

ETUDE PRELIMINAIRE

INTRODUCTION

Par lettre n° 14.548 H.A.R., il a été confié à SOGETMA l'étude des nappes souterraines du bassin d'BORCHANE-BRAGA, dans la région de SIDI BOU ZID.

S'étendant à la fois sur les cartes topographiques à l'échelle de 1/100.000 de SIDI ALI BEN AOUN et du Bled EL ROUMB, la zone étudiée est située entre les parallèles $36^{\circ}50'$, $36^{\circ}60'$ et les méridiens $7^{\circ}50'$, $8^{\circ}10'$.

Le but de l'étude est d'établir le bilan des eaux souterraines partiellement reconnues et exploitées par des sondages et des puits.

Au cours d'une étude préliminaire, comportant le dépouillement des données existantes, une enquête sur les sources, sur les puits, sur les forages existants, des observations répétées sur les points d'eau, une étude géologique sommaire, nous avons acquis à moindres frais le maximum de connaissances sur la région et sur les nappes aquifères. À partir de ces connaissances, très incomplètes, nous avons élaboré un programme de recherches qui devrait faire l'objet de la deuxième partie de notre étude et permettre d'obtenir les résultats définitifs recherchés.

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus au cours de l'étude préliminaire.

SOMMAIRE

Pages

CHAPITRE I : GENERALITES

I - DONNEES GEOGRAPHIQUES	1
II - VEGETATION ET CULTURES	2
III - DONNEES CLIMATIQUES :	
1 - Les vents dominants	3
2 - La température	4
3 - La pluviométrie	4
4 - L'évaporation	5
IV - DONNEES HYDROLOGIQUES :	
1 - Le ruissellement	6

CHAPITRE II : ETUDE GEOLOGIQUE

A - STRATIGRAPHIE

1 - Les sédiments crétacés :	
a) le crétacé inférieur c ¹⁻³	8
b) le céno manien c ⁵⁻⁴	9
c) le turonien c ⁶	9
2 - Les sédiments tertiaires et quaternaires	9
a) le quaternaire ancien ^q	10
b) le quaternaire récent ^a	11

B - TECTONIQUE

1 - Les anticlinaux périphériques	12
2 - Les seuils	13
3 - Le bassin	14

../...

CHAPITRE III : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE : VUE D'ENSEMBLE

1 - Le substratum imperméable	15
2 - Les formations perméables :	
a) Les grès, calcaires et dolomies du crétacé	16
b) Les formations tertiaires et quaternaires	17
c) Les nappes du tertiaire et quaternaire	17

CHAPITRE IV : ETUDE DE LA MAPPE PERMEATIQUE

1 - La profondeur de la nappe	18
2 - La carte piézométrique de la nappe	20
3 - Le bilan des eaux véhiculées	21
4 - La qualité des eaux	21
5 - L'alimentation de la nappe	22

CHAPITRE V : LES MAPPES PROFONDES

1 - Description des sondages :	
a) Le sondage de HIR M'ZARA	23
b) Le sondage de SIDI SAYAH N° 1	25
c) Le sondage de SIDI SAYAH N° 2	28
d) Le sondage de HIR DEDRA	29
e) Le sondage de MELIKATE	32
f) Le sondage des Ouled MORAMED	33
2 - Ecoulement des nappes profondes	36
3 - Géochimie des nappes profondes	37
4 - La perméabilité des horizons aquifères profonds	41
a) Les essais de pompage de courte durée	42
b) Essais de pompage de réception du forage de SIDI SAYAH N° 2	44
c) Courbe granulométrique dans le forage des Ouled MORAMED	45
d) Etude des carottages électriques	47
e) Conclusions	48

5 - Essai d'estimation du bilan des eaux souterraines profondes :	
a) Ressources dynamiques	49
b) Ressources statiques	49
6 - L'alimentation des eaux souterraines profondes	50
<u>CONCLUSIONS</u> :	
1 - RESULTATS QUALITATIFS	55
2 - RESULTATS QUANTITATIFS	56
3 - PROGRAMME D'ETUDE PROPOSE	57
LISTE DES OUVRAGES CONSULTES	60

LISTE DES FIGURES
(Dossier HQ 14 - 1-2)

COUPES LITHOLOGIQUES DES SONDAGES

- Fig. 1 - BIR M'ZARA n° 6614/5 B.I.R.H.
" 2 - SIDI SAYAH N° 1 n° 6353/5
" 3 - SIDI SAYAH N° 2 n° 6683/5
" 4 - BIR BEDRA n° 6686/5
" 5 - MELIKATE n° 6405/5
" 6 - Ouled MOHAMED n° 7101/5

CAROTTAGES ELECTRIQUES DES SONDAGES

- Fig. 7 - BIR M'ZARA
" 8 - SIDI SAYAH N° 1
" 9 - SIDI SAYAH N° 2
" 10 - BIR BEDRA
" 11 - MELIKATE
" 12 - Ouled MOHAMED

COUPES DES DEBITS DES SONDAGES

- Fig. 13 - BIR M'ZARA
" 14 - SIDI SAYAH N° 1
" 15 - SIDI SAYAH N° 2
" 16 - BIR BEDRA
" 17 - MELIKATE
" 18 - Ouled MOHAMED

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES DE L'EAU DES SONDAGES

Fig. 19 - BIR M'ZARA

- " 20 - SIDI SAYAH N° 1
- " 21 - SIDI SAYAH N° 2
- " 22 - BIR BUDRA
- " 23 - MELIKATE
- " 24 - Ouled MOHAMED
- " 25 - OUEL EL MA EL HAI
- " 26 - Puits MOHAMED NASSOUR
- " 27 - Puits DE MELIKATE

ESSAIS DE POMPAGE AUX SONDAGES

- Fig. 28 - DE BIR M'ZARA - Courbe d'abaissement
- " 29 - DE SIDI SAYAH N° 1. - Courbe d'abaissement
 - " 30 - DE SIDI SAYAH N° 2. - Courbe d'abaissement

COURBE GRANULOMETRIQUE DES SABLES CAPTES DANS LE POMPAGE

Fig. 31 - Des Ouled MOHAMED

LISTE DES PLANCHES

- 1 - Carte géologique au 1/100.000
- 2 - Profils géologiques au travers du bassin
- 3 - Profils géologiques au travers des seuils
- 4 - Carte des profondeurs de la nappe phréatique
- 5 - Carte piézométrique de la nappe phréatique
- 6 - Carte de conductibilité de la nappe phréatique
- 7 - Carte de position des sondages profonds avec niveaux piézométriques des nappes profondes
- 8 - Carte de la géochimie des nappes profondes
- 9 - Forages d. r connaissances proposées.

CHAPITRE I

GENERALITES

I - Données géographiques

Le bassin d'BORCHANE-BEACA est entouré par des massifs montagneux qui se basent, souvent à plus de 300 m, au-dessus de la plaine et la limitent de toutes parts. Le Djebel KESAR au Nord et les Djebels MELOUSSI-KALJOURA au Sud séparent la zone étudiée respectivement des plaines de SIDI BOU ZID et de l'oued LEBEN ; les Djebels GOULEB, BOU DINAR et ENNEBUS à l'Est constituant la solution de continuité avec la plaine de l'OULET MFT-NEST ; enfin les Djebels EL HAFSY, SIDI ALI BEN LOUN - SIDI AICHE complètent l'encadrement vers l'Ouest.

Des ouïsses, aménagées entre les massifs, sont des lieux de communications aisées entre le bassin et les plaines avoisinantes. Au Nord-Est le passage des Ouled BOU ZID et au Nord-Ouest le large ouïsse de BIR EL HAFSY ouvrent sur la plaine de SIDI BOU ZID ; au Sud-Ouest le bassin est relié à la plaine de GAFSA-Nord par le ouïsse des Ouled HADJ et par le col de RAS FREHIA qu'emprunte la route de SIDI BOU ZID à GAFSA ; enfin au Sud-Est le défilé du KLED ENHILIA surré entre les Djebels MELOUSSI et GOULEB permet les liaisons avec la plaine de l'oued LEBEN.

Dans son ensemble la zone étudiée est un vaste bassin à bords élevés. Le fond plat se relève sensiblement de l'Est vers l'Ouest : la cote moyenne est de l'ordre de +350 m à l'Est ; à l'Ouest elle avoisine +450 m.

La superficie est d'environ 1.200 km² (120.000 ha).

Dans le détail on distingue deux cuvettes séparées par les collines des Djebels OUERCHA et EL KRAIM :

- la cuvette de BRAGA à l'Est est la plus basse et la plus riche ;
- la cuvette d'HORCHANE à l'Ouest a été très peuplée à l'époque romaine si l'on en croit les nombreux vestiges du passé, mais elle est aujourd'hui pratiquement abandonnée et pauvre.

Les deux compartiments communiquent par le large seuil des Oued SLIMANE.

Chaque compartiment est traversé du Nord au Sud par un thalweg principal ; le sens de l'écoulement dans la cuvette de BRAGA est celui indiqué ici. Dans la cuvette d'HORCHANE le thalweg est emprunté par l'oued EL HOKSEN - EL HALLOUF qui coule vers le Nord.

II - Végétation et cultures

Une enquête menée auprès du Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, auprès de la Délégation de SIDI BOU ZID et des différents cheikhs intéressés a permis d'évaluer à plus de 20.000 hectares la surface cultivée.

Près de 15.000 hectares sont plantés essentiellement en oliviers et amandiers (environ 13.000 hectares) et le reste en arbres fruitiers divers.

5.300 hectares sont emblavés en céréales (blé presque exclusivement).

La superficie est d'environ 1.200 km² (120.000 ha).

Dans le détail on distingue deux cuvettes séparées par les collines des Djebels OUERCHA et EL KRAIM :

- la cuvette de BRAGA à l'Est est la plus basse et la plus riche ;
- la cuvette d'HORCHANE à l'Ouest a été très peuplée à l'époque romaine si l'on en croit les nombreux vestiges du passé, mais elle est aujourd'hui pratiquement abandonnée et pauvre.

Les deux compartiments communiquent par le large seuil des Oued SLIMANE.

Chaque compartiment est traversé du Nord au Sud par un thalweg principal ; le sens de l'écoulement dans la cuvette de BRAGA est celui indiqué ici. Dans la cuvette d'HORCHANE le thalweg est emprunté par l'oued EL HOKSEN - EL HALLOUF qui coule vers le Nord.

II - Végétation et cultures

Une enquête menée auprès du Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, auprès de la Délégation de SIDI BOU ZID et des différents cheikhs intéressés a permis d'évaluer à plus de 20.000 hectares la surface cultivée.

Près de 15.000 hectares sont plantés essentiellement en oliviers et amandiers (environ 13.000 hectares) et le reste en arbres fruitiers divers.

5.300 hectares sont emblavés en céréales (blé presque exclusivement).

La superficie restante est en friche, essentiellement sous la forme de steppes à jujubier dominant, de pâturages à chameaux et moutons à base d'armoises, de graminées, etc ... associés au figuier de barbarie, et d'herbacées salicornes (salsola, sueda).

Pendant et après les pluies les dépressions sont transformées en marécages temporaires, de courte durée. Nous les avons grossièrement délimités sur la carte des profondeurs du plan d'eau sous le terrain naturel (Planche 4). Ils sont localisés sur les terres des Ouled MHLMED (dans le Bled SEUGDAL), dans le domaine des Ouled BOU AZIZ au seuil Nord-Est ; enfin dans l'ENNENCHER EL AZIZ au seuil Nord-Ouest où une petite garaset temporaire a une superficie de l'ordre du kilomètre carré.

III - Données climatiques

Il n'y a pas de station météorologique dans le bassin d'ERCHANE - BRAGA. Nous avons installé depuis peu un pluviomètre, un évaporomètre PICHE et un thermomètre à minima et maxima près de la station de pompage de SIDI ALI SAYAH N° 1. Les observations, qui devraient porter sur une année, permettront de comparer les caractères climatiques du bassin à ceux des stations les plus voisines : SIDI BOU ZID, GAFSA, KASSERINE et KAIROUAN et d'esquisser un essai de corrélation.

1 - LES VENTS DOMINANTS

Selon M. SABATHE, les vents ont deux directions dominantes : Est-Ouest et Nord Ouest-Sud Est, la deuxième l'emportant sur la première. Les vents de sable sont fréquents.

2 - LA TEMPERATURE

Aucune observation n'a été faite, à notre connaissance, dans le bassin étudié. Les plus proches ont été relevées à KAIROUAN et GAFSA. A la première station la moyenne annuelle est de $19,1^{\circ}\text{C}$, à la seconde de $19,7^{\circ}\text{C}$ calculées entre les années 1901 et 1950. Les moyennes mensuelles varient entre :

$9,1^{\circ}\text{C}$: en Janvier

$26,6^{\circ}\text{C}$ et $29,5^{\circ}\text{C}$: en Août-Septembre

3 - LA PLUVIOMETRIE

Selon M. TIXERONT, dans sa note du 24 Novembre 1959, la pluviométrie annuelle moyenne pour l'ensemble de la cuvette de ERAGA serait de l'ordre de 280 mm. Notons que la station de SIDI BOU ZID indique une moyenne annuelle de 247 mm (calculée sur la période de 1900 à 1940). Pendant la période 1953 - 1959 la moyenne a été de 320 mm, mais cette période comporte l'année 1957 particulièrement pluvieuse avec une hauteur de pluie de près de 600 mm.

La pluviométrie est très irrégulière. A SIDI BOU ZID elle a été inférieure à 150 mm en 1954 ; elle a atteint 597 mm en 1957.

Sous extrayons de la note de M. TIXERONT le tableau de la fréquence des pluies annuelles, établi à partir des données des stations de GAFSA et KAIROUAN pour les trois zones à pluviométrie moyenne : 225 , 275 et 350 mm, qui intéressent notre bassin ; les reliefs recevant évidemment le maximum d'eau.

.../...

Moyenne		m/m 225	m/m 275	m/m 350
Pluie dépassée				
1 an	sur 10 ...	350	450	-
3 ans	sur 10 ...	275	350	450
5 ans	sur 10 ...	225	275	350
7 ans	sur 10 ...	160	200	275
9 ans	sur 10 ...	70	130	200

Les trois quarts des pluies tombent en automne de Septembre à Novembre et au printemps de Mars à Mai. Les mois d'été, de Juin à Août, sont les plus secs et les plus chauds.

Cependant on relève là aussi des variations importantes ; ainsi en Septembre 1955 il est tombé 10 mm de pluie ; il en est tombé 188 mm le même mois de l'année 1957.

4 - L'EVAPORATION

Elle a été relevée, à l'évaporomètre FICHE, à SIDI BOU ZID, pendant les années 1952 à 1959. La moyenne annuelle est de 1.293 mm. Cependant entre les années 1946 - 1950 elle était respectivement de 2.645 et 2.858 mm à KAIBOUAN et GAFSA.

Monsieur R. SABATHE évalue l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle entre 1.000 et 1.100 mm, ce qui donne pour le déficit annuel d'eau une valeur de l'ordre de 800 à 900 mm.

IV - Données hydrologiques

1 - LE RUISSELLEMENT

Le ruissellement moyen annuel a été évalué par M. TIXERONT pour la plus grande partie de la cuvette de BRAGA à 2,15 millions de m³, à l'aide de la formule :

$$R = \frac{H^{\frac{2}{3}}}{3}$$

où R est le ruissellement moyen en hauteur d'eau, et H la pluviométrie moyenne.

Si nous appliquons la même formule pour la cuvette d'HORCHANE, nous trouvons 320 millions de m³, environ.

On peut donc évaluer le ruissellement moyen total pour l'ensemble du bassin d'HORCHANE-BRAGA à 420 millions de m³.

"Le ruissellement des reliefs est concentré dans les lits" de nombreux petits "oueds" encaissés et torrentiels qui éparpillent leurs eaux dans les zones basses à pente plus douce.

Parmi ceux qui intéressent la cuvette de BRAGA nous citerons l'oued H'ESSOU qui descend du Djebel KERRAB, les oueds M'KHRAPA, EL HADJED, FUIDJINE, KARIB et OUKERGA qui drainent la majeure partie des eaux des Djebels FELLOUSSI, OUKERGA et KRAIM, enfin l'oued RHEDLANE qui recueille les eaux du seuil des Oued SLIMANE.

Les eaux sont collectées ensuite par le thalweg principal ; une partie s'écoule vers le Bled RHALLIA et rejoint l'oued EL MOKGA puis l'oued L'ENNEN dans la plaine de MAKHASSY. Le reste s'infiltré ou s'évapore sur place en formant les garrigues temporaires signalées plus haut.

Sur la pourtour de la cuvette d'HORCHANE, nous notons l'oued EL KHELDJ issu du Djebel SOUINA, les oueds EL KESB, MAADER EL HAS-SANE, EL ARAAR ES SAI, DEKLET ER RHUEL qui descendent les pentes des Djebels SIDI ALI BEN AGUE et EL HAFY.

Ils rejoignent tous l'oued EL HALLOUF qui se perd dans la plaine de GAMOUDA, au-delà du seuil de BIR EL HAFET.

Tous les oueds sont essentiellement temporaires. Généralement ils dépendent directement des pluies. Ils tarissent deux ou trois jours, rarement plus (oued EL HALLOUF), après les précipitations.

Selon M. TIXEBOY, les eaux de ruissellement pourraient servir à l'irrigation, par épandage. L'auteur donne les ordres de grandeur suivants pour le volume annuel utilisable dans la cuvette de BRAGA :

dans les secteurs	{	de BIR MEDRA	:	200.000	m ³
		du WED EMELIA	:	500.000	m ³
		des Culei MOHAMED .	:	200.000	m ³
		du WED SEUGDAL ...	:	<u>250.000</u>	m ³
		- <u>Total</u> ...	:	<u>1.150.000</u>	m ³

Les possibilités de création de petits bassins de retenue des eaux de crue semblent limitées dans la plaine ; nous n'avons pas remarqué de site intéressant et il n'y a pas de sous-sol rocheux pour l'assise de barrages.

Par contre de petits bassins pourraient vraisemblablement être aménagés à frais réduits sur les flancs des Djebels de bordure. En particulier sur le flanc Sud du Djebel KERAR, dans la région de BOUES EL KERAR et sur le flanc Nord du Djebel MELGUSSE au Sud du DRAA EL HADJER, une recherche de sites et une étude hydrologique préliminaires devraient être fructueuses.

CHAPITRE II

ETUDE GEOLOGIQUE

Le lecteur trouvera sur la planche 1 la carte géologique de la région étudiée à l'échelle de 1/100.000.

Cette carte est un agrandissement de la carte géologique au 1/200.000 aménagée et complétée dans le détail.

A - Stratigraphie

Les montagnes de bordure sont datées du crétacé inférieur et moyen.

Le centre de la cuvette est rempli de sédiments tertiaires et quaternaires.

1 - LES SYSTÈMES CRÉTACÉS

- 1 - LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR c¹⁻³, du Barrémien à l'Albion, affleure dans les Djebels KIRAB, MKLOUSSI, SEKIDAL.

Il est représenté par un complexe gréo-carne-calcaire et son épaisseur peut atteindre un millier de mètres. Notons que les grès de l'Aptien sont perméables et peuvent constituer une bonne réserve d'eau. Les marnes bariolées albionnes contiennent souvent du gypse.

b - LE CÉNOMANIEN ⁵⁻⁴ forme les flancs des Djebels. On y rencontre des bancs de calcaires dolomitiques bruns ou blancs, massifs, épais de 10 à 50m, qui forment les crêtes. Ils sont séparés par des bancs de calcaires, marno-calcaires et dolomies, épais de 1 à 1m, avec des intercalations marnueuses qui correspondent à des dépressions dans le relief. Certains bancs sont fossilifères, contenant des huîtres et même des Ammonites qui ont permis de dater la formation.

L'épaisseur du cénomanien atteint et dépasse même 1.000 mètres.

c - LE TURONIEN ⁶ existe, en concordance sur le Cénomanien, dans les Djebels EL KRATH, OUGEREL et DRAA HADJEB. C'est un calcaire rose, dur, en bancs compacts, difficilement attaqué par l'érosion. Il est épais de 10 à 20 m.

2 - LES SEDIMENTS TERTIAIRES ET QUATÉNAIRES

Ils sont très épais dans le bassin d'HORCHANT-BRAGA comme l'attestent les sondages exécutés dans la cuvette de BRAGA et dont les coupes lithologiques font l'objet des figures 2 à 6 : sondages de MELIKATE, SIDI SAYAH, BIR BEDRA et sondages des Ouled MOHAMED, le plus récent.

La carte géologique au 1/200.000 fait état d'affleurements pliocènes. Selon M. CASTANY le pliocène n'existerait pas dans la plaine de SIDI BOU ZID et nous pensons qu'il est de même dans le bassin d'HORCHANT-BRAGA.

Nous avons trouvé sur le flanc Nord-Ouest du Djebel STUODAL une formation comportant sur une trentaine de mètres d'épaisseur des marnes grises, des grès grossiers à structure bréchique, plus ou moins consolidés, des sables ; le tout en concordance sur les calcaires blancs cénomaniens (ou même turoniens) et recouverts en discordance par le quaternaire.

Classé sur la carte géologique au 1/200.000 dans le pliocène l'ensemble rappelle le Pontien décrit par M. CASTANY dans son rapport sur l'hydrogéologie de la plaine de SIDI BOU ZID. Nous l'avons situé dans le tertiaire sur la carte de la planche 1.

Le quaternaire est horizontal ou a un pendage très faible (0 à 5°)

Nous y avons distingué :

- le QUATERNAIRE ANCIEN ^Q, qui constitue le comblement du bassin ;
 - le QUATERNAIRE RECENT ^R, qui comprend les éboulis de piedmont, les dunes, les alluvions des oueds sur les pentes ou dans la plaine.
- a - LE QUATERNAIRE ANCIEN ^Q recouvre en discordance, indifféremment les terrains secondaires ou tertiaires. Selon M. CASTANY, "ce sont d'anciens dépôts de pente et de comblement que le ruissellement et le vent ont transportés et déposés". Dans la plaine de SIDI BOU ZID "ces dépôts semblent se raccorder avec ceux d'HADJEB EL AIOUN qui paraissent d'âge tyrrhénien".

Les sondages profonds (voir figures 2 à 6) de la cuvette de ERAQA traversent des épaisseurs importantes de quaternaire.

Les sondages de MELIKATE, de BIR M'ZARAH et les deux sondages de SIDI ALI SAYAH ont atteint respectivement des profondeurs de près de 700 m et de plus de 500 m sans atteindre, au moins avec certitude, la base du quaternaire. Le sondage des Ouled MOHAMED, profond de 487 m, reste dans cette formation.

Le quaternaire ancien est formé par des assises d'épaisseurs diverses de sables blancs, jaunes, fins ou grossiers, argileux ou non contenant des lits de cailloutis dont certains d'origine cénozanienne, des couches de grès brunâtres parfois argileux avec souvent des débris calcaires (cénozanien), de l'argile rougeâtre parfois sableuse ou gréseuse, des formations loessiques.

A la base, des sarnes compactes pourraient être attribuées au tertiaire.

b - LE QUATREMAIRE RECENT^a comprend :

- les éboulis grossiers qui s'accumulent au pied des Djabels ; ils deviennent de plus en plus fins vers la plaine et comportant parfois des crêtes calcaires. Ils sont importants et épais au pied du Djebel SIDI ALI BEN AOUN, dans le sguil des Ouled HADJ, sur le flanc Sud du Djebel KEBAB surtout à l'Ouest, dans le bled R'HELIA, et en partie le long des Djabels COULEB et SEUGELL. Par contre on en voit très peu sur le flanc Nord du Djebel MELOUESSI ;
- les alluvions des cônes de déjection des oueds torrentiels, cailloutis assez grossiers et lisons de plus en plus fins vers la plaine ;
- les alluvions grossières occupant en surface une superficie évaluée à 100 km² environ ;
- les alluvions déposées par les oueds EL HALLOUF, RHEDRAT et les alluvions du thalweg principal de la cuvette de BRAGA. Ce sont des cailloutis, des sables fins ou grossiers et des lisons ;
- les formations loessiques brunes à poudres calcaires qui occupent de grandes surfaces au centre du bassin ;
- les sols de setkran actuelles ou anciennes comprenant des crêtes saillantes ou gypso-calcaires plus ou moins consolidées ;
- des lisons de couverture ;
- des sables fins d'origine éolienne, qui constituent la couverture du tiers Sud de la cuvette de BRAGA et se sont accumulés au pied du Djebel MELOUESSI.

B - Tectonique

Le bassin d'BORCHANI-BRAQA est un vaste synclinal à mouvement subséquent quaternaire, entouré par des structures anticlinales.

Nous avons essayé de représenter la tectonique d'ensemble du bassin sur les planches 2 et 3, suivant les profils géologiques, au 1/50.000 ou 1/100.000, AA' et BB' de direction Est-Ouest, CC' de direction Nord-Sud. Leur position est indiquée sur la planche 1.

1 - LES ANTICLINAUX PERIPHERIQUES

Ils sont formés de terrains crétacés : les flancs sont d'âge cénozoïque, le cœur découvert par l'érosion est crétacé inférieur.

Les plissements ont eu lieu suivant deux directions principales :

- la direction Est Nord Est - Ouest Sud Ouest se retrouve dans les Djebels KEBBAR, SIDI ALI BEN AGON, M'LOUSSI et les Djebels SEUGDAL et BACRA ;
- la direction de plissement Nord Nord Est - Sud Sud Ouest concerne les Djebels EL HAFET, COULMS, RHENOUTS.

Les anticlinaux sont généralement dissymétriques, leur flanc Sud ou Ouest étant plus redressé que leur flanc Nord ou Est. Le plongement latéral des couches est encore accentué en bordure par des flexures ; le pendage est alors vertical et parfois même il s'inverse. Les flexures peuvent être doublées par des failles, par exemple sur le flanc Sud Est du Djebel SIDI ALI BEN AGON et vraisemblablement sur le bord Sud du Djebel KEBBAR.

Cependant sous la plaine, le prolongement du crétacé, rapide au Sud du Djebel KESAR, doit s'amortir très rapidement sinon le quaternaire atteindrait vite des épaisseurs inadmissibles.

Une preuve en est que le Turonien des Djebels OUGHERA et EL KEAÏN en épi au milieu du bassin, et le Cénozanien qui s'étend jusqu'à un Djebel DOUKOURA à l'Ouest, ont un pendage n'excédant pas 5°.

Une autre preuve est fournie par le sondage de BIR BEDRA. Il a rencontré des calcaires roses, que nous attribuons au Turonien, à la profondeur de -295 m (voir figure 4). Le pendage moyen calculé entre les affleurements du Djebel MELOUSSI et ce point est de 3°, du même ordre de grandeur que le pendage observé au Djebel OUGHERA.

Sur les terrasses périclinales les pendages sont généralement plus faibles que sur les flancs des Djebels.

2 - LES SEUILS

Leur structure est représentée sur la planche 3 à partir des observations faites en surface.

Les seuils sont des goulots plus ou moins larges comblés par des sédiments tertiaires et quaternaires.

On remarquera qu'ils présentent une dissymétrie sensible. Toutefois la tectonique y serait assez calme sauf au seuil Sud Est (du BLED MEKELIA) où elle est difficile à préciser en absence de sondages.

Notons que l'épaisseur du remplissage quaternaire paraît être partout grande. Elle dépasse 700 m au seuil de BIR EL HAFYI. Elle devrait être de même ordre au seuil du BLED SEUGDAL, un peu plus faible sans doute dans les seuils Sud Ouest et Sud Est.

Le seuil Sud Ouest est doublé à l'Est du Djebel DOUKOURA par le synclinal crétacé aplati de BAS MEKELIA qu'emprunte la route de SIDI BACH ZID à GAFSA, et qui ne comporte pas de quaternaire.

Cependant sous la plaine, le prolongement du crétacé, rapide au Sud du Djebel KESAR, doit s'amortir très rapidement sinon le quaternaire atteindrait vite des épaisseurs inadmissibles.

Une preuve en est que le Turonien des Djebels OUGHA et EL KRAH en épi au milieu du bassin, et le Cénozoïque qui s'étend jusqu'au Djebel DOUGIRA à l'Ouest, ont un pendage n'excédant pas 5°.

Une autre preuve est fournie par le sondage de BIR BEDRA. Il a rencontré des calcaires roses, que nous attribuons au Turonien, à la profondeur de -295 m (voir figure 4). Le pendage moyen calculé entre les affleurements du Djebel MELOUSSI et ce point est de 3°, du même ordre de grandeur que le pendage observé au Djebel OUGHA.

Sur les terrasses périelinales les pendages sont généralement plus faibles que sur les flancs des Djebels.

2 - LES SEUILS

Leur structure est représentée sur la planche 3 à partir des observations faites en surface.

Les seuils sont des goulots plus ou moins larges comblés par des sédiments tertiaires et quaternaires.

On remarquera qu'ils présentent une dissymétrie sensible. Toutefois la tectonique y serait assez calme sauf au seuil Sud Est (du BLED MEKLA) où elle est difficile à préciser en absence de sondages.

Notons que l'épaisseur du remplissage quaternaire paraît être partout grande. Elle dépasse 700 m au seuil de BIR EL HAFY. Elle devrait être de même ordre au seuil du BLED SEUGDAL, un peu plus faible sans doute dans les seuils Sud Ouest et Sud Est.

Le seuil Sud Ouest est doublé à l'Est du Djebel DOUGIRA par le synclinal crétacé aplati de BAS MEKLA qu'emprunte la route de SIDI BACH ZID à GAFSA, et qui ne comporte pas de quaternaire.

3 - LE BASSIN

Il n'est guère douteux que les formations crétacées constituent le fond du bassin d'HORCHANE-BRAGA puisque le sondage de BIR BEDRA les a rencontrées à partir de 30^m de profondeur (calcaires turoniens).

Le bassin accuse une dissymétrie marquée dans le sens Nord-Sud, nette sur le profil transversal CC' de la planche 2, résultat de la dissymétrie des anticlinaux bordiers ; le substratum crétacé s'enfoncé du Sud vers le Nord tandis que le quaternaire croît en épaisseur. On en relève 300 m environ au sondage de BIR BEDRA ; 700 m au moins aux sondages de SIDI SAYAH n° 1 et de MELIKATE.

Sur les profils longitudinaux (Est-Ouest) AA' et BB' de la planche 2 apparaissent les deux compartiments distincts du bassin : cuvette de BRAGA à l'Est, cuvette d'HORCHANE à l'Ouest.

Si la première est en partie connue, grâce aux sondages de recherche d'eau la deuxième ne l'est que très peu. On n'y connaît pas en particulier l'épaisseur du remplissage quaternaire ; des ondulations ou des accidents enterrés pouvant affecter le fond ; d'autant plus qu'en surface le Crétacé est plissé vers le Sud, (profil BB', planche 2).

Notons cependant qu'en tenant compte des seuls pendages de surface l'épaisseur des sédiments quaternaires serait estimé à plus de 1.000 mètres au centre de la cuvette.

Le profil AA' fait apparaître des failles qui ont effondré le bassin tant à l'Est qu'à l'Ouest, accentuant (ou provoquant) le phénomène de subsidence.

CHAPITRE III

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE : VUE D'ENSEMBLE

Vue dans son ensemble la région étudiée se présente comme un vaste bassin à fond et à bords imperméables, rempli de sédiments particulièrement poreux.

1 - LE SUBSTRATUM IMPERMEABLE

On peut admettre qu'il est constitué par le complexe marnoux du crétacé inférieur qui doit s'étendre sous l'ensemble du bassin : marnes du Néocomien, marnes gréseuses et marno-calcaires de l'Albien.

Dans le cénozoïque même, des horizons épais de marnes et marno-calcaires alternés en bancs minces et peu fissurés paraissent peu perméables.

Affleurant au coeur des anticlinaux de bordure, le crétacé inférieur constituerait des bords étanches tout autour du bassin, lequel serait ainsi bien individualisé et isolé du point de vue hydraulique.

Il faut noter que dans le détail le crétacé inférieur contient des horizons perméables qui peuvent être épais : par exemple les grès tendres de l'Aptien associés à des dolomies.

Il est possible que ces formations perméables, à la faveur des flexures faillées bordières ou de changements de faciès, jouent un rôle important soit dans l'alimentation, soit dans le drainage des formations aquifères du bassin.

2 - LES FORMATIONS PERMIENNES

Nous pouvons distinguer :

- a - LES GRES, CALCAIRES ET DOLOMITES DU CRÉTACE Ils ont une perméabilité assez variable, selon leur degré de fissuration et il est difficile d'évaluer leurs possibilités aquifères.

Leur surface d'affleurement dans le bassin n'est pas négligeable elle est de l'ordre de 350 km². Mais la pente souvent raide et le sens du pendage ne sont pas en faveur d'infiltrations importantes. En outre le plongement rapide des couches sous les terrains plus récents favoriserait plutôt l'écoulement des eaux vers des zones très profondes.

Les sources issues du crétacé peuvent être dues à un sectionnement de la couche aquifère par une faille ou l'érosion, ou à un phénomène de trop plein. Elles sont rares et peu importantes. Nous en avons faite l'inventaire et les avons notées sur la carte planche 5 : au coeur du Djebel KERAR l'AIN DOUALI, sur le flanc des Djebels BOU DIBAR et SMOUDAL les AIN RHOUIS, HASSI SMADIA, BOU HANIK. Toutes ont un débit très faible, pratiquement nul en été.

Au pied des Djebels SIDI ALI BEN AOUN et EL HAFY, les trois sources AIN GUELB EL MA EL HAY, AIN EL HOGARA et BIR HAFY ont été étudiées par M. BERKALOFF en 1931. Leur débit pérenne est pour chacune d'elles de l'ordre de : 1/s.

L'AIN BORDJ OUCHEL a par contre un débit important : 9 l/s en Mai 1960. Elle sert à l'alimentation du BORDJ et à l'irrigation de 15 ha plantés..

Sur son flanc Nord le Djebel MELOUSSI ne donne naissance à aucune source pérenne, alors que sur son flanc Sud l'AIN OUM HENEL et l'AIN DJENEL ont un débit continu de 11 à 8 l/s.

En conclusion le débit total des sources issues du Crétacé n'exécède pas une douzaine de litres par seconde dans la zone étudiée. C'est très peu en regard de la surface importante des affleurements.

Les eaux issues des calcaires cénomanien ont un résidu sec faible, souvent inférieur à 1 g/l.

b - LES FORMATIONS TERTIAIRES ET QUATÉNAIRES qui comblent le bassin sont une alternance de bancs de sables, graviers perméables et d'argiles imperméables. Les premiers sont aquifères et les deuxièmes forment séparation entre les nappes mais l'origine continentale peut se révéler par une structure entrecroisée et il y a de fortes chances pour que les diverses nappes du quaternaire communiquent et forment un seul système aquifère à l'échelle régionale.

c - LES NAPPES DU TERTIAIRE ET QUATÉNAIRE Des puits assez nombreux exploitent et permettent l'étude de la nappe phréatique (nappe à surface libre), au moins dans la cuvette de BRAGA.

Les sondages de MELIKATE, SIDI ALI SAYAH n°s 1 et 2, BIR BEDRA, Ouled MOHAMED et BIR EL ELARA ont exploré en partie les nappes souterraines profondes. Celles qui ont été captées dans ces forages sont en charge.

Nous distinguerons donc deux systèmes aquifères et les étudierons séparément dans les chapitres suivants :

- une nappe libre : la nappe phréatique
- un système de nappes en charge dans le centre du bassin : les nappes profondes .

CHAPITRE IV

ETUDE DE LA NAPPE PHREATIQUE

La nappe phréatique du bassin d'HORCHANE-ERAGA est exploitée dans cent vingt puits que nous avons reconnus et situés sur la planche 5. Ils sont localisés à peu près dans la cuvette de ERAGA et les seuils.

Ils sont tous maçonnés et il n'est pas possible de voir la roche-magasin. Nous avons toutefois pu observer les débris d'extraction de puits en construction :

- dans un puits des Ouled M'BAREK la nappe phréatique est dans des sables rouges à granulométrie assez fine ;
- dans le BIR SAADA, l'eau est contenue dans des grès grossiers, qui sont surmontés par des sables consolidés, des éboulis, de la terre légèrement argileuse ;
- dans le puits n° P 113 on a traversé 7 mètres de limons, puis 33 mètres de sable légèrement argileux, d'éboulis et de graviers secs, enfin des grès grossiers aquifères.

La nappe phréatique a été observée dans cent dix huit puits qui ont été nivelés spécialement. Trois relevés de nappe ont été effectués à intervalle régulier (environ un mois).

- 1 - LA PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE est variable. Nous avons tracé sur la carte au 1/100.000 de la planche 4 les isobathes de la surface de la nappe phréatique relevé en Septembre 1960.

Eaux sont souvent en relation inverse avec les courbes de niveau de surface.

Dans la cuvette de BRAGA la nappe est peu profonde le long du thalweg principal où elle reste au-dessus de 20 mètres. Elle est à moins de cinq mètres dans la dépression de BIR EL DJEDRA au centre de la cuvette et dans le BLUD RNELIA. Après les pluies ces zones sont inondées.

Mais de part et d'autre du thalweg, tandis que l'altitude de surface croît, la nappe phréatique s'enfonce assez rapidement. Elle atteint des profondeurs supérieures à 30 mètres aux Ouled SLIMANE.

Dans la cuvette d'BOHCHEAN les points d'observation sont rares. Quelques puits abandonnés sont ramblayés par des cailloux et il n'est pas possible d'y déceler la nappe phréatique qui a certainement été exploitée à l'époque romaine.

Au centre de la cuvette les puits abandonnés et secs n'ont plus que deux ou trois mètres de profondeur, très rarement dix mètres et il est impossible de se faire une idée de la profondeur de la nappe phréatique. Dans les Ouled KNASUTE deux puits, indiqués sur la planche 4, sont secs jusqu'aux profondeurs de -57 mètres et -51 mètres.

A proximité des Djebels SIDI ALI BEN AOUN, ZITOUN et EL HAFYI le niveau statique de la nappe phréatique se rapproche de la surface, aux environs d'une vingtaine de mètres; mais très vite il s'enfonce lorsqu'on s'éloigne des éboulis de riedsont.

Au seuil de BIR EL HAFYI et au seuil Sud-Ouest on rencontre la nappe entre -35 et -45 mètres de profondeur.

En conclusion la nappe phréatique est peu profonde dans facilement exploitable au centre de la cuvette de BRAGA, le long de son thalweg principal, et en règle générale sur les bords du bassin. Ailleurs, elle s'enfonce sensiblement atteignant des profondeurs de l'ordre de -30 mètres et même -80 mètres et plus dans la cuvette d'BOHCHEAN.

Au centre de la cuvette d'HORCHANE sa profondeur est inconnue.

2 - LA CARTE PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE établie d'après un relevé effectué en Septembre 1960 est figurée sur la planche 5.

Les flèches indiquent le sens des écoulements.

Nous remarquerons que la surface de la nappe reflète assez bien, dans ses grandes lignes, la topographie superficielle. Cette similitude est particulièrement nette dans la cuvette de BRAGA : la dépression de la nappe suit le thalweg principal, tandis que les antennes avancées des Djebels sont souvent marquées par des bombements.

Tout dans son ensemble, la surface de la nappe forme une dépression au centre de la cuvette de BRAGA ; l'écoulement de la nappe convergeant vers le KRAOUMAT EL ADJADJ. Cette disposition provient vraisemblablement de la porosité élevée des sédiments périphériques permettant une alimentation accrue de la nappe en bordure de la cuvette.

Le niveau piézométrique de la nappe est plus élevé dans les seuils Nord que dans la cuvette de BRAGA : logiquement cette dernière devrait être le réceptacle des eaux venant de la plaine de SIDI BOU SID.

Dans la plaine de CAPEA Nord, la pente de la nappe est dirigée vers le Sud. Au voisinage du seuil Sud-Ouest, le niveau statique de la nappe phréatique est élevé par rapport aux nappes de la cuvette de BRAGA d'une part, de la plaine de CAPEA d'autre part. Les nappes phréatiques de la plaine de CAPEA Nord et du bassin d'HORCHANE-BRAGA seraient indépendantes, les calcaires cénozoïques à l'affleurement au sud de BAS KHEHIA constituant une barrière relativement étanche entre les deux nappes ou un réservoir commun.

Au BAS KHEHIA la pente de la nappe, assez élevée - 5/1.000 est dirigée vers la plaine de l'Oued LEBEN. La concavité des courbes

isopiézométriques indique que ce seuil est une zone de drainage pour la nappe phréatique de la cuvette de BRAGI, laquelle alimenterait en partie la nappe de l'Oued LEBEN.

Toutefois, étant donnée la faible largeur du seuil Sud-Est, il faudrait que les sédiments soient particulièrement épais - ce qui est douteux - et très perméables - ce qui l'est moins car la zone peut être faillée - pour que le débit de vidange soit très important.

Seuls des sondages et des essais de pompage permettraient de lever le doute.

- 3 - LE BILAN DES EAUX VÉHICULÉES : pour estimer le bilan des eaux véhiculées il faudrait connaître le coefficient de perméabilité. Seuls des essais de pompage prolongés dans deux ou trois puits avec des observations dans des piézomètres, pourraient permettre de l'approcher.

Aussi dans l'état actuel, nous ne pourrions pas donner un ordre de grandeur des ressources dynamiques de la nappe, non plus que des ressources statiques qui dépendent du coefficient de restitution.

- 4 - LA QUALITÉ DES EAUX - Sur la planche 5, nous avons représenté la carte de conductibilité de la nappe phréatique. Nous rappelons que la conductibilité donne une idée du résidu sec des eaux ; plus exactement elle est proportionnelle à la concentration en ions lorsque la solution est suffisamment diluée.

Nous indiquons dans la légende de la carte la correspondance approximative entre le résidu sec et la conductibilité. La relation est d'autant plus juste que la proportion de chlorure de Sodium est plus grande et que la solution est plus diluée.

L'eau de la nappe phréatique est généralement de qualité passable à médiocre pour l'irrigation, son résidu sec étant compris entre 1 et 3 g/l.

isopiézométriques indique que ce seuil est une zone de drainage pour la nappe phréatique de la cuvette de BRAGI, laquelle alimenterait en partie la nappe de l'Oued LEBEN.

Toutefois, étant donnée la faible largeur du seuil Sud-Est, il faudrait que les sédiments soient particulièrement épais - ce qui est douteux - et très perméables - ce qui l'est moins car la zone peut être faillée - pour que le débit de vidange soit très important.

Seuls des sondages et des essais de pompage permettraient de lever le doute.

- 3 - LE BILAN DES EAUX VÉHICULÉES : pour estimer le bilan des eaux véhiculées il faudrait connaître le coefficient de perméabilité. Seuls des essais de pompage prolongés dans deux ou trois puits avec des observations dans des piézomètres, pourraient permettre de l'approcher.

Aussi dans l'état actuel, nous ne pourrions pas donner un ordre de grandeur des ressources dynamiques de la nappe, non plus que des ressources statiques qui dépendent du coefficient de restitution.

- 4 - LA QUALITÉ DES EAUX - Sur la planche 5, nous avons représenté la carte de conductibilité de la nappe phréatique. Nous rappelons que la conductibilité donne une idée du résidu sec des eaux ; plus exactement elle est proportionnelle à la concentration en ions lorsque la solution est suffisamment diluée.

Nous indiquons dans la légende de la carte la correspondance approximative entre le résidu sec et la conductibilité. La relation est d'autant plus juste que la proportion de chlorure de Sodium est plus grande et que la solution est plus diluée.

L'eau de la nappe phréatique est généralement de qualité passable à médiocre pour l'irrigation, son résidu sec étant compris entre 1 et 3 g/l.

La carte de conductibilité ne tenant pas compte de la nature des sols dissous, nous avons prélevé des échantillons pour analyse chimique complète mais les résultats ne nous sont pas encore parvenus.

Les eaux sont chargées au centre de la cuvette de BRAGI, généralement sous le thalweg principal, et au scuil Nord-Ouest (résidu sec compris entre 2 et 5 g/l, parfois supérieur).

La concentration en sels provient en partie de la faible profondeur de la nappe phréatique qui est soumise à une évaporation intense, et en partie de la présence de sols salés de sabkhas anciennes ou actuelles, qui sont lessivés par les eaux d'infiltration. Ce dernier cas s'appliquerait en particulier au BLED ROUELI dont le sol serait salé.

Par contre les Oued SLIMANE, les Oued BRAHIM et MEDJIA possèdent une nappe phréatique de bonne qualité. (Résidu sec inférieur à 2 g/l) : les terrains superficiels y sont peu salés et la nappe, profonde, est peu soumise à l'évaporation.

Sur le flanc Sud du Djebel K'BAR, la vallée de l'oued TEBOL est nettement marquée par une plage à faible conductibilité. Il est possible que la nappe phréatique reçoive là un apport important du crétacé à la faveur de fissures ou d'une faille. La carte piézométrique indiquant une pente accusée de la nappe, un tel apport à résidu sec faible peut expliquer l'extension des eaux à faible concentration vers le BLED STOUHAL et vers le Sud, à condition que la perméabilité des terrains soit élevée.

Dans la cuvette d'BOURCHANE les puits sont localisés sur la périphérie en particulier au pied du Djebel SIDI ALI BEN AOUN. L'eau est de bonne qualité, en provenance vraisemblablement du crétacé ou des éboulis crétacés.

- 5 - L'ALIMENTATION DE LA NAPPE PHREATIQUE : nous en avons déjà parlé plus haut. Elle se fait, pensons nous, par toute la surface du bassin, mais les éboulis de piedmont, souvent grossiers, constituent certainement des zones privilégiées d'infiltration et contribuent pour une large part à l'alimentation de la nappe.

CHAPITRE V

LES NAPPES PROFONDES

Elles sont connues par les cinq sondages profonds de BIR M'ZARA (n° du B.I.R.H. : 6614/5), de SIDI ALI ES SAYAH 1 et 2 (n°s du B.I.R.H. : 6353 et 6853/5), de MELIKATE (n° 6405/5), de BIR BEDRA (n° 6686/5) et de Ouled MOHAMED (n° 7101/5).

1 - DESCRIPTION DES SONDAGES

Leur position est portée sur la planche 7, au 1/100.000.

- a - LE SONDAGE DE BIR M'ZARA (n° 6614/5) fait partie plutôt du BLEND GARGOUDA dans la plaine de SIDI BOU ZID que de notre zone d'étude. Toutefois sa position sur l'axe du seuil Nord-Ouest, lui donne une grande importance pour notre étude.

Selon le rapport de fin de sondage de M. SQUARCIONI, il a été implanté dans le but de permettre la création d'un périmètre irrigable et devait capter une formation de sables aquifères reconnue dans les sondages voisins de SIDI BOU ZID.

Sa cote est +393,2 m (cote du terrain naturel par rapport au niveau de la mer). Il a été exécuté entre les 14 Avril et 26 Juillet 1956.

Coupe lithologique (figure 1) - La sonde a traversé des argiles sableuses jusque -100 m, des sables grossiers avec des graviers

CHAPITRE V

LES NAPPES PROFONDES

Elles sont connues par les cinq sondages profonds de BIR M'ZARA (n° du B.I.R.H. : 6614/5), de SIDI ALI ES SAYAH 1 et 2 (n°s du B.I.R.H. : 6353 et 6853/5), de MELIKATE (n° 6405/5), de BIR BEDRA (n° 6686/5) et de Ouled MOHAMED (n° 7101/5).

1 - DESCRIPTION DES SONDAGES

Leur position est portée sur la planche 7, au 1/100.000.

- a - LE SONDAGE DE BIR M'ZARA (n° 6614/5) fait partie plutôt du BLEND GARGOUDA dans la plaine de SIDI BOU ZID que de notre zone d'étude. Toutefois sa position sur l'axe du seuil Nord-Ouest, lui donne une grande importance pour notre étude.

Selon le rapport de fin de sondage de M. SQUARCIONI, il a été implanté dans le but de permettre la création d'un périmètre irrigable et devait capter une formation de sables aquifères reconnue dans les sondages voisins de SIDI BOU ZID.

Sa cote est +393,2 m (cote du terrain naturel par rapport au niveau de la mer). Il a été exécuté entre les 14 Avril et 26 Juillet 1956.

Coupe lithologique (figure 1) - La sonde a traversé des argiles sableuses jusque -100 m, des sables grossiers avec des graviers

plus ou moins argileux entre -100 et -405 m, puis jusqu'à -701 m des argiles et des sables sablonneux (les cotes sont données par rapport au sol).

Le carottage électrique (reproduit sur la figure 7) montre qu'en réalité les sables sont souvent assez argileux et que seules deux zones situées entre les cotes -80 m et -200 m et entre les cotes -350 m et -400 m par rapport au terrain naturel paraissent avoir une bonne porosité.

La première zone s'est révélée effectivement aquifère. Elle a été captée entre les cotes -120 m et -162 m, à l'aide d'une crépine de 6".

Le niveau statique de la nappe était à la cote -33,5 m par rapport au terrain naturel, soit à la cote absolue +359.7 m.

Les résultats des essais de débit (durée 11 heures) sont reportés sur la figure 13 sous forme de la courbe des rabattements en fonction des débits. On peut en déduire la valeur du débit spécifique moyen : 2,1 l/s par mètre d'abaissment. De façon plus précise l'équation du débit est :

$$Q = 3,25 S^{0,90}$$

Q étant le débit en l/s

S étant le rabattement en mètres.

La remontée du niveau statique a été assez rapide au bout d'une heure le rabattement résiduel n'était plus que de 1,2 m.

Qualité de l'eau - L'analyse d'un échantillon d'eau prélevé le 27 Juillet 1955 en fin des essais a donné les résultats portés sur le diagramme logarithmique de la figure 19. Avec un résidu sec de 2,050 g/l et un coefficient alcalimétrique de 5,7 l'eau a une potabilité momentané médiocre. Elle est utilisable pour l'irrigation sous condition d'un excellent drainage.

La formule était : $\frac{Ca}{135} \quad \frac{Mg}{122} \quad \frac{Na}{113} \quad \frac{Cl}{120} \quad \frac{SO^4}{912} \quad \frac{CO^3}{117}$

Remarquons la quantité importante de l'anion SO^4 dû tout d'abord au lessivage d'une formation gypseuse.

Evolution de la quantité de l'eau : un échantillon prélevé le 29 Juin 1960 a donné à l'analyse la formule chimique suivante :

$\frac{Ca}{140} \quad \frac{Mg}{122} \quad \frac{Na}{150} \quad \frac{Cl}{155} \quad \frac{SO^4}{754} \quad \frac{CO^3}{144}$

et un résidu sec de 1,850 g/l. L'eau après deux ans de passage serait moins chargée ; la différence provenant pour une grande part de la baisse des sulfates.

Etat actuel du forage et débit de passage - Le forage est équipé d'une pompe JOHNSTON actionnée par un moteur HERPOED de 55/52 cv.

Le débit de passage est de 40 l/s durant deux heures trente par jour ; huit jours par mois, soit un débit fictif continu de : 1,00 l/s.

Il est utilisé pour irriguer cent hectares d'arbustes.

2 - LE SONDAGE DE SIDI SAÏAH N° 1 (n° 5.353/5 du B.I.R.H.)

Il a été implanté pour permettre la création d'un périmètre irrigable et il a été exécuté entre les 3 Mars et 18 Mai 1954.

Sa cote (au terrain naturel) est +32',2 m.

Le coupe lithologique que le lecteur trouvera sur la figure 2, peut être résumée comme suit :

- de 0 à -405 m ... des argiles avec quelques passages de sables et de grès ;

.../...

- de 105 à -460 m des sables plus ou moins argileux, parfois grossiers avec des galets, coupés de passages d'argile ;
- de -460 à -525 m une alternance de grès avec des passages calcaires, de sables avec des passages de gypse, de marne compacte.
(les cotes sont données par rapport au sol).

Le carottage électrique (figure 8) permet de distinguer :

- une formation à faible résistivité de 5 à 10 ohms-mètres, entre la surface et la cote -195 m (par rapport au sol) ;
- un ensemble à résistivité moyenne comprise entre 10 et 20 ohms-mètres, situé entre les cotes -195 et -354 m ;
- un horizon assez perméable de résistivité moyenne comprise entre 15 et 25 ohms-mètres situé entre les cotes -354 et -465 m .
La P.S positive indique une eau de formation moins chargée que le filtrat de la boue ;
- des terrains à résistivité variable au-dessous.

Le captage a été effectué entre -351 et -423 m à l'aide d'une crépine de 8" .

Le niveau statique de la nappe était à -9,4 m , sous le terrain naturel, soit à la cote absolue : +316,8 m .

Les résultats des essais de débit, d'une durée de six heures, effectués le 16 Mai 1954 sont portés sur la figure 14. La courbe de rabattement en fonction du débit permet d'estimer le débit spécifique

À 6,0 l/s par mètre d'abaissement. D'une manière plus précise l'équation du débit Q en fonction du rabattement S est :

$$Q = 12 S^{0,74}$$

Q : étant en l/s
 S : en mètres.

La remontée du niveau piézométrique a été rapide : le niveau initial était atteint au bout de vingt minutes seulement.

Qualité des eaux - L'analyse d'un échantillon d'eau prélevé en fin des essais de pompage, le 12 Mai 1954, a donné lieu au diagramme logarithmique de la figure 20.

L'eau avec un résidu sec de 1,560 g/l est de potabilité momentanée médiocre. Avec un coefficient alcalimétrique de 5,7 elle est utilisable pour l'irrigation sous la condition d'un excellent drainage.

Evolution de la qualité de l'eau - Un prélèvement effectué le 30 Juin 1960, à la même saison que le premier, a donné un résidu sec légèrement plus faible : 1,460 g/l.

L'examen des formules chimiques reproduites ci-dessous montre une augmentation du calcium et des sulfates, et une baisse des carbonates.

- prélèvement du 12 Mai 1954

$\frac{Ca}{106}$	$\frac{Mg}{105}$	$\frac{Na}{233}$	$\frac{Cl}{373}$	$\frac{SO_4}{476}$	$\frac{CO_3}{123}$
------------------	------------------	------------------	------------------	--------------------	--------------------

- prélèvement du 30 Juin 1960

$\frac{Ca}{128}$	$\frac{Mg}{102}$	$\frac{Na}{236}$	$\frac{Cl}{390}$	$\frac{SO_4}{480}$	$\frac{CO_3}{115}$
------------------	------------------	------------------	------------------	--------------------	--------------------

.../...

Etat actuel du forage et débit de pompage - Le forage est équipé d'une pompe WORTHINGTON actionnée par un moteur NATIONAL de 50 cv.

Le débit de pompage est de 80 l/s pendant douze heures par jour et huit mois par an soit un débit fictif continu de 26,7 l/s.

Il est utilisé pour l'irrigation de 250 hectares diversément plantés.

c - LE SONDAGE DE SIDI SAYAH N°2 (n° C.881/5 du B.I.R.H.)

Il avait pour but la création d'une nouvelle cellule de mise en valeur par l'irrigation.

Il a été exécuté entre le 9 Avril et le 26 Juin 1959.

Sa cote (au sol) est +345,8 m.

La coupe lithologique est représentée sur la figure 3.

Jusqu'à la profondeur de -565 m, le forage a traversé une alternance de marnes plus ou moins sablonneuses et de sables fins ou grossiers avec parfois des graviers.

Au fond la marne est compacte, barren et rouge.

Dans l'ensemble, argile et marne dominant.

Le carottage électrique met bien en évidence l'abondance des argilles ; la résistivité indiquée par la "longue normale" restant souvent inférieure à 15 chas-mètres (voir sur la figure 9)

Le captage a été fait entre les profondeurs -113 m et -165 m à l'aide d'une crépine de 8" dans des sables grossiers et des marnes avec passages de sables gros et fins.

Le niveau statique de la nappe était, le 26 Juin 1959, à la profondeur -25,8 m soit à la cote absolue +317 m.

Les essais de débit ont duré 11 heures (rapport de M. ZAVOTTI). Les résultats ont été représentés, sur la figure 15, sous la forme de la courbe des débits en fonction du rabattement.

Le débit spécifique moyen du forage est d'environ 3,1 l/s par mètre d'abaissement.

Plus précisément, le débit Q en l/s peut s'exprimer en fonction du rabattement S en mètres par la formule :

$$Q = 3,2 S^{0,815}$$

La remontée a été très rapide.

Qualité de l'eau - Un échantillon d'eau prélevé après 1 h 30 de pompage, le 25 Juin 1959, avait un résidu sec de 2,800 g/l. Le diagramme logarithmique de l'analyse fut l'objet de la figure 21.

L'eau a une potabilité considérée comme satisfaisante. Elle est encore de qualité acceptable pour l'irrigation mais nécessite un excellent drainage, son coefficient alcalimétrique étant de l'ordre de 2,5.

La formule chimique :

$$\frac{Ca}{335} \quad \frac{Mg}{238} \quad \frac{Na}{315} \quad \frac{Cl}{887} \quad \frac{SO^4}{1133} \quad \frac{CO^3}{94}$$

met en évidence la proportion élevée des sulfates et chlorures dissous, en relation probable avec la proportion élevée des argiles dans les sédiments.

Etat actuel du forage - Le forage est fermé par un bouchon de ciment en attendant son équipement.

Il a été implanté en vue de la création d'une nouvelle cellule de mise en valeur agricole pour capter les nappes profondes exploitées déjà à SIDI SAYAH et MULKATE.

Il a été exécuté entre les 21 Mai et 25 Juillet 1957 (rapport de M. SQUARCIONI).

Sa cote est +333,4 m (par rapport au niveau de la mer).

Coupe lithologique - Elle est reproduite sur la figure 4, sous forme condensée. C'est une alternance de bancs épais de sables et d'argiles jusqu'à -210 m.

Entre les profondeurs -62 m et -155 m un banc de sable grossier contient des débris de coquilles à sa partie supérieure puis devient argileux.

A partir de -210 m et jusqu'à -352,5 m, cote à laquelle le forage a été arrêté, on a trouvé des cailloux, d'abord mêlés à des sables et argiles puis francs et colorés en blanc et rouge. A cause de leur couleur, nous pensons qu'ils se rattachent au Turonien.

Le sondage électrique (fig. 10) indique une formation résistante entre -53 m et -99 m. Ensuite, la résistivité baisse progressivement pour se stabiliser entre 5 et 10 ohm-mètres, caractéristique des formations argileuses.

A partir de -210 m, la résistivité élevée correspond aux calcaires turoniens.

Le captage a été fait entre les cotes -53,7 m et -101,6 m (par rapport à la surface du sol) dans les sables grossiers résistants, à l'aide d'une crépine 8".

Le niveau statique de la nappe était, le 25 Juillet 1957, à la cote -19,4 m par rapport au sol, soit à la cote absolue +311,0 m.

Les essais de débit ont duré cinq heures, le 25 Juillet 1957, et leurs résultats font l'objet de la figure 15. On peut estimer le débit spécifique moyen à 2,0 l/s par mètre d'abaissement.

Le débit Q en l/s est lié au rabattement S en mètres par la relation plus précise :

$$Q = 4,6 S^{0,57}$$

Pour des raisons techniques, le débit maximal n'a pu dépasser 30,2 l/s, au cours des essais.

La remontée de la nappe a été rapide : au bout de trois heures, le niveau piézométrique avait atteint sa cote initiale.

Qualité de l'eau - Un échantillon d'eau prélevé le 25 Juillet 1957 en fin d'essai, a accusé un résidu sec de 3,2 g/l.

Le diagramme logarithmique correspondant est représenté sur la figure 22.

L'eau a une potabilité momentanée mauvaise. Elle est utilisable pour l'irrigation sous condition d'un excellent drainage, son coefficient alcalimétrique étant voisin de 4,5.

La formule chimique :

$$\frac{Ca}{212} \quad \frac{Mg}{126} \quad \frac{Na}{322} \quad \frac{Cl}{479} \quad \frac{SO^2}{893} \quad \frac{CO^3}{100}$$

est celle d'une eau issue de sédiments sable-argileux.

Etat actuel du sondage - La station de pompage est en cours d'installation.

o - LE SONDAGE DE M^{re} (N^o 6.405/5 du B.I.R.H.) doit servir à la mise en valeur de la culture agricole.

Il a été effectué entre les 7 Juin et 24 Septembre 1954.

Sa cote absolue au sol est +332,5 m.

Coupe lithologique - On voit sur la figure 5 que le sondage a recoupé jusqu'à -693 m de profondeur une alternance de sables plus ou moins grossiers et plus ou moins argileux et d'argiles plus ou moins sablonneuses. Jusqu'à -200 m l'argile domine, puis jusqu'à -605 m, ce sont surtout des sables. A partir de cette dernière profondeur, on trouve des marres.

Le carottage électrique est reproduit sur la figure 11. La résistivité des terrains varie, le plus souvent, entre 10 et 15 ohms-mètres. Elle passe à 15 ohms-mètres, 20 et parfois 25 ohms-mètres entre -115 et -278 m. Entre -546 et -605 m et entre -643 et -677 m. La P.S. est positive dans les zones résistantes qui sont donc poreuses et contiennent une eau moins chargée que le filtrat de la boue.

Le captage a été effectué dans les sables, entre les cotes -194 et -245 m (par rapport au sol) avec une crépine de 8".

Le niveau statique de la nappe était à -17,2 m par rapport au sol, soit à la cote absolue +315,3 m.

Les essais de débit ont duré six heures. Ils ont été effectués le 22 Septembre 1954.

Les résultats ont été reportés sur la figure 17. La courbe des débits en fonction du rabattement permet d'estimer le débit spécifique à 1,0 l/s environ par mètre d'abaissement. Plus précisément,

* - LE SONDAGE DE N° 1 (N° 6.405/5 du B.I.E.H.) doit servir à la mise en valeur de la culture agricole.

Il a été effectué entre les 7 Juin et 24 Septembre 1954.

Sa cote absolue au sol est +332,5 m.

Coupe lithologique - On voit sur la figure 5 que le sondage a rencontré jusqu'à -693 m de profondeur une alternance de sables plus ou moins grossiers et plus ou moins argileux et d'argiles plus ou moins sableuses. Jusqu'à -200 m l'argile domine, puis jusqu'à -605 m, ce sont surtout des sables. À partir de cette dernière profondeur, on traverse des nappes.

Le carottage électrique est reproduit sur la figure 11. La résistivité des terrains varie, le plus souvent, entre 10 et 15 ohms-mètres. Elle passe à 15 ohms-mètres, 20 et parfois 25 ohms-mètres entre -115 et -278 m. Entre -546 et -605 m et entre -643 et -677 m. La P.S. est positive dans les zones résistantes qui sont donc poreuses et contiennent une eau moins chargée que le filtrat de la boue.

Le sondage a été effectué dans les sables, entre les cotes -194 et -245 m (par rapport au sol) avec une crépine de 8".

Le niveau statique de la nappe était à -17,2 m par rapport au sol, soit à la cote absolue +315,3 m.

Les essais de débit ont duré six heures. Ils ont été effectués le 22 Septembre 1954.

Les résultats ont été reportés sur la figure 17. La courbe des débits en fonction du rabattement permet d'estimer le débit spécifique à 1,0 l/s environ par mètre d'abaissement. Plus précisément,

le débit Q en l/s est lié au rabattement en mètres par la formule :

$$Q = 2,76 S^{0,69}$$

La remontée a été rapide. En une demi-heure, le niveau avait presque atteint sa position initiale (rabattement résiduel : 40 cm).

Qualité de l'eau - Un échantillon d'eau, prélevé en fin de l'essai de pompage, accuse un résidu sec de 2 g/l (voir sur la figure 23 le diagramme logarithmique de l'analyse).

L'eau a une potabilité momentanée mauvaise.

Elle est utilisable pour l'irrigation mais nécessite de bonnes terres perméables ou un excellent drainage (coefficient alcalimétrique K voisin de 4).

La formule chimique est celle d'une eau de sédiments sable-argileux

$$\frac{Ca}{228} \quad \frac{Mg}{114} \quad \frac{Na}{276} \quad \frac{Cl}{568} \quad \frac{SO^4}{696} \quad \frac{CO^3}{99}$$

Un échantillon, prélevé le 30 Juin 1960, avait un résidu sec de 1,860 g/l seulement, sa formule étant :

$$\frac{Ca}{208} \quad \frac{Mg}{122} \quad \frac{Na}{317} \quad \frac{Cl}{568} \quad \frac{SO^4}{672} \quad \frac{CO^3}{79}$$

Etat actuel du forage - Il est en cours d'aménagement et doit être prochainement mis en exploitation.

f - SONDAGE DES OULED MOHAMED (n° 7.101/5 du B.I.R.H.)

Il a été exécuté entre le 4 Octobre et le 14 Décembre 1960 pour le compte de la F.A.O. qui veut créer un vaste périmètre expérimental de culture en sec.

Sa cote est +342,3 m (au sol) par rapport au niveau de la mer.

Coupe lithologique - Elle fait l'objet de la figure 6. On y voit une alternance de sables grossiers ou fins, plus ou moins argileux, de graviers et d'éboulis fins calcaires ou dolomitiques, de même plus ou moins sablonneux enrobant souvent des graviers. La même domine jusqu'à -407,5 m. Elle est rouge jusqu'à -160 m, elle devient jaune puis verte en profondeur.

A partir de -407,5 m et jusqu'au fond (-487 m), on a des sables gros et fins très tassés.

Le carottage électrique (fig. 12) révélait des terrains à résistivité moyenne comprise entre 6 et 14 ohms-mètres, avec des passages plus résistants de l'ordre de 20 ohms-mètres entre les cotes -160 et -180 m, entre les cotes -320 et -334 m ; enfin au fond, à partir de -408 m une formation à résistivité supérieure ou très voisine de 20 ohms-mètres, (les cotes sont données par rapport au sol).

Le captage a été réalisé dans cette dernière formation, c'est-à-dire entre -406 m et -463 m, à l'aide d'une crépine de 8".

Le niveau statique au repos de la nappe captée est à -26 m par rapport au sol, soit à la cote absolue +316,3 m.

Les essais de débit ont eu lieu le 14 Décembre 1960.

Le débit maximal a été de 100,67 l/s pour un rabattement de 29,5 m.

La courbe des débits en fonction du rabattement, sur la figure 18, permet d'estimer le débit spécifique moyen à 3,8 l/s par mètre d'abaissement.

Plus précisément le débit Q en l/s est lié au rabattement en mètres par la formule :

$$Q = 6,7 S^{0,8}$$

La remontée a été très rapide : en 30 secondes, le rabattement résiduel n'était plus que 1,5 m. Le niveau statique initial était atteint au bout de trois heures.

Qualité de l'eau - Avec un résidu sec de 1,2 g/l (analyse faite sur échantillon prélevé en fin des essais), l'eau de ce forage apparaît être la meilleure des eaux pompées dans le bassin d'BORCHANE-BRAGA et même, à notre connaissance, dans tous les environs de SIDI BOU ZIE.

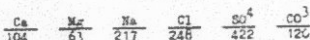
Le diagramme logarithmique correspondant est représenté sur la figure 24.

La potabilité momentané de l'eau est médiocre, presque passable.

Pour peu qu'au cours du pompage d'exploitation la salure suive la même loi que celle du forage de SIDI SAYAH n° 1, la potabilité de l'eau s'améliorant devrait rapidement être passable.

Pour l'irrigation, elle est bonne mais nécessite un sol perméable ou un drainage convenable (coefficient alcalimétrique K voisin de 8).

Sa formule chimique est :



Etat actuel du forage - Débit prévu - Le forage est formé en attendant d'être équipé. Son débit fictif continu pourrait être de l'ordre de 60 l/s.

Au total, le débit pompé dans les nappes profondes de la cuvette de BRAGA est actuellement de 26,7 l/s. Il devrait passer dans un proche avenir aux environs de 100 à 150 l/s.

2 - ECOULEMENT DES NAPPES PROFONDES

Sur la carte au 1/100.000 de la planche 7, nous avons porté pour chaque forage la cote absolue du niveau statique de la nappe captée, relevé en Décembre 1960 ou, pour les forages formés à cette date, du niveau statique relevé lors de leur réception.

Dans les cinq forages de la cuvette de BRAGA observés en Décembre 1960, on constate que les niveaux statiques sont à des cotes absolues très proches de +316 m. La pente piézométrique très faible est l'indice d'un écoulement quasi nul.

Entre les sondages de SIDI SAYAH n° 2 et de HIR BEDRA, la pente est de l'ordre du 1/1.000 vers le Sud. Il existe donc un écoulement très lent, il est vrai, dans cette direction, vraisemblablement vers le BLED EMELIA qui peut jouer le rôle d'un exutoire à débit limité.

Au Nord, le niveau statique des nappes profondes dans les seuils Nord-Ouest (sondage de HIR M'ZARA) et Nord-Est et plus loin vers SIDI BOU ZID, est plus élevé que dans la cuvette de BRAGA - notablement plus au seuil Nord-Ouest la différence étant de 43 m ; moins au seuil Nord-Est, où la dénivellation est de 11 m seulement. L'écoulement des nappes de la cuvette de BRAGA vers la plaine de SIDI BOU ZID est donc exclu. Mais il est permis d'envisager le phénomène inverse sous forme d'une alimentation des nappes profondes de la cuvette de BRAGA par les nappes de la plaine de SIDI BOU ZID au travers des seuils Nord.

Bien que les nappes de la cuvette de BRAGA, captées dans les sondages, soient souvent à des profondeurs différentes, leur surface piézométrique est sensiblement à la même cote et elle est voisine de la surface libre de la nappe phréatique.

On peut y voir une preuve que toutes ces nappes sont en relations plus ou moins étroites.

Nous n'avons pas de renseignements sur les nappes de la cuvette d'BOECHANE. Toutefois, si nous extrapolons en leur faveur entre les niveaux piézométriques des nappes de SIDI BOU ZID, de la plaine de GAFSA Nord et de la cuvette de ELGA, et si nous admettons que la pente piézométrique est régulière, de l'ordre de 0,7 ‰, le niveau statique des nappes de la cuvette d'BOECHANE se situerait entre -30 et -80 mètres de profondeur du Nord au Sud.

Mais si les seuils topographiques Nord et Sud correspondent à des seuils hydrauliques, le niveau piézométrique des nappes profondes serait notablement plus profond dans la cuvette d'BOECHANE.

En particulier, de part et d'autre du seuil de RIR EL RAFFY, entre les puits 110 et 102 (voir planche 5, la carte de la nappe phréatique), la pente piézométrique de la nappe phréatique est de l'ordre de 5/1.000. Extrapolée aux nappes profondes cette pente ramène leur niveau piézométrique au Sud immédiat du seuil de RIR EL RAFFY à -80 m de la surface du sol soit à une cote absolue voisine de celle mesurée dans la cuvette de ELGA. Mais alors les eaux souterraines de la cuvette d'BOECHANE ne seraient plus à profondeur économique. Il conviendrait de lever l'hypothèse par un sondage.

3 - GÉOLOGIE DES NAPPES PROFONDES

Nous avons porté sur la planche 8, à côté de chaque sondage profond du bassin étudié et de quelques sondages de la plaine de SIDI BOU ZID pour comparaison, les valeurs suivantes :

- la formule chimique de l'eau. Elle est donnée par l'analyse d'un échantillon prélevé dans les forages en Juin-Juillet 1960 ou, en cas d'impossibilité, d'un échantillon prélevé en fin d'essai de pompage, le 26 Juin 1959 dans le forage de SIDI SAYAH n° 2, le 25 Juillet 1957 dans le sondage de RIR REDA, le 8 Décembre 1960 dans le forage des GALLI HORLUGES ;

- le résidu sec, R.S. ;

- les rapports $r_1 = \frac{r \text{ SO}_4}{r \text{ Cl}}$ et $r_2 = \frac{r \text{ Mg}}{r \text{ Ca}}$

des teneurs en milliéquivalents d'une part des radicaux acides SO_4^{4-} et Cl^- , d'autre part des ions bivalents Magnésium Mg^{++} et Calcium Ca^{++} .

Nous avons ajouté les caractéristiques de quelques échantillons d'eau de sources ou de puits du bassin :

- le sondage de GUELBA el MA el HAI qui capte à -10 m de profondeur une nappe dans les calcaires du Cénomanién inférieur au pied du Djebel SIDI ALI BEN ACUN (prélèvement du 29 Juin 1960) ;
- le puits MOHAMMED NASSOUR (n° 1.470/5 au B.I.R.H.) dans la nappe phréatique de la cuvette de BRAGA ; le niveau de l'eau était à la cote -36 m par rapport au sol (prélèvement du 27 Août 1960) ;
- le puits de MELIKATE (n° 1.585/5 au B.I.R.H.) qui, profond de 48 m, exploite la nappe phréatique de la cuvette de BRAGA ; le niveau statique était à -35 m de profondeur environ (prélèvement du 30 Juin 1960).

Nous nous bornerons à l'étude des eaux de la cuvette de BRAGA qui sont les seules connues.

a - La salure globale des nappes de la plaine de SIDI BOU ZID et des nappes de la cuvette de BRAGA, est suffisamment voisine pour justifier une alimentation possible de celle-ci par celle-là.

Cependant les rapports r_1 et r_2 permettent de différencier les deux systèmes puisque dans la cuvette de BRAGA :

$$\begin{aligned} 0,9 &< r_1 < 1,3 \\ 1,0 &< r_2 < 1,4 \end{aligned}$$

.../...

- Tandis que dans la plaine de SIDI BOU ZID :

$$1,1 < r_1 < 1,6$$

$$1,2 < r_2 < 1,4$$

On peut y avoir une preuve de l'importance limitée des intercommunications entre les deux systèmes hydrauliques.

- b - Les forages de SIDI SAYAH n° 1 et des Ouled MOHAMED ont des eaux qui, quoique profondes (respectivement 350 - 400 mètres et 400 - 450 mètres), sont très peu salées avec des résidus secs de 1,4 g/l pour le premier et 1,2 g/l pour le second.
- Ils jalonnent à l'intérieur de la cuvette de BRAGA une zone aquifère à faible salure, allongée dans le sens Est-Ouest, entourée par des eaux nettement plus chargées : 1,9 g/l au sondage de MELIKATE, 2,2 g/l à HIR BEDRA, 3,2 g/l au sondage SIDI SAYAH n° 2 ; plus loin 1,6 g/l au HIR M'ZARA et 2 à 3 g/l dans les environs de SIDI BOU ZID.

A notre avis l'origine de ce phénomène doit être recherchée dans l'alimentation des formations aquifères : la zone à faible salure serait alimentée principalement par infiltration verticale des eaux météoriques au travers de sédiments d'origine calcaire dominante, alluvions anciennes déposées par un cours d'eau important empruntant le seuil des Ouled SLIMANE.

Cette hypothèse est étayée par l'analogie entre l'évolution de la concentration des eaux profondes et de la nappe phréatique.

Dans cette dernière en effet, les puits des Ouled MASSEUR (résidu sec : 1,3 g/l), le puits de HIR BEDRA au Sud, et le HIR AMAMA à l'Est jalonnent également une zone axiale peu chargée en sels. (cf. planche 6)

La concentration élevée dans le forage de SIDI SAYAH n° 2 peut provenir du lessivage de marnes profondes relativement salées. En effet la coupe lithologique fait ressortir la proportion élevée des sédiments argileux.

Bien que l'écoulement des nappes profondes soit lent, il est possible aussi que les calcaires et dolomies crétacés, dont les eaux ont un résidu sec faible (0,82 g/l dans le sondage de GUELE EL MA EL ELI), contribuent à l'alimentation des nappes du Quaternaire.

Compte tenu de l'évolution des caractéristiques chimiques de l'eau (le résidu sec et le rapport r_2 croissent, r_1 diminue vers l'Ouest) l'origine serait alors à rechercher du côté du Djebel SEUDAL.

Il est certain que l'écoulement très lent favorise le maintien des différences de salures.

En résumé, l'étude géochimique et l'étude des niveaux piézométriques nous amènent aux conclusions suivantes :

- les nappes de la cuvette de ERAGA, tant profondes que superficielles, constitueraient un système lié ;
- les eaux seraient, en majeure partie, utilisables pour l'irrigation ; les meilleures étant situées dans une zone aquifère transversale Est-Ouest ;
- l'écoulement très lent des nappes profondes provient de leur alimentation répartie sur presque toute la surface de la cuvette , et des débits faibles des infiltrations latérales de la nappe de SIDI BOU ZID par les seuils Nord et de vidange par le BORD ENHILA.

Nous n'avons aucune donnée dans la cuvette d'ERORCHANE. Des sondages de reconnaissance sont indispensables pour l'étude des nappes.

Bien que l'écoulement des nappes profondes soit lent, il est possible aussi que les calcaires et dolomies crétacés, dont les eaux ont un résidu sec faible (0,82 g/l dans le sondage de GUELBA EL MA EL ELI), contribuent à l'alimentation des nappes du Quaternaire.

Compte tenu de l'évolution des caractéristiques chimiques de l'eau (le résidu sec et le rapport r_2 croissent, r_1 diminue vers l'Ouest) l'origine serait alors à rechercher du côté du Djebel SEGUEDAL.

Il est certain que l'écoulement très lent favorise le maintien des différences de salures.

En résumé, l'étude géochimique et l'étude des niveaux piézométriques nous amènent aux conclusions suivantes :

- les nappes de la cuvette de BRAGA, tant profondes que superficielles, constitueraient un système lié ;
- les eaux seraient, en majeure partie, utilisables pour l'irrigation ; les meilleures étant situées dans une zone aquifère transversale Est-Ouest ;
- l'écoulement très lent des nappes profondes provient de leur alimentation répartie sur presque toute la surface de la cuvette , et des débits faibles des infiltrations latérales de la nappe de SIDI BOU ZID par les seuils Nord et de vidange par le BLVD RMELIA.

Nous n'avons aucune donnée dans la cuvette d'HORCHANE. Des sondages de reconnaissance sont indispensables pour l'étude des nappes.

4 - LA PERMEABILITE DES HORIZONS AQUIFERES PROFONDS

Pour avoir une bonne idée des coefficients de perméabilité K et d'emmagasinement E , il faudrait disposer autour des forages d'exploitation de piézomètres d'observation. Il faudrait procéder à des essais de pompage à plusieurs débits constants ; chaque débit devrait être maintenu suffisamment longtemps pour observer dans les piézomètres un rabattement important et durable du niveau piézométrique.

Les essais à plusieurs débits permettent, outre de confirmer les calculs des caractéristiques de l'horizon aquifère, de vérifier le bon état du captage et de déceler des anomalies comme - par exemple - un colmatage des crépines.

Nous ne disposons pas, dans notre zone d'étude, de puits d'exploitation équipé de piézomètres d'observation.

A défaut, on peut calculer les coefficients K et E à partir d'observations faites dans le puits lui-même au cours d'un pompage. Mais les valeurs trouvées seront douteuses pour les raisons suivantes :

- le niveau piézométrique mesuré dans le puits est très sensible aux variations inévitables du débit de la pompe ;
- la vitesse de l'eau étant plus grande au voisinage du puits que dans le reste de la formation aquifère, les sédiments y seront remaniés. Nous calculerons ainsi non pas les caractéristiques moyennes de la formation aquifère mais les caractéristiques d'une zone particulière, peu étendue, entourant le puits ;
- le diamètre effectif du forage est difficile à connaître avec certitude.

En général, les valeurs trouvées seront trop grandes.

Les résultats que nous donnons ci-dessous ne devront donc être considérés qu'avec une extrême prudence.

a - LES ESSAIS DE POMPAGE DE COURTE DUREE

Nous avons procédé à un essai de pompage à débit constant unique dans les deux forages de BIS M'ZARA et de SIDI SAYAH n° 1 qui sont seuls équipés de pompe.

Ces forages étant en cours d'exploitation, nous n'avons pu, sans provoquer de bouleversements gênants, procéder à des essais à plusieurs débits.

Au cours de chacun des essais, le niveau piézométrique a été observé dans le puits d'exploitation à l'abaissement et à la remontée, à l'aide d'un manomètre à air à lecture directe, qui faisait partie de l'équipement de la station de pompage.

Les courbes obtenues ont été assez satisfaisantes.

- ESSAI DE POMPAGE DANS LE FORAGE DE BIR M'ZARA - Il a eu lieu le 10 Mai 1960.

Le débit constant était de 40 l/s. Il a été maintenu pendant onze heures.

Avant le pompage, le niveau statique était à -34,25 m sous le repère.

L'abaissement a été très rapide durant la première minute, puis plus lent pendant cinq heures trente minutes. Il s'est stabilisé à une valeur voisine de 16 m, le niveau statique étant alors à la cote -50,25 m.

.../...

En général, les valeurs trouvées seront trop grandes.

Les résultats que nous donnons ci-dessous ne devront donc être considérés qu'avec une extrême prudence.

a - LES ESSAIS DE POMPAGE DE COURTE DUREE

Nous avons procédé à un essai de pompage à débit constant unique dans les deux forages de BIS M'ZARA et de SIDI SAYAH n° 1 qui sont seuls équipés de pompe.

Ces forages étant en cours d'exploitation, nous n'avons pu, sans provoquer de bouleversements gênants, procéder à des essais à plusieurs débits.

Au cours de chacun des essais, le niveau piézométrique a été observé dans le puits d'exploitation à l'abaissement et à la remontée, à l'aide d'un manomètre à air à lecture directe, qui faisait partie de l'équipement de la station de pompage.

Les courbes obtenues ont été assez satisfaisantes.

- ESSAI DE POMPAGE DANS LE FORAGE DE BIR M'ZARA - Il a eu lieu le 10 Mai 1960.

Le débit constant était de 40 l/s. Il a été maintenu pendant onze heures.

Avant le pompage, le niveau statique était à -34,25 m sous le repère.

L'abaissement a été très rapide durant la première minute, puis plus lent pendant cinq heures trente minutes. Il s'est stabilisé à une valeur voisine de 16 m, le niveau statique étant alors à la cote -50,25 m.

.../...

Nous avons tracé, sur la figure 28, la courbe du rabattement en mètres, en fonction du logarithme du temps de pompage en secondes.

La courbe est assez régulière pour permettre le calcul d'une valeur approchée des coefficients de transmissibilité T et d'emmagasinement E autour du forage :

$$T \sim 3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$E \sim 3 \times 10^{-6}$$

Si l'on admet que la formation intéressée par le pompage a une épaisseur de l'ordre de 100 m autour du forage, le coefficient de perméabilité K serait de l'ordre de :

$$K \sim 3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

La courbe de remontée est assez régulière et donne une valeur voisine pour le coefficient de transmissibilité.

- ESSAI DE POMPAGE AU SONDAGE DE SIDI SAYAH n° 1 - Il a été effectué le 21 Avril 1960 et le pompage a duré dix heures.

Le débit constant était de 80,6 l/s.

Avant le pompage, le niveau statique était à -9,45 m sous le repère.

L'abaissement a été rapide et assez régulier durant le premier quart d'heure. Il s'est ensuite ralenti pour se stabiliser au bout de quarante cinq minutes. L'abaissement maximal était de 14,32 m et le niveau statique était à la cote -23,77 m par rapport au repère.

La courbe de l'abaissement spécifique en secondes/mètre carré, en fonction du logarithme du temps en secondes, fait l'objet de la figure 29.

Un bon ordre de grandeur des coefficients de transmissibilité T et d'emmagasinement E au voisinage du forage peut être :

$$T \sim 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$E \sim 30 \%$$

La courbe de remontée est assez régulière ; elle indique un coefficient de transmissibilité T de même ordre, quoique légèrement plus élevé.

Si on admet que la formation aquifère intéressée par le pompage a une épaisseur de l'ordre de 100 m, on peut admettre comme valeur du coefficient de perméabilité K au voisinage du forage :

$$K \sim 2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

b - ESSAI DE POMPAGE DE RECHARGE DU FORAGE DE SIDI SAYAH n° 2

Au cours de cet essai, effectué les 25 et 26 Juin 1959, les relevés du niveau piézométrique dans le forage ont été assez nombreux pour permettre une interprétation approchée.

Les débits ont été successivement 20, 44,3, 63,5 et 80,6 l/s mesurés au fût de 100 l ou à l'opercule.

Avant le pompage, le niveau statique était à la cote -26,8 m par rapport au repère.

Les points représentant l'abaissement spécifique, en fonction du logarithme du temps, ne sont pas trop dispersés (voir figure 30) et si l'on choisit ceux qui donnent les valeurs minimales des coefficients de transmissibilité et d'emmagasinement autour du forage, nous obtenons :

$$T \sim 3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$E \sim 15 \%$$

Si nous admettons que l'épaisseur de la formation intéressée par l'essai est de l'ordre de 100 m, nous obtenons pour le coefficient de perméabilité, au voisinage du forage, la valeur approchée suivante :

$$K \sim 3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

c - COURBES GRANULOMETRIQUES DANS LE FORAGE DES OULED MOHAMED

Un échantillon de sable a été prélevé dans la formation captée et a fait l'objet d'une analyse granulométrique. La courbe obtenue est reproduite sur la figure 31.

D'après ce diagramme, la taille effective du sable est $d_{10} = 0,18 \text{ mm}$ environ et son coefficient d'uniformité $C_u = 1,4$ environ.

Nous avons cherché une valeur approchée du coefficient de perméabilité à partir des caractéristiques granulométriques du sable.

La formule d'Allen HAZEN :

$$K = (0,70 + 0,03 t) \cdot 1000 \cdot d_{10}^2$$

où

$K \dots$ est le coefficient de perméabilité en m/jour ;

$t \dots$ la température en degrés centigrades ;

$d_{10} \dots$ la taille effective en mm

donne la valeur approchée suivante :

$$K \sim 6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

.../...

A partir de la formule de SLICHTER simplifiée :

$$K = \frac{1}{\mu} \cdot 10,219 \cdot d_{10}^2 \cdot k$$

dans laquelle :

K est le coefficient de perméabilité en cm/s ;

k est un coefficient de porosité que nous prendrons égal à 0,03 ;

d_{10} la taille effective en cm ;

μ le coefficient de viscosité à la température de 30° C dans le cas qui nous intéresse ;

nous obtenons :

$$K \sim 2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

Il semble qu'au voisinage du forage des Ouled MOHAMED, le coefficient de perméabilité K peut être approché avec la valeur :

$$K \sim 10^{-4} \text{ m/s}$$

D'autre part, pour un coefficient d'uniformité $C_u = 1,4$ et une taille effective $d_{10} = 0,18 \text{ mm}$, le coefficient d'engorgement peut être voisin de :

$$E \sim 30 \%$$

1 - ETUDE DES CAROTTAGES ELECTRIQUES

Si l'on connaît la résistivité vraie d'une formation aquifère (saturée d'eau) et la résistivité de l'eau qui l'imbibe, on peut approcher la porosité effective de la formation (rapport du volume des vides interconnectés par le volume total de la roche).

Les formations captées dans les forages de la plaine de BEAGA auraient une porosité effective élevée, comprise entre 30 % au sondage de SIDI SAYAH n° 1 et 50 % au sondage de SIDI SAYAH n° 2.

Notons que la porosité effective ainsi définie est en général supérieure au coefficient de restitution puisqu'elle comprend en particulier une partie de l'eau de rétention.

Il n'en reste pas moins que les valeurs issues de l'interprétation des carottages électriques sont de même ordre que les valeurs estimées par les autres méthodes, qui sont ainsi confirmées.



SUITE EN

F

2



MICROFICHE N°

50240

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F

2

e - Conclusion : sur les essais de pompage et les
mesures des caractéristiques des formations aquifères

Les mesures sont trop peu nombreuses et surtout trop rapides pour nous permettre d'avancer des valeurs sûres pour les coefficients moyens de perméabilité et d'emmagasinement valables dans l'ensemble de notre zone d'étude. Nous nous contenterons donc d'indiquer des ordres de grandeur probables en faisant les réserves suivantes :

- ces valeurs, nous l'avons expliqué plus haut, sont certainement connues par excès ;
- elles concernent surtout la cuvette de REAGA et il est aventureux de les étendre à toute la cuvette ;
- une seule expérimentation a été faite hors de cette cuvette ; elle n'intéresse que le scail Nord-Ouest et son unicité la rend d'autant plus contestable ;
- les résultats obtenus demanderont à être confirmés ultérieurement par des essais plus longs et plus nombreux dans tous les forages existants, dont quelques uns devraient être équipés, dans la mesure du possible, de piézomètres d'observation.

Faute de mieux cependant nous les admettons comme valables en première approximation.

Dans le scail de BIR EL HAFIZ (Nord-Ouest) les coefficients de perméabilité et d'emmagasinement peuvent être de l'ordre de :

$$K_{\text{m}} \approx 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$K_{\text{e}} \approx 1 \times 10^{-6}$$

Dans la cuvette de REAGA, les résultats obtenus soit par des essais de pompage dans les forages de SIDI SAYAH n° 1 et 2, soit à partir des courbes granulométriques dans le forage des Ouled MOHAMED sont remarquablement concordants. Nous adopterons donc les ordres de grandeur

suyants pour les coefficients moyens de perméabilité et d'emmagasinement

$$K \sim 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$E \sim 10 \%$$

Nous prenons intentionnellement des valeurs faibles qui, nous insistons sur ce point, demandent à être confirmées.

Ces valeurs correspondent assez bien aux caractéristiques de sables moyens légèrement argileux tels que ceux qui sont captés dans les forages.

5 - ESSAI D'ESTIMATION DU BILAN DES EAUX SOUTERRAINES PROFONDES

En admettant les valeurs ci-dessus, en première approximation, il est possible de procéder à une estimation du bilan des eaux souterraines.

- a - Ressources dynamiques - La vitesse de l'eau, qui fait intervenir le coefficient de perméabilité et la pente piézométrique des nappes, est inconnue dans les seuils et dans la cuvette d'HORCHANE. Elle est négligeable au centre de la cuvette du BRAGA.

Dans ces conditions les ressources dynamiques sont soit incalculables, soit négligeables (cuvette du BRAGA).

- b - Ressources statiques - Les ressources statiques font intervenir le coefficient d'emmagasinement et le volume des formations aquifères.

Dans l'état actuel de nos connaissances nous pourrions l'estimer uniquement dans la cuvette du BRAGA, sans toutes réserves d'ailleurs.

Il semble que l'on puisse admettre pour l'ensemble des formations aquifères de la cuvette de BRAGA, une épaisseur moyenne minimale de 100 m.

Si la surface totale de la cuvette est de l'ordre de 400 km², on peut estimer les ressources statiques à :

$$R_S \approx 4 \times 10^9 \text{ m}^3.$$

Compte tenu des incertitudes sur les estimations des différents facteurs entrant en jeu dans ce bilan nous prendrons comme valeur possible des ressources statiques :

$$R_S \approx 10^9 \text{ m}^3.$$

6 - L'ALIMENTATION DES EAUX SOUTERRAINES PROFONDES

Nous avons signalé trois possibilités d'alimentation des nappes profondes du bassin d'HORCHANE-BRAGA. Nous allons essayer de les préciser et de les compléter.

a - Alimentation par les calcaires et dolomies fissurés du Cénozoïque

et du Turonien. Leur surface d'affleurement dans le bassin versant est importante : 300 km² environ. Mais nous avons vu que cet apport devait être limité, sinon les nappes seraient artésiennes et leur résidu peu faible.

b - Alimentation par infiltration des eaux météoriques au travers du

tertiaire, des éboulis de piedmont, des sables, des alluvions grossières dans les hautes vallées des oueds, où les nappes profondes seraient à surface libre.

Compte-tenu de la bonne perméabilité de ces sédiments et de leur grande surface d'affleurement (100 km² environ) l'apport correspondant devrait être très important.

S'y ajoutent, lorsque le niveau piézométrique des nappes profondes est suffisamment bas, les infiltrations de la nappe phréatique

au travers de son mur plus ou moins imperméable. Elles sont loin d'être négligeables ; si l'on admet par exemple que la perméabilité du mur est de l'ordre de 10^{-9} m/s correspondant à des argiles franches, et que la différence de pression entre les deux systèmes aquifères est égale à deux mètres d'eau, le débit afférent atteindrait 200 l/s sur une surface de 100 km^2 .

Le volume des infiltrations verticales globales est difficile à estimer puisque nous ignorons la valeur du coefficient d'infiltration et le comportement exact des nappes.

Il semble toutefois que l'on puisse l'approcher, pour la cuvette de BRAGA, en admettant un coefficient d'infiltration voisin de 0,2 et une surface d'infiltration de l'ordre de 250 km^2 .

Ce faisant nous tenons compte du fait que les pluies sont surtout abondantes pendant la période fraîche où l'évaporation est minimale et nous éliminons de la surface d'infiltration les zones où le niveau piézométrique des nappes profondes atteint la nappe phréatique.

Dans ces conditions l'alimentation des nappes profondes pour les eaux superficielles est de l'ordre de : 400 l/s .

- c - Alimentation latérale au travers des seuils Nous avons vu, d'après l'étude des niveaux piézométriques, que seule la nappe de SIDI BOU ZID pouvait alimenter les nappes du bassin de BRAGA. Encore semble-t-il que l'apport latéral soit relativement faible.

Pour fixer les idées, nous avons cherché à évaluer le débit qui traverse les deux seuils Nord en faisant les hypothèses suivantes :

- le coefficient de perméabilité moyen est celui calculé au forage de RIR M'ZARA : $3 \cdot 10^{-5}$ m/s ;
- l'épaisseur des formations aquifères est de l'ordre de 200 m ;

- la pente moyenne de la nappe est de 2 ‰ dans le seuil de BIR EL HAFEY (prise entre le forage du BIR M'ZARL et le forage du SIDI SAYAH) et 1 ‰ dans le seuil des Ouled BCU ZID.

La largeur moyenne du seuil de BIR EL HAFEY étant 10 km et celle des Ouled BCU ZID 3 km, le débit véhiculé au travers du premier seuil est voisin de 100 l/s ; il est de 30 l/s environ au travers du second seuil.

Si l'on tient compte de ce qu'une partie seulement du débit passant le seuil de BIR EL HAFEY rejoint la cuvette de BRAGA, par le seuil des Ouled ELIMANE, l'alimentation latérale des nappes profondes de la cuvette de BRAGA devrait être limitée, certainement très inférieure à 100 l/s.

Al total donc on peut raisonnablement évaluer l'alimentation des nappes profondes dans la cuvette de BRAGA à :

500 l/s .

Si l'on peut extrapoler ce résultat à l'ensemble du bassin, ce dernier recevrait plus d'un m³/s.

7 - LES EXUTOIRES DES NAPPES DU BASSIN D'HORCHANE-BRAGA

Nous en avons déjà parlé. Nous y revenons compte-tenu de leur importance dans une exploitation rationnelle du bassin.

Le fond et les bords du bassin d'HORCHANE-BRAGA sont vraisemblablement étanches et les fuites devraient être localisées le long de cassures non décelables en surface.

Etant donné le sens des écoulements, la vidange latérale des nappes de la cuvette de BRAGA n'est possible que vers le Sud, nous l'avons vu plus haut.

Au Sud-Est le Bled RHELIA, goulet entre les Djebels MELOUSSEI et OULEB joue certainement, pour les nappes profondes de la cuvette de BRAGA, le rôle de trop-plein. Mais étant donné la faible largeur -

2,5 km environ - il faudrait, pour que le débit soit important, que le remplissage quaternaire soit très poreux ou que des failles ou fractures favorisent l'écoulement de l'eau.

Or, si on admet pour le remplissage du Bled EMELIA les mêmes caractéristiques que pour le reste de la cuvette de BRAGA (perméabilité de l'ordre de 10^{-5} m/s, épaisseur des sédiments poreux voisins de 100 m) et si on fait l'hypothèse que la pente piézométrique est la même pour les nappes phréatique et profonde - 1 % environ - le débit de vidange y serait de l'ordre de 20 l/s seulement. Comme c'est, à peu de chose près, le débit au travers d'une section de la cuvette de BRAGA de 200 m de hauteur, perpendiculaire à la direction générale de l'écoulement, nous pensons que notre point de vue est juste. Toutefois un forage serait nécessaire pour en apporter une preuve définitive.

Pour la cuvette d'HORCHANE le seuil Sud-Ouest peut servir d'exutoire, autant la zone effondrée à remplissage quaternaire des Ouled HADJ que le col dénommé de RAS MEHRIA si les calcaires y sont très fissurés. Mais les données manquent pour se prononcer.

Enfin, il est vraisemblable que le seuil des Ouled SLIMANE constituer une bonne liaison entre les nappes profondes des cuvettes d'HORCHANE et de BRAGA. Mais le sens des écoulements dépend de la cote piézométrique - inconnue - dans la cuvette d'HORCHANE. Si la nappe phréatique coule dans le sens Ouest - Est, il n'est pas certain que les nappes profondes en fassent autant. Un forage devrait nous renseigner sur le sens réel des écoulements et le débit véhiculé.

Au total donc la seule issue possible pour les nappes de la cuvette de BRAGA serait le défilé du Bled EMELIA et encore le débit y serait-il très faible.

Que devient alors le débit d'alimentation que nous avons estimé à 500 l/s en première approximation ?

.../...

Nous pensons qu'il rejoint la nappe phréatique soit directement, soit par l'intermédiaire des nappes profondes en s'infiltrant au travers de leur toit là où les différences piézométriques le permettent.

Contribuant à la formation des garaets temporaires, la plus grande partie est alors reprise par l'évaporation ou l'évapotranspiration.

Si l'on admet que l'évapotranspiration dans les garaets est voisine de 600 mm par an pour tenir compte de l'approfondissement de la nappe pendant la période sèche, le débit évaporé serait - pour les seuls garaets - de l'ordre de 300 l/s .

Dans ces conditions il serait intéressant de provoquer par pompage un abaissement du niveau piézométrique des nappes profondes afin de favoriser l'infiltration des eaux météoriques et de les soustraire le plus possible à l'évaporation.

Il paraît raisonnable d'avancer pour la cuvette de BRAGA un débit minimal exploitable de l'ordre de 500 l/s au moins. On ne toucherait même pas ainsi aux réserves statiques, qui pourraient servir d'appoint dans les périodes de sécheresse prolongée.

CONCLUSIONS

Les résultats qualitatifs et quantitatifs obtenus au cours de cette étude préliminaire nous permettront, outre de nous faire une première idée sur l'hydrogéologie du bassin d'HORCHANE - BRAGA, d'orienter les recherches ultérieures.

Nous rappellerons donc brièvement les principaux résultats de cette étude.

1 - RESULTATS QUALITATIFS

a - Le bassin d'HORCHANE - BRAGA paraît présenter de bonnes conditions pour enfermer les nappes d'eau souterraines intéressantes du point de vue de l'exploitation :

- ses bords et son fond devraient être étanches ;
- le remplissage quaternaire épais renferme d'importantes horizons poreux ;
- la surface d'infiltration des eaux de pluie et de ruissellement est grande ;
- la qualité des eaux reconnues est satisfaisante pour l'usage agricole ; les meilleures étant au centre de la cuvette de BRAGA.

b - Le bassin est divisé en deux cuvettes. Seules les eaux souterraines de la cuvette de BRAGA à l'Est ont été reconnues par des puits et des forages.

En attendant d'explorer la cuvette d'HORCHANE, les résultats énumérés ici ne concernent que la cuvette de BRAGA.

c - On peut distinguer la nappe phréatique à surface libre et les nappes profondes en charge au moins dans la partie centrale de la cuvette.

Dans la cuvette de BRAGA la nappe phréatique est généralement à profondeur économique. Les nappes profondes y ont été particulièrement reconnues et exploitées par cinq sondages profonds.

2 - LES RESULTATS QUANTITATIFS - Ils ne concernent que la cuvette de BRAGA

A partir des connaissances actuelles, il n'est pas possible d'établir le bilan des eaux souterraines : ressources dynamiques, ressources statiques, alimentation.

Nous en avons cependant cherché une estimation raisonnable à partir des éléments dont nous disposions, en faisant des hypothèses sur l'étendue de leur validité.

Une telle estimation comporte trop d'inconnues pour servir de base à une exploitation rationnelle des nappes. Son unique but est de nous éclairer sur l'opportunité d'une étude hydrogéologique approfondie du bassin.

Dans ce cadre, nous résumerons les résultats auxquels nous sommes parvenus :

- Le volume des eaux véhiculées par la nappe phréatique est inconnu par suite de notre ignorance du coefficient de perméabilité et de l'épaisseur de la formation.

.. Les ressources dynamiques des nappes profondes seraient négligeables, l'écoulement de la nappe étant très lent, non par suite de la faible porosité des formations mais parce-que le débit de vidange est très limité.

- Les ressources statiques des nappes profondes seraient de l'ordre du milliard de m³ .

- L'alimentation probable des nappes de la cuvette de BRAGA serait de l'ordre de 500 l/s , la majeure partie provenant de l'infiltration des eaux météoriques.

Cet apport serait presque entièrement repris par l'évaporation.

- L'alimentation probable de l'ensemble du bassin serait dans les mêmes conditions :

de 1.000 à 1.500 l/s .

- En contrepartie le débit fictif moyen total pompé et prévu dans les cinq forages de la cuvette de BRAGA serait, à notre connaissance :

150 l/s au maximum .

En conclusion, il semble que pour la seule cuvette de BRAGA, on puisse augmenter notablement le débit pompé. Un pompage accru ayant en outre l'avantage en dépressonnant les nappes profondes de favoriser leur alimentation par infiltration des eaux de pluie et de diminuer les pertes par évaporation.

Mais auparavant il nous paraît indispensable de compléter nos connaissances et de vérifier nos hypothèses par un programme d'études complémentaire.

3 - PROGRAMME D'ETUDE PROPOSE

Il comporte :

- a - des essais de pompage prolongés à plusieurs débits dans tous les forages qui le permettent, en particulier dans les forages non encore exploités.

../...

Un ou mieux deux de ces forages devraient être équipés pour des essais de deux ou trois piézomètres d'observation : le sondage de BIR B'YDEL, où la nappe est captée entre les cotes -51 et -101 m à partir du sol ; le sondage de KALIKATH, où la formation captée est à -200 m de profondeur ;

b - des essais de pompage dans la nappe phréatique en trois ou quatre points au minimum. Il faudrait prévoir des petits forages équipés de piézomètres d'observation ;

c - quatre sondages de reconnaissance pour compléter nos connaissances sur les nappes profondes :

- ZR1 dans le scail des Ouled ELIMANT ,
- ZR2 au centre de la cuvette d'HORCEAINE ,
- ZR3 dans le Bled SEUGDAL ,
- ZR4 dans le Bled HACHANAN ;

leur position est portée sur la planche 9, au 1/100.000.

Ils devront être privés à une profondeur de 500 à 700 mètres.

Les sondages ZR1, ZR3 et ZR4 permettraient de compléter la reconnaissance des nappes de la cuvette de BEIGA tant du point de vue de l'extension et des caractéristiques des formations aquifères que du point de vue de la chimie des eaux.

Le sondage ZR2 par les renseignements qu'il apportera sur les nappes du bassin d'HORCEAINE et sur leurs possibilités économiques permettra, si besoin est, l'établissement d'un programme d'étude plus poussé. Il a été implanté en un point bas de la cuvette d'HORCEAINE.

Les sondages seront équipés, si possible, de piézomètres d'observation et il sera procédé à des essais de pompage prolongés.

- Si les résultats l'autorisant, les sondages de reconnaissance seront transformés en sondages d'exploitation ;

Un ou mieux deux de ces forages devraient être équipés pour des essais de deux ou trois piézomètres d'observation : le sondage de BIR B'YDEL, où la nappe est captée entre les cotes -51 et -101 m à partir du sol ; le sondage de KALIKATH, où la formation captée est à -200 m de profondeur ;

b - des essais de pompage dans la nappe phréatique en trois ou quatre points au minimum. Il faudrait prévoir des petits forages équipés de piézomètres d'observation ;

c - quatre sondages de reconnaissance pour compléter nos connaissances sur les nappes profondes :

- ZR1 dans le scail des Ouled ELIMANT ,
- ZR2 au centre de la cuvette d'HORCEAUX ,
- ZR3 dans le Bled SEUGHAL ,
- ZR4 dans le Bled HACHANAN ;

leur position est portée sur la planche 9, au 1/100.000.

Ils devront être privés à une profondeur de 500 à 700 mètres.

Les sondages ZR1, ZR3 et ZR4 permettraient de compléter la reconnaissance des nappes de la cuvette de BRIGA tant du point de vue de l'extension et des caractéristiques des formations aquifères que du point de vue de la chimie des eaux.

Le sondage ZR2 par les renseignements qu'il apportera sur les nappes du bassin d'HORCEAUX et sur leurs possibilités économiques permettra, si besoin est, l'établissement d'un programme d'étude plus poussé. Il a été implanté en un point bas de la cuvette d'HORCEAUX.

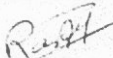
Les sondages seront équipés, si possible, de piézomètres d'observation et il sera procédé à des essais de pompage prolongés.

- Si les résultats l'autorisant, les sondages de reconnaissance seront transformés en sondages d'exploitation ;

- d - l'observation des niveaux piézométriques et des caractéristiques chimiques des eaux poursuivie pendant une année au moins ;
- e - une étude hydrologique et la recherche de sites de barrage de ralentissement de crues.

Il est entendu que ce programme pourra être modifié en cours d'exécution, suivant les résultats obtenus.

Tunis, le 2 Janvier 1961


R. PARZY

LISTE DES OUVRAGES CONSULTÉS

- E. BERKALOFF - Etude hydrogéologique de la région de SIDI ALI BEN ACUN.
- SCHOELLER - Etude Hydraulique du Quaternaire aux environs de SIDI BOU ZID.
- Ph. THOMAS - Etude Hydrologique du ELED GUAMOUDA.
- J. PIMIENTA - Etude Hydrogéologique du Bassin de l'oued LEBEN.
- G. CASTANY - Rapport sur l'Hydrogéologie des sources de SIDI ALI BEN ACUN.
- BERGER - CAMPAGNAC - Note sur les logs de la série crétacée du Djebel MELOUSSEI et du BOU HEDMA.
- J. GELPE - Note sur la carte de reconnaissance de la région de SIDI ALI BEN ACUN.
- G. CASTANY - Notice explicative de la carte géologique de la Tunisie au 1/500.000.
- SCHOELLER - Etude Hydrogéologique à l'Est du Djebel ZERREUS
- S.E.R.E.F.T. - Djebel KERAR - Géologie.
- J. TIAMPONT - Note sur la région de Djebel MELOUSSEI.
- R. SABATHE - Etude Pédologique du périmètre de SIR BEDRA.
- R. SABATHE - Etude Pédologique du périmètre du ELED SEUDAL HICHRIA.

LISTE DES OUVRAGES CONSULTÉS

- E. BERKALOFF - Etude hydrogéologique de la région de SIDI ALI BEN ACUN.
- SCHOELLER - Etude Hydraulique du Quaternaire aux environs de SIDI BOU ZID.
- Ph. THOMAS - Etude Hydrologique du ELED GUAMOUDA.
- J. PIMIENTA - Etude Hydrogéologique du Bassin de l'oued LEBEN.
- G. CASTANY - Rapport sur l'Hydrogéologie des sources de SIDI ALI BEN ACUN.
- BERGER - CAMPAGNAC - Note sur les logs de la série crétacée du Djebel MELOUSSEI et du BOU HEDMA.
- J. GELPE - Note sur la carte de reconnaissance de la région de SIDI ALI BEN ACUN.
- G. CASTANY - Notice explicative de la carte géologique de la Tunisie au 1/500.000.
- SCHOELLER - Etude Hydrogéologique à l'Est du Djebel ZERREUS
- S.E.R.E.F.T. - Djebel KERAR - Géologie.
- J. TIAMPONT - Note sur la région de Djebel MELOUSSEI.
- R. SABATHE - Etude Pédologique du périmètre de SIR BEDRA.
- R. SABATHE - Etude Pédologique du périmètre du ELED SEUDAL HICHRIA.

- P. BUREAU et G. NIVIKOFF - Synthèse Agronomique des Etudes Pédologiques et Phytosociologiques du périmètre expérimental de SIDI BOU ZID.
- P. DEGALLIER - Implantation du sondage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA SW 2.
- R. DEGALLIER - Implantation du sondage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA N° BIRH 5588/5.
- R. MULLER - PHUQA - Renseignements essentiels concernant les forages de SIDI BOU ZID - GAMOUDA Sud-Ouest.
- R. MULLER - PHUQA - Renseignements concernant le forage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA SW2.
- ZANOTTI L..... - Rapport de fin de sondage de SIDI ALI SAYAH n° 2 (6883/5).
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage de BIR BEDEA (6686/5)
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage de M'ZARA (6614/5)
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage GAMOUDA - Est.
- P.A. AZZOUZ - Compte-rendu de fin de forage d'OUN EL IDAM.

- P. BUREAU et G. NIVIKOFF - Synthèse Agronomique des Etudes Pédologiques et Phytosociologiques du périmètre expérimental de SIDI BOU ZID.
- P. DEGALLIER - Implantation du sondage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA SW 2.
- R. DEGALLIER - Implantation du sondage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA N° BIRH 5588/5.
- R. MULLER - PHUQA - Renseignements essentiels concernant les forages de SIDI BOU ZID - GAMOUDA Sud-Ouest.
- R. MULLER - PHUQA - Renseignements concernant le forage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA SW2.
- ZANOTTI L..... - Rapport de fin de sondage de SIDI ALI SAYAH n° 2 (6883/5).
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage de BIR BEDEA (6686/5)
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage de M'ZARA (6614/5)
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage GAMOUDA - Est.
- P.A. AZZOUZ - Compte-rendu de fin de forage d'OUN EL IDAM.

- P. BUREAU et G. NIVIKOFF - Synthèse Agronomique des Etudes Pédologiques et Phytosociologiques du périmètre expérimental de SIDI BOU ZID.
- P. DEGALLIER - Implantation du sondage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA SW 2.
- R. DEGALLIER - Implantation du sondage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA N° BIRH 5588/5.
- R. MULLER - PHUQA - Renseignements essentiels concernant les forages de SIDI BOU ZID - GAMOUDA Sud-Ouest.
- R. MULLER - PHUQA - Renseignements concernant le forage de SIDI BOU ZID - GAMOUDA SW2.
- ZANOTTI L..... - Rapport de fin de sondage de SIDI ALI SAYAH n° 2 (6883/5).
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage de BIR BEDEA (6686/5)
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage de M'ZARA (6614/5)
- L. ZANOTTI - Rapport de fin de sondage GAMOUDA - Est.
- P.A. AZZOUZ - Compte-rendu de fin de forage d'OUN EL IDAM.

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Secrétariat d'Etat à l'Agriculture

GRUPE DE L'HYDRAULIQUE
ET DES AMÉNAGEMENTS RURAUX

الجمهورية التونسية

مكتبات الدولة للفلاحة

مصلحة المياه والتعبآت البرية

REGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'HORCHANE - BRAGA

RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

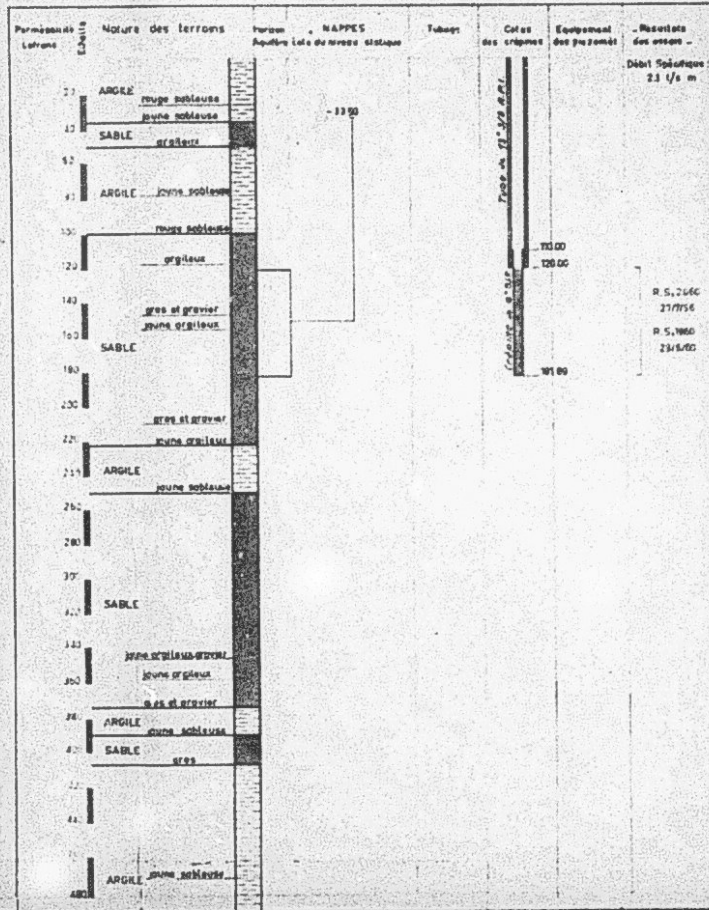
FIGURES

COUPE LITHOLOGIQUE

-

SONDAGE N° 6614/5

COUPE LITHOLOGIQUE



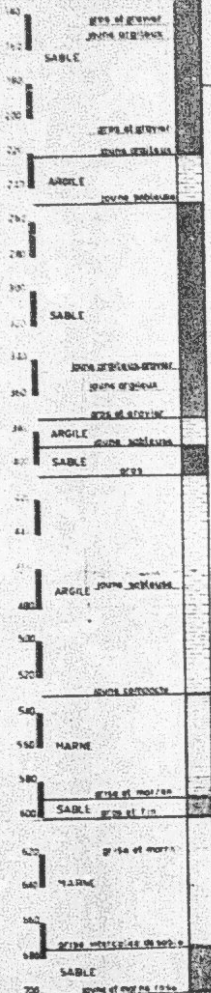
R. 5.2540

27/7/58

R. 5.2860

29/6/60

101 00



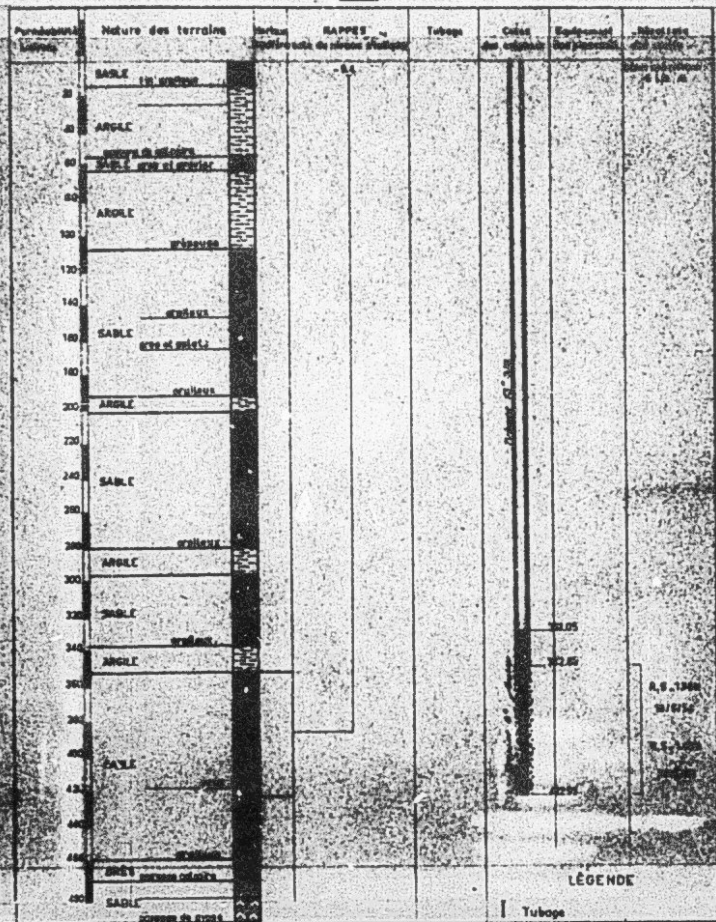
LÉGENDE

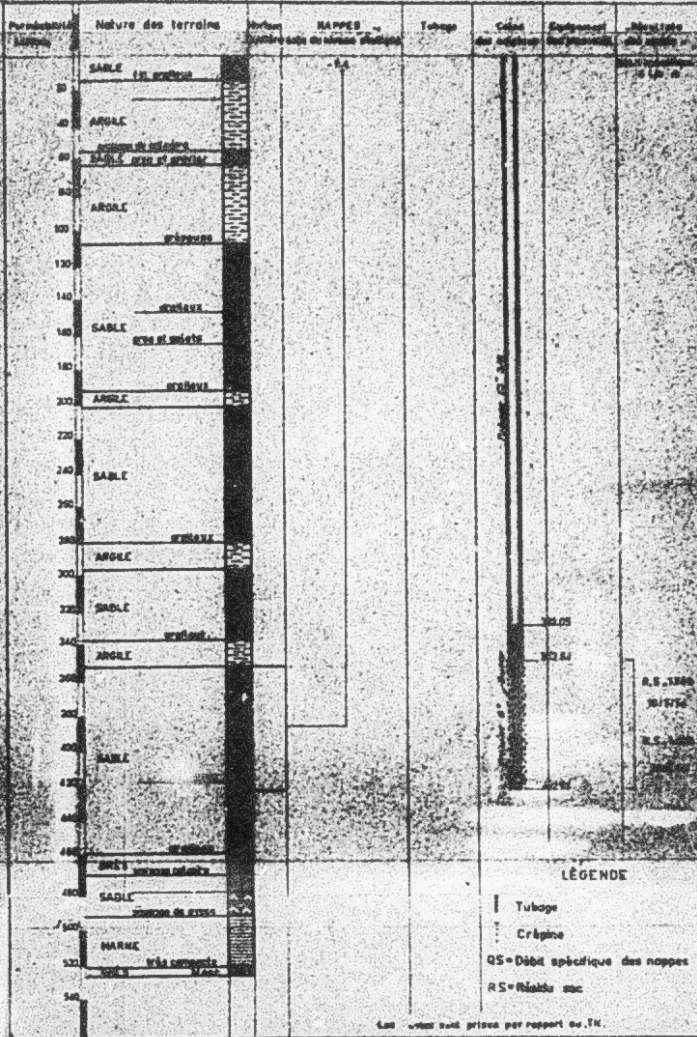
- | Tubage
- Crépine
- QS = Débit spécifique des nappes
- RS = Résidu sec

Les notes sont prises par rapport au TN.

SONDAGE N° 6353/5

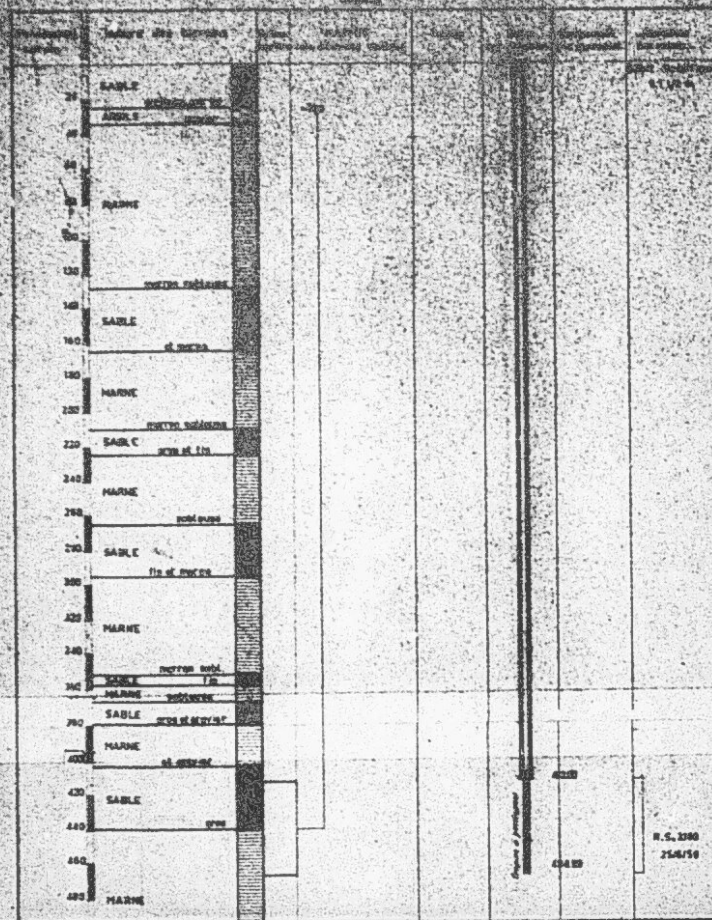
COUPE LITHOLOGIQUE



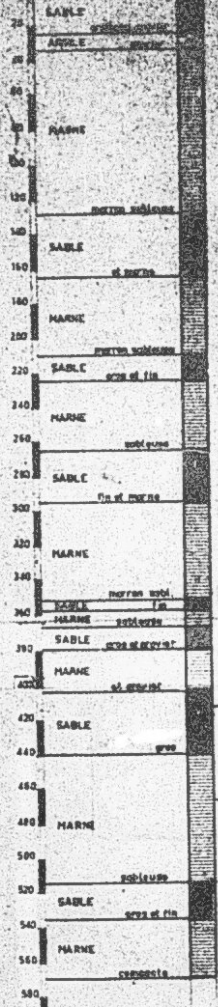


SONDAGE 1911/12

COUPE LITHOLOGIQUE



21/1/55



Cote de pénétration

4200
4400

R.S. 3200
25/6/59

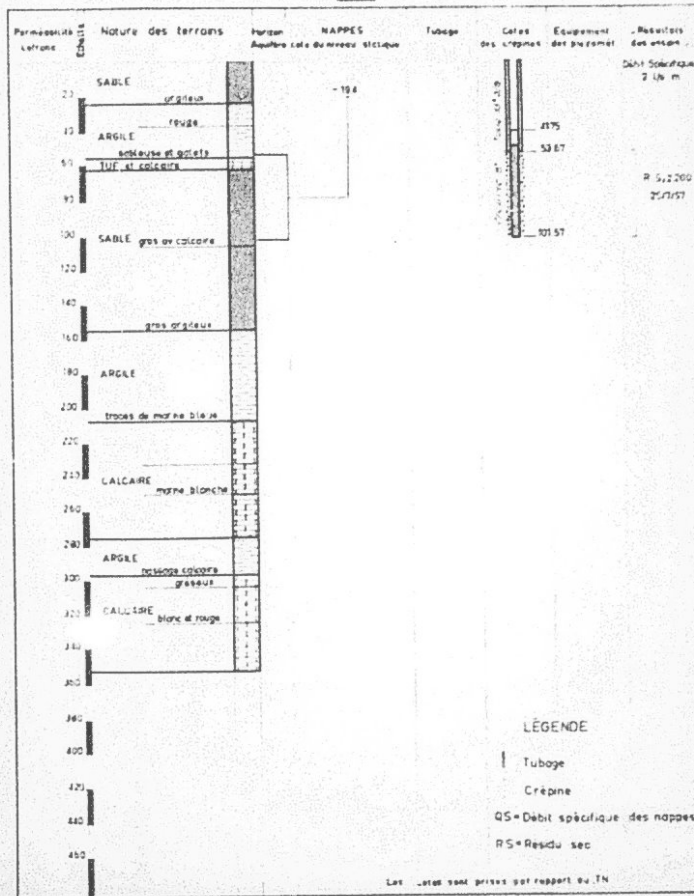
LÉGENDE

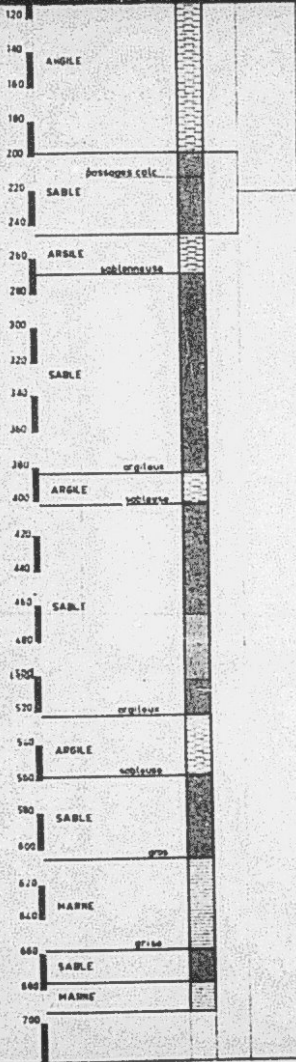
-  Tubage
-  Crépine
- QS = Débit spécifique des nappes
- RS = Résidu sec

Les cotes sont prises par rapport au T.M.

SONDAGE N° 6686/5

COUPE LITHOLOGIQUE





R. S. 2100

22/1/54

R. S. 1860

20/6/50

LÉGENDE

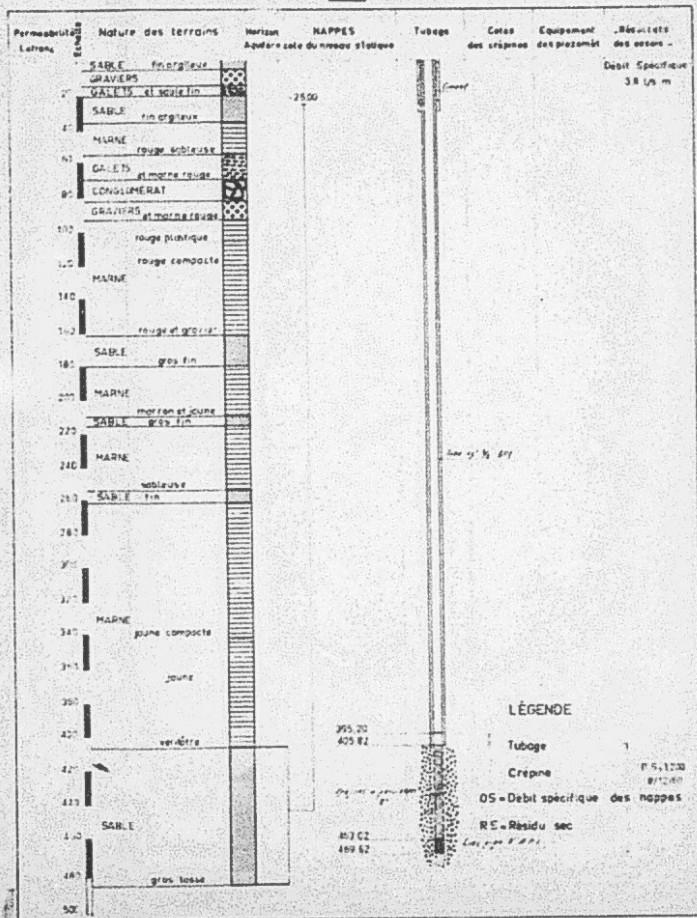
- | Tubage
- Crépins
- QS = Débit spécifique des nappes
- RS = Résidu sec

Les cotes sont prises par rapport au T.N.

RÉGION DE SIDI BOU ZID

SONDAGE N° 7 101 / 5

COUPE LITHOLOGIQUE



CAROTTAGE ELECTRIQUE

-

SOCIÉTÉ DE PROSPECTION ÉLECTRIQUE

 COMPAGNIE : MINISTÈRE
DES TRAVAUX PUBLICS

Schéma de position

 CHAMP : SIDI BOU ZID
 SONDAGE : SIR MIZARA (By 150)
 COORDONNÉES : N. 11 R.H. 66145/5

Élévation : _____

 DÉPARTEMENT (PAYS)
TUNISIE
Référence : TUN-56-71

OPÉRATION N°	EN I				
Date	5 Juin 1966				
Première lecture	483.00 m				
Deuxième lecture	477.50 m				
Découvert mètre	465.50 m				
Sabot (Schlumberger)	470.50 m				
Sabot (Sondage)	477.65 m				
Profondeur pénétrée	484.00 m				
Profondeur totale (sondage)	484.00 m				
Origine des profondeurs	Soi				
Bois-Matériau	Naturelle				
Densité					
Viscosité					
Résistivité	1.9 ± 20 °C	°C	°C	°C	°C
Résistivité B.H.T.	°C	°C	°C	°C	°C
PH					
Eau libre en 30 min					
Température moyenne					
Diamètre intérieur	9 7/8 in	inch à 345	in à 345	in fond	
Diamètre tubage					
Dispositif					
AM 1	16 "				
AM 2	64 "				
AO	25 1/8 "				
Cannon n°	121				
Opérateurs	Simec				

REMARQUES

 P. S.
 [millivolt]

 RÉSISTIVITÉ
 [ohms. m² m]

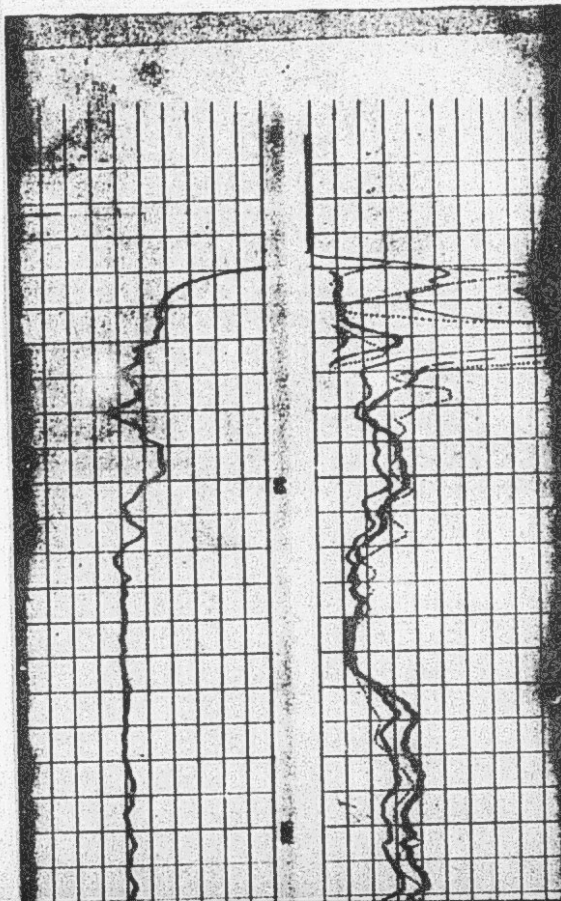
 4
 + ---

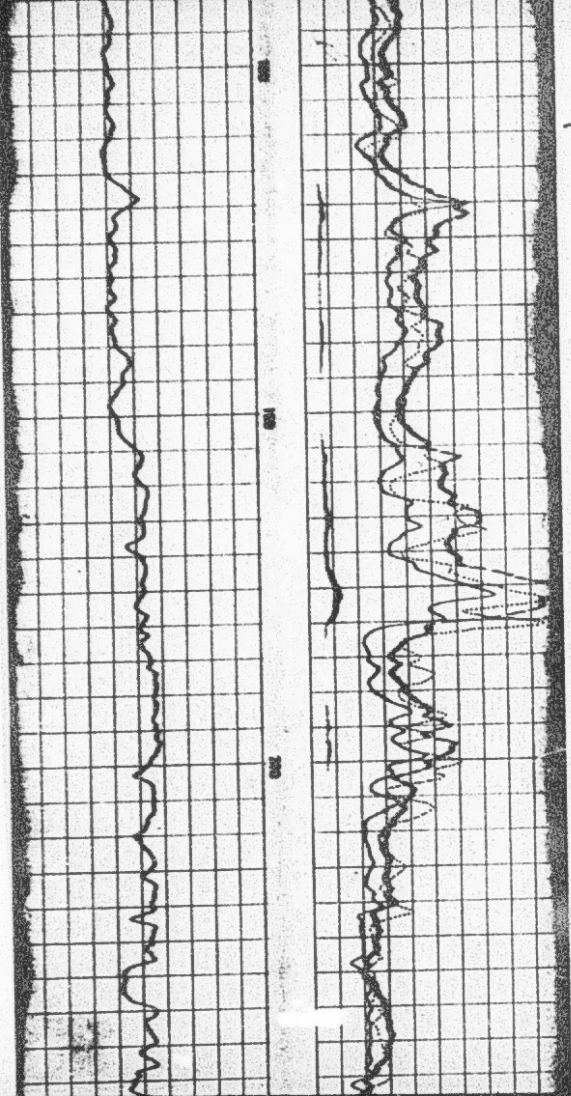
BOULE	AM 1	25	50
1/500	AM 2	50	50
	AO	25	50

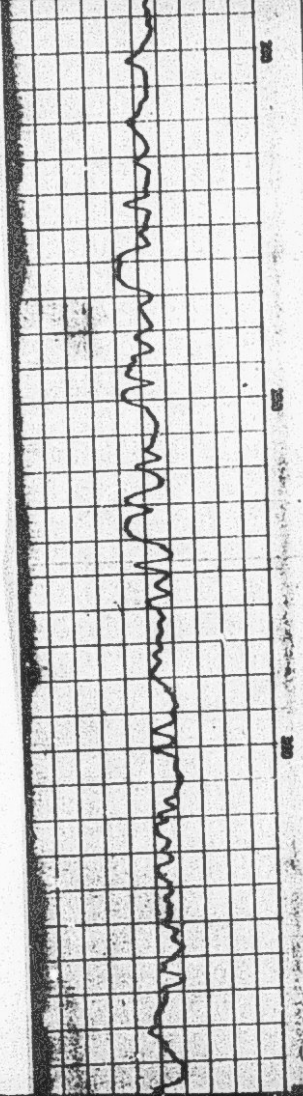
BOULE

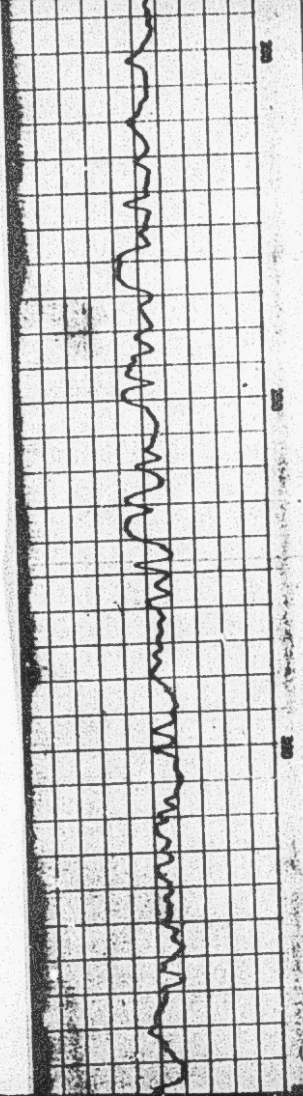
2/5/00

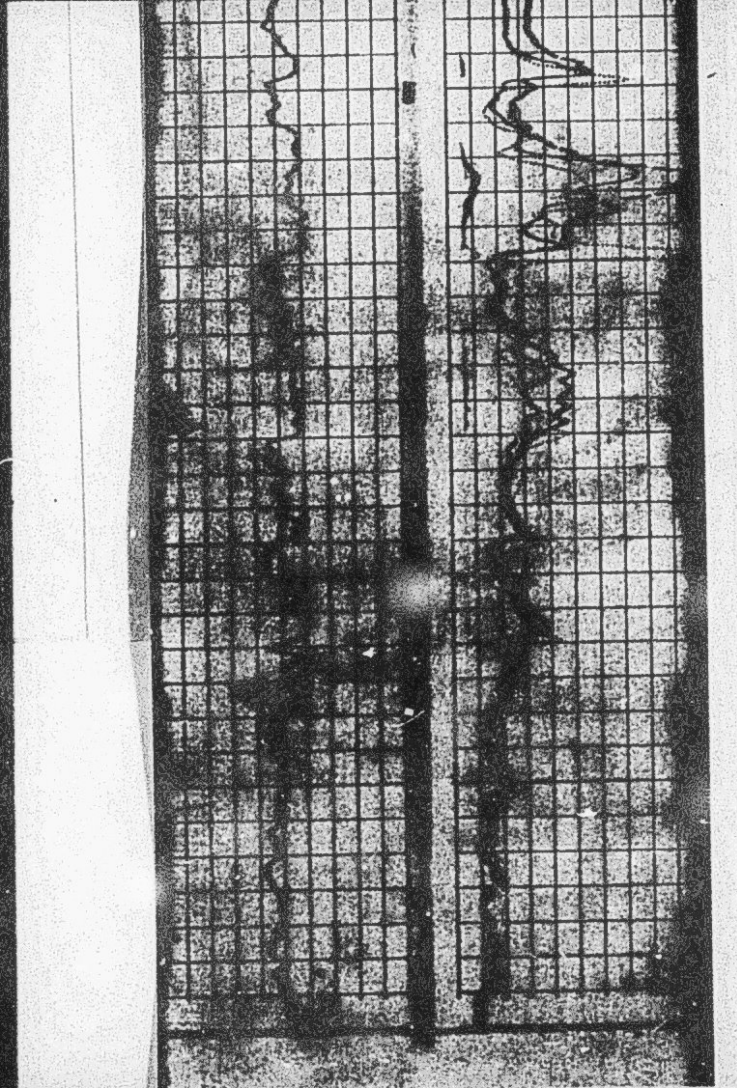
AMT	50	50
AVG	50	50
AD	50	50











SOCIÉTÉ DE PROSPECTION ÉLECTRIQUE



CAROTTAGE ÉLECTRIQUE

CHAMP **Sidi Ali Sayad**
 SONDAGE **Ry 118**
 COMPAGNIE **D.T.P.**

COMPAGNIE :

D.T.P.CHAMP : **Sidi Ali Sayad-1.**SONDAGE **Ry 118**

COORDONNÉES : N° A.I.R.H. 6353/5

Schéma de position

Élévation :

DÉPARTEMENT (PAYS)

TUNISIERéférence : **1134**

OPERATION N°

1

Date	27 Mars 54					
Pressure lecture	527					
Pressure surface	27					
Pression mesure	500					
Solot (Schlumberger)						
Solot (Schlumberger)	12,5					
Profondeur atteinte	527					
Profondeur totale (sondeur)	527					
Origine des profondeurs	Sol					
Qualité nature	Naturelle					
Débit	1,200					
Vitesse						
Marquage	1,35 - 22 °C	°C	°C	°C	°C	°C
Marquage BNT	1,1 - 22 °C	°C	°C	°C	°C	°C
Pro						
Batterie mil 80 mm						
Température mesurée	32 °C					
Diamètre trou en	12" $\times$ 850 m $\rightarrow$ 9" $\times$ 525 m $\rightarrow$ 7" $\times$ 527 m					
Diamètre trou en	18"					
Chronométrique						
Δm 1	0,40 m					
Δm 2	1,62 m					
Δm	5,67 m					
310						
M. DUCHEMIN						

REMARQUES

P S	RÉSISTIVITÉ
40 millivolts	50 ohms m ² m

4

1/300

0,40 m

1,62 m

5,67 m

50

50

50

(cont.)

1/500

0.40 m

1.61 m

3.67 m

30

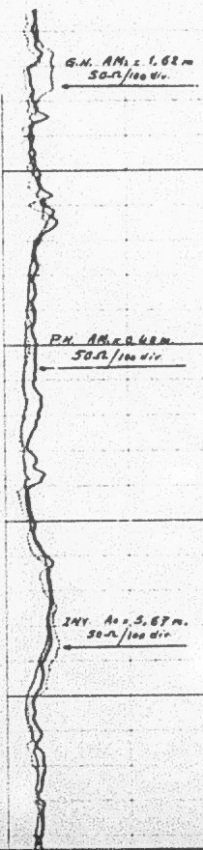
20

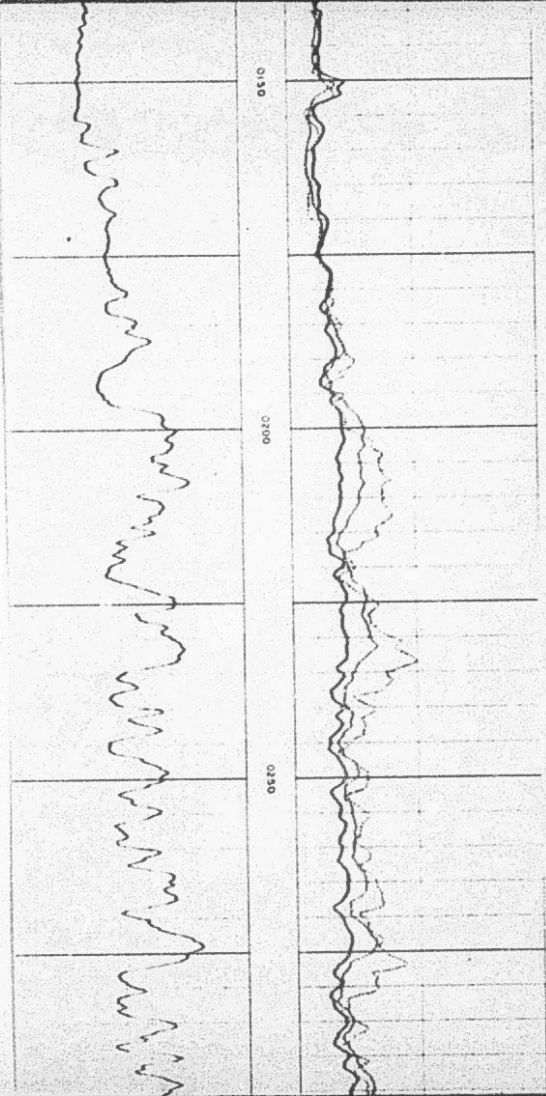
10

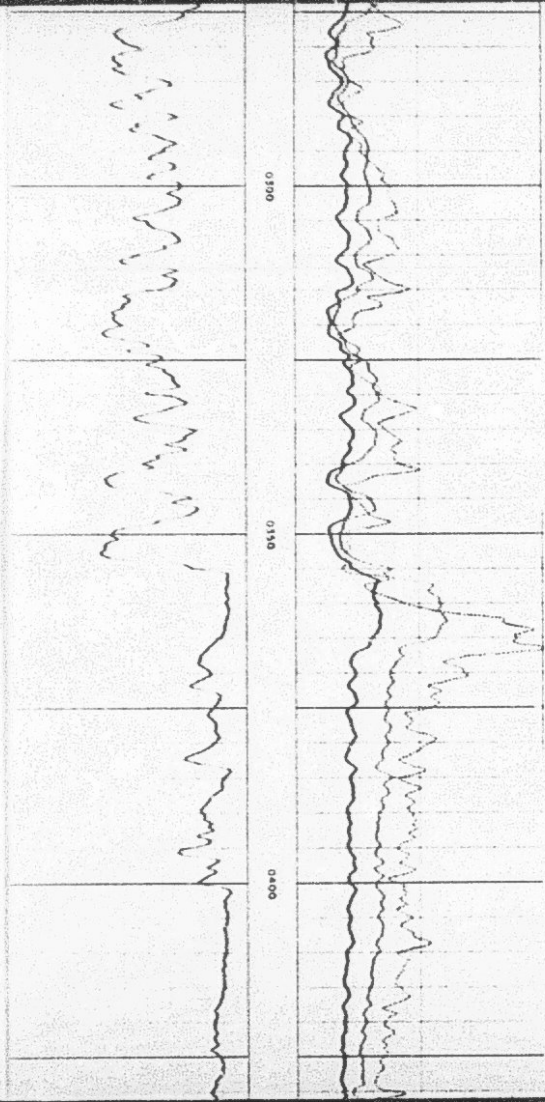


0030

0010



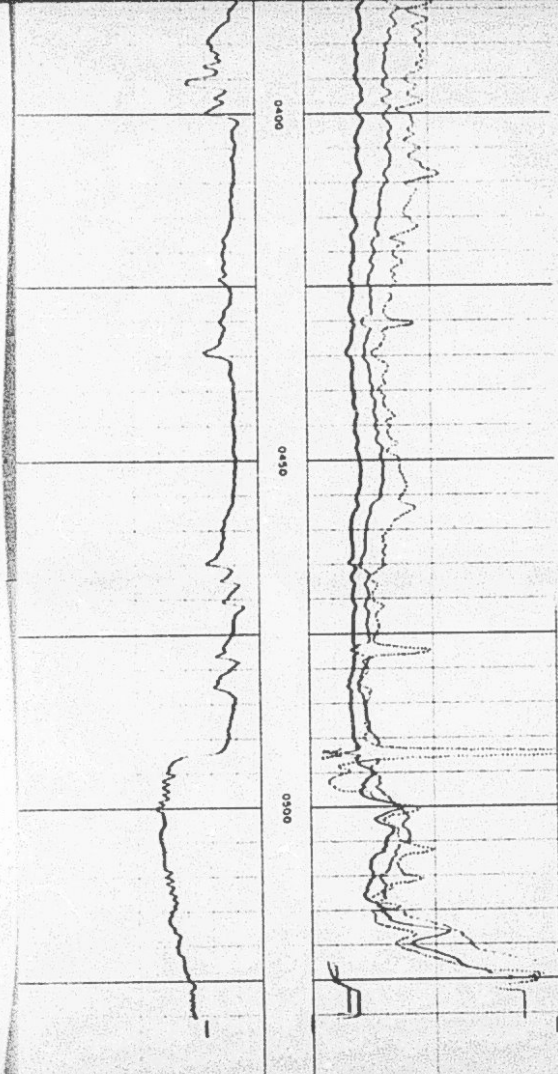


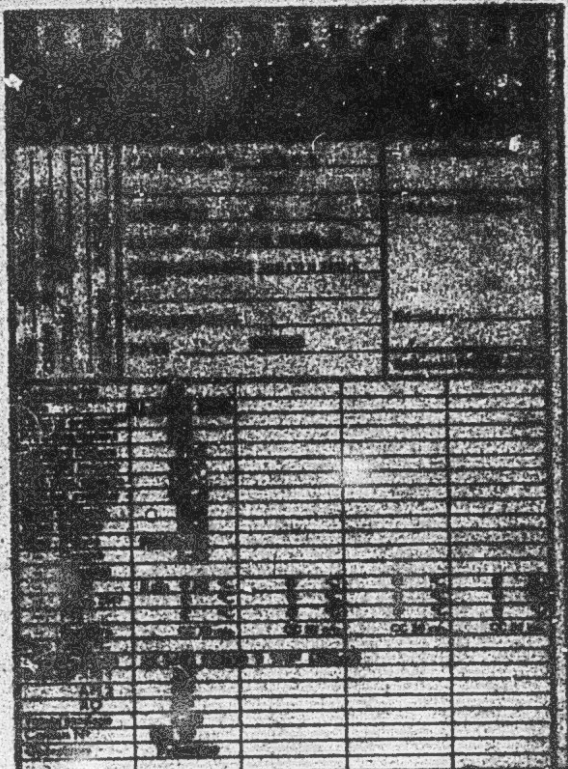


0400

0430

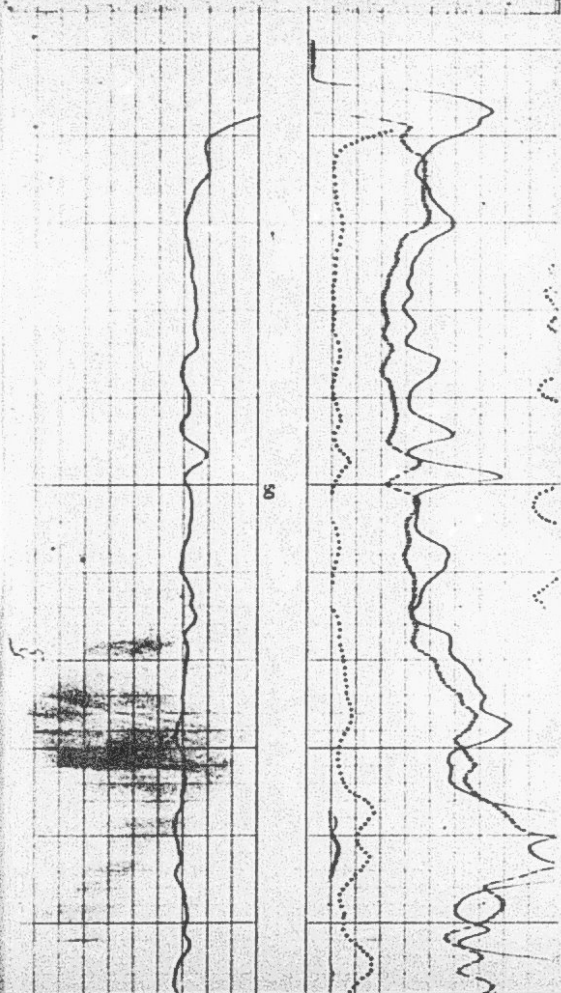
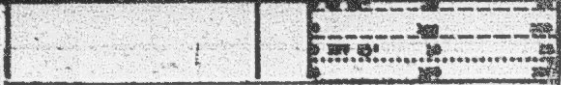
0500





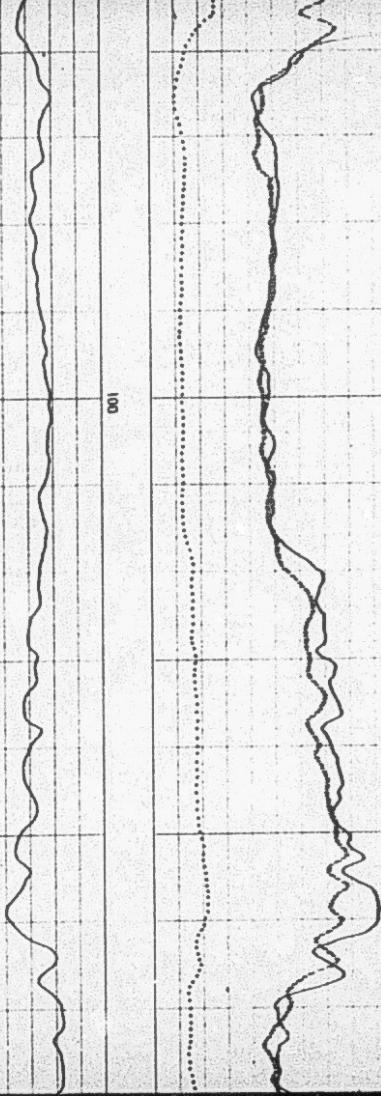
ESPANOL

POLARISATION SPONTANÉE millivolts	Polarisation	RÉSISTIVITÉ ohms m ² /m												
	1/200	<table border="1"> <tr> <td>0 50 100</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>0 100 200</td> <td>100</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>0 200 400</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>0 400 800</td> <td>200</td> <td>200</td> </tr> </table>	0 50 100	20	20	0 100 200	100	200	0 200 400	20	20	0 400 800	200	200
0 50 100	20	20												
0 100 200	100	200												
0 200 400	20	20												
0 400 800	200	200												

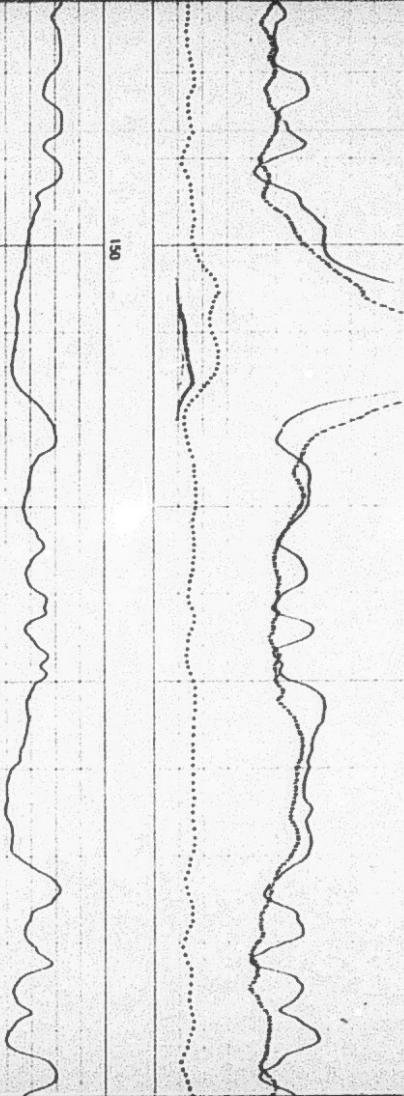


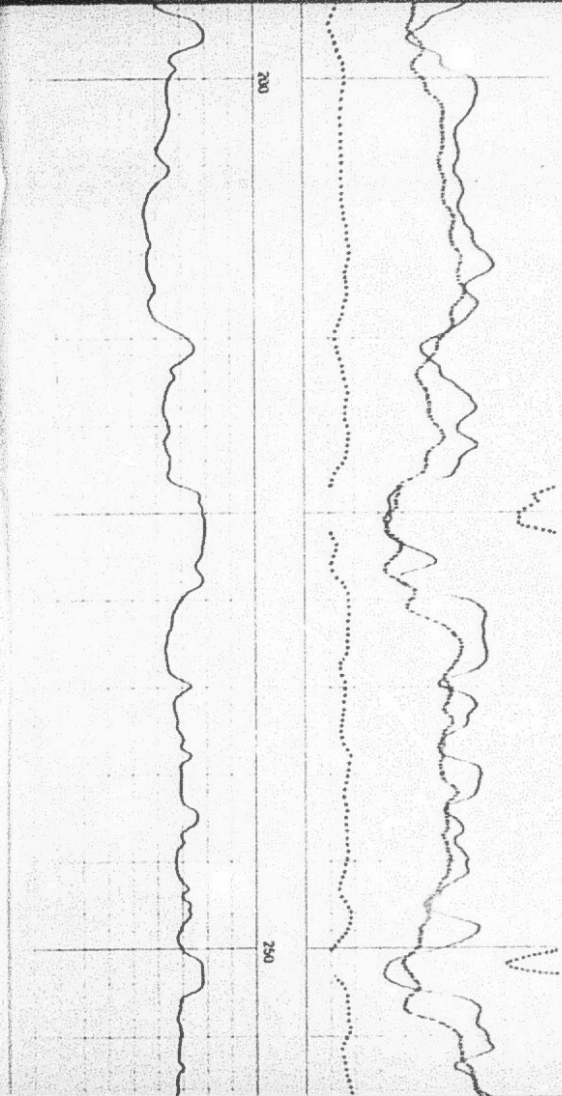
55

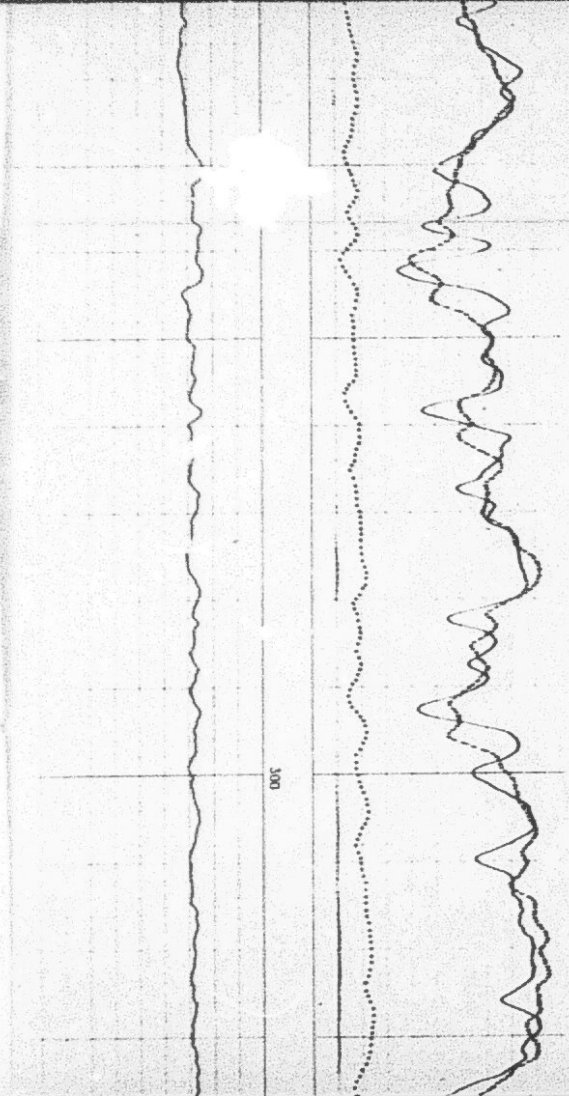
100

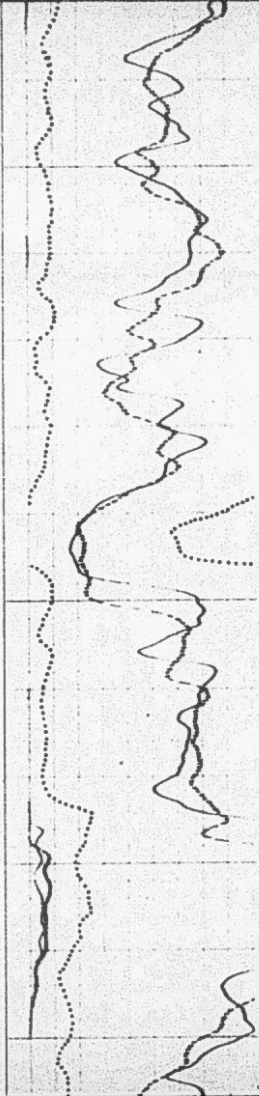


150





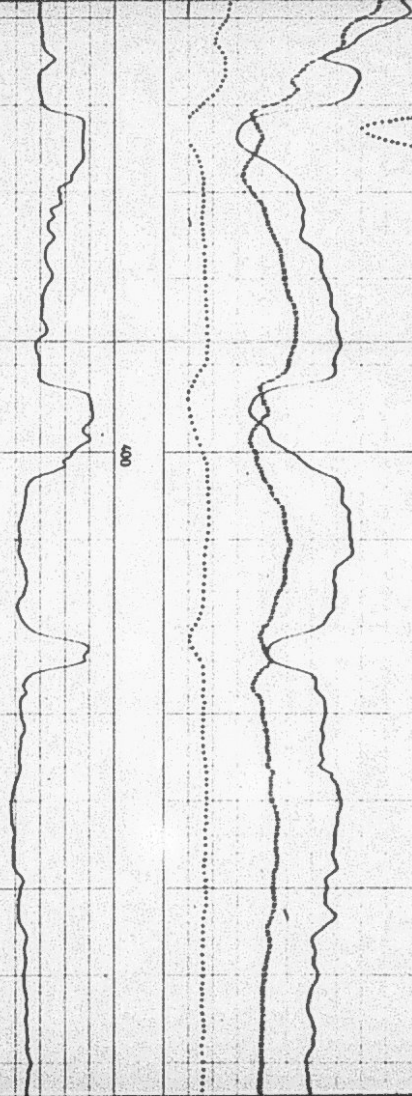




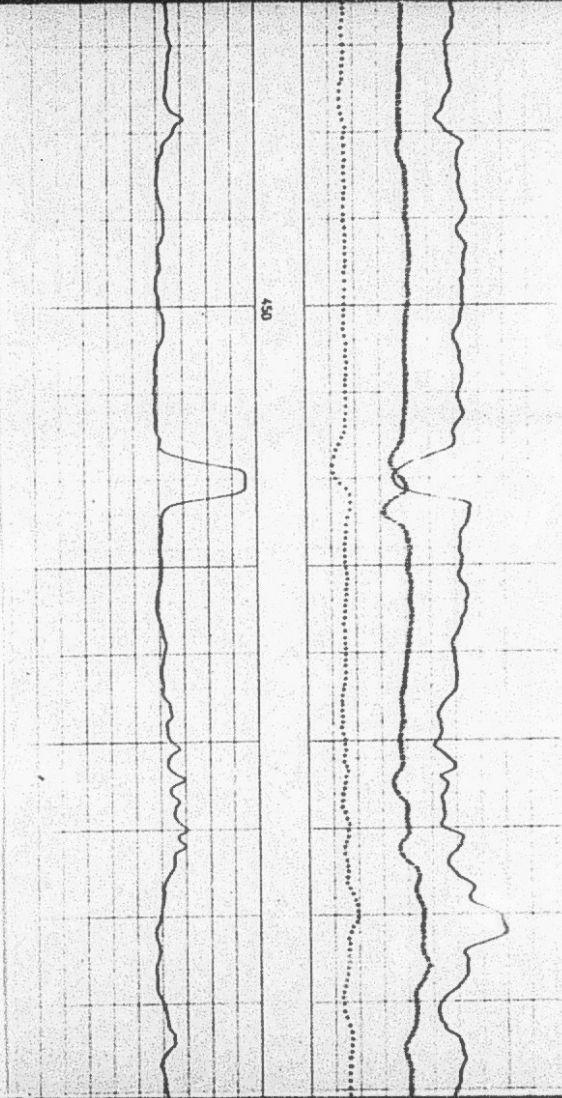
350

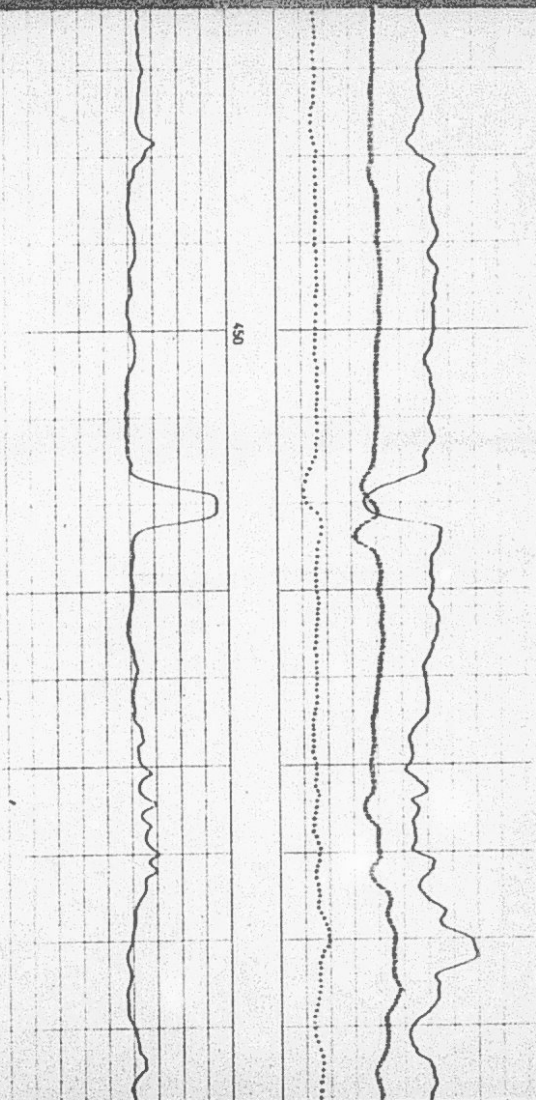


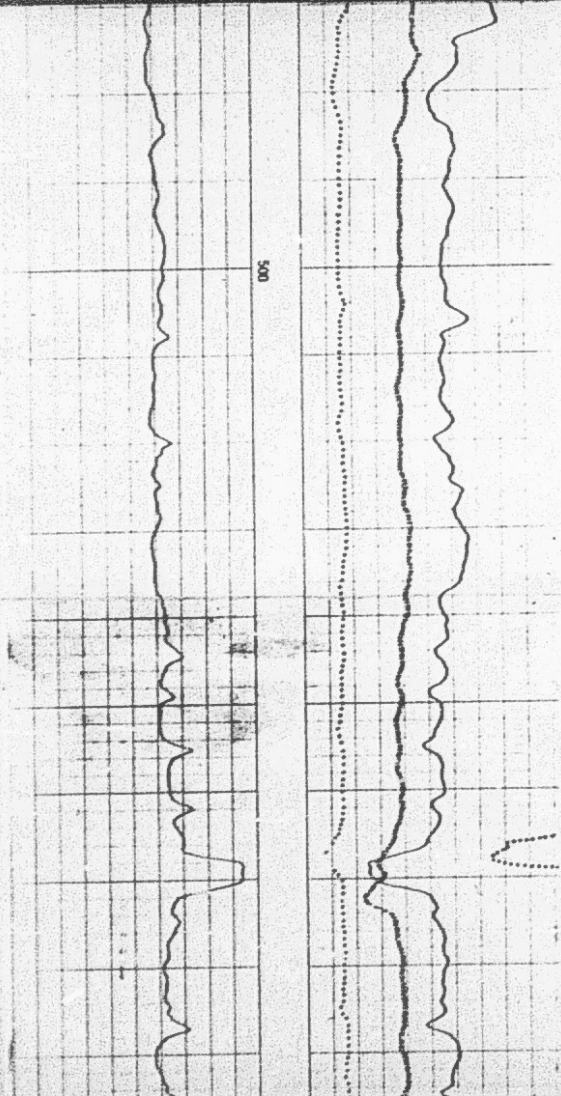
007

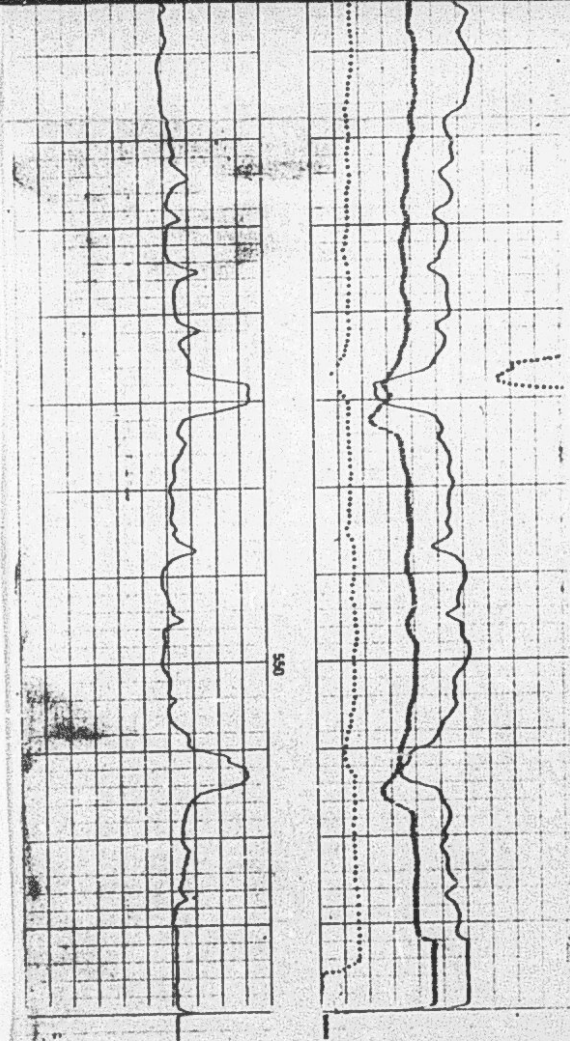


450









CAROTTAGE ÉLECTRIQUE

CHAMP
SONDAGE
COMPAGNIE

COMPAGNIE : INTER-DES

TRAV. PUBLICS

CHAMP : SIB-SSA

SONDAGE : Ky 160

COORDONNÉES : N.B.I.R.H. 6586/5

(pays de 1101 AU 210)

DÉPARTEMENT (PAYS)

TUNISIE

Schéma de position

Élévation : _____

Référence TUN-87-78

OPÉRATION N°	ES-I						
Date	4-5-87						
Première lecture	551.00						
Dernière lecture	18.00						
Découvert mètre	333.00						
Sabat (Schlumberger)	18.00						
Sabat (Sondeur)	17.70						
Profondeur atteinte	3-2.00						
Profondeur totale (sondeur)	352.00						
Origine des profondeurs	701						
Boue Nature	noir/rouille						
Densité	1.10						
Viscosité	-						
Résistivité	1.2 x 25 °C	A	C	A	C	A	C
Résistivité B.H.T.	A °C	A	C	A	C	A	C
PH							
Echographie 30 min							
Température maxime							
Diamètre trépan	7.6 jusqu'à 216 E						
Diamètre tubage	2.00						
Dispositifs							
AM 1	16"						
AM 2	16"						
AO	16"						
Camen n°	GLC TP						
Opérateurs	1 G.L.						

REMARQUES

P. S.
[millivolts]

PROFONDEURS

RÉSISTIVITÉ
[ohms. m² m]

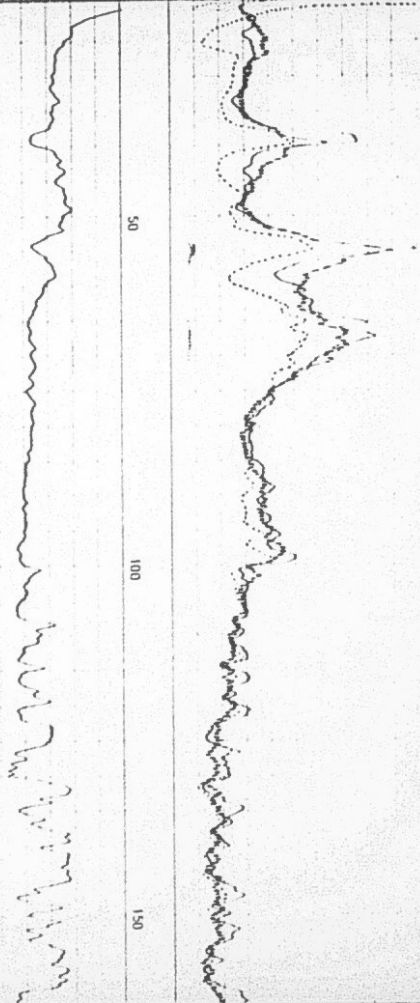
ÉCHELLE

1/500

AM 1 - 16" 50

AM 2 - 16" 50

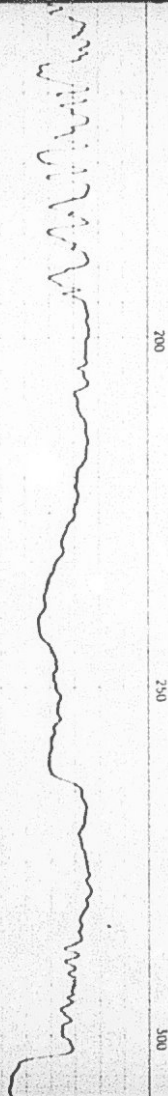
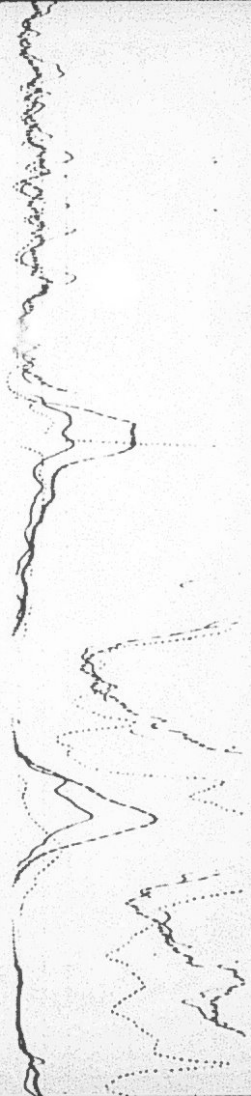
AO - 16" 50



50

100

150







CAROTTAGE ÉLECTRIQUE

CHAMP : HELLERAT .
SONDAGE : R Y 123 .
COMPAGNIE : D. I. P. .

COMPAGNIE : DIRECTION DES

TRAVAUX PUBLICS .

CHAMP : HELLERAT .

SONDAGE : R Y 123 .

COORDONNÉES : N.B.I.R.H.6405/5

DÉPARTEMENT (PAYS)

TUNISIE .

Schéma de position

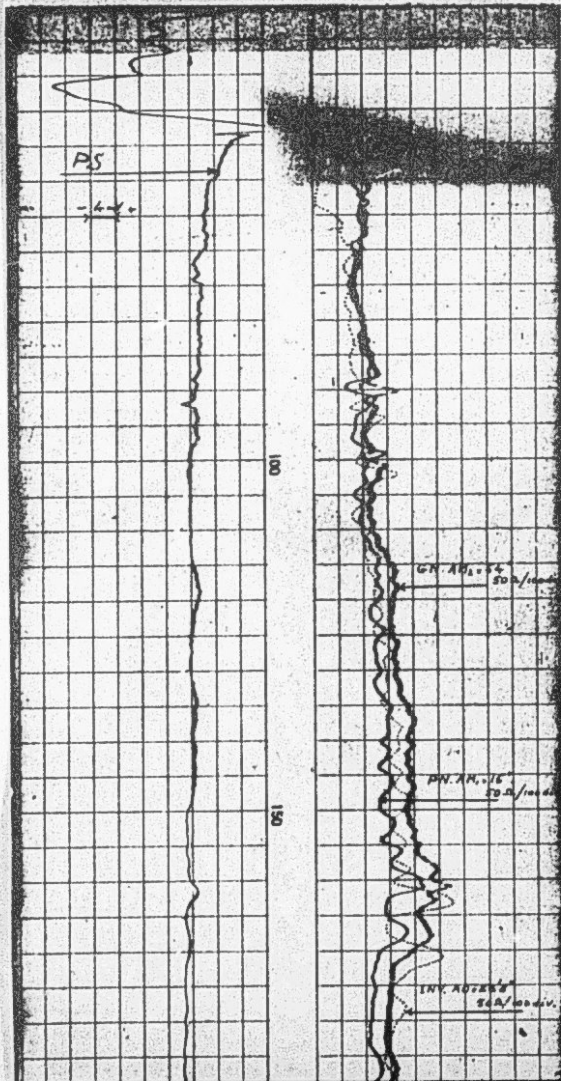
Élévation :

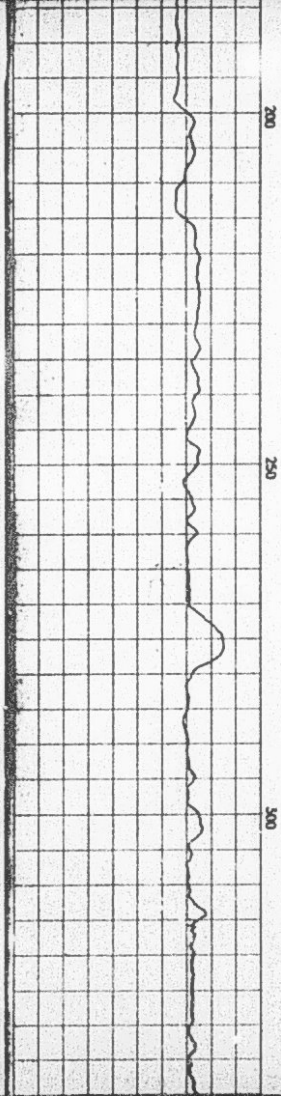
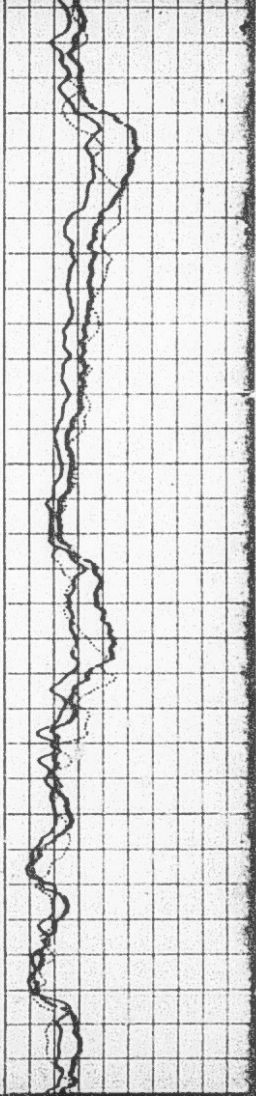
Référence: I249 .

OPÉRATION N°	ES I						
Date	31 juillet 54						
Première lecture	533 m						
Deuxième lecture	533 m						
Déclivité mesurée	539 m						
Solot (Schumberger)	53 m						
Solot (Sondage)	52,85 m						
Profondeur atteinte	693 m						
Profondeur totale (Sondage)	693 m						
Origine des profondeurs	SOL						
State nature	naturelle						
Classe	1,2						
Vitesse	-						
Résistivité	2,8 ± 28 °C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Résistivité S.M.T.	2 ± 40 °C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Spa	-						
Eau libre (ml 30 min)	-						
Température moyenne	40 °C						
Diamètre trou	12" 1/4 - 400m - 5" 7/8 - 54In - 8" 1/2 - 693m .						
Diamètre tubage	13" 3/8						
Déclivité	Sonde souple Tunisie .						
Am 1	16"						
Am 2	64" - - - -						
AO	25" 8" - - - -						
Cable n°	GMC 123						
Opérateur	Pige						

REMARQUES

P. S.	RESISTIVITE			
40 millivolts	50	[ohms m ² m]		
4 mV	16"	25	50	
1/500	64"	25	50	
	25" 8"	25	50	

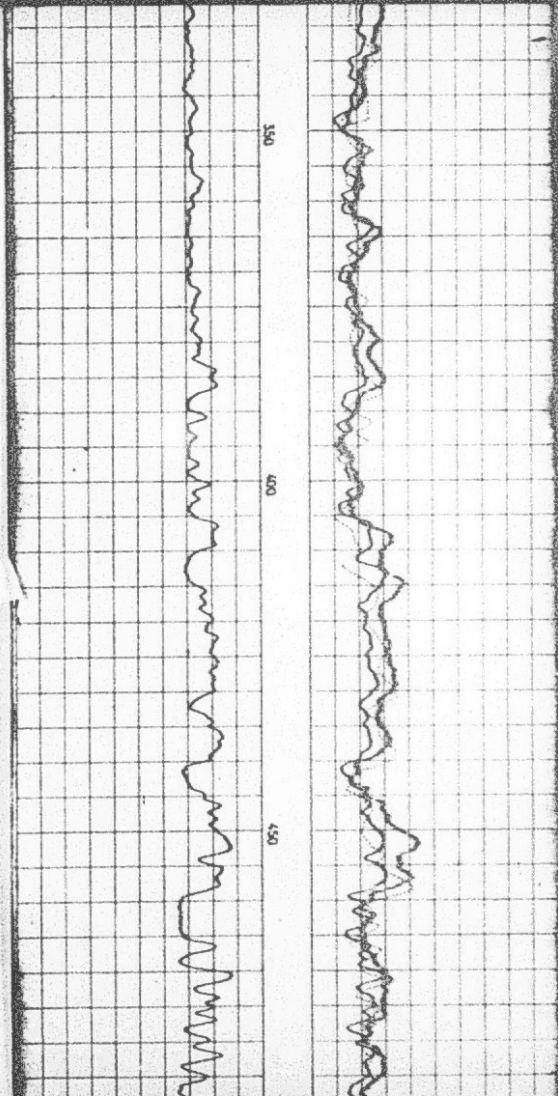


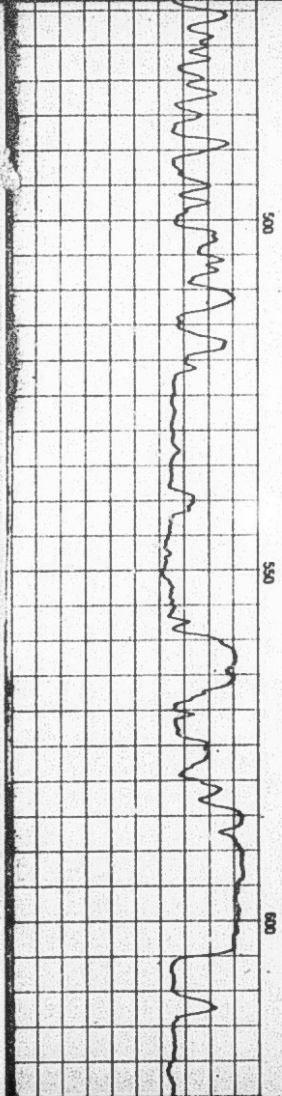
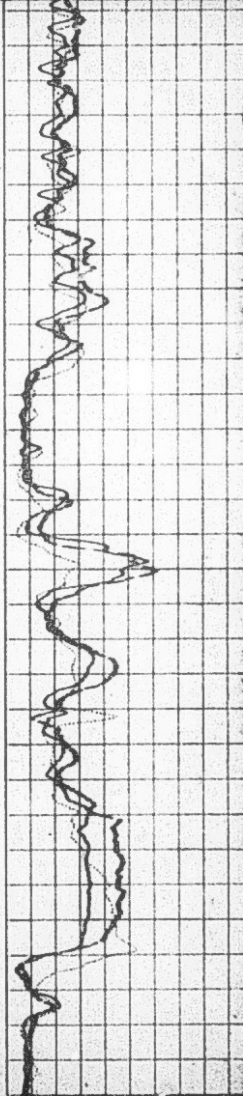


350

057

057







SUITE EN

F

3



MICROFICHE N°

50240

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

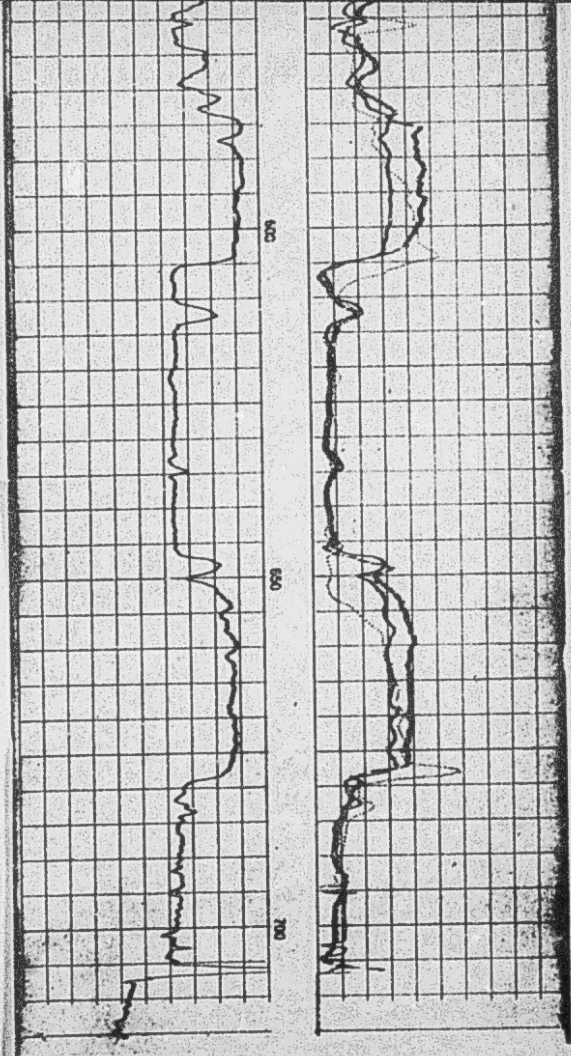
DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 3



F 12

CH L U M B E R G E R

Log. Electrique

PAYS _____ CHAMP _____ SONDAGE _____ R° S.I.P.E. 7101/5 COMPAGNIE _____	COMPAGNIE P.E.S.	Autres Opérations
	SONDAGE Oued Mohamed Harlag	Schéma de Position
	CHAMP 044-2m-123	
	COORDONNÉES N° S.I.P.E. 7101/5	
	DÉPARTEMENT Annaba	Élévation : _____
	PAYS Tunisie	Référence N° _____

Opération N°	1			
Date	2/11/80			
Origine profond	0m			
Première lecture	663,00			
Dernière lecture	31,50			
Intervalle mesuré	631,50			
Prof. max. atteinte	663,00			
Prof. tot. sondeur	663,00			
Sabot Schlumb				
Sabot sondeur				
Boue - Nature	A=51a			
- Densité	1,5			
- Viscosité				
- Résist	5,4 Ω - 27 °C	7 °C	7 °C	11 °C
- Résist BHT	11 °C	12 °C	12 °C	12 °C
- P.S.	11 °C	11 °C	11 °C	11 °C
- Eau libre	CC 30 min	CC 30 min	CC 30 min	CC 30 min
Max. Temp. °C				
Diamètre trépan	125/4			
Dispositif AM 1	10°			
AM 2	60°			
AO	80°			
Temps sondage	1 heure			
Camion N°	DRB 99			
Opérateurs	PABY			

REMARQUES

POLARISATION SPONTANÉE
millivolts

Profondeur

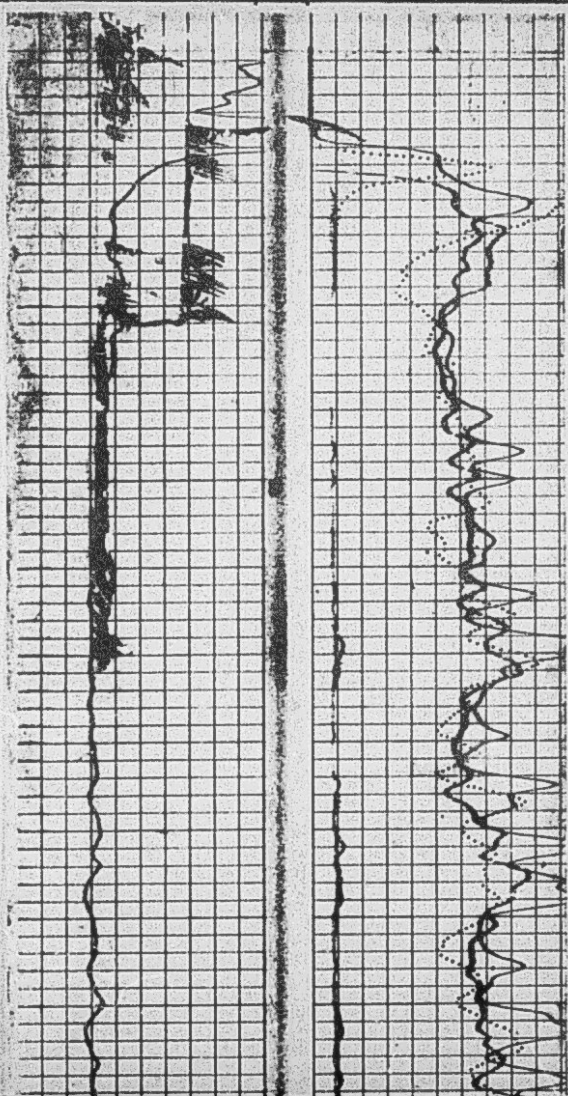
RÉSISTIVITÉ
ohms m¹/m4 mV
- - - - -

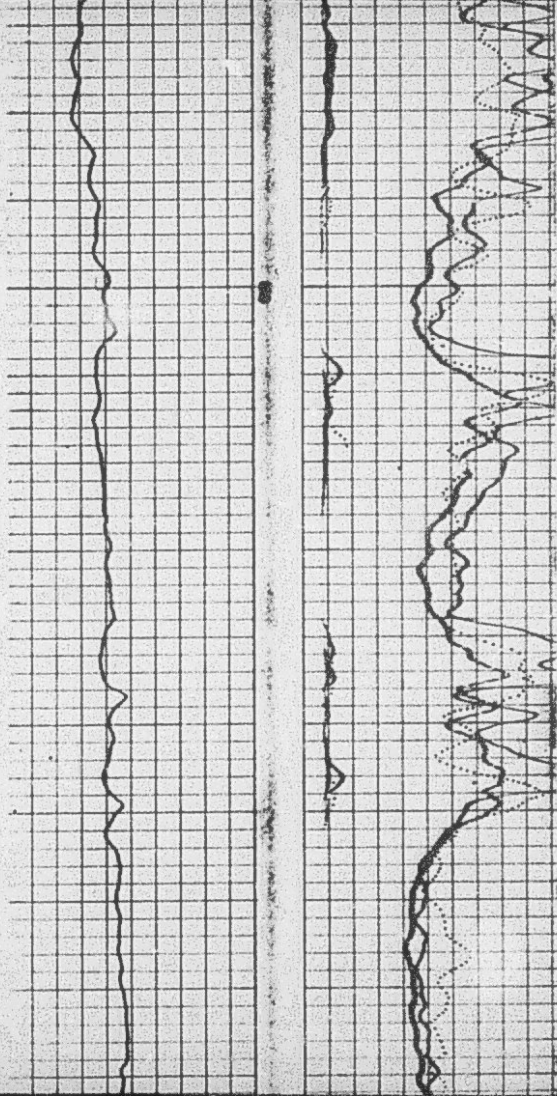
1/200

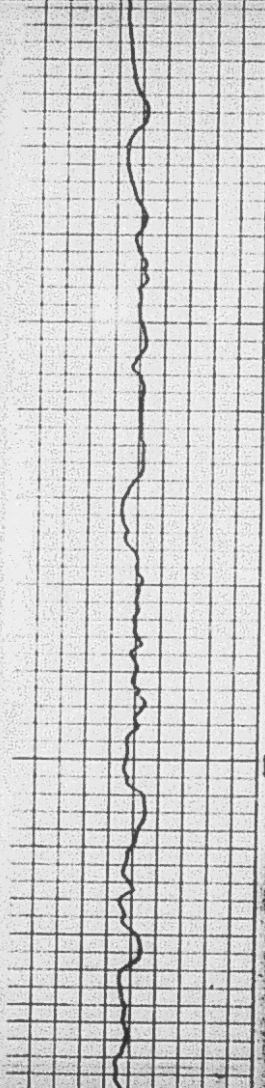
0 20 100 200

0 100 200 300

0 100 200 300

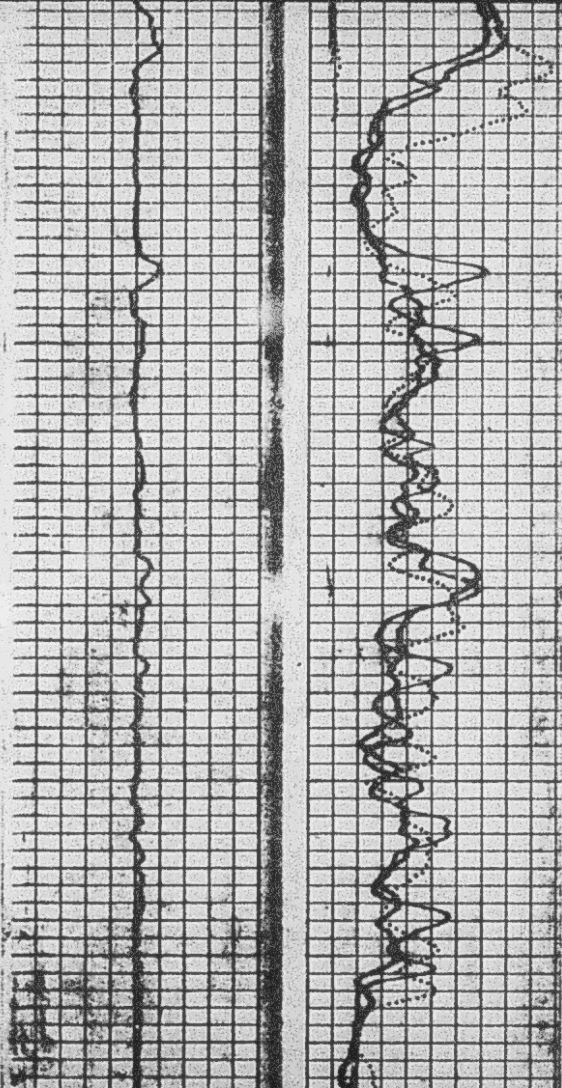


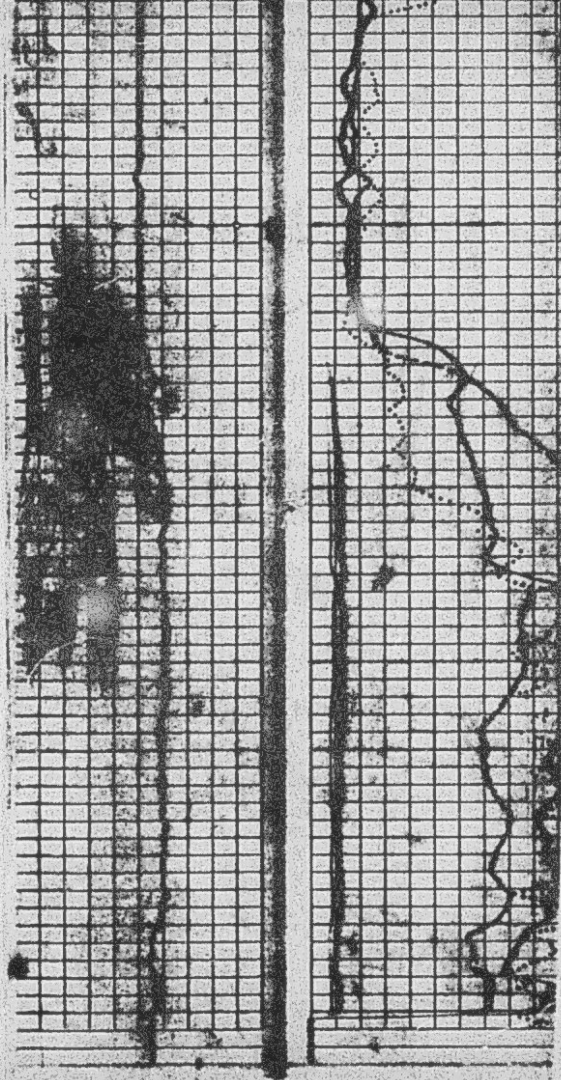




200

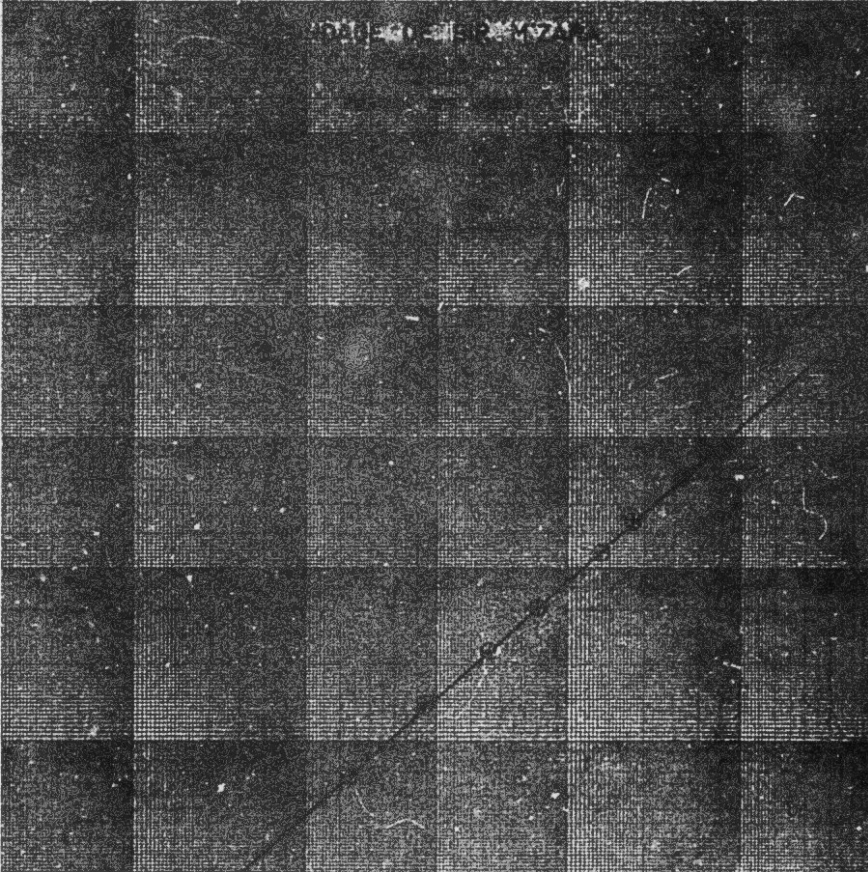




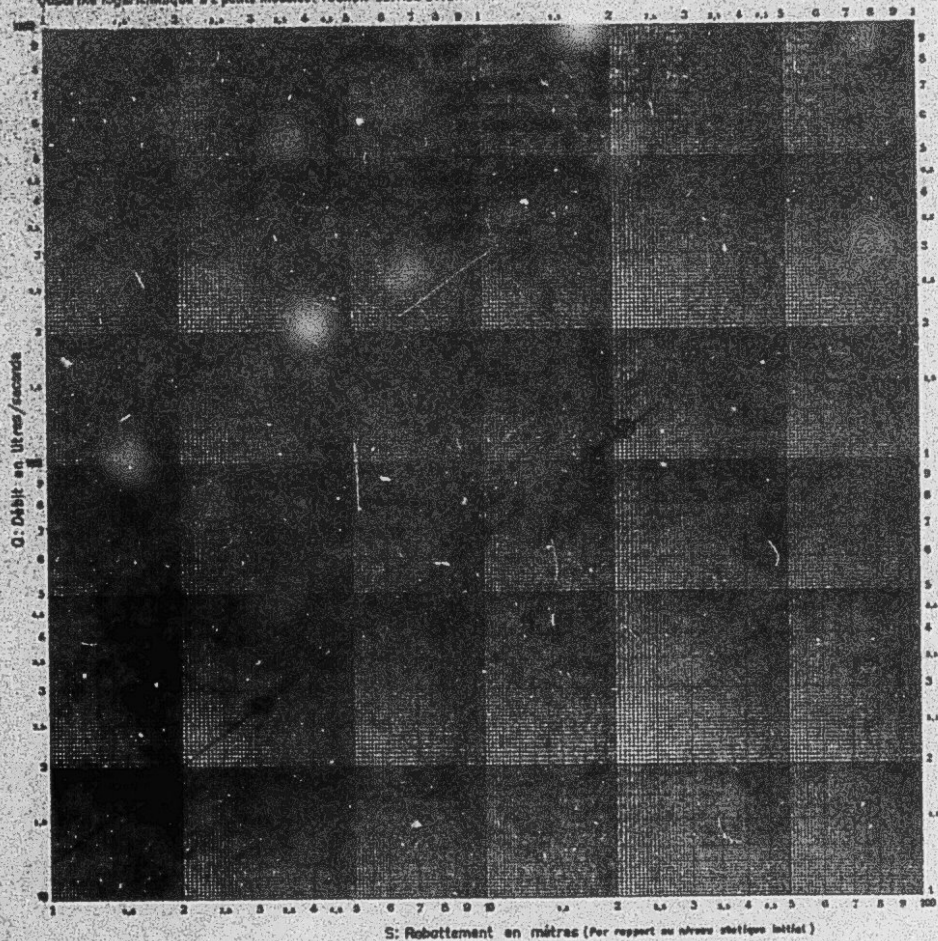


COUVERTURE DES DÉBITES

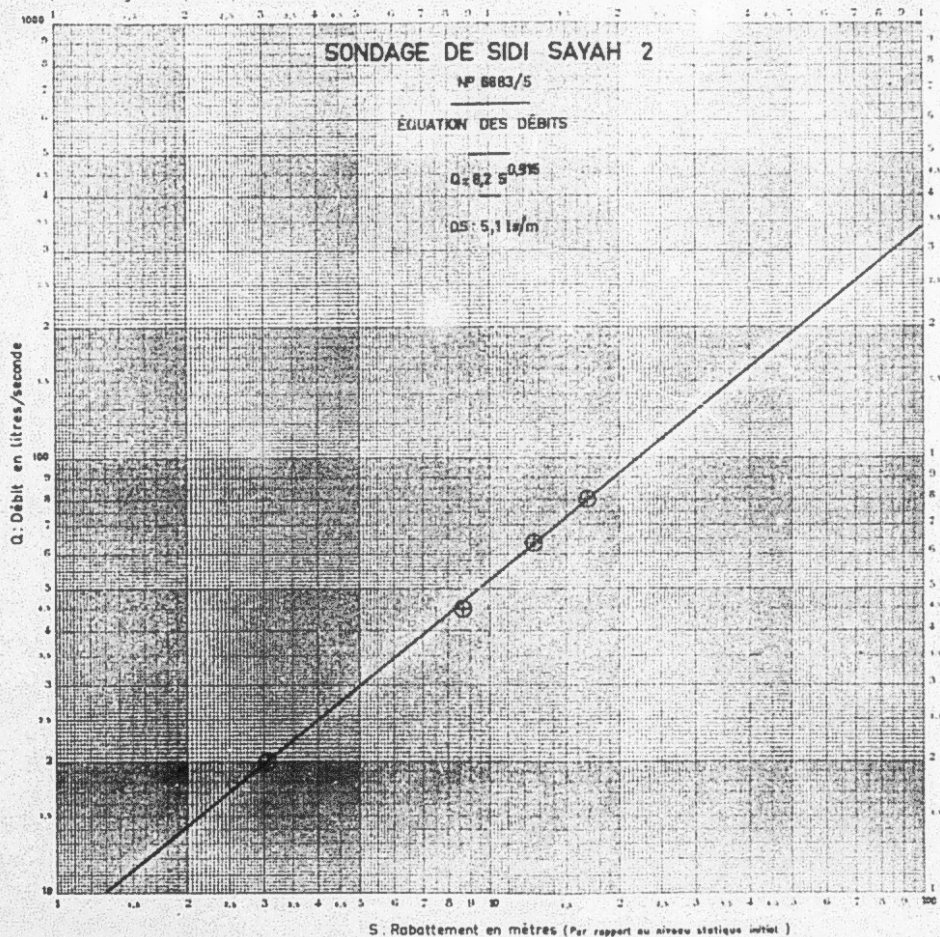
-



Quadrille logarithmique à 2 points modules. TOCHON-LEPAGE - PARIS.



S: Robotement en mètres (Par rapport au niveau statique initial)



SONDAGE DE BIR BÉDRA

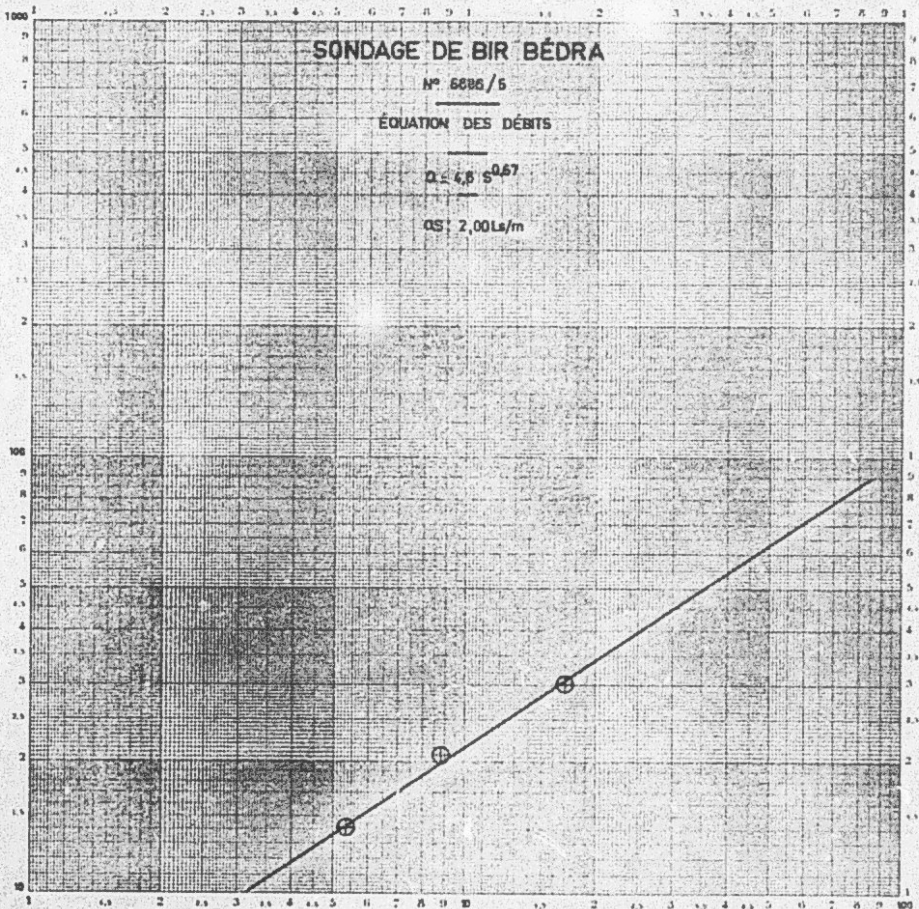
N° 5886/5

ÉQUATION DES DÉBITS

$$Q = 4,8 S^{0,67}$$

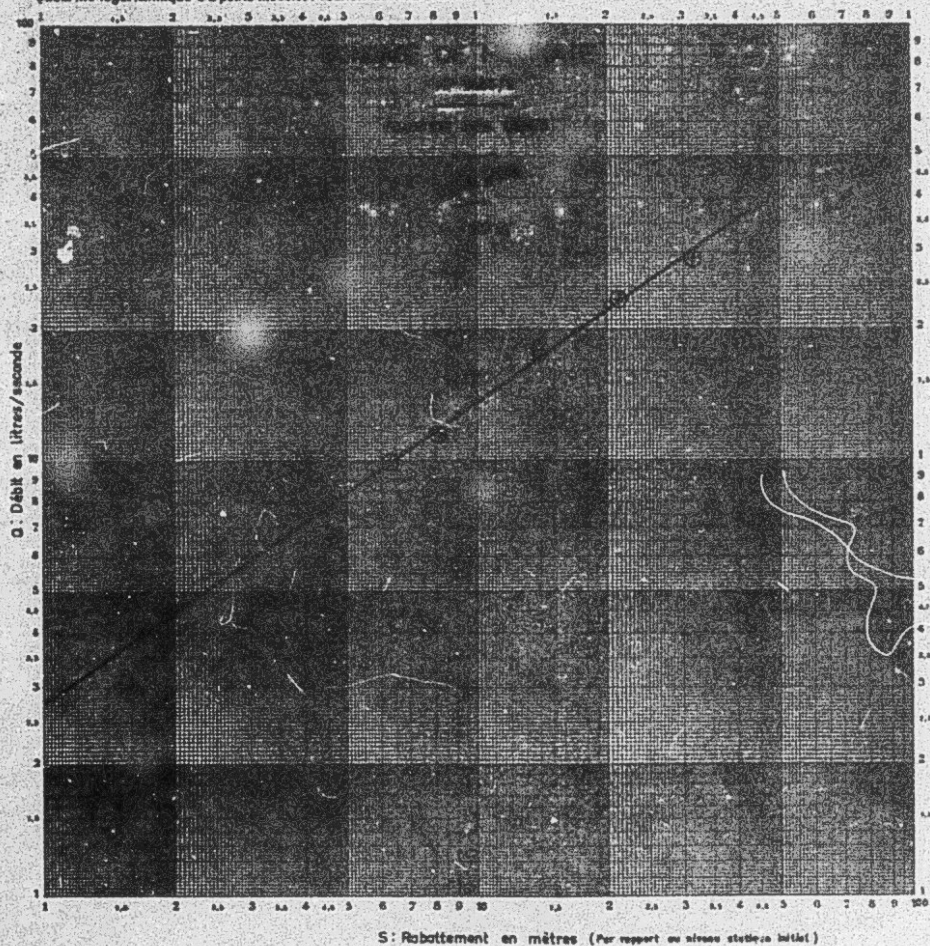
QS: 2,00 Ls/m

Q: Débit en litres/seconde



S: Robattement en mètres (Par rapport au niveau statique initial.)

Quadrille logarithmique à 2 petits modules. TOCHON-LEPAGE - PARIS.



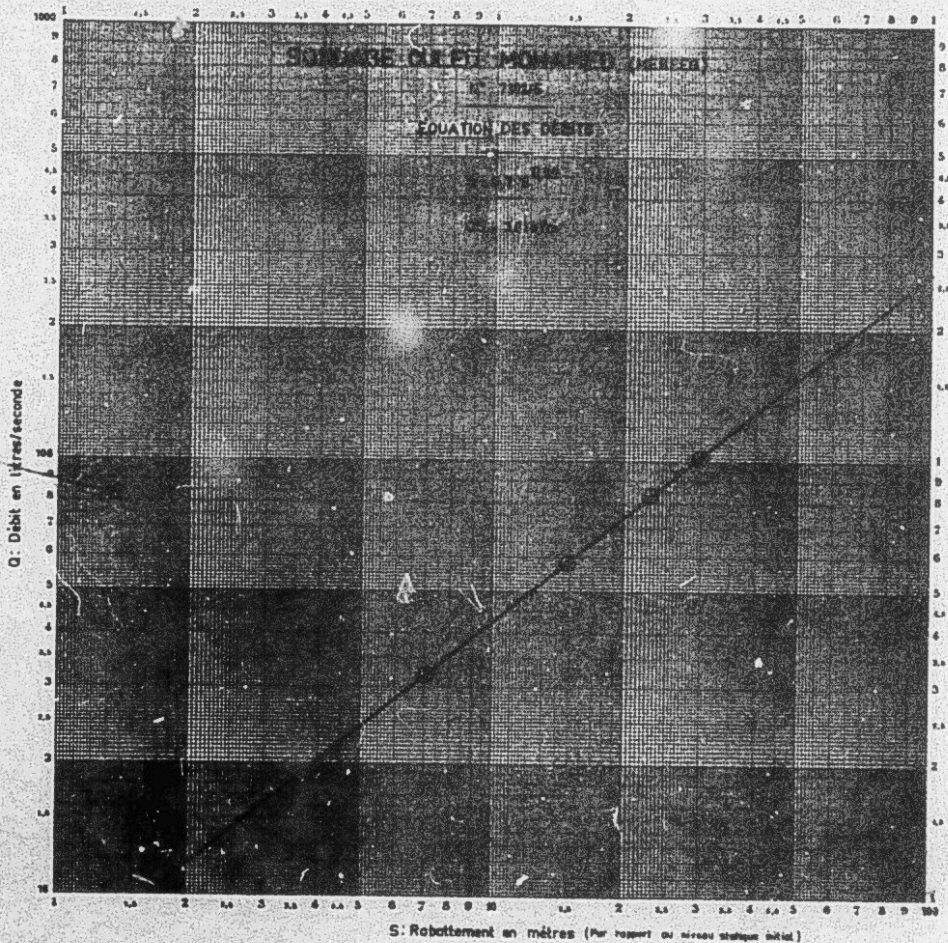
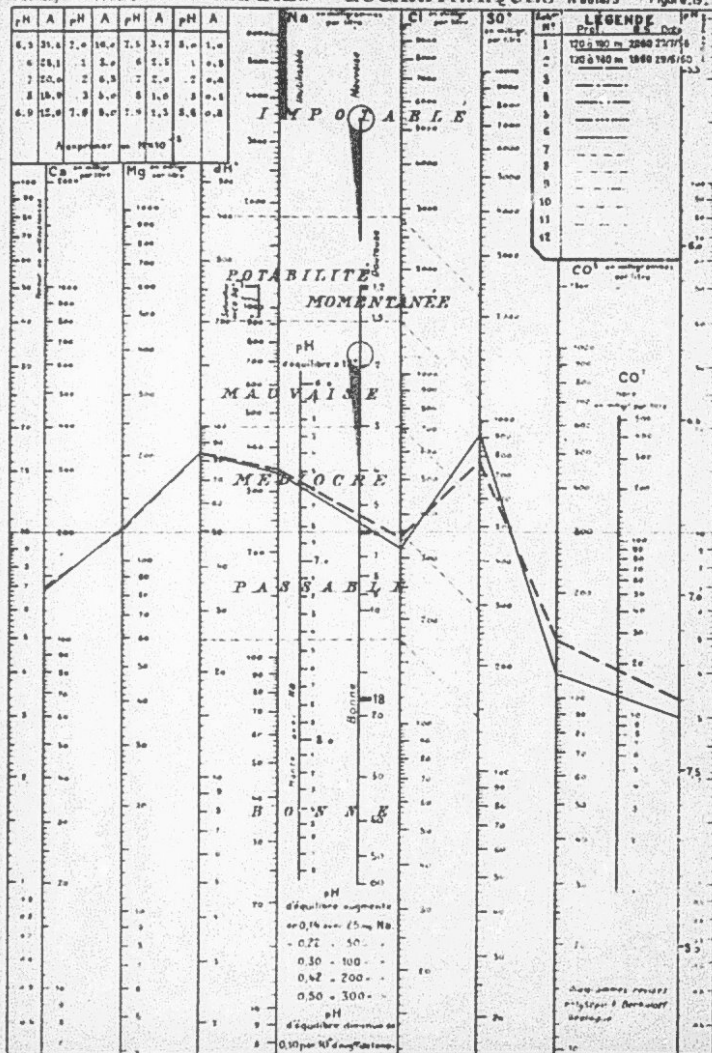
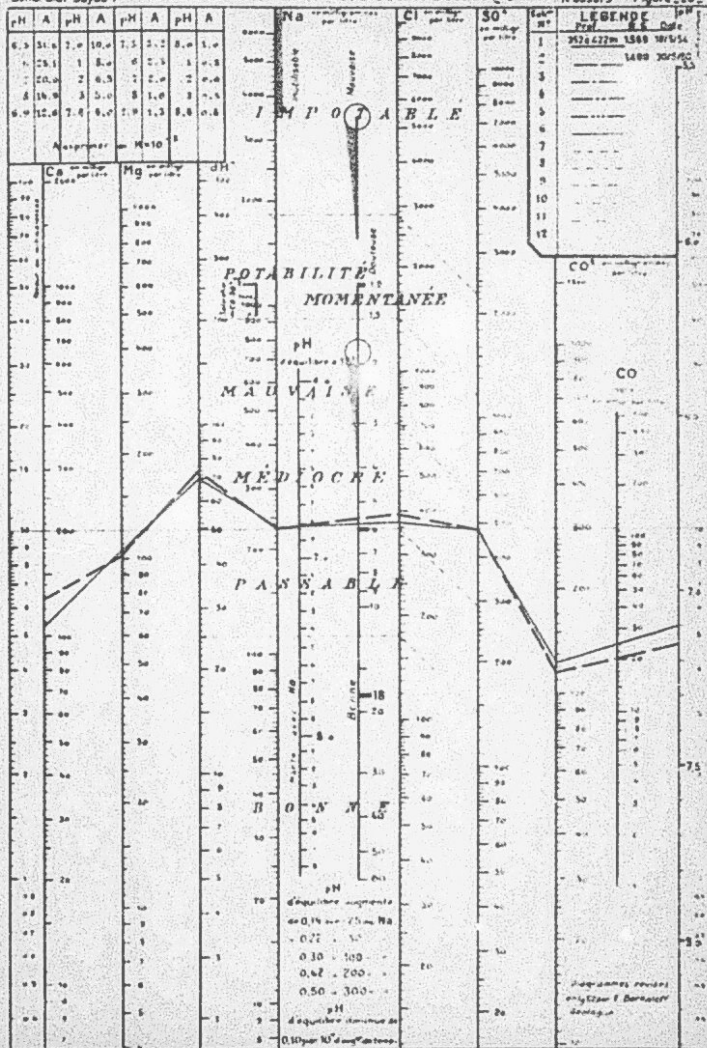
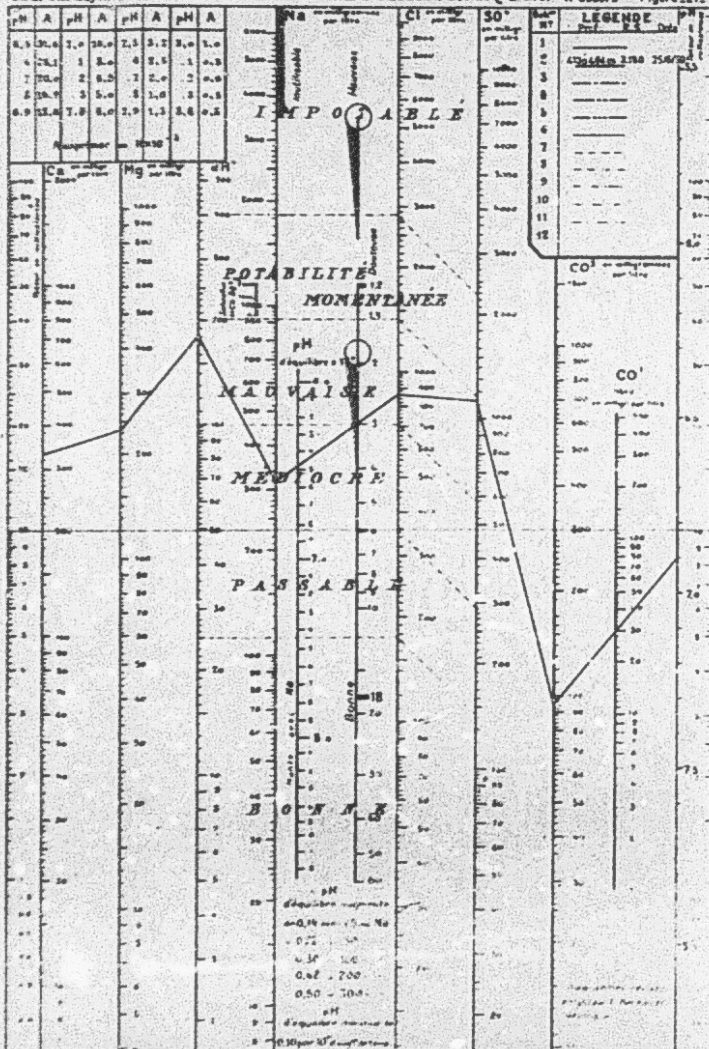


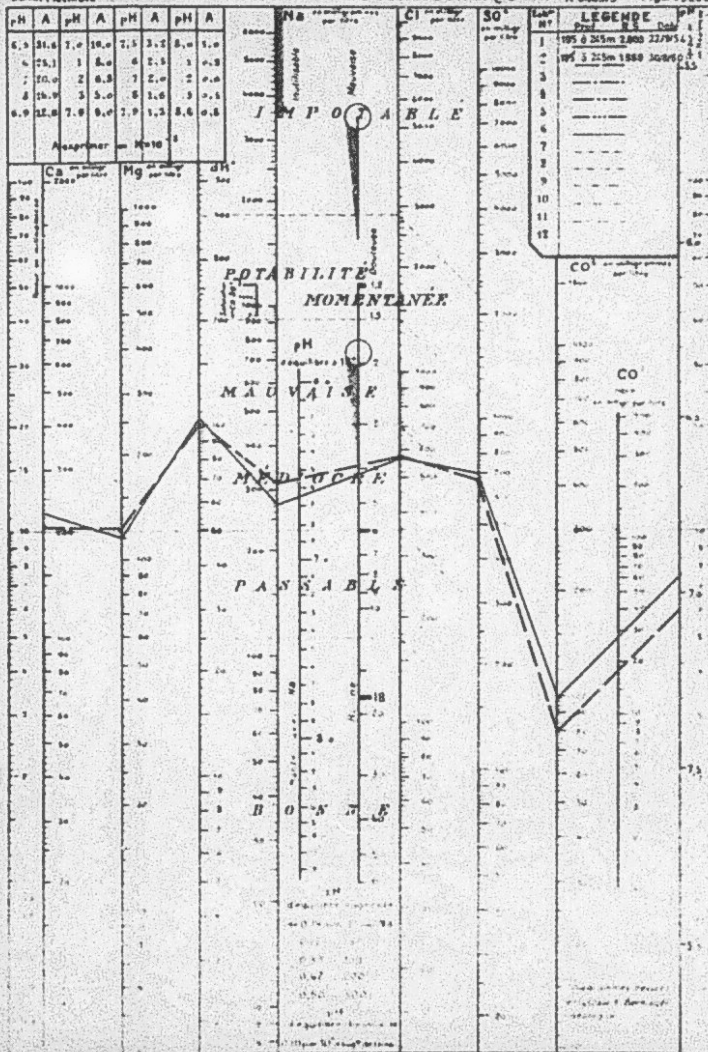
DIAGRAMME LOGARITHMIQUE

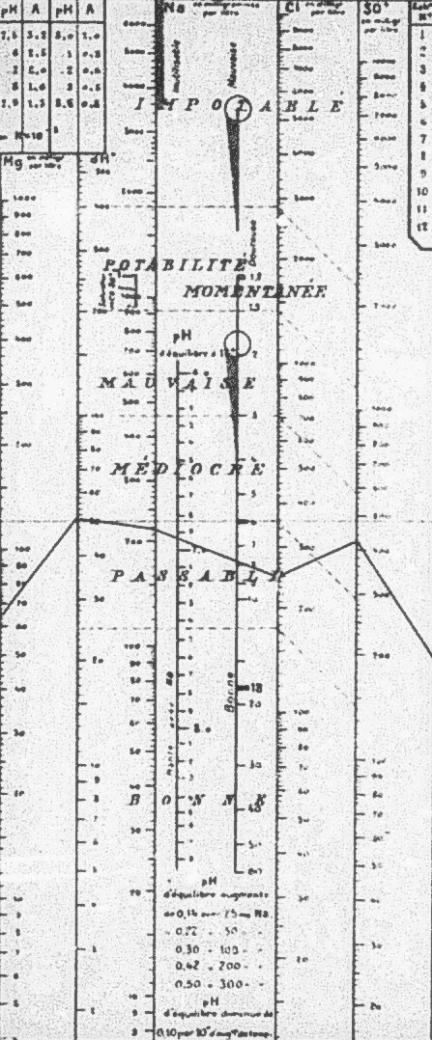
-

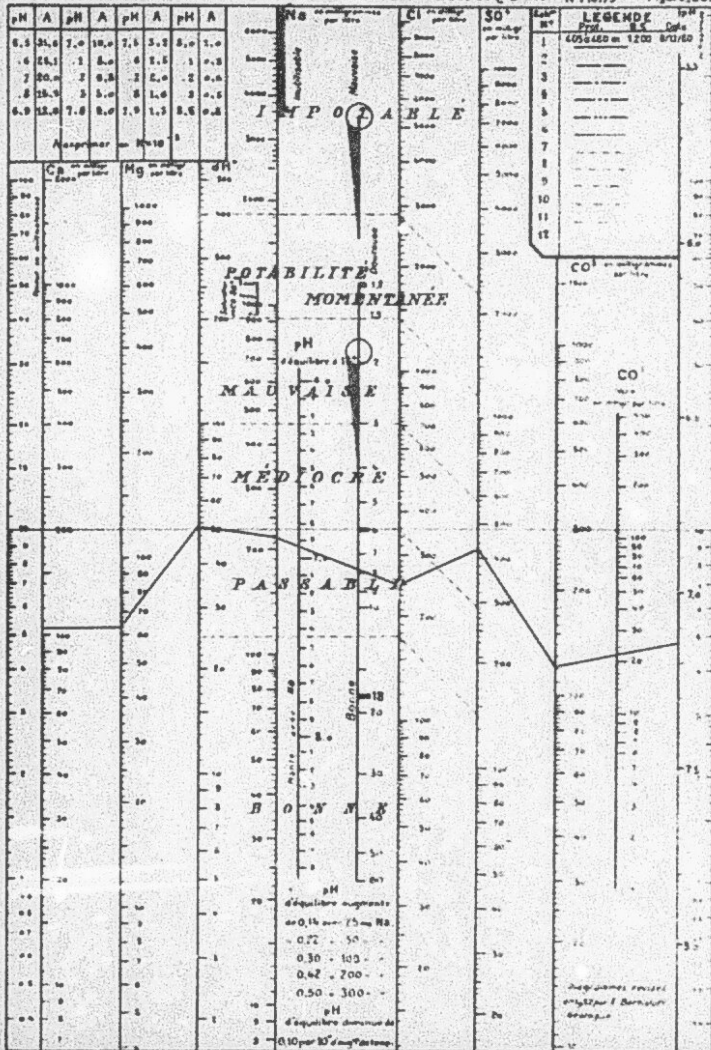


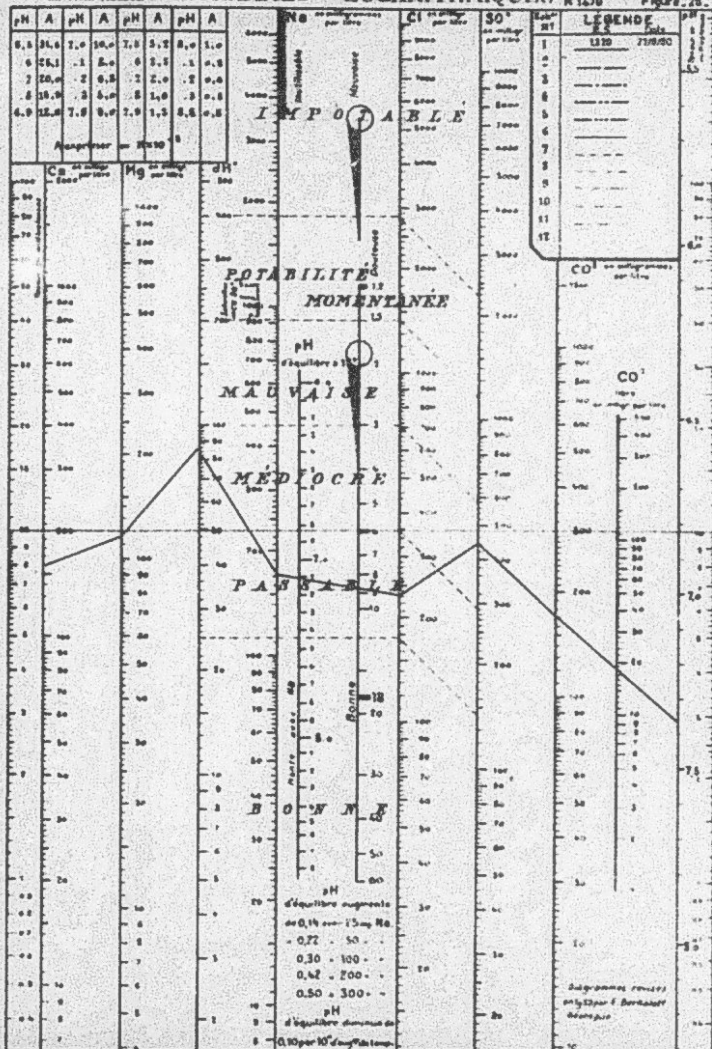


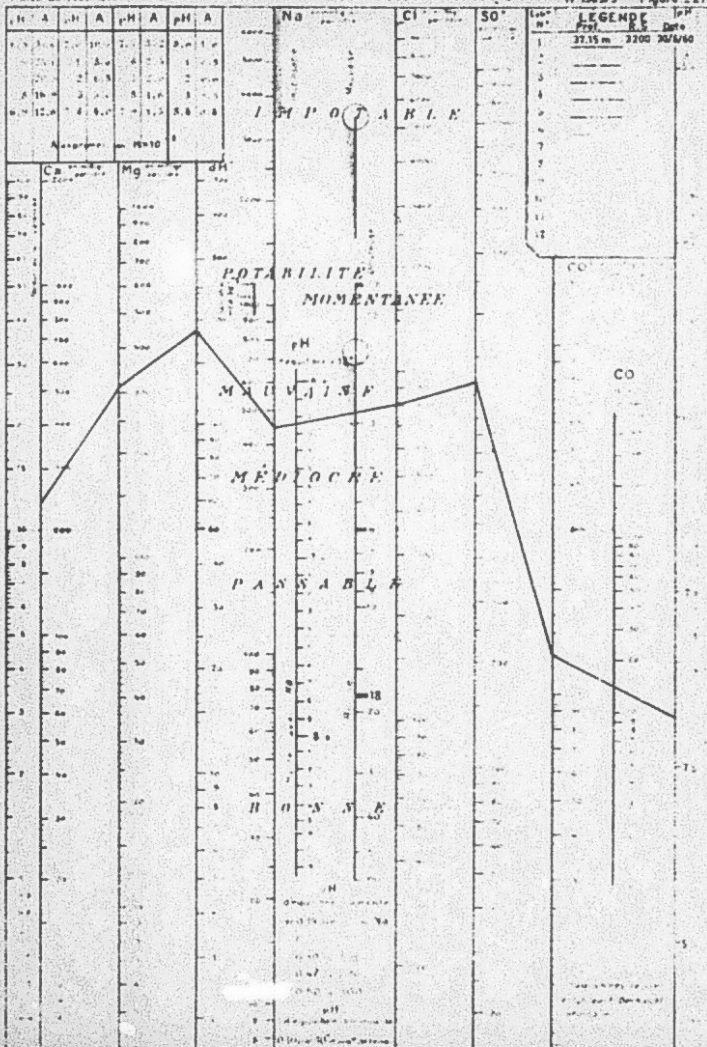








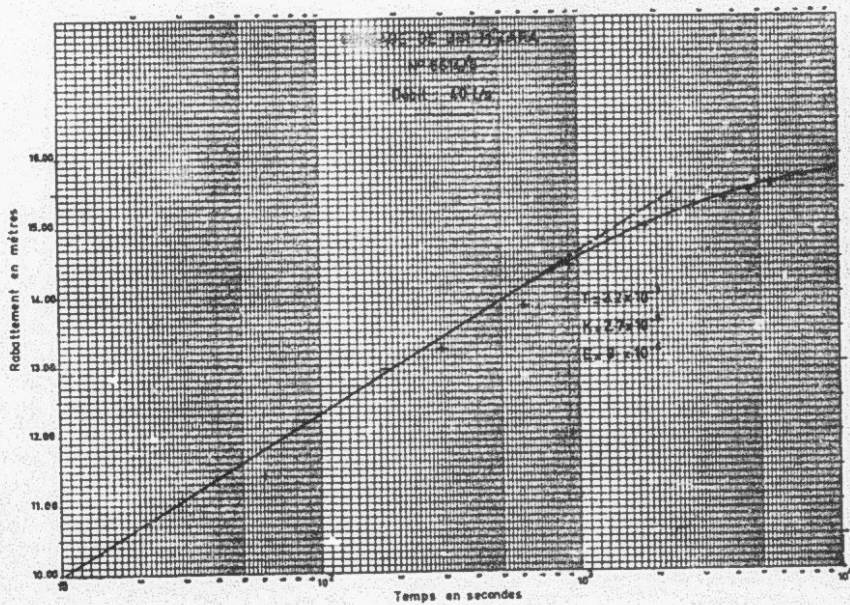




COURBE D'ABAISSEMENT

-

Figure 28.



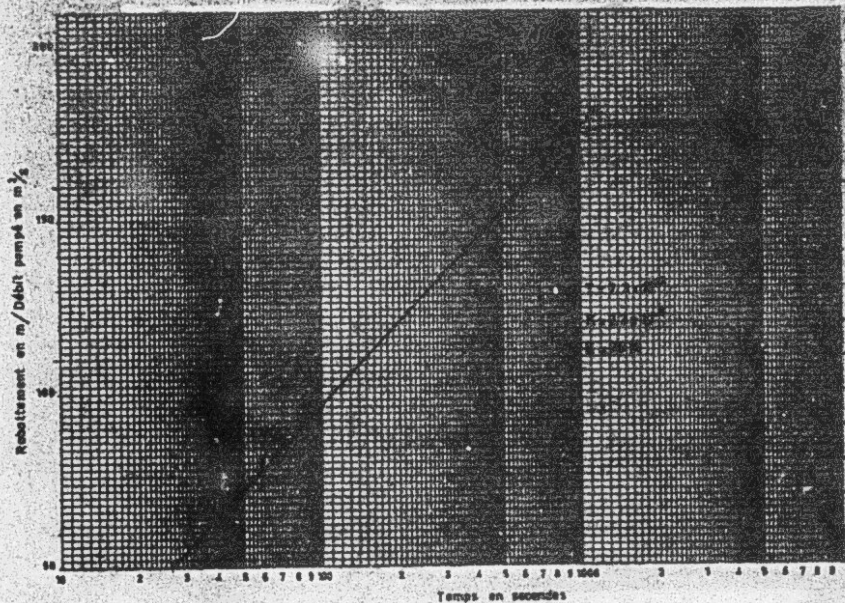
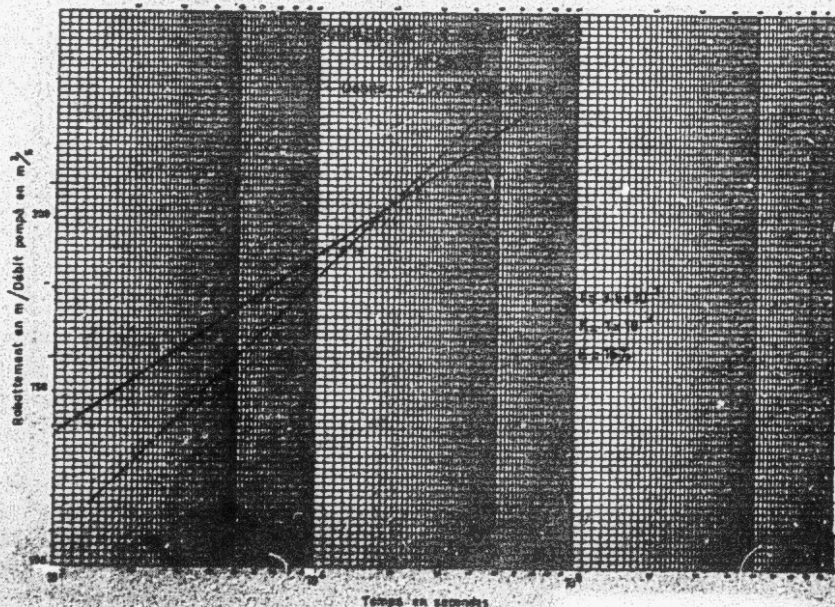


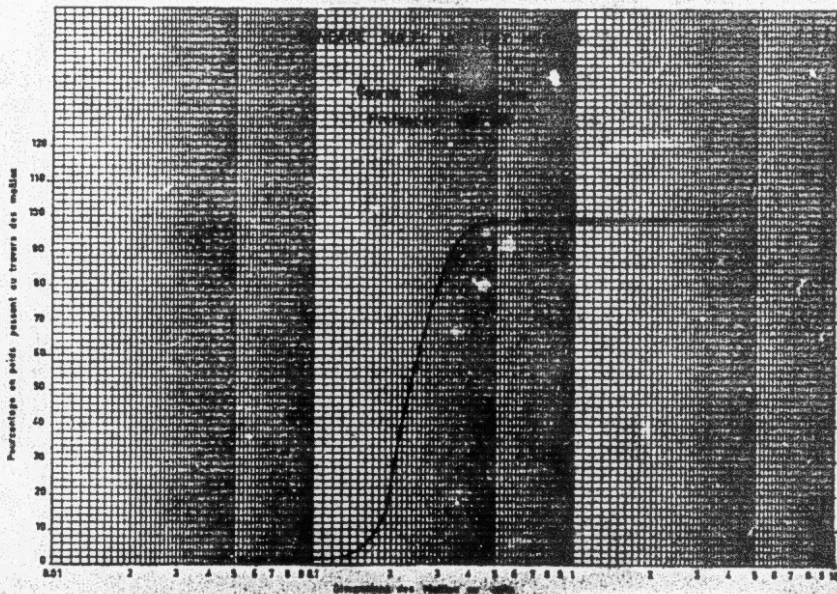
Figure 30



COURBE GRANULOMETRIQUE

-

Figure 31.



CND 4 50240

REPUBLIQUE TUNISIENNE

الجمهورية التونسية

Secrétariat d'Etat à l'Agriculture

مكتبات الدولة للزراعة

GRUPE DE L'HYDRAULIQUE
ET DES AMÉNAGEMENTS RURAUX

مصلحة المياه والتعبآت الريية

REGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'HORCHANE-BRAGA

RECHERCHES ET ETUDES DES EAUX SOUTERRAINES

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

PLANCHES

RECHERCHES ET ETUDES
GÉOLOGIQUES ET MINÉRALES
ET DES SÉDIMENTAIRES
ET DES SÉDIMENTAIRES

50240

المسيرة التوسية

مكتبة الدولة للعلوم

سلسلة البحوث والدراسات الجيولوجية

RÉGION DE MOULBOU ZID

BASSIN D'HOUMANE-BRAGA

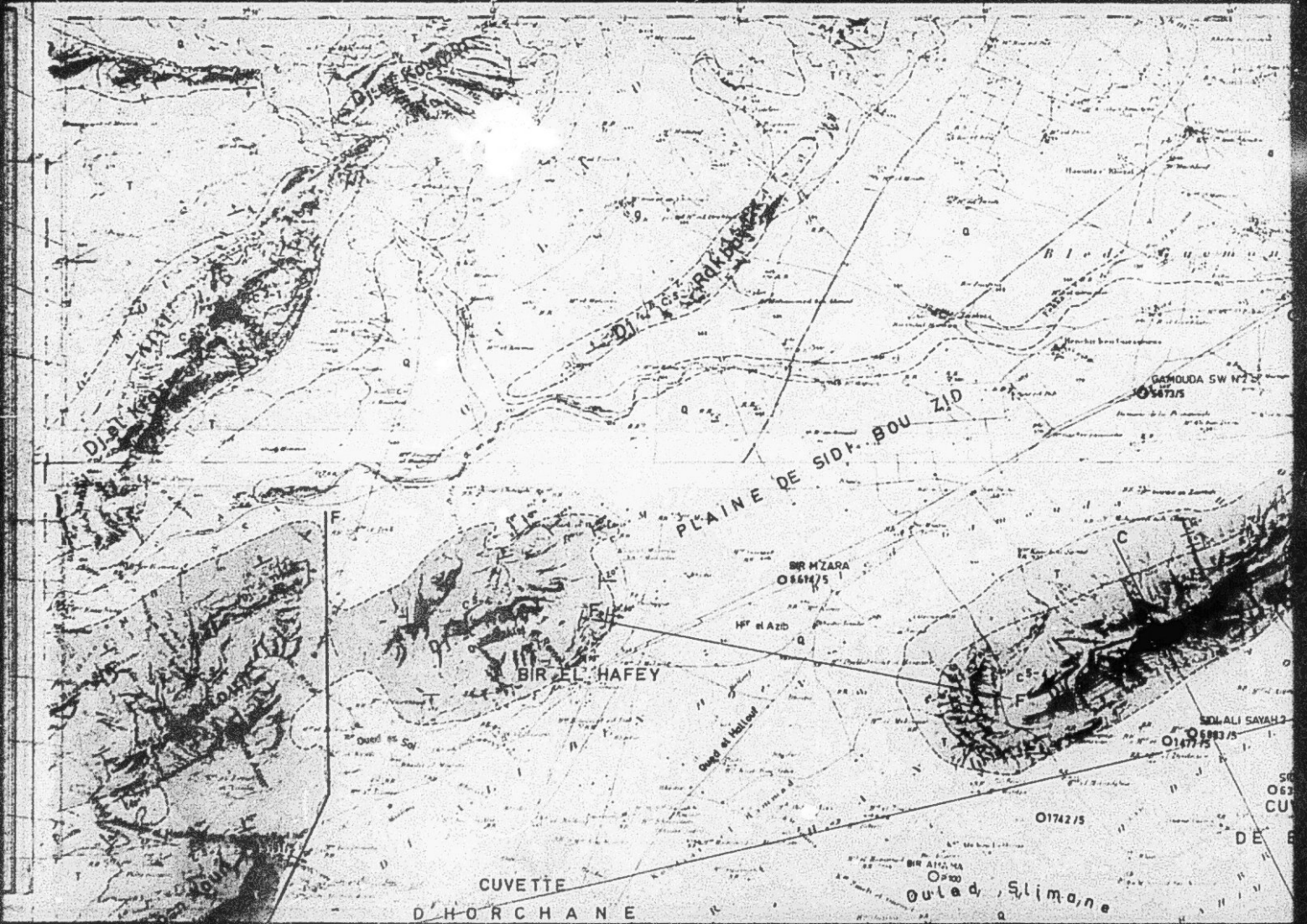
RECHERCHES ET ETUDES DES EAUX SOUTERRAINES

CARTE GÉOLOGIQUE

Échelle 1:250,000

LEGENDE

	Q	Quaternaire (alluvions, terrasses, etc.)	QUATERNAIRE
	T	Tertiaire	
	m ^d	Massif	TERTIAIRE
	e	Sédiments moyens (calcaires, etc.)	
	sa	Sédiments fins (sables, etc.)	
	eLV	Écailles latérales (sédiments latéraux et autres)	
	c10	Maastrichtien	CRÉTACÉ
	c9	Cenomanien	
	c18	Coniacien et Santonien	
	c8	Turonien	
	c14	Cénomanien	
	c11	Albien	TRIAS
	t	Trias	
	T _P	Pente en degrés	
	A	Profil	
	F	Fosse	
	O _{BRH}	Sondage avec son N° B.R.H.	
	Q	Source	



Dj. K...

Dj. K...

Dj. K...

PLAINE DE SIDI BOU ZID

GAROUDA SW N75°E
O5473/5

BIR MZARA
O5614/5

BIR EL HAFEI

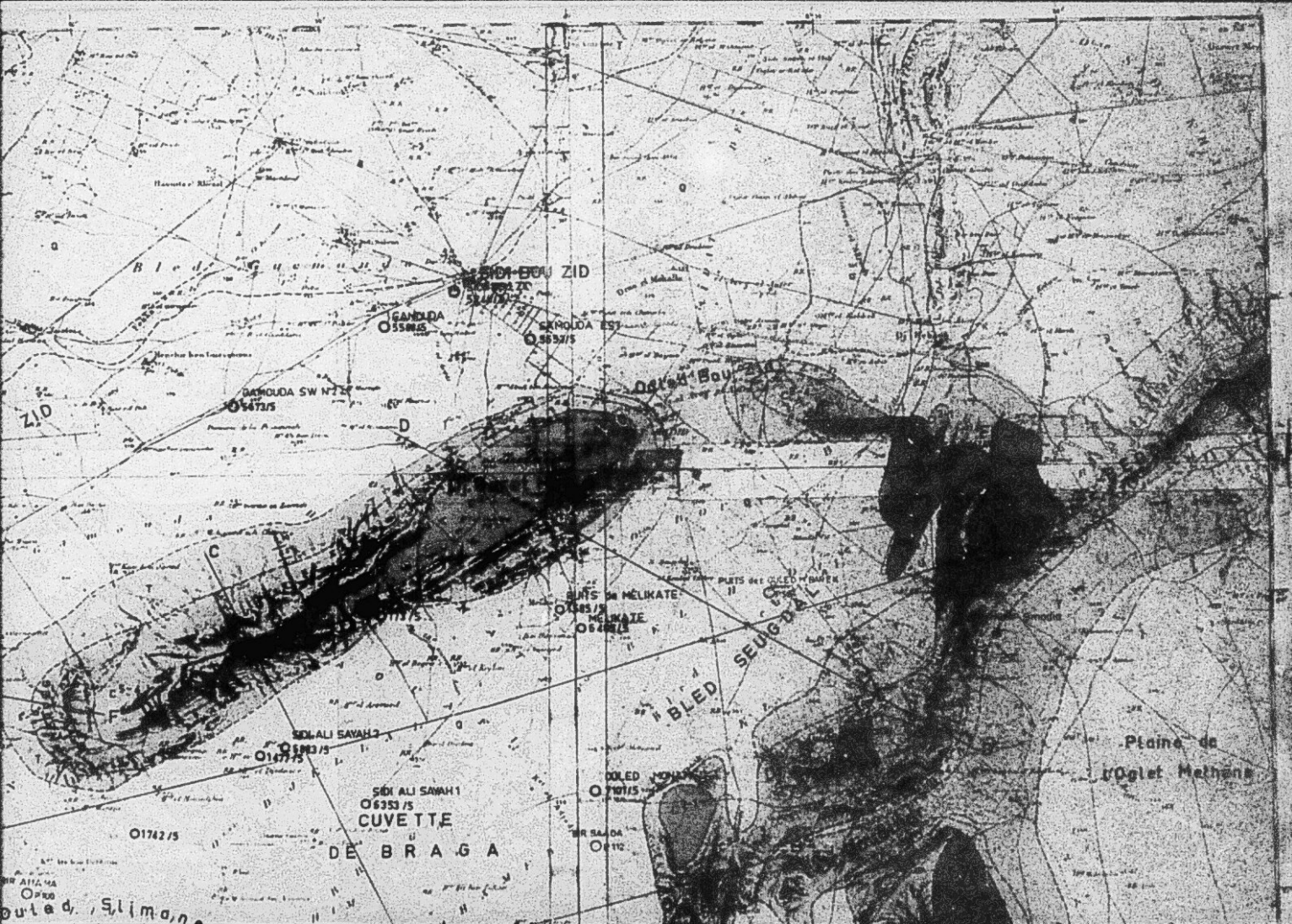
BIR ALI SAYAH
O5933/5

CUVETTE

D'ORCHANE

Ouled Slimane

DE B





Plaine de
MAKNASSY

Makunay

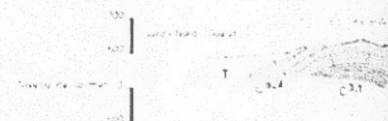
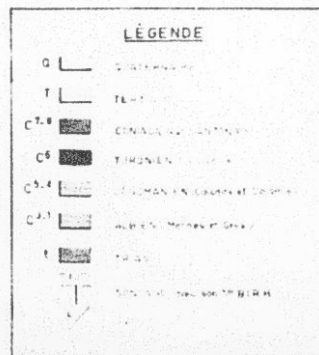
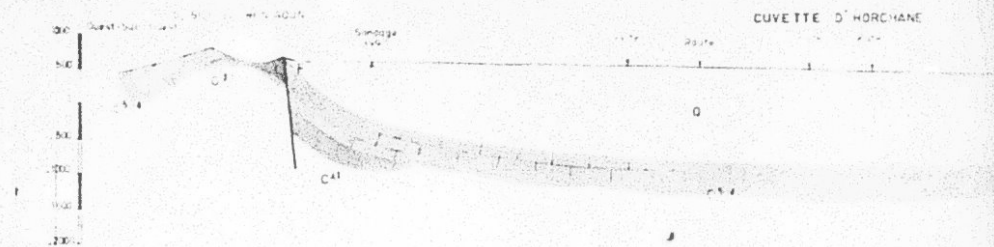
RÉGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'HORCHANE - BRAGA

RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

PROFILS GÉOLOGIQUES CENTRAUX DU BASSIN

Echelles: L 1/50 000
 H 1/100 000



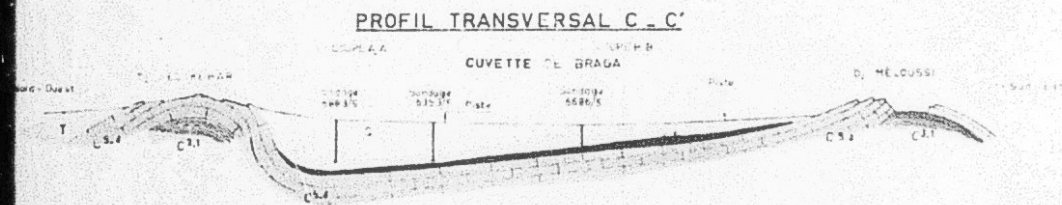
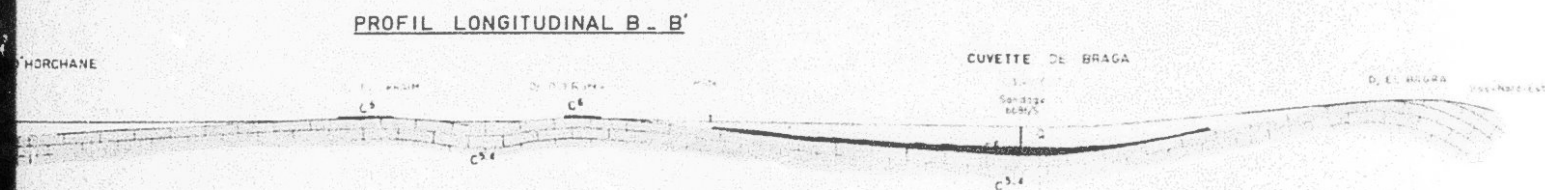
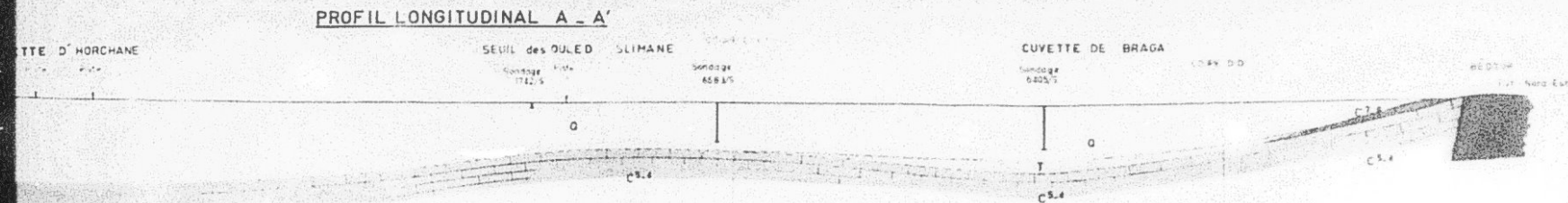
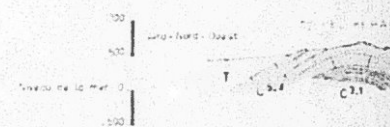
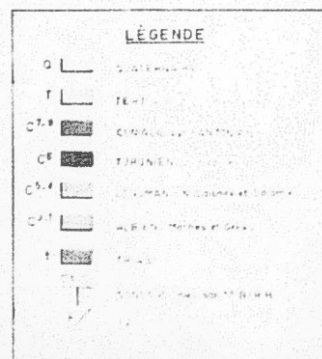
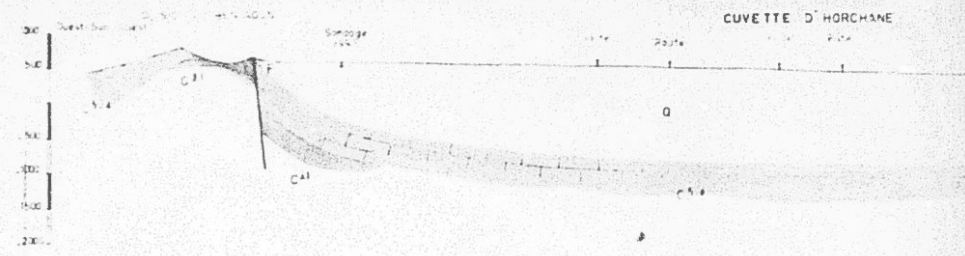
BASSIN D'HORCHANE - BRAGA

RECHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

PROFILS GÉOLOGIQUES
CENTRAUX DU BASSIN

Echelles	L	1950-2003
	H	1950-2003

Plaque 3.2.



AMDA 50245

RÉGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'ORCHANE - BRAGA

RECHERCHES ET ÉTUDE DES EAUX SOUTERRAINES

PROFILS GÉOLOGIQUES

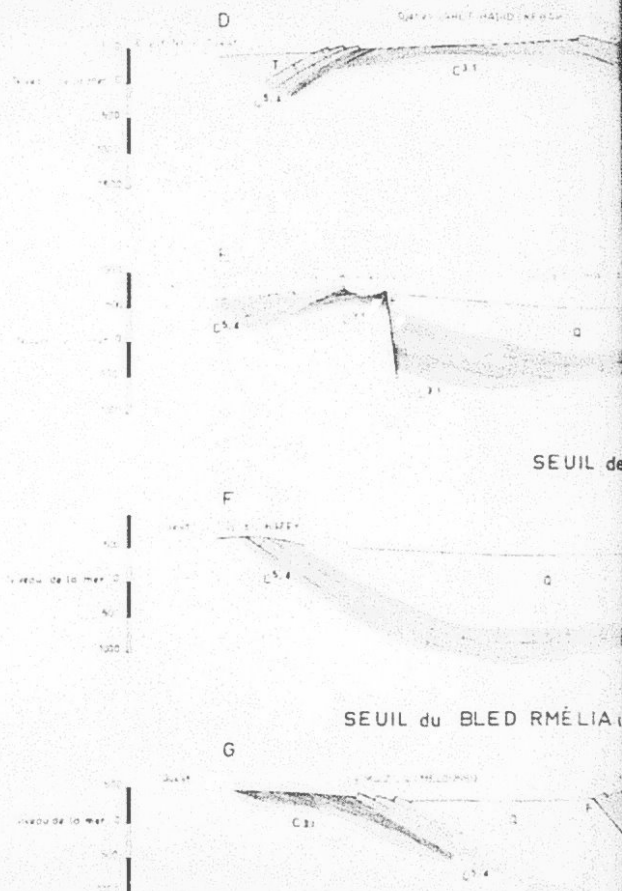
DES SEUILS

Echelle 1/50 000

COPIE TRACÉE

Janvier 1951

Planche 30





SUITE EN

F

4



MICROFICHE N°

50240

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

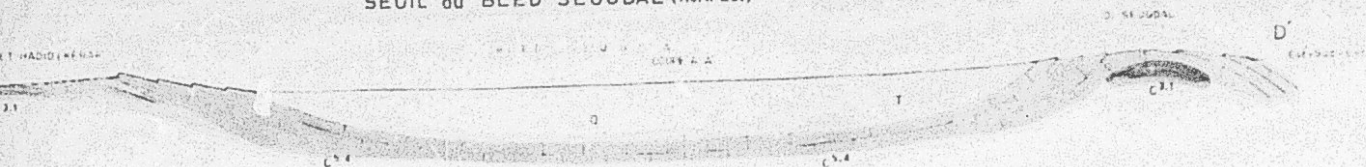
الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F

4

SEUIL du BLED SEUGDAL (Nord-Est)



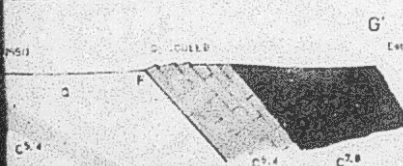
SEUIL du BLED HAMEIMA (Sud-Ouest)



SEUIL de BIR EL HAFEY (Nord-Ouest)



BLED RMÉLIA (Sud-Est)



LÉGENDE

Q	QUATÉNAIRE
T	TERTIAIRE
C ^{2.8}	CÉNOZOÏQUE CÉNOMAN
C ^{2.4}	CÉNOZOÏQUE CRÉTACÉO-PALÉO
C ^{2.1}	ALBÉN - MIOCÈNE
SS12A	SCHISTE DE LA SERRA D'ALBA
F	PSILITE

CRUDA 50240

RÉGION DE SIDI BOU ZID

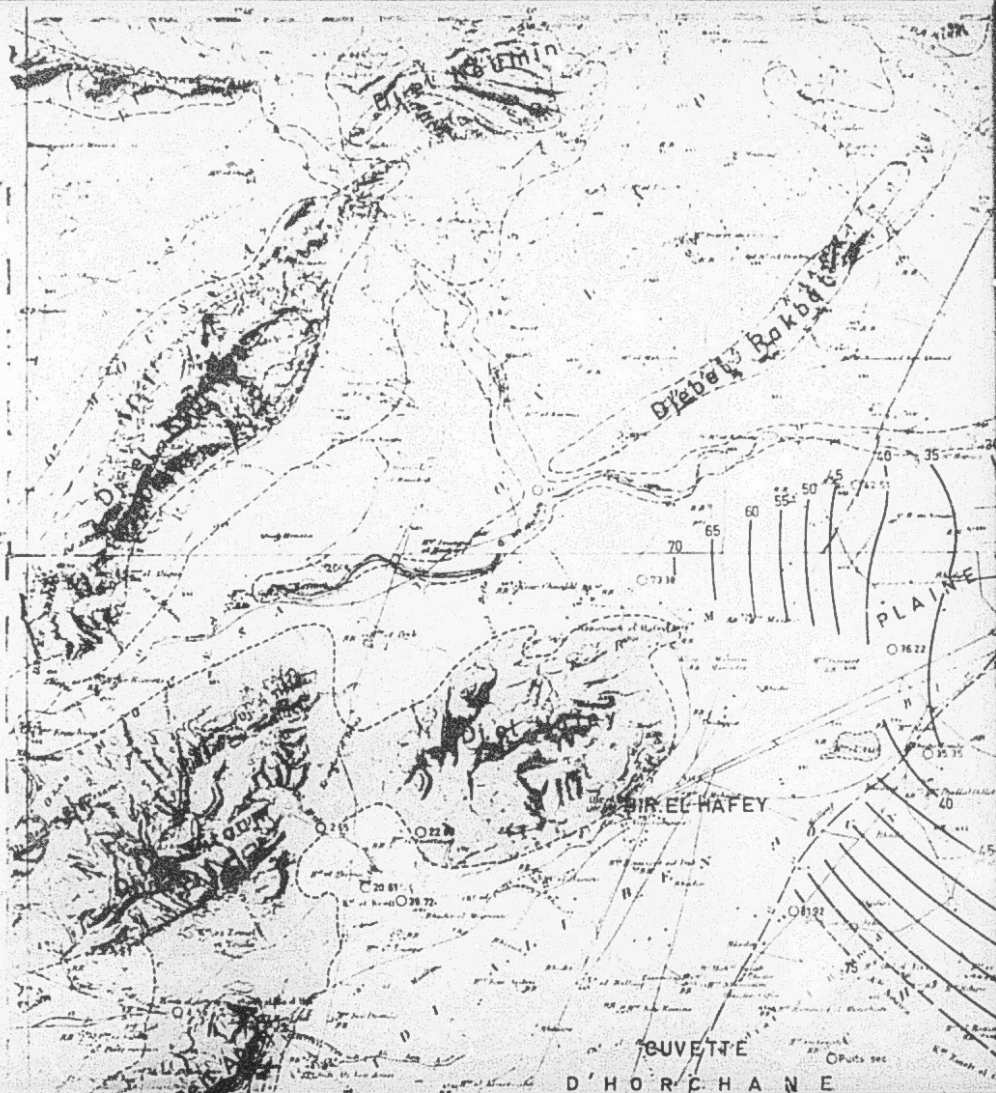
BASSIN D'HORCHANE-BRAGA

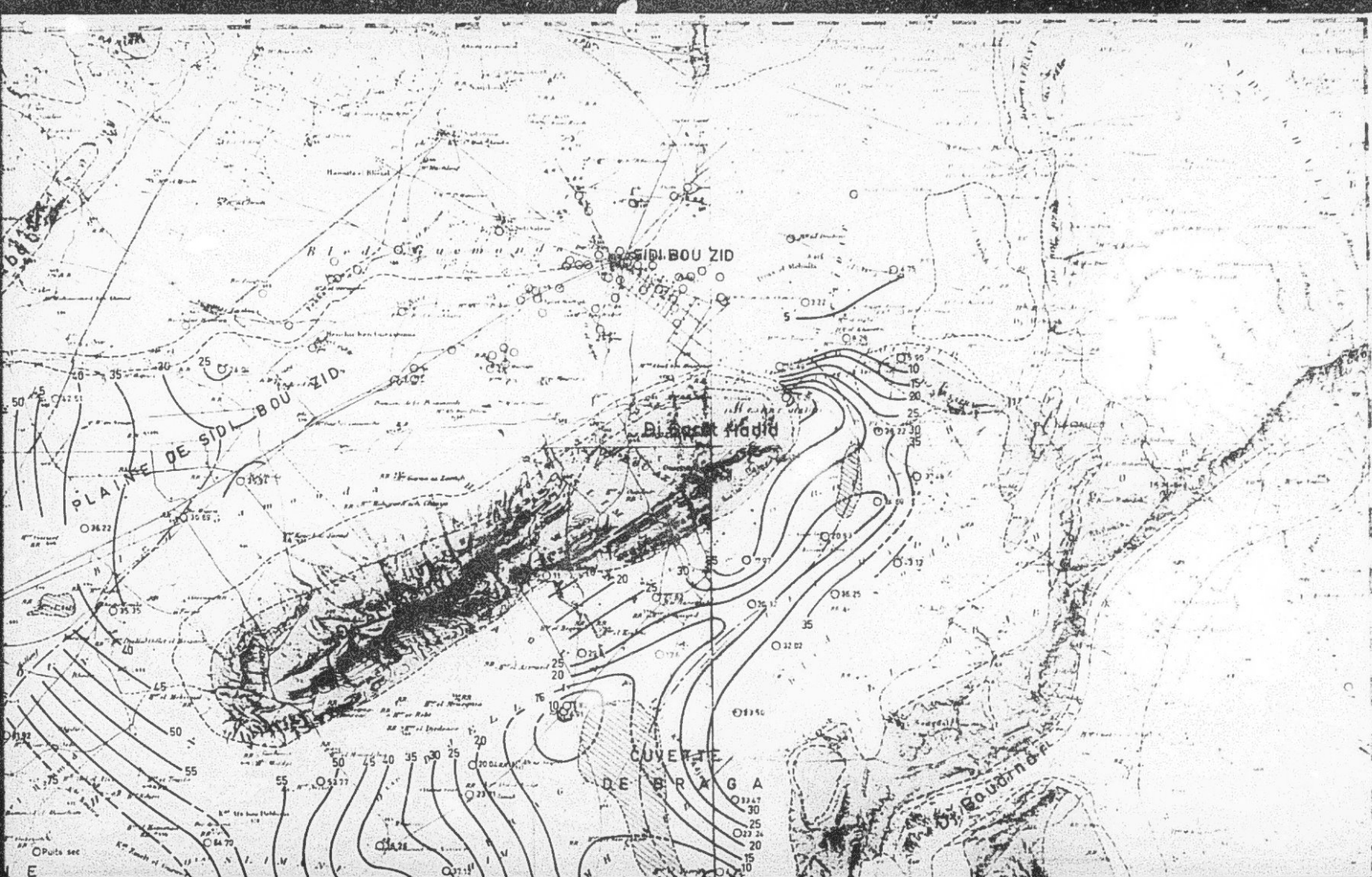
RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

NAPPE PHRÉATIQUE
PROFONDEUR DU PLAN D'EAU

Révisé de septembre 1960

Echelle 1/100 000





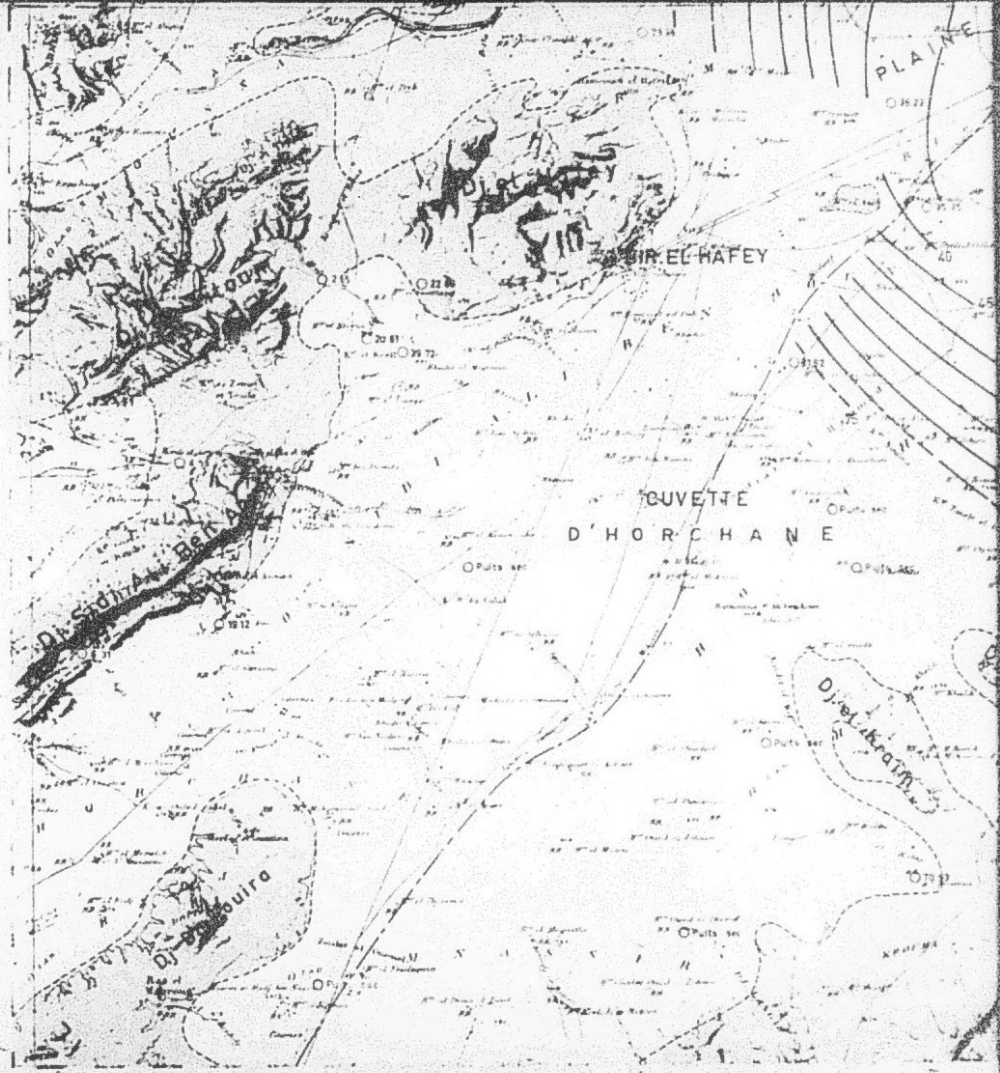
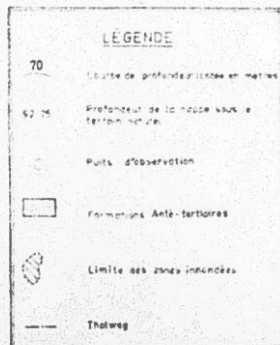
NAPPE PHRÉATIQUE
PROFONDEUR DU PLAN D'EAU

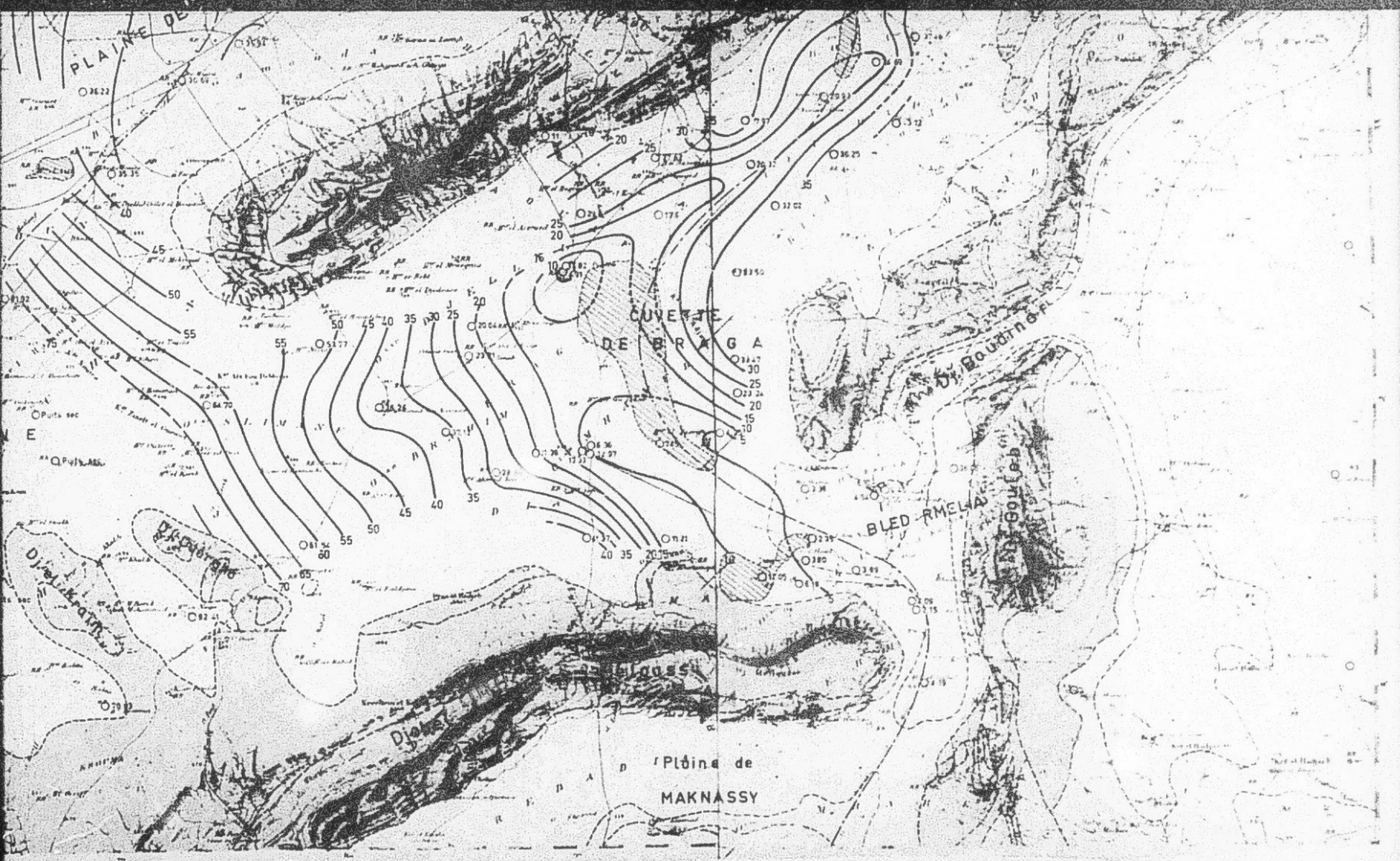
Mars de septembre 1960

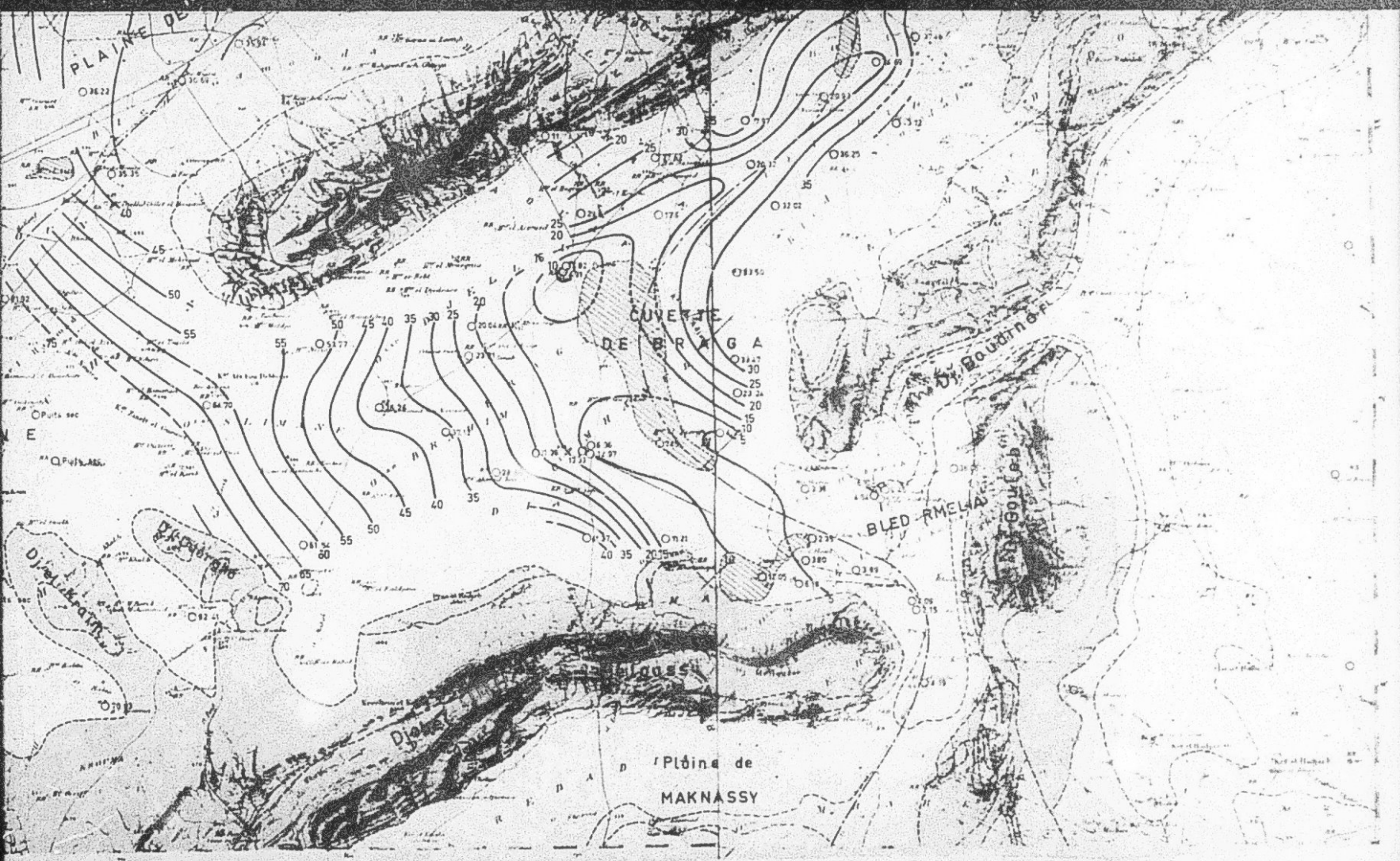
Echelle 1/100 000

Planche 3.4.

SOGETHA TUNIS
Janvier 1961







REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTÈRE D'ÉTAT

A L'AGRICULTURE

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE

ET DES AMÉNAGEMENTS RURAUX

CH. A. 56 240

المسودة الأولى

مكتبات الدولة في تونس

مصلحة المياه والري في تونس

RÉGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'ORCHANE-ERAGA

RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

MAPPE PHRÉATIQUE

FORMATIONS QUATÉRAIRES

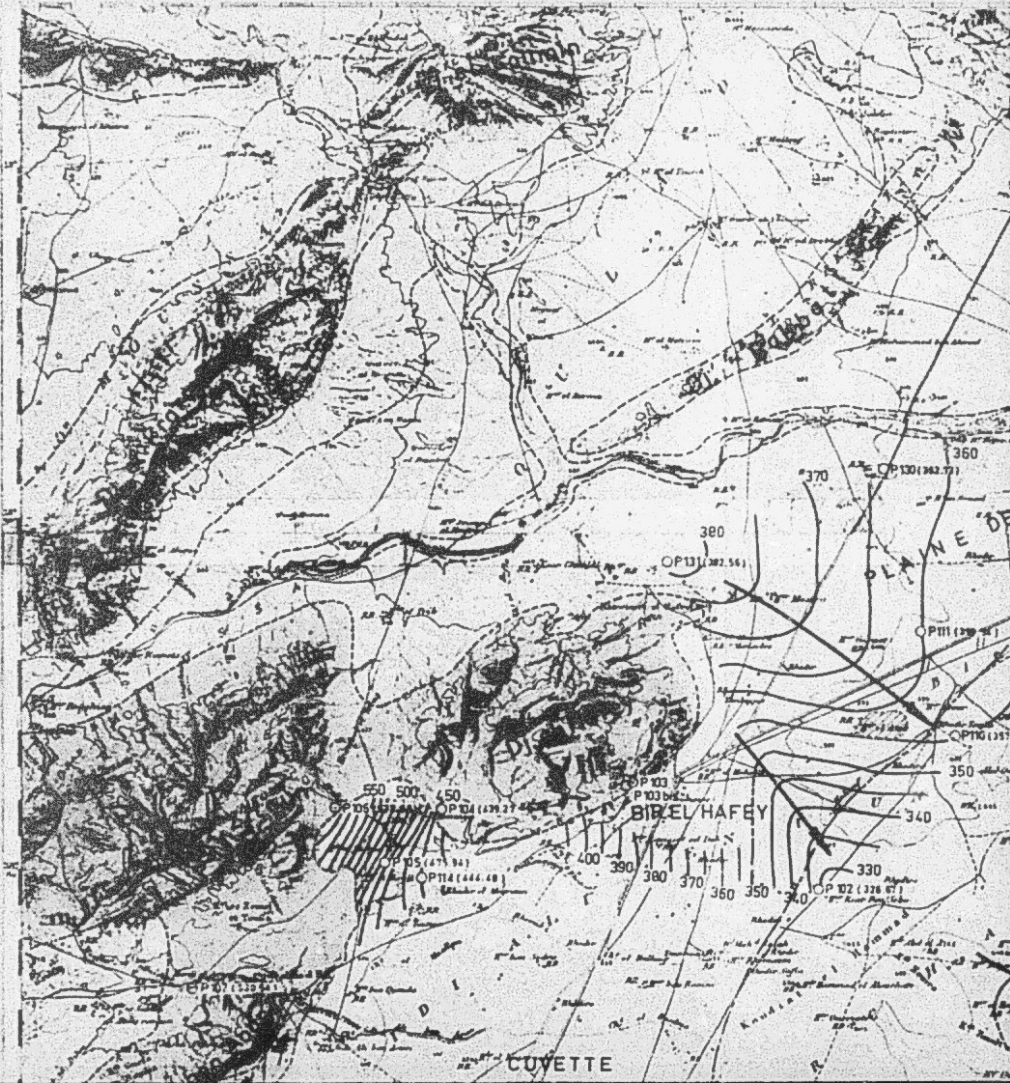
Rédigé le septembre 1961

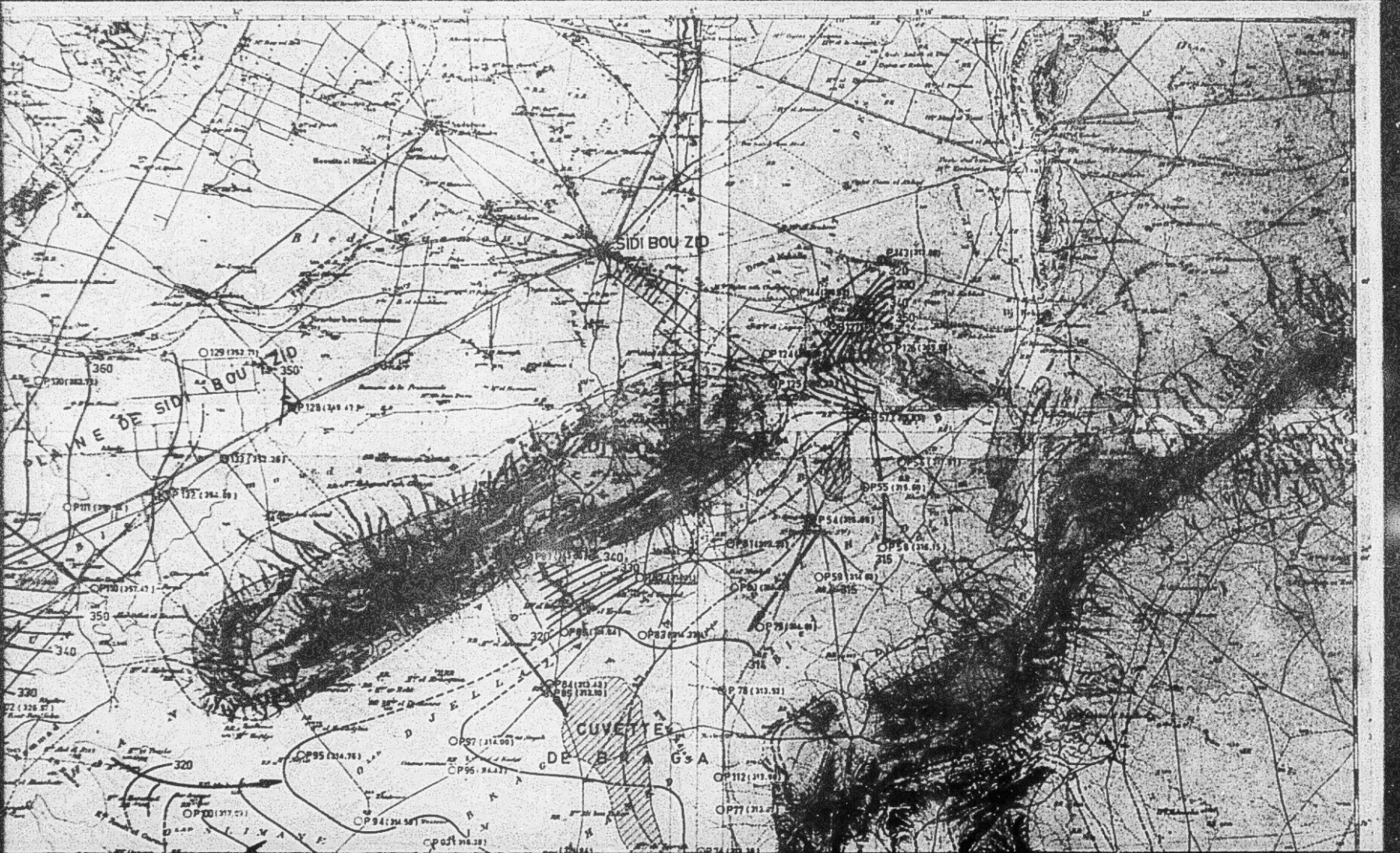
Echelle : 1/100.000

SOGETMA TUNIS

Janvier 1961

Planche 3.s.





NAPPE PHRÉATIQUE

FORMATING QUATERNARIES

Retenue du septembre 1940

Echelle : 1/100 000

SOGEIHA TUNIS
Janvier 1961

Planche 3.5.

LÉGENDE

— 253 Courbe isopérimétrique

OP56 Puits d'observation

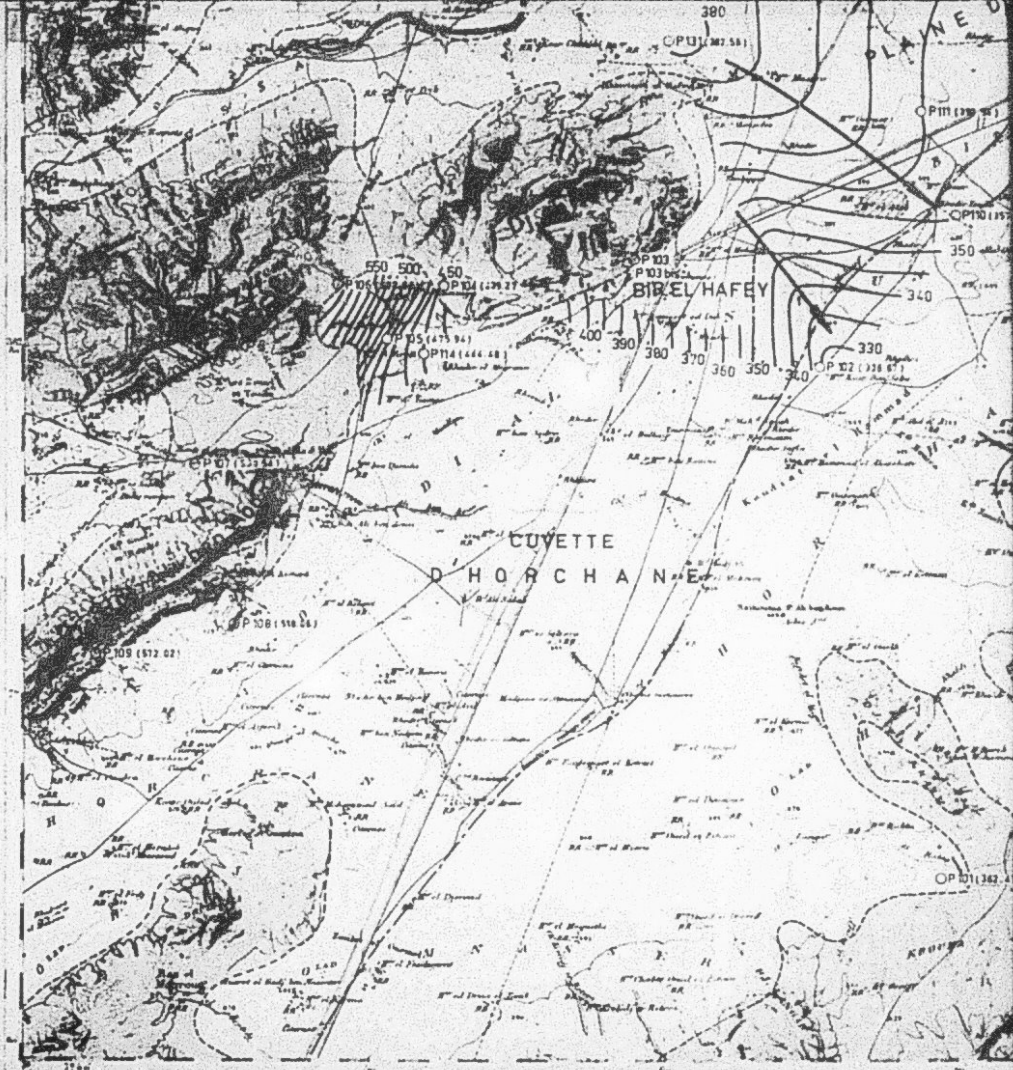
(578.96) Carte de la Nappe Phréatique

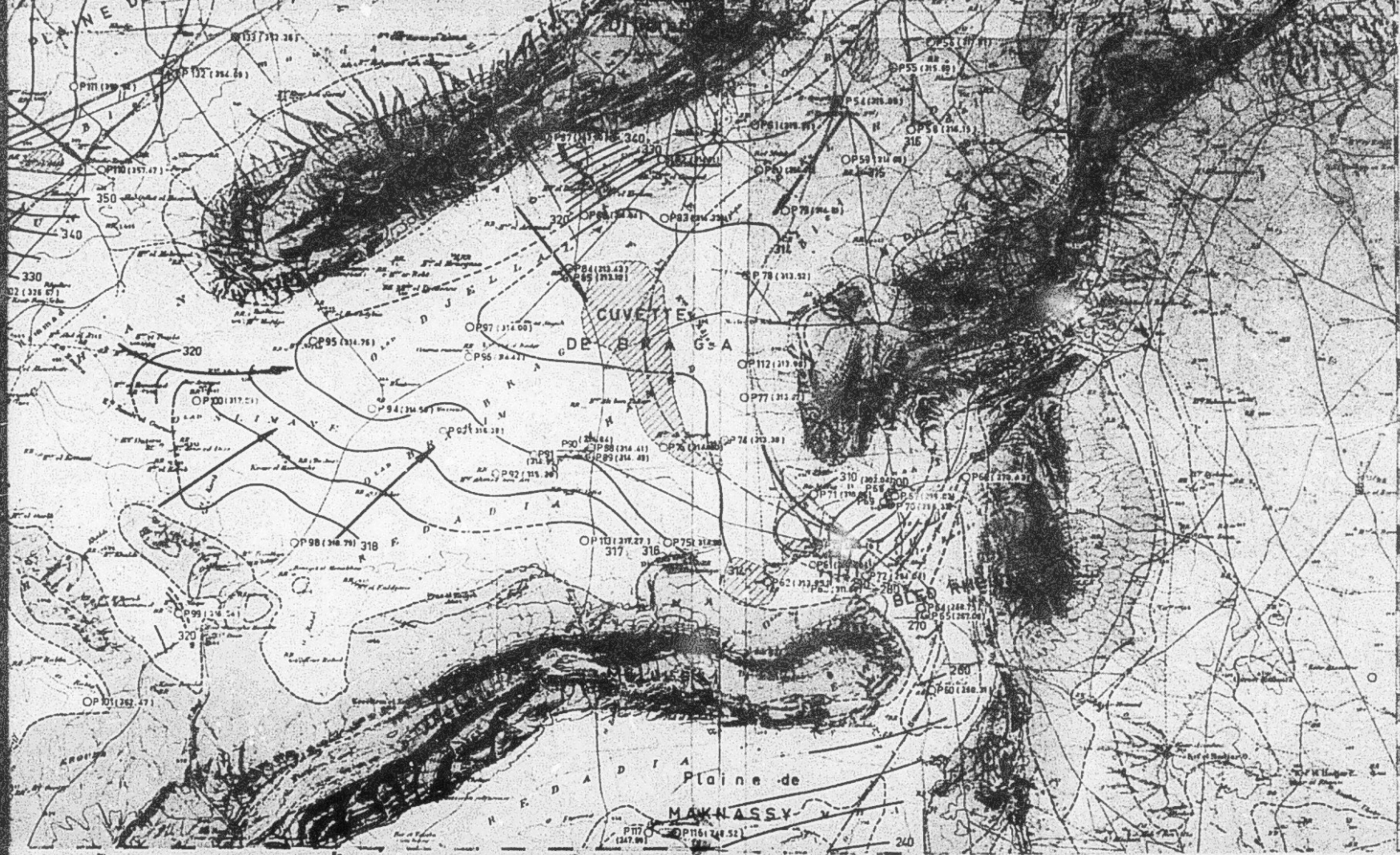
Formations anté-tertiaires

Limites des zones maritimes

~~_____~~ Sans des lancements

Thalweg





MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE
 DÉPARTEMENT DE L'ÉNERGIE
 A. L'ÉNERGIE
 MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE
 ET DES AMÉNAGEMENTS RURAUX

INDA 50260

RÉGION DE SIDI BOU ZID

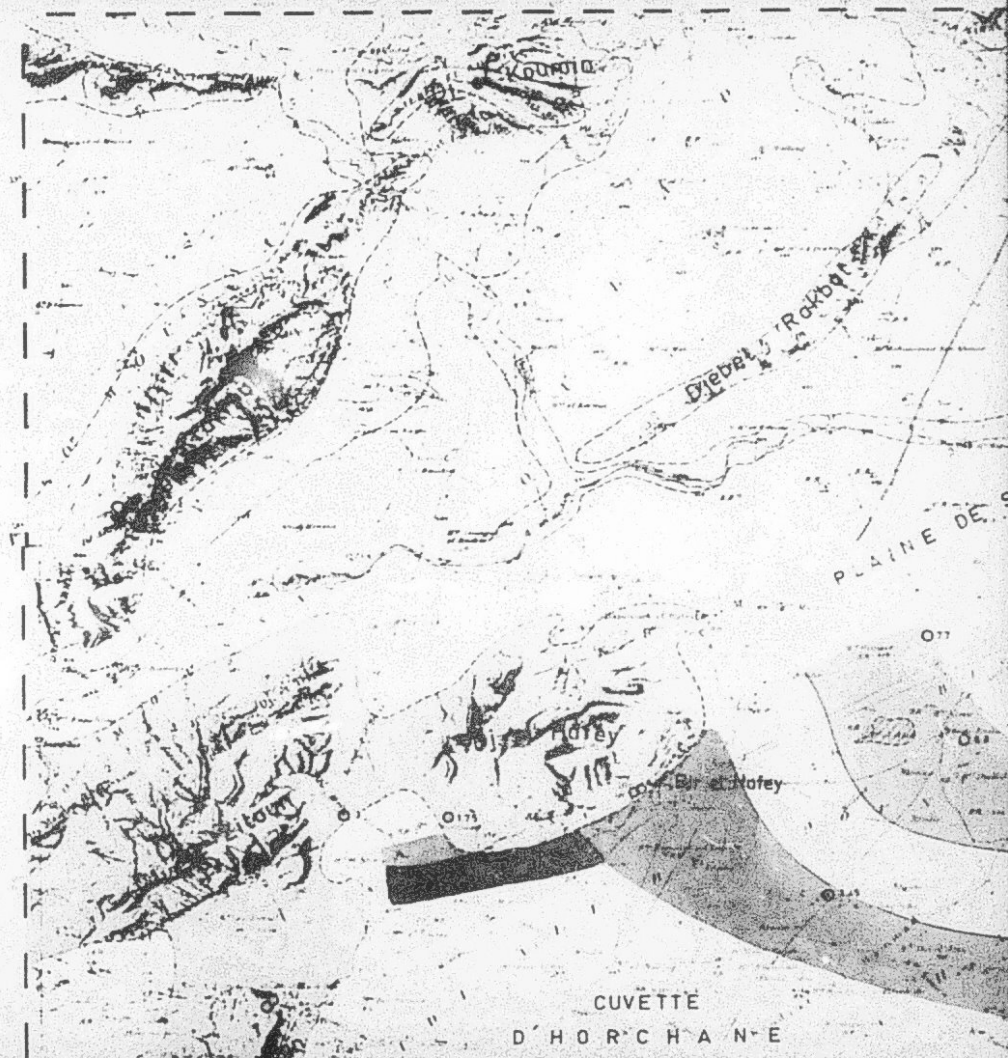
BASSIN D'HORCHANE-BRAGA

RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

CONDUCTIBILITÉ DE LA MAPPE PHRÉATIQUE

Révisé de mai 1960

Echelle 1/100 000



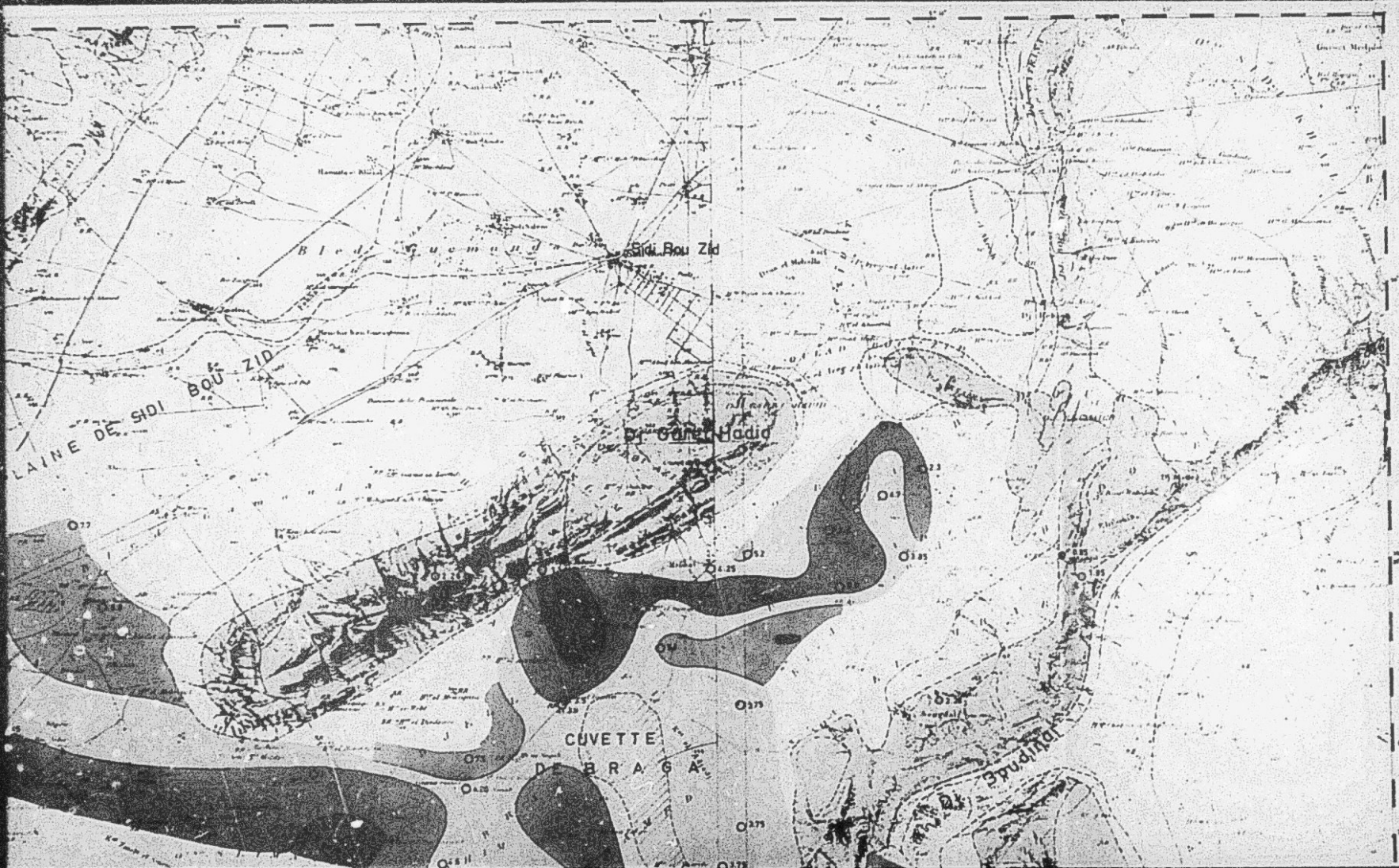
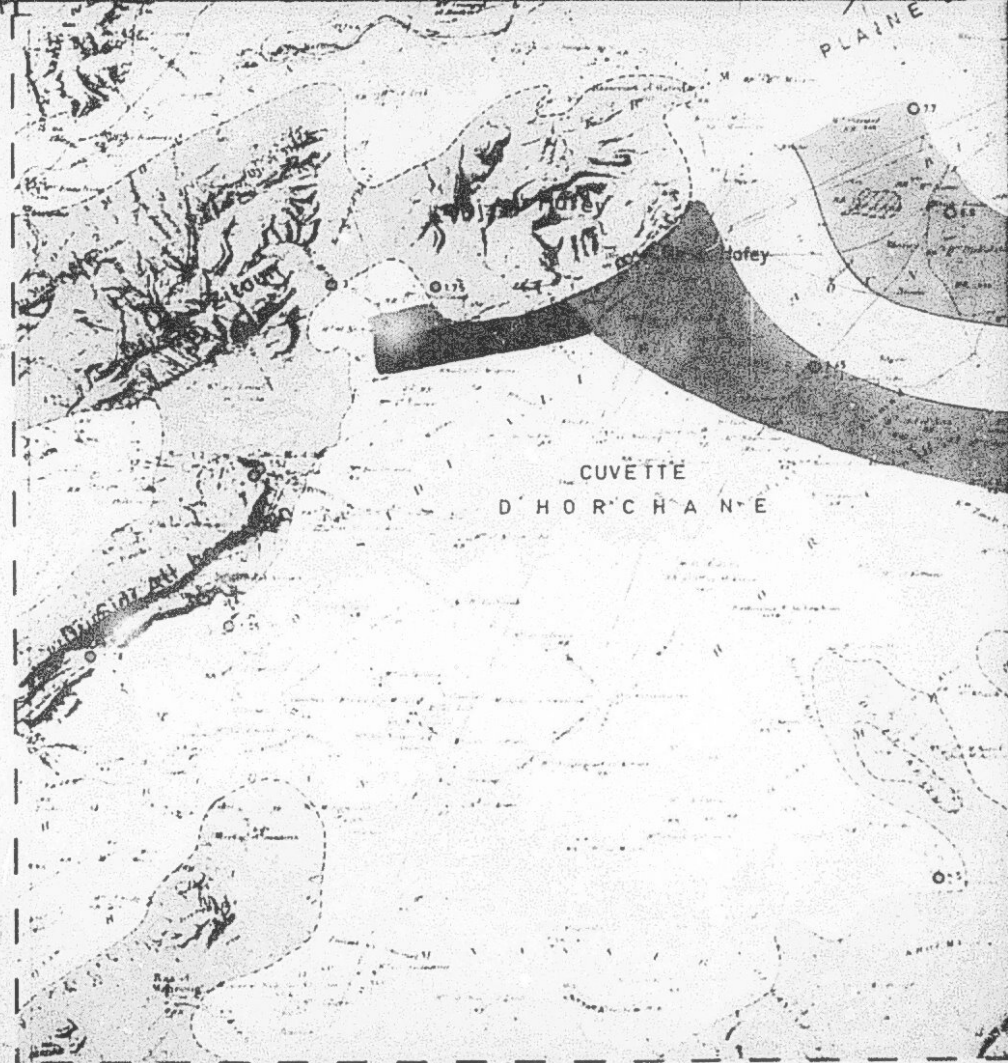
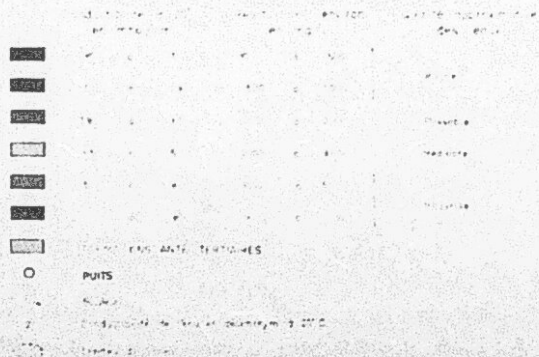
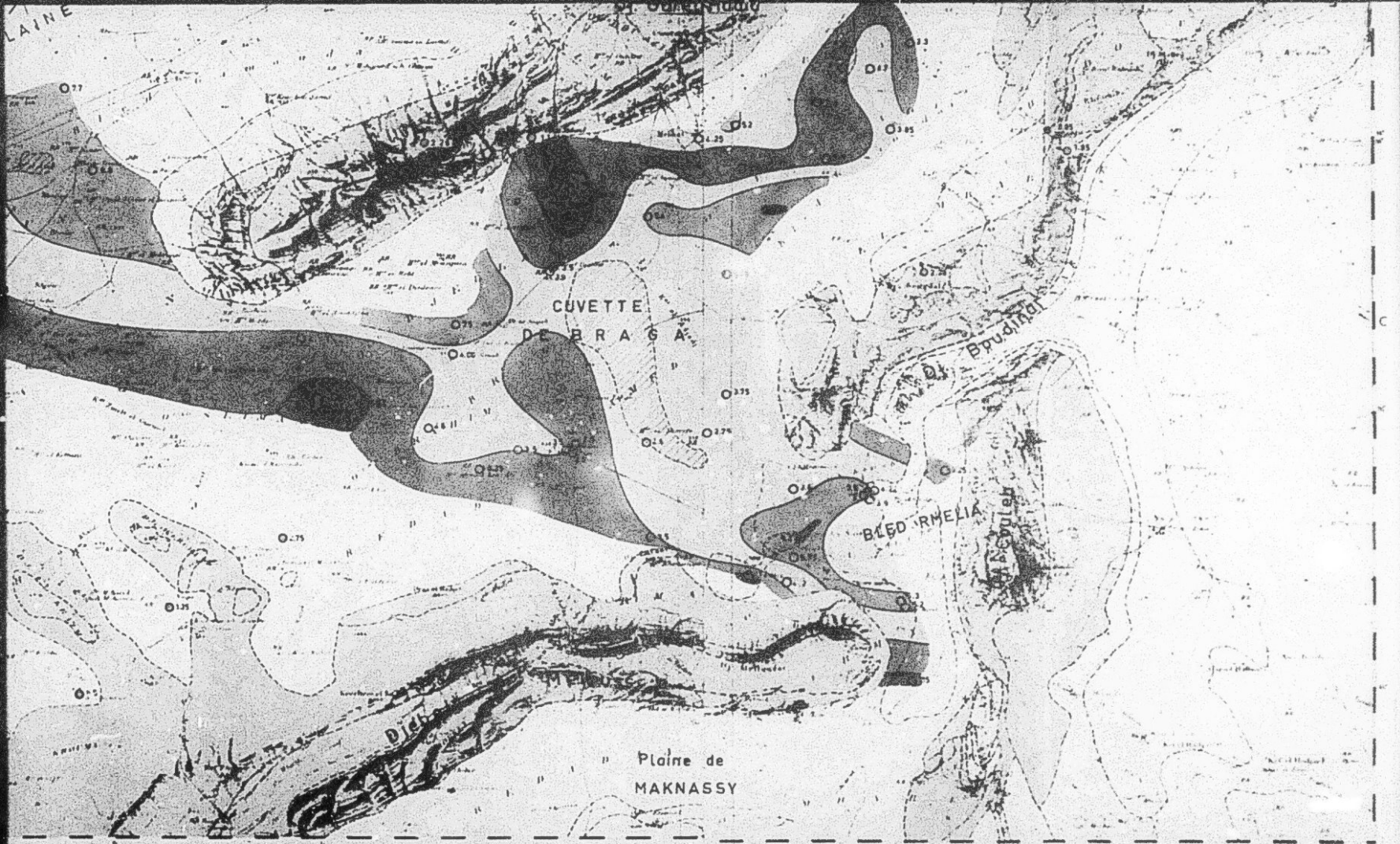


Planche 3.6.





RÉGION DE SIDI BOU ZID

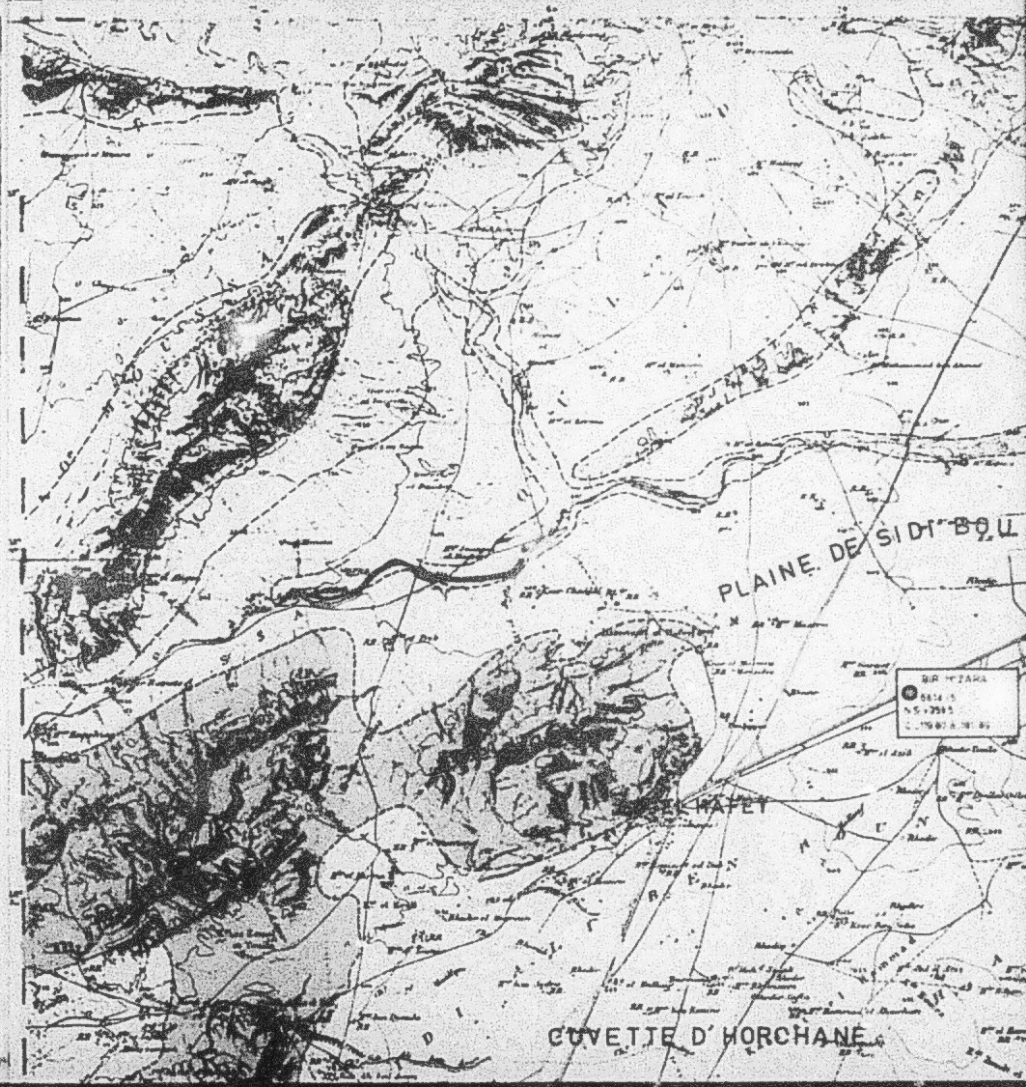
BASSIN D'HORCHANE-BRAGA

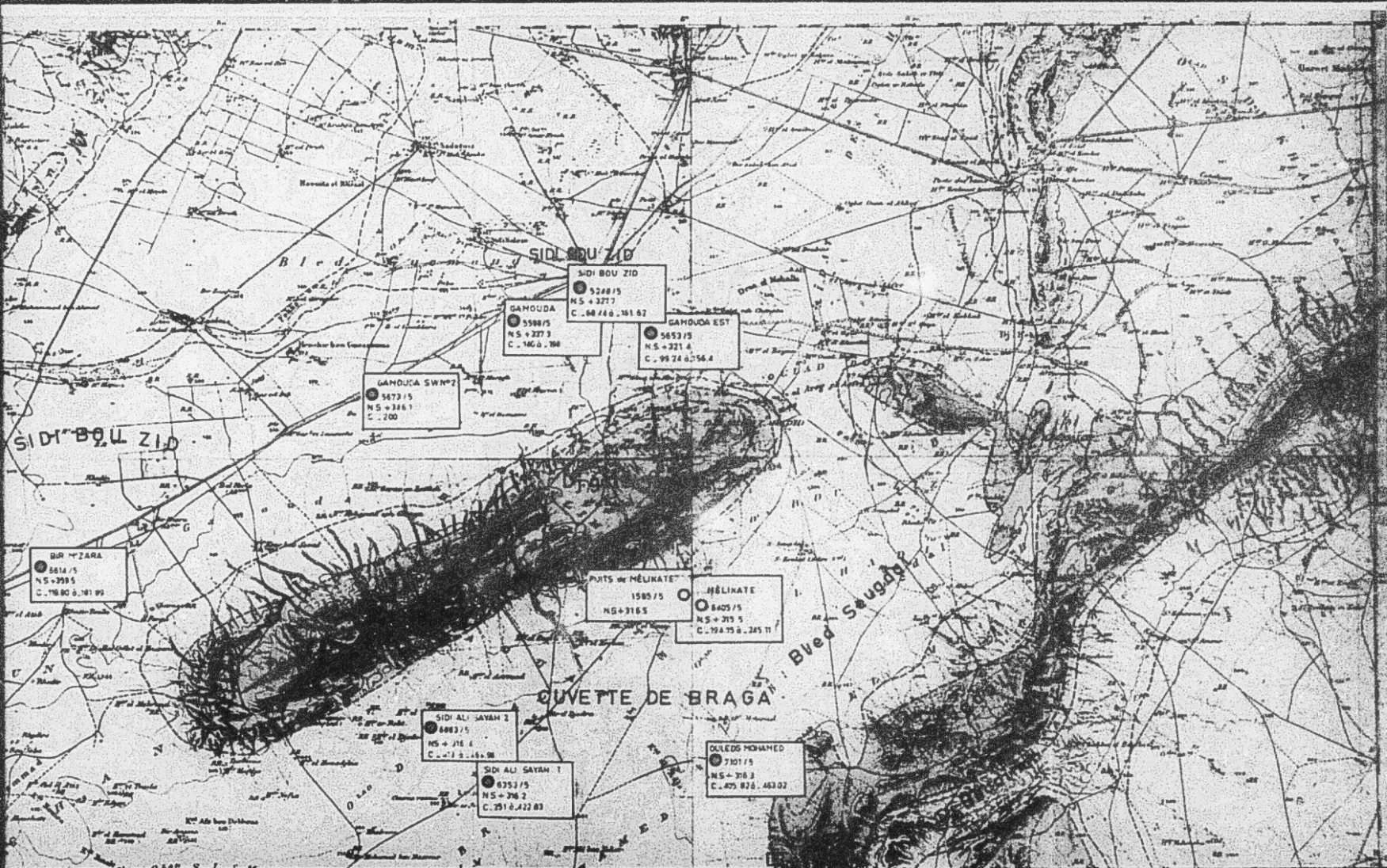
RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

COTES PIÉZOMÉTRIQUES DES NAPPES PROFONDES

Relaté de décembre 1960

Echelle: 1/100 000





SIDI BOU ZID

SIDI BOU ZID
5248/5
N 5 + 3277
C - 60 740 - 361 02

GANOUDA
5588/5
N 5 + 3277
C - 160 0 - 300

GANOUDA EST
5653/5
N 5 + 3274
C - 98 724 656 4

GANOUDA SWP2
5473/5
N 5 + 3181
C - 200

SIDI BOU ZID

DIR M'ZARA
5614/5
N 5 + 3395
C - 170 80 0 - 181 80

PUITS DE MELKATE
1585/5
N 5 + 3165

MELKATE
6405/5
N 5 + 319 5
C - 194 75 0 - 245 11

SIDI ALI SAYAH 2
6063/5
N 5 + 316 4
C - 171 0 - 166 90

SIDI ALI SAYAH 1
6352/5
N 5 + 316 2
C - 251 0 - 222 83

OUED MOHAMED
7101/5
N 5 + 316 3
C - 475 820 - 463 02

CUVETTE DE BRAGA

Bled Saouada

COTES PIÉZOMÉTRIQUES DES NAPPES PROFONDES

Relève de décembre 1960

Echelle 1/100 000

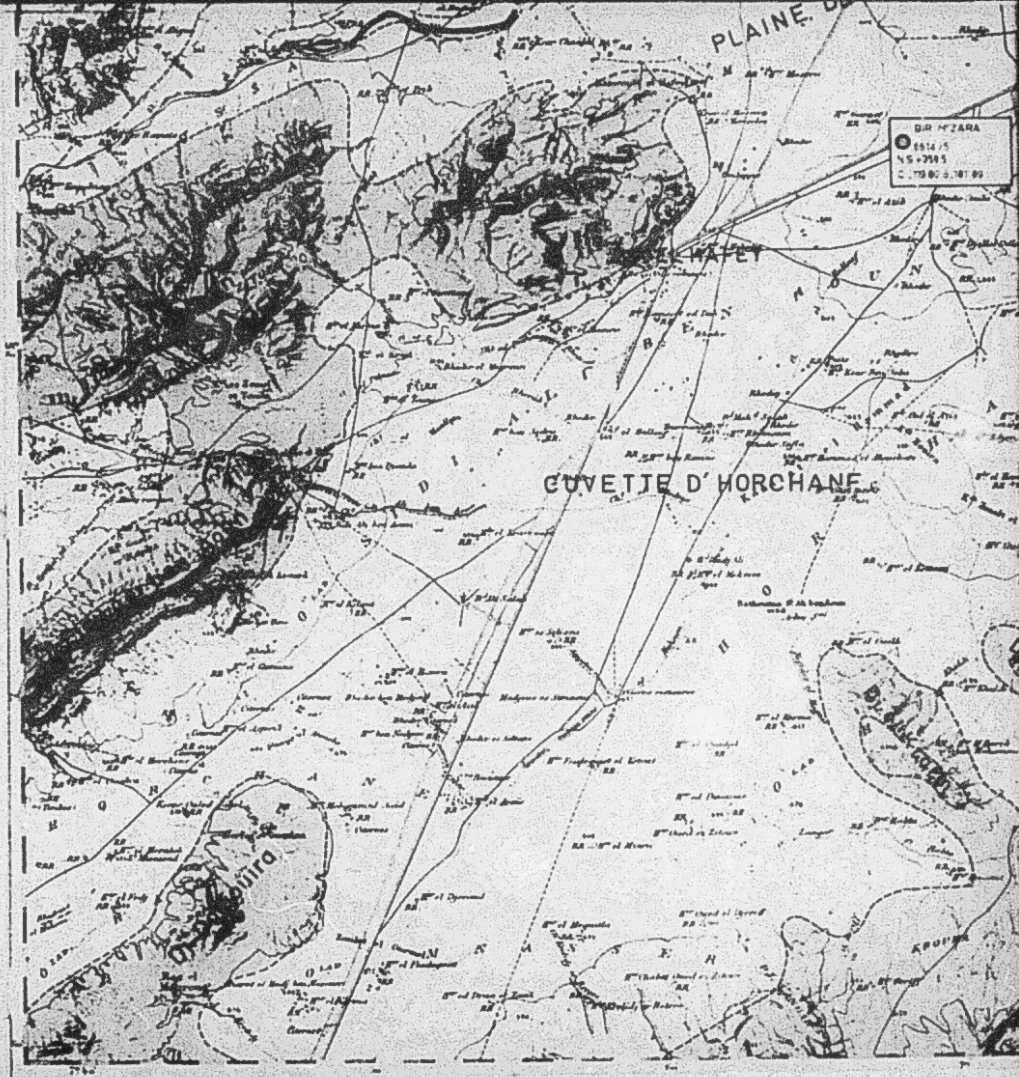
SGGETHA TUNIS

Janvier 1961

Planche -3.7-

LÉGENDE

- 64M01DA Nom du sondage
- 6514/5 N° D.P.M.
- N.S. + 912.2 Niveau statique (cote par rapport au Niveau de la mer)
- C. 0.0m 3.160m Crépino (cote par rapport au T.M.)
- Formations ANTÉ-TERTIAIRES



BIR N'ZARA
5614 /5
N 5 + 2553
C. 176 80 g. 181 86

PUITS de MELIKATE
1585 /5
N 5 + 3165

MELIKATE
8405 /5
N 5 + 315 5
C. 194 75 g. 245 11

SIDI ALI SAYAH 2
6993 /5
N 5 + 316 4
C. 272 g. 44 38

SIDI ALI SAYAH 1
5352 /5
N 5 + 316 2
C. 251 g. 422 83

DULE DE MOHAMED
7101 /5
N 5 + 315 3
C. 405 92 g. 463 02

BIR BÉDRA
5686 /5
N 5 + 308 2
C. 48 75 g. 121 57

PLAINE DE MAKNASSY

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE
 SECRÉTARIAT D'ÉTAT
 A L'AGRICULTURE
 GROUPE DE L'HYDRAULIQUE
 ET DES AMÉNAGEMENTS RURAUX

ONDA Soutelo
 الجمهورية التونسية
 وزارة الزراعة
 مصلحة المياه والرياحات

RÉGION DE SIDI BOU ZID

BASSIN D'ORCHANE-BRAGA

RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

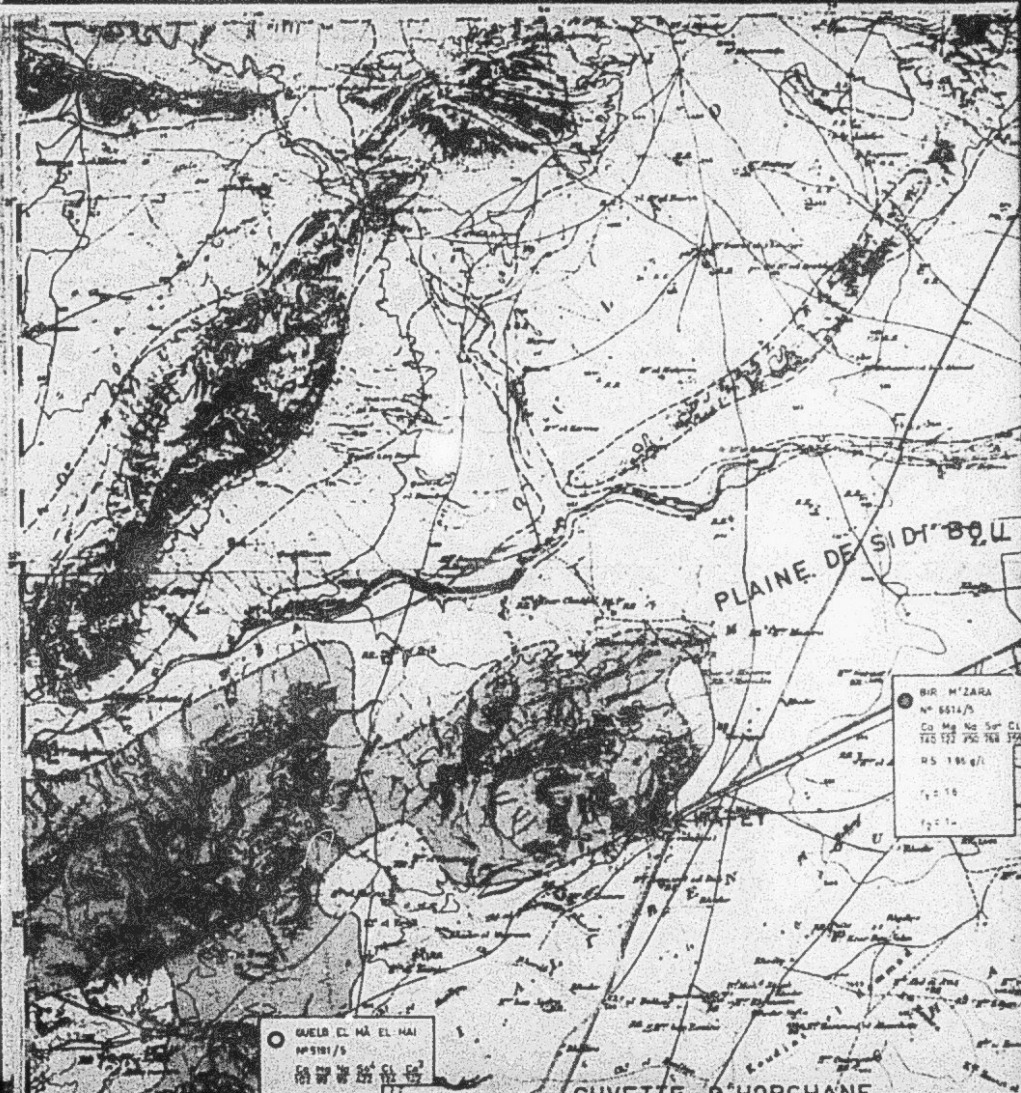
GÉOCHIMIE DES NAPPES PROFONDES

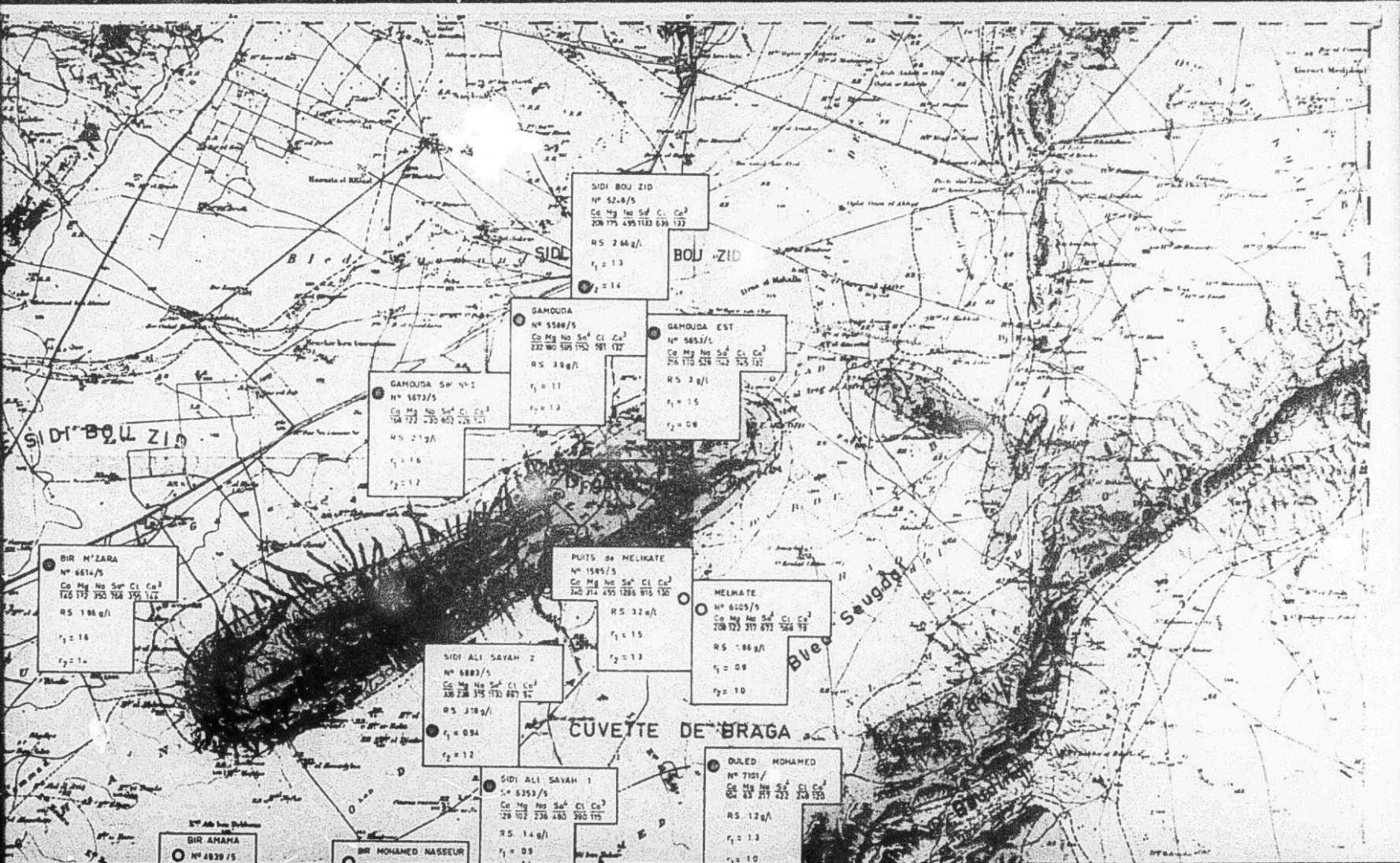
Rélevé de juillet 1960

Echelle : 1/100.000

SOGETHA TUNIS
 Janvier 1961

Planche : 3.a.





GÉOCHIMIE DES NAPPES PROFONDES

Révisé de juillet 1960

Echelle : 1/100.000

SOGETHA TUNIS

Janvier 1961

Planche 3.a.

LÉGENDE

● GAMOUJA

Nom du sondage

6614/5

N° B.I.R.M.

Ca Mg Na⁺ K⁺ Cl⁻ Co²⁺
222 385 595 1152 761 132

Formule chimique d'un échantillon d'eau en mg/l

R.S.

Résidu sec en g/l

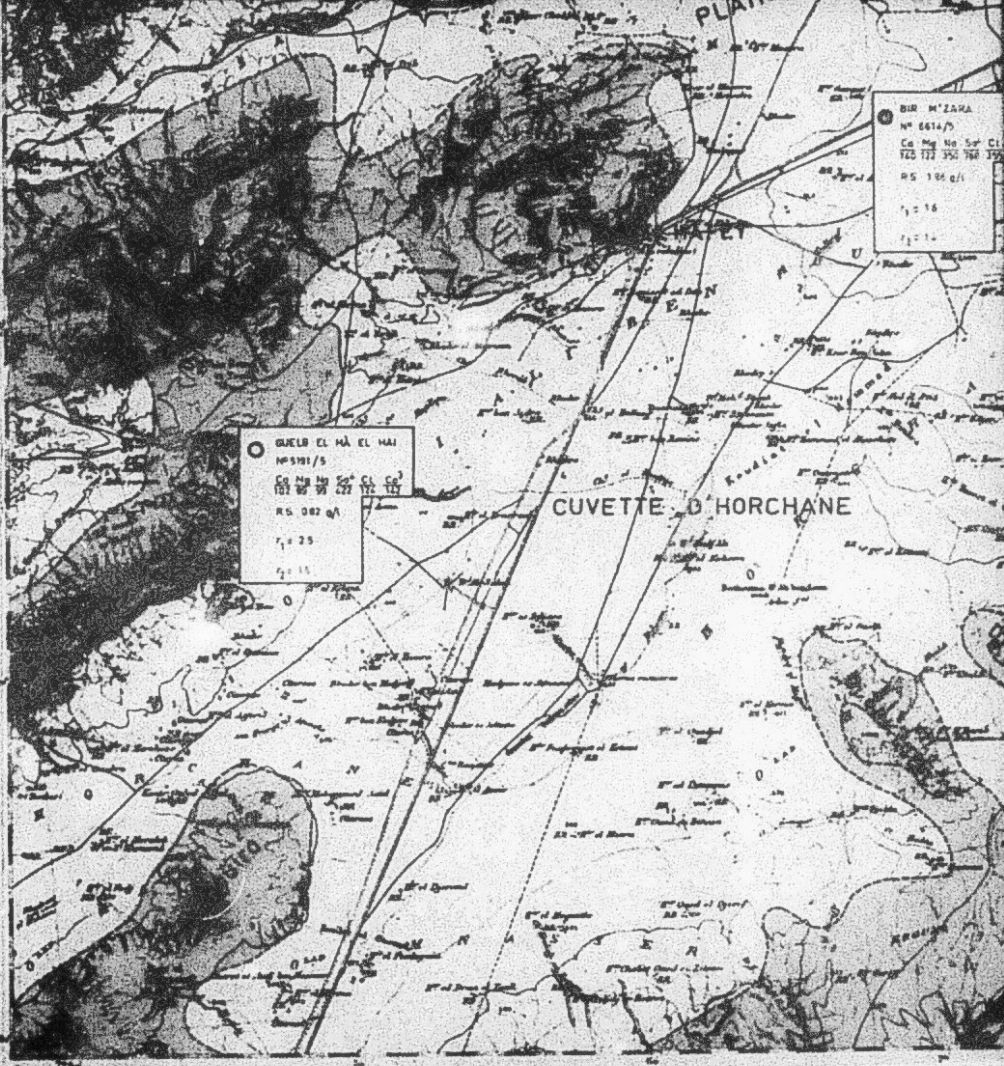
$$r_1 = \frac{r \cdot S_1}{r \cdot C_1}$$

$$r_2 = \frac{r \cdot S_2}{r \cdot C_2}$$

r = Quantité de milliéquivalents par litre



Formations ANTÉ TERTIAIRES



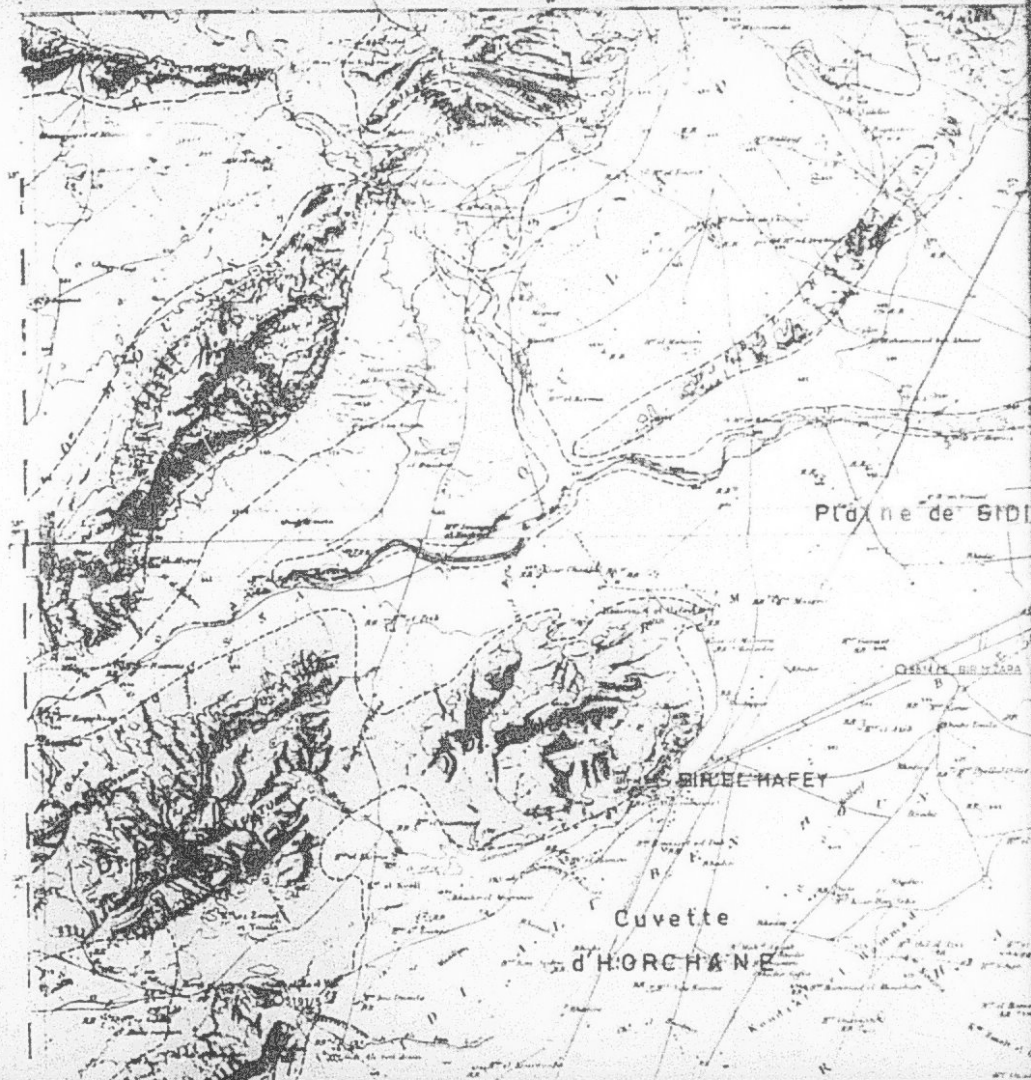
RÉGION DE SIDI BOU ZID

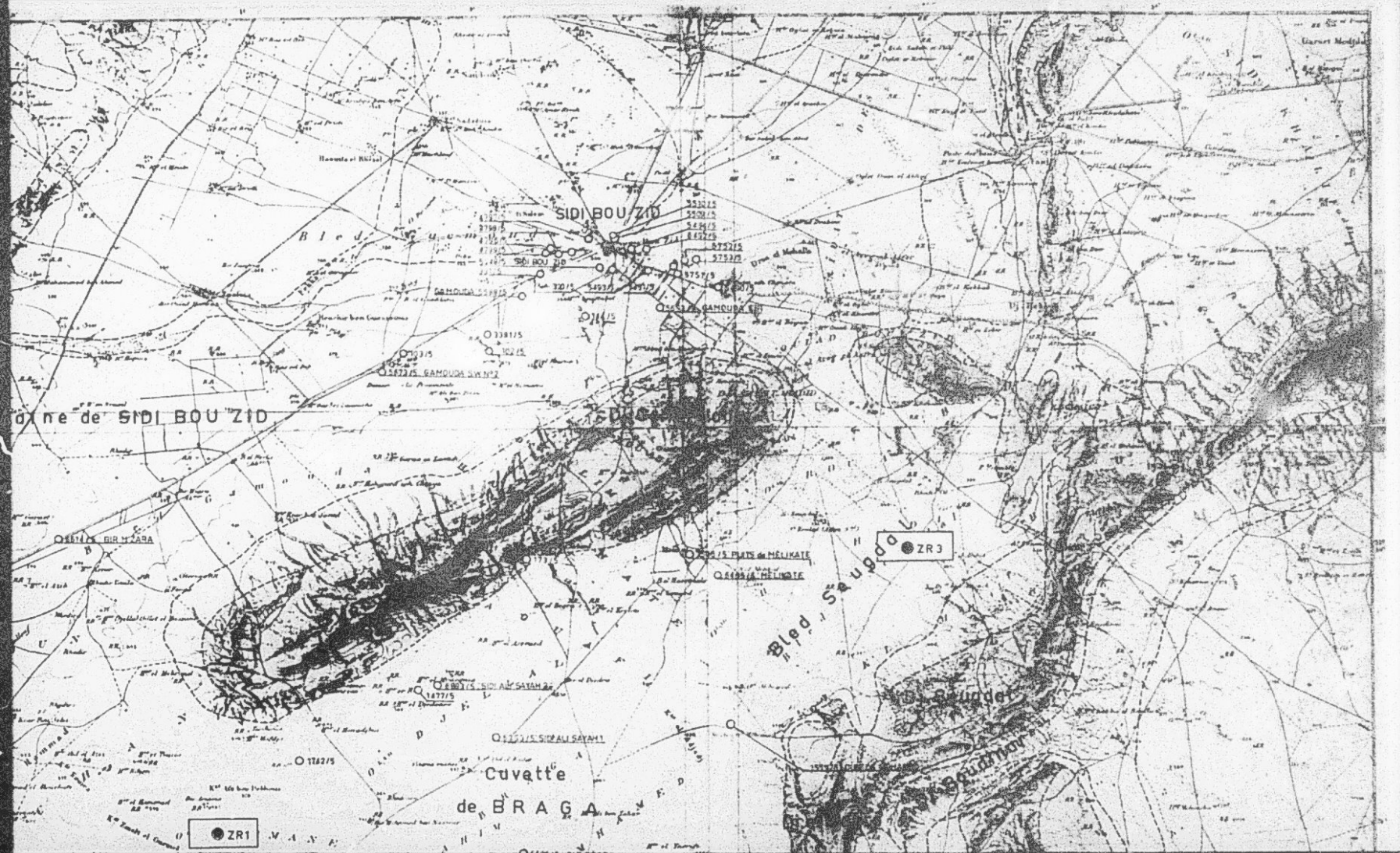
BASSIN D'HORCHANE-BRAGA

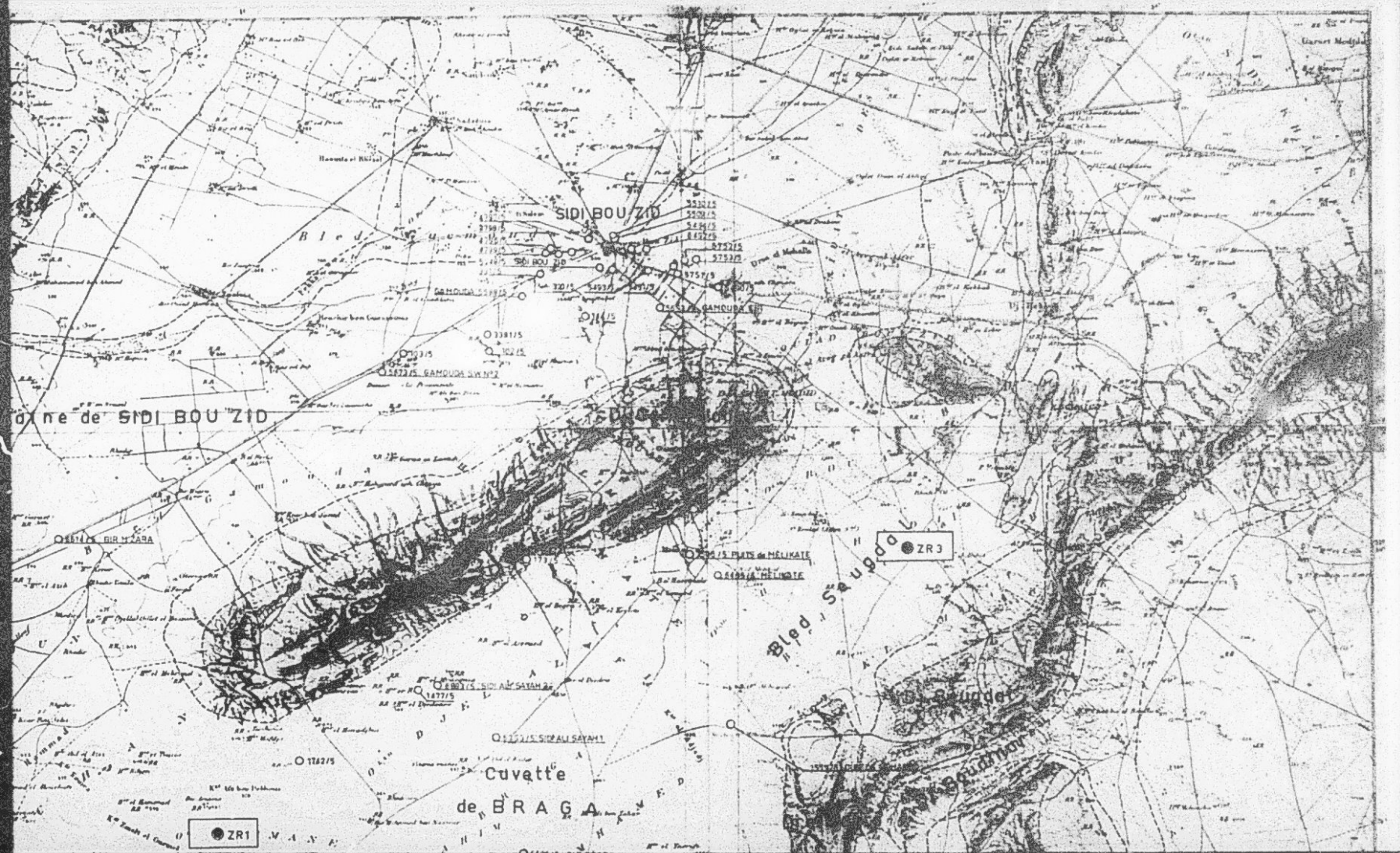
RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

PROGRAMME DE SONDAGES

Echelle : 1/100 000







RECHERCHES ET ÉTUDES DES EAUX SOUTERRAINES

PROGRAMME DE SONDAGES

Echelle 1/100 000

SOGETHA TUNIS

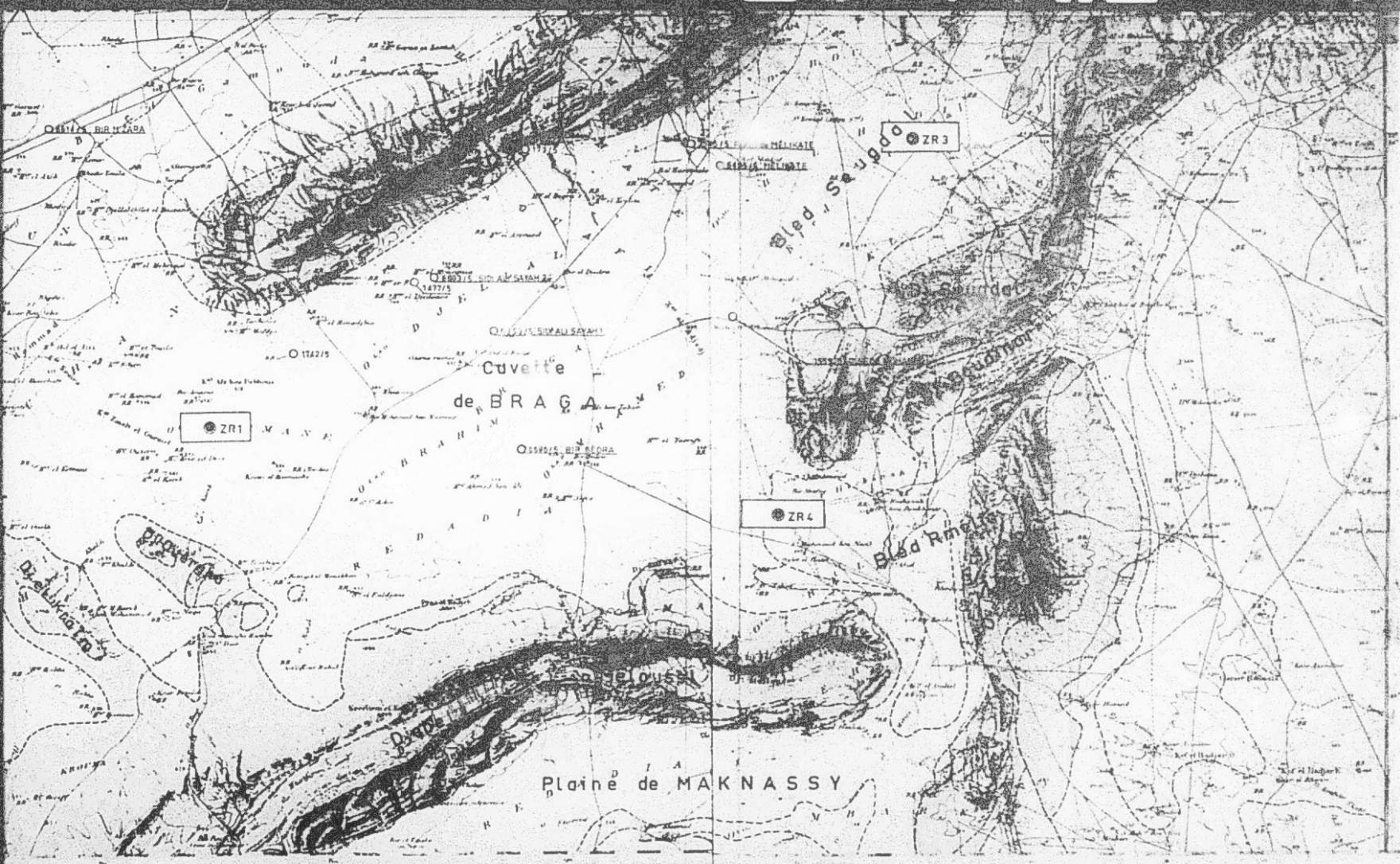
Janvier 1961

Planche 3.a.

LEGENDE

- Sondages existants
- ⊙ ZR1 Sondages types Rotary prévus
- 0612/5 N° BIRH
- Formations Anté Tertiaires





FIN

181

VUES