



HAL
open science

Etude par modèle mathématique de la recharge artificielle de la plaine de Djahrom (Iran)

Mehdi Safinia

► **To cite this version:**

Mehdi Safinia. Etude par modèle mathématique de la recharge artificielle de la plaine de Djahrom (Iran). Géologie appliquée. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1977. Français. NNT : . tel-00813650

HAL Id: tel-00813650

<https://theses.hal.science/tel-00813650>

Submitted on 16 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'Ordre:

N° CNRS -

DOUBLE
205.142
1977
146

205142

1977

146

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR INGENIEUR

par

MEHDI SAFINIA

Ingénieur Géologue de la Faculté Technique de TEHERAN

Ingénieur Hydrologue de l'Université de PADOUE

**ETUDE PAR MODELE MATHEMATIQUE
DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE
DE LA PLAINE DE DJAHROM
(IRAN)**

Soutenu en décembre 1977 devant la commission d'Examen

Messieurs

R. MICHEL

Professeur

Président

J. SARROT REYNAULD

Professeur

Rapporteur

J. LETOURNEUR

Professeur

Examineur



N° d'Ordre:

N° CNRS -

205142

1977

146

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR INGENIEUR

par

MEHDI SAFINIA

Ingénieur Géologue de la Faculté Technique de TEHERAN

Ingénieur Hydrologue de l'Université de PADOUE

ETUDE PAR MODELE MATHEMATIQUE
DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE
DE LA PLAINE DE DJAHROM
(IRAN)

T.78/6

Soutenu en décembre 1977 devant la commission d'Examen

Messieurs

R. MICHEL

Professeur

Président

J. SARROT REYNAULD

Professeur

Rapporteur

J. LETOURNEUR

Professeur

Examineur



A V A N T - P R O P O S

Je tiens à remercier les personnalités officielles, ainsi que tous ceux dont la collaboration m'a permis de mener à bien cet ouvrage.

Ma reconnaissance s'adresse tout d'abord à S.E. Monsieur Rouhani, ex-Ministre de l'Agriculture et des Ressources Naturelles et à S.E. Monsieur Vahidi, ex-Ministre de l'Energie du Gouvernement Impérial d'Iran, grâce à l'appui desquels j'ai pu accéder aux divers documents et études concernant la région de Djahrom, ainsi qu'à Messieurs les Professeurs R. Michel et J. Sarrot qui n'ont pas ménagé leurs efforts pour me guider et m'éclairer dans l'élaboration de cette thèse. Je remercie aussi Monsieur le Professeur J. Letourneur qui a bien voulu participer au jury de celle-ci.

Je m'en voudrais d'oublier les membres des Sociétés d'Ingénieur-Conseil qui m'ont fait bénéficier de l'expérience qu'ils avaient acquise en travaillant dans la région, ainsi que tous les amis dont la collaboration, tant au cours de l'étude qu'au stade de la rédaction, m'a été des plus précieuse.

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE

LISTE DES PROFESSEURS

Président : Monsieur Michel SOUTIF

Vice-Président : Monsieur Gabriel CAU

PROFESSEURS TITULAIRES

MM.	ANGLES D'AURIAC Paul	Mécanique des fluides
	ARNAUD Georges	Clinique des maladies infectieuses
	ARNAUD Paul	Chimie
	AUBERT Guy	Physique
	AYANT Yves	Physique approfondie
Mme	BARBIER Marie-Jeanne	Electrochimie
MM.	BARBIER Jean-Claude	Physique expérimentale
	BARBIER Reynold	Géologie appliquée
	BARJON Robert	Physique nucléaire
	BARNOUD Fernand	Biosynthèse de la cellulose
	BARRA Jean-René	Statistiques
	BARRIE Joseph	Clinique chirurgicale
	BENOIT Jean	Radioélectricité
	BERNARD Alain	Mathématiques Pures
	BESSON Jean	Electrochimie
	BEZES Henri	Chirurgie générale
	BLAMBERT Maurice	Mathématiques Pures
	BOLLIET Louis	Informatique (IUT B)
	BONNET Georges	Electrotechnique
	BONNET Jean-Louis	Clinique ophtalmologique
	BONNET-EYMARD Joseph	Pathologie médicale
	BONNIER Etienne	Electrochimie Electrometallurgie
	BOUCHERLE André	Chimie et Toxicologie
	BOUCHEZ Robert	Physique nucléaire
	BOUSSARD Jean-Claude	Mathématiques Appliquées
	BRAVARD Yves	Géographie
	BRISSENEAU Pierre	Physique du Solide
	BUYLE-BODIN Maurice	Electronique
	CABANAC Jean	Pathologie chirurgicale
	CABANEL Guy	Clinique rhumatologique
	CALAS François	Anatomie
	CARRAZ Gilbert	Biologie animale et pharmacodynamie
	CAU Gabriel	Médecine légale et Toxicologie

MM.	CAUQUIS Georges	Chimie organique
	CHABAUTY Claude	Mathématiques Pures
	CHARACHON Robert	Oto-Rhino-Laryngologie
	CHATEAU Robert	Thérapeutique
	CHENE Marcel	Chimie papetière
	COEUR André	Pharmacie chimique
	CONTAMIN Robert	Clinique gynécologique
	COUDERC Pierre	Anatomie Pathologique
	CRAYA Antoine	Mécanique
Mme	DEBELMAS Anne-Marie	Matière médicale
MM.	DEBELMAS Jacques	Géologie générale
	DEGRANGE Charles	Zoologie
	DESRE Pierre	Métallurgie
	DESSAUX Georges	Physiologie animale
	DODU Jacques	Mécanique appliquée
	DOLIQUE Jean-Michel	Physique des plasmas
	DREYFUS Bernard	Thermodynamique
	DUCROS Pierre	Cristallographie
	DUGOIS Pierre	Clinique de Dermatologie et Syphiligraphie
	FAU René	Clinique neuro-psychiatrique
	FELICI Noël	Electrostatique
	GAGNAIRE Didier	Chimie physique
	GALLISSOT François	Mathématiques Pures
	GALVANI Octave	Mathématiques Pures
	GASTINEL Noël	Analyse numérique
	GEINDRE Michel	Electroradiologie
	GERBER Robert	Mathématiques Pures
	GIRAUD Pierre	Géologie
	KLEIN Joseph	Mathématiques Pures
Mme	KOFLER Lucie	Botanique et Physiologie végétale
MM.	KOSZUL Jean-Louis	Mathématiques Pures
	KRAVTCHENKO Julien	Mécanique
	KUNTZMANN Jean	Mathématiques Appliquées
	LACAZE Albert	Thermodynamique
	LACHARME Jean	Biologie végétale
	LAJZEROWCZ Joseph	Physique
	LATREILLE René	Chirurgie générale
	LATURAZE Jean	Biochimie pharmaceutique
	LAURENT Pierre	Mathématiques Appliquées
	LEDRU Jean	Clinique médicale B
	LLIBOUTRY Louis	Géophysique
	LOUP Jean	Géographie
Mle	LUTZ Elisabeth	Mathématiques Pures
MM.	MALGRANGE Bernard	Mathématiques Pures
	MALINAS Yves	Clinique obstétricale
	MARTIN-NOEL Pierre	Seméiologie médicale
	MASSEPORT Jean	Géographie
	MAZARE Yves	Clinique médicale A
	MICHEL Robert	Minéralogie et Pétrographie
	MOURIQUAND Claude	Histologie
	MOUSSA André	Chimie nucléaire
	NEEL Louis	Physique du Solide
	OZENDA Paul	Botanique
	PAUTHENET René	Electrotechnique

MM.	PAYAN Jean-Jacques	Mathématiques Pures
	PEBAY-PEYROULA Jean-Claude	Physique
	PERRET René	Servomécanismes
	PILLET Emile	Physique industrielle
	RASSAT André	Chimie systématique
	RENARD Michel	Thermodynamique
	REULOS René	Physique industrielle
	RINALDI Renaud	Physique
	ROGET Jean	Clinique de pédiatrie et de puériculture
	SANTON Lucien	Mécanique
	SEIGNEURIN Raymond	Microbiologie et Hygiène
	SENGEL Philippe	Zoologie
	SILBERT Robert	Mécanique des fluides
	SOUTIF Michel	Physique générale
	TANCHE Maurice	Physiologie
	TRAYNARD Philippe	Chimie générale
	VAILLAND François	Zoologie
	VALENTIN Jacques	Physique Nucléaire
	VAUQUOIS Bernard	Calcul électronique
Mme	VERAIN Alice	Pharmacie galénique
M.	VERAIN André	Physique
Mme	VEYRET Germaine	Géographie
MM.	VEYRET Paul	Géographie
	VIGNAIS Pierre	Biochimie médicale
	YOCCOZ Jean	Physique nucléaire théorique

PROFESSEURS ASSOCIES

MM.	BULLEMER Bernhard	Physique
	HANO JUN-ICHI	Mathématiques Pures
	STEPHENS Michaël	Mathématiques Appliquées

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM.	BEAUDOING André	Pédiatrie
Mme	BERTRANDIAS Françoise	Mathématiques Pures
MM.	BERTRANDIAS Jean-Paul	Mathématiques Appliquées
	BIAREZ Jean-Pierre	Mécanique
	BONNETAIN Lucien	Chimie minérale
Mme	BONNIER Jane	Chimie générale
MM.	CARLIER Georges	Biologie végétale
	COHEN Joseph	Electrotechnique
	COUMES André	Radioélectricité
	DEPASSEL Roger	Mécanique des Fluides
	DEPORTES Charles	Chimie minérale
	GAUTHIER Yves	Sciences biologiques
	GAVEND Michel	Pharmacologie
	GERMAIN Jean Pierre	Mécanique
	GIDON Paul	Géologie et Minéralogie
	GLENAT René	Chimie organique

MM.	HACQUES Gérard	Calcul numérique
	JANIN Bernard	Géographie
Mme	KAHANE Josette	Physique
MM.	MULLER Jean-Michel	Thérapeutique
	PERRIAUX Jean-Jacques	Géologie et minéralogie
	POULOUJADOFF Michel	Electrotechnique
	REBECQ Jacques	Biologie (CUS)
	REVOL Michel	Urologie
	REYMOND Jean-Charles	Chirurgie générale
	ROBERT André	Chimie papetière
	DE ROUGEMONT Jacques	Neurochirurgie
	SARRAZIN Roger	Anatomie et chirurgie
	SARROT-REYNAULD Jean	Géologie
	SIBILLE Robert	Construction Mécanique
	SIROT Louis	Chirurgie générale
Mme	SOUTIF Jeanne	Physique générale

MAITRES DE CONFERENCES ET MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mlle	AGNIUS-DELORD Claudine	Physique pharmaceutique
	ALARY Josette	Chimie analytique
MM.	AMBLARD Pierre	Dermatologie
	AMBROISE-THOMAS Pierre	Parasitologie
	ARMAND Yves	Chimie
	BEGUIN Claude	Chimie organique
	BELORIZKY Elie	Physique
	BENZAKEN Claude	Mathématiques Appliquées
	BILLET Jean	Géographie
	BLIMAN Samuel	Electronique (EIE)
	BLOCH Daniel	Electrotechnique
Mme	BOUCHE Liane	Mathématiques (CUS)
MM.	BOUCHET Yves	Anatomie
	BOUVARD Maurice	Mécanique des Fluides
	BRODEAU François	Mathématiques (IUT B)
	BRUGEL Lucien	Energétique
	BUISSON Roger	Physique
	BUTEL Jean	Orthopédie
	CHAMBAZ Edmond	Biochimie médicale
	CHAMPETIER Jean	Anatomie et organogénèse
	CHIAVERINA Jean	Biologie appliquée (EFP)
	CHIBON Pierre	Biologie animale
	COHEN-ADDAD Jean-Pierre	Spectrométrie physique
	COLOMB Maurice	Biochimie médicale
	CONTE René	Physique
	COULOMB Max	Radiologie
	CROUZET Guy	Radiologie
	DURAND Francis	Métallurgie
	DUSSAUD René	Mathématiques (CUS)
Mme	ETERRADOSSI Jacqueline	Physiologie
MM.	FAURE Jacques	Médecine légale
	GENSAC Pierre	Botanique
	GIDON Maurice	Géologie

MM.	GRIFFITHS Michaël	Mathématiques Appliquées
	GROULADE Joseph	Biochimie médicale
	HOLLARD Daniel	Hématologie
	HUGONOT Robert	Hygiène et Médecine préventive
	IDELMAN Simon	Physiologie animale
	IVANES Marcel	Electricité
	JALBERT Pierre	Histologie
	JOLY Jean-René	Mathématiques Pures
	JOUBERT Jean-Claude	Physique du Solide
	JULLIEN Pierre	Mathématiques Pures
	KAHANE André	Physique générale
	KUHN Gérard	Physique
	LACOUME Jean-Louis	Physique
Mme	LAJZEROWICZ Jeannine	Physique
MM.	LANCIA Roland	Physique atomique
	LE JUNTER Noël	Electronique
	LEROY Philippe	Mathématiques
	LOISEAUX Jean-Marie	Physique Nucléaire
	LONGUEUE Jean-Pierre	Physique Nucléaire
	LUU DUC Guong	Chimie Organique
	MACHE Régis	Physiologie végétale
	MAGNIN Robert	Hygiène et Médecine préventive
	MARECHAL Jean	Mécanique
	MARTIN-BOUYER Michel	Chimie (CUS)
	MAYNARD Roger	Physique du Solide
	MICHOULIER Jean	Physique (I.U.T. "A")
	MICOUD Max	Maladies infectieuses
	MOREAU René	Hydraulique (INP)
	NEGRE Robert	Mécanique
	PARAMELLE Bernard	Pneumologie
	PECCOUD François	Analyse (IUT B)
	PEFFEN René	Métallurgie
	PELMONT Jean	Physiologie animale
	PERRET Jean	Neurologie
	PERRIN Louis	Pathologie expérimentale
	PFISTER Jean-Claude	Physique du Solide
	PHÉLIP Xavier	Rhumatologie
Mlle	PIERY Yvette	Biologie animale
MM.	RACHAIL Michel	Médecine interne
	RACINET Claude	Gynécologie et Obstétrique
	RENAUD Maurice	Chimie
	RICHARD Lucien	Botanique
Mme	RINAUDO Marguerite	Chimie macromoléculaire
MM.	ROMIER Guy	Mathématiques (IUT B)
	SHOM Jean Claude	Chimie Générale
	STIEGLITZ Paul	Anesthésiologie
	STOEBNER Pierre	Anatomie pathologique
	VAN CUTSEM Bernard	Mathématiques Appliquées
	VEILLON Gérard	Mathématiques Appliquées (INP)
	VIALON Pierre	Géologie
	VOOG Robert	Médecine interne
	VROUSSOS Constantin	Radiologie
	ZADWORNÝ François	Electronique

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

MM. BOUDOURIS Georges	Radioélectricité
CHEEKE John	Thermodynamique
GOLDSCHMIDT Hubert	Mathématiques
SIDNEY STUARD	Mathématiques Pures
YACOUD Mahmoud	Médecine légale

CHARGES DE FONCTIONS DE MAITRES DE CONFERENCES

Mme BERIEL Hélène	Physiologie
Mme RENAUDET Jacqueline	Microbiologie

Fait le 30 Juin 1977

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	1
I. DESCRIPTION DU REGIME DES EAUX	3
1. Situation géographique	3
2. Climat	3
2.1. Généralités	3
2.2. Pluviométrie	3
2.3. Température	12
2.4. Humidité	12
2.5. Evaporation	12
2.6. Evapotranspiration	17
3. La géologie	26
3.1. Généralités	26
3.2. Stratigraphie	26
3.3. Tectonique et fracturation	29
3.4. Reconnaissance géophysique de la plaine de Djahrom	29
4. L'hydrologie	37
4.1. Hydrologie de la région	37
4.2. Etude des torrents et des rivières	39
5. L'hydrogéologie	41
5.1. Hydrogéologie de la région	41
5.2. Exploitation des eaux souterraines	42
5.3. Hydrochimie	49
5.4. Relations entre les différentes données	49
5.5. Propriétés hydrodynamiques des formations	55
II. ETUDE DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE SUR MODELE MATHEMATIQUE	58
1. Les études de base	58
2. Le modèle mathématique	59
2.1. Généralités	59
2.2. Construction du modèle	60
2.3. Utilisation du modèle	61
3. Le bilan	66
4. Conclusions de l'étude sur modèle	76
III. ETUDE ECONOMIQUE	77
1. Commentaires	78
2. Conclusions et suggestions	81
CONCLUSION GENERALE	83

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
1. Fréquence des pluies	6
2. Principales averses entre 1958 et 1967	10
3. Températures moyennes mensuelles et annuelles	13
4. Humidité relative (année 1970)	14
5. Humidité relative (année 1971)	15
6. Evaporation (mesurée sur Bac Colorado)	16
7. Evapotranspiration (année 1964)	18
8. Evapotranspiration (année 1967)	19
9. Evapotranspiration (Formule de Blaney et Criddle) Année 1975	21
10. Evapotranspiration (Formule de Christiansen) Année 1975	22
11. Evaporation moyenne mensuelle (Bac Colorado) Année 1975	23
12. Transmissivités obtenues aux essais	57
13. Niveaux piézométriques	85

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
1. Situation géographique	4
2. Pluviométrie annuelle	5
3. Probabilité des précipitations annuelles	7
4. Probabilité des précipitations	8
5. Pluviométrie mensuelle	9
6. Variation des températures et évaporation	11
7. Courbes des résistivités - SE 27 A et 43 A	30
8. Courbes des résistivités - SE 73 et 129	32
9. Courbes des résistivités - SE 13 A - 31 A - 40 A et 43	33
10. Carte du bassin versant	38
11. Coupe géologique de la plaine	43
12. Section géologique n° 1	44
13. Section géologique n° 2	45
14. Section géologique n° 3	46
15. Etude piézométrique de la nappe (1.1.1964)	47
16. Exploitation annuelle de la nappe	48
17. Diagramme d'analyse d'eau	50
18. Diagramme d'analyse d'eau	51
19. ISO - Conductivité électrique	52
20. Variations de la conductivité électrique	53
21. Variations de la conductivité électrique	54
22. Maillage	64
23. Valeurs des transmissivités et des coefficients d'emménagement	65
24. Volume de crue infiltré (2 ^e semestre 1969)	69
25. Ajustement de l'hydrographe	71
26. Ajustement piézométrique	72
27. Alimentation moyenne annuelle pendant 10 ans	78
28. Variation de l'alimentation de la nappe pendant 10 ans en fonction de l'infiltration	79
29. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) avec recharge artificielle (mailles 19 - 32 et 33)	86
30. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) sans recharge artificielle	87
31. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) (mailles 17-18 et 19)	88
32. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) (mailles 17-18 et 19)	89
33. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) (mailles 15-16 et 17)	90
34. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) (mailles 17-18 et 19)	91
35. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) sans recharge artificielle	92

	<u>Page</u>
36. Niveau piézométrique (au 1.1.1980) (mailles 17-18 et 19)	93
37. Evolution piézométrique de la maille centrale	94
38. Evolution piézométrique de la maille centrale	95
39. Evolution piézométrique de la maille centrale	96
40. Evolution piézométrique comparative de la maille n° 30	97
41. Evolution piézométrique comparative de la maille n° 35	98
42. Evolution piézométrique comparative de la maille n° 38	99
43. Evolution piézométrique comparative de la maille n° 43	100
44. Evolution piézométrique comparative de la maille n° 55	101
45. Evolution piézométrique comparative de la maille n° 65	102

LISTE DES ANNEXES

- A- 1. Carte géologique de la région
- A- 2. Coupes géologiques de la région
- A- 3. Essais de pompage sur 6 puits
 - A.3.1. Puits 18 Q 3b 3S
 - A.3.2. Puits 18 Q 3b 3S
 - A.3.3. Puits 19 P 1c 19S
 - A.3.4. Puits 19 P 1c 19S
 - A.3.5. Puits 19 P 2d 20S
 - A.3.6. Puits 19 P 2d 20S
 - A.3.7. Puits 19 Q 1a 12S
 - A.3.8. Puits 19 Q 1a 12S
 - A.3.9. Puits 19 Q 3a 26S
 - A.3.10. Puits 19 3C 1 S
- A- 4. Carte des résistivités : AB = 50 m
- A- 5. Carte des résistivités : AB = 200 m
- A- 6. Coupes géoélectriques
 - A.6.1. Coupes 1 et 2
 - A.6.2. Coupes 3 et 4
 - A.6.4. Coupes 7 et 8
 - A.6.5. Coupe 9
 - A.6.6. Coupes 10 et 11
 - A.6.7. Coupes 12 et 13
 - A.6.8. Coupes 14 et 15
 - A.6.9. Coupes 16 et 17
- A- 7. Carte de l'épaisseur de recouvrement résistant
- A- 8. Carte d'implantation des puits
- A- 9. Carte isopièze
- A-10. Carte des conductivités électriques
- A-11. Carte des isoteneurs en ion chlore
- A-12. Carte des courbes d'isoprofondeur
- A-13. Carte des coefficients hydrodynamiques
- A-14. Carte d'abaissement de la nappe entre 1964 et 1974.
- A-15. Carte de situation des aménagements.

INTRODUCTION

L'étude de la région de Djahrom est tout spécialement intéressante car elle comprend un bassin versant bien délimité ou la nappe est située à une profondeur assez importante qui limite les phénomènes d'évaporation et où il paraît possible d'envisager une recharge artificielle.

Il y a dix ans, on ne pensait pas qu'un jour la région de Djahrom allait manquer d'eau. Les débits des puits étaient stables avec des rabattements piézométriques constants et, apparemment, les ressources en eau ne limitaient pas le développement de l'agriculture.

Cependant, au cours des dix dernières années, l'introduction des techniques modernes d'exploitation des eaux et des sols a provoqué un épuisement progressif des ressources en eaux souterraines. Une telle situation et son aggravation devaient déterminer, à plus ou moins brève échéance, une diminution des surfaces irriguées.

L'étude préliminaire des ressources en eau de la région de Djahrom montre :

- une exploitation annuelle de 48 millions m³/an alors qu'elle ne devrait pas dépasser 30 millions m³/an,
- l'absence de rivières permanentes,
- la nécessité de rechercher une utilisation des eaux des torrents existant au voisinage.

Il fallait avant tout étudier les effets réciproques des puits et leur meilleure exploitation à moyen terme. Une telle étude ne pouvait se faire qu'à l'aide d'ordinateur, la plaine de Djahrom ayant 800 puits, distribués sur 40 km². Cette méthode n'ayant encore jamais été utilisée en Iran, il nous a paru très important de réaliser l'étude sur modèle mathématique de l'évolution de la nappe pour déterminer les caractéristiques de la recharge à prévoir ainsi que ses effets à moyen et long terme.

Nous avons exclu de la présente publication les interminables et fastidieux tableaux de calculs. Seules y figurent des synthèses sous forme de courbes et de cartes comme par exemple les cartes piézométriques des différents états des eaux souterraines.

Actuellement les travaux concernant cette recharge sont en cours de réalisation, confirmant ainsi le choix judicieux de ce site.

CHAPITRE I

DESCRIPTION DU REGIME DES EAUX

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Situé au Sud de l'Iran, à l'Est de la chaîne du Zagros, le bassin versant de Djahrom a une superficie de 375 km². Distant de 200 km au Sud de la ville de Chiraz son centre est situé par 53°32' de longitude E et 28°30' de latitude N (fig. 1).

Le sommet le plus haut du bassin versant de Djahrom est le Kuh-e-Alborz qui culmine à 2 150 mètres d'altitude, la ville de Djahrom se trouvant à 1 040 mètres.

La population totale de la région est de l'ordre de 86 000 habitants dont l'activité essentielle est l'agriculture.

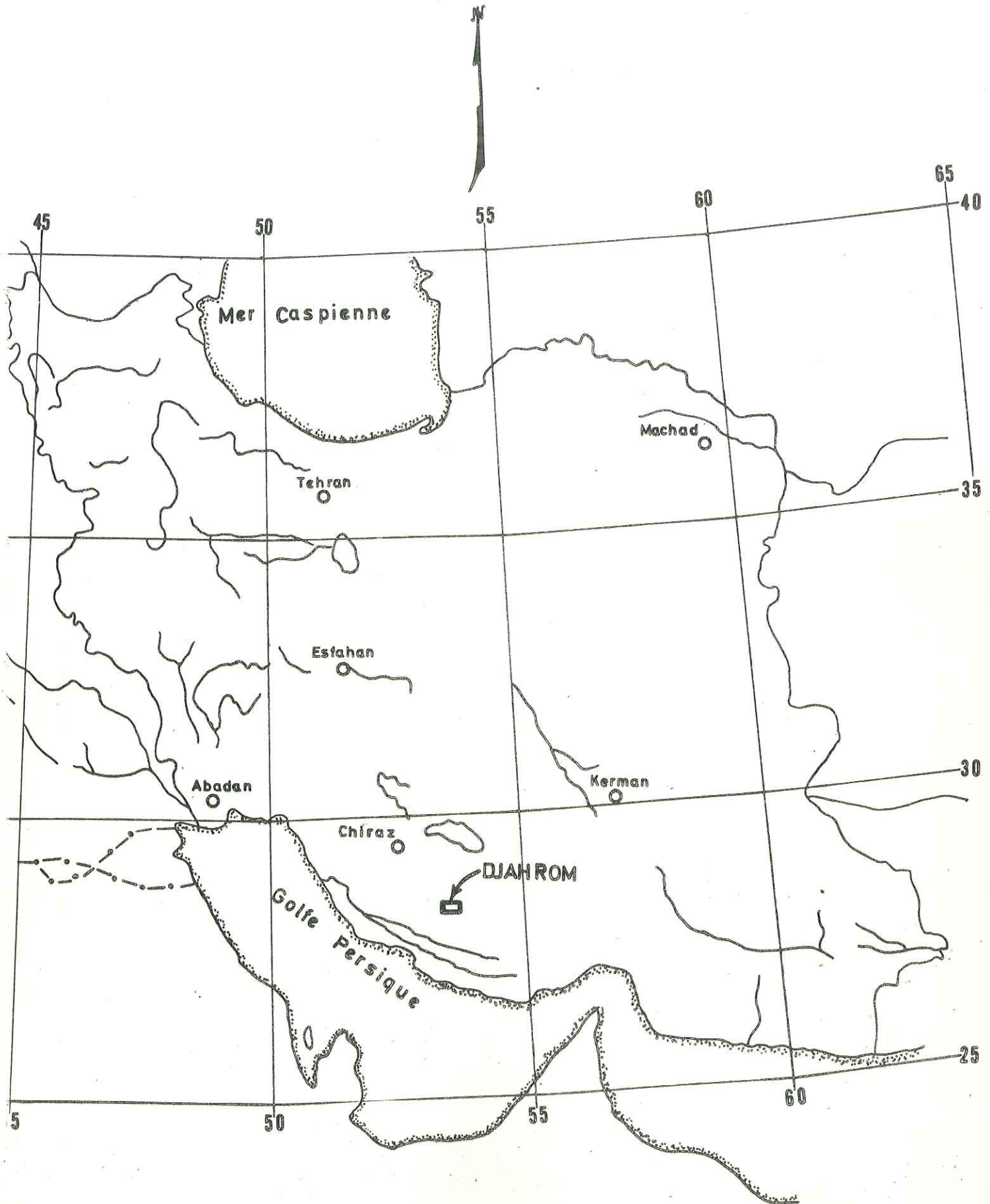
2. LE CLIMAT

2.1. Généralités

En raison des caractéristiques de température, de pluviométrie, de vitesse du vent et d'évaporation potentielle, le climat de la plaine de Djahrom peut être qualifié de climat continental, avec des périodes de grandes chaleurs et de sécheresse allant d'avril à octobre, et des périodes froides, entre décembre et mars, comprenant de courtes et fortes précipitations. Il neige seulement au sommet des montagnes.

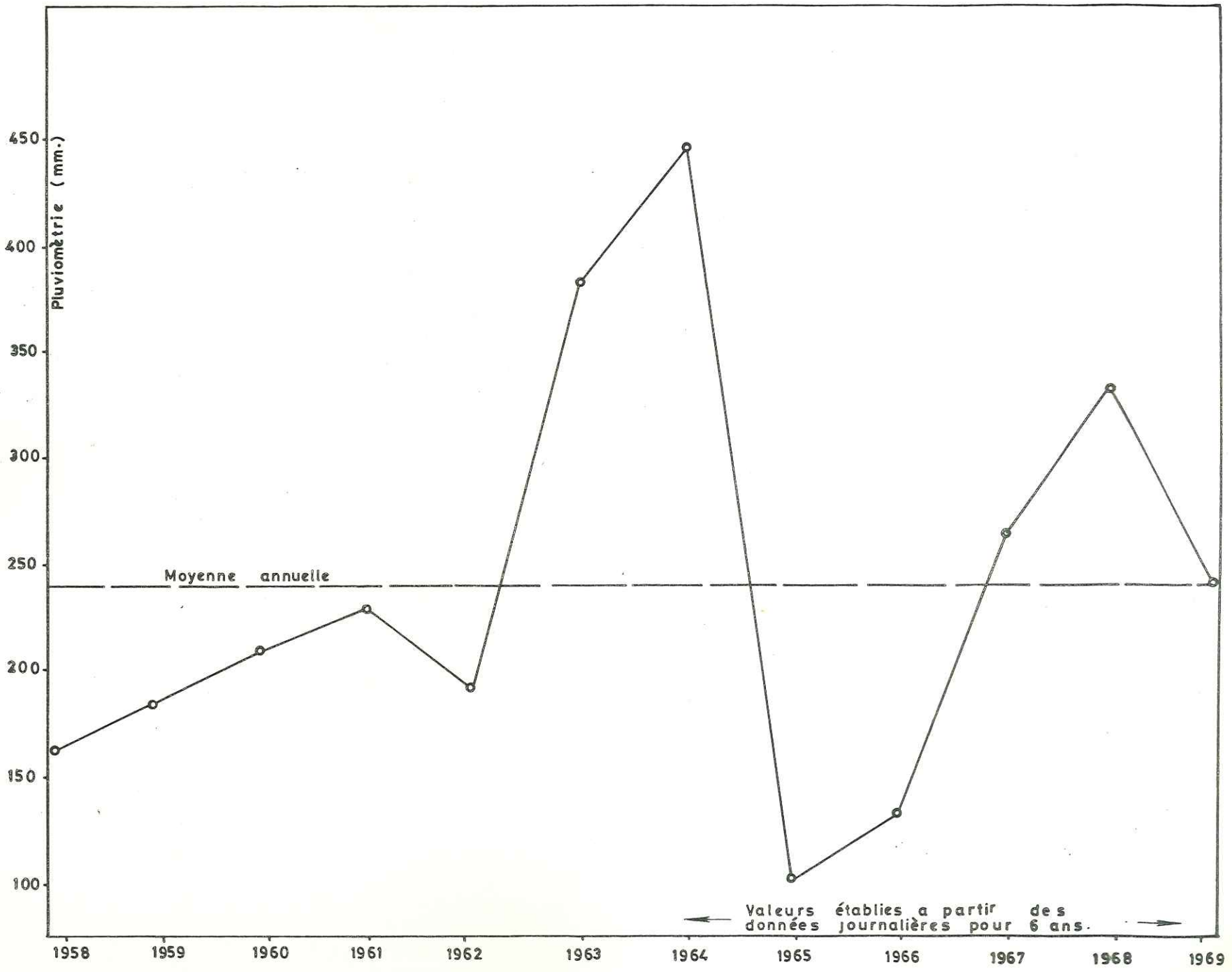
2.2. Pluviométrie

Il y a deux stations pluviométrie à Djahrom. La première est située à 985 m d'altitude à 28°37' de latitude et 57°46' de longitude. La deuxième, distante de la première de 6 km, est à 1100 m d'altitude.



SITUATION
GEOGRAPHIQUE

Figure 1

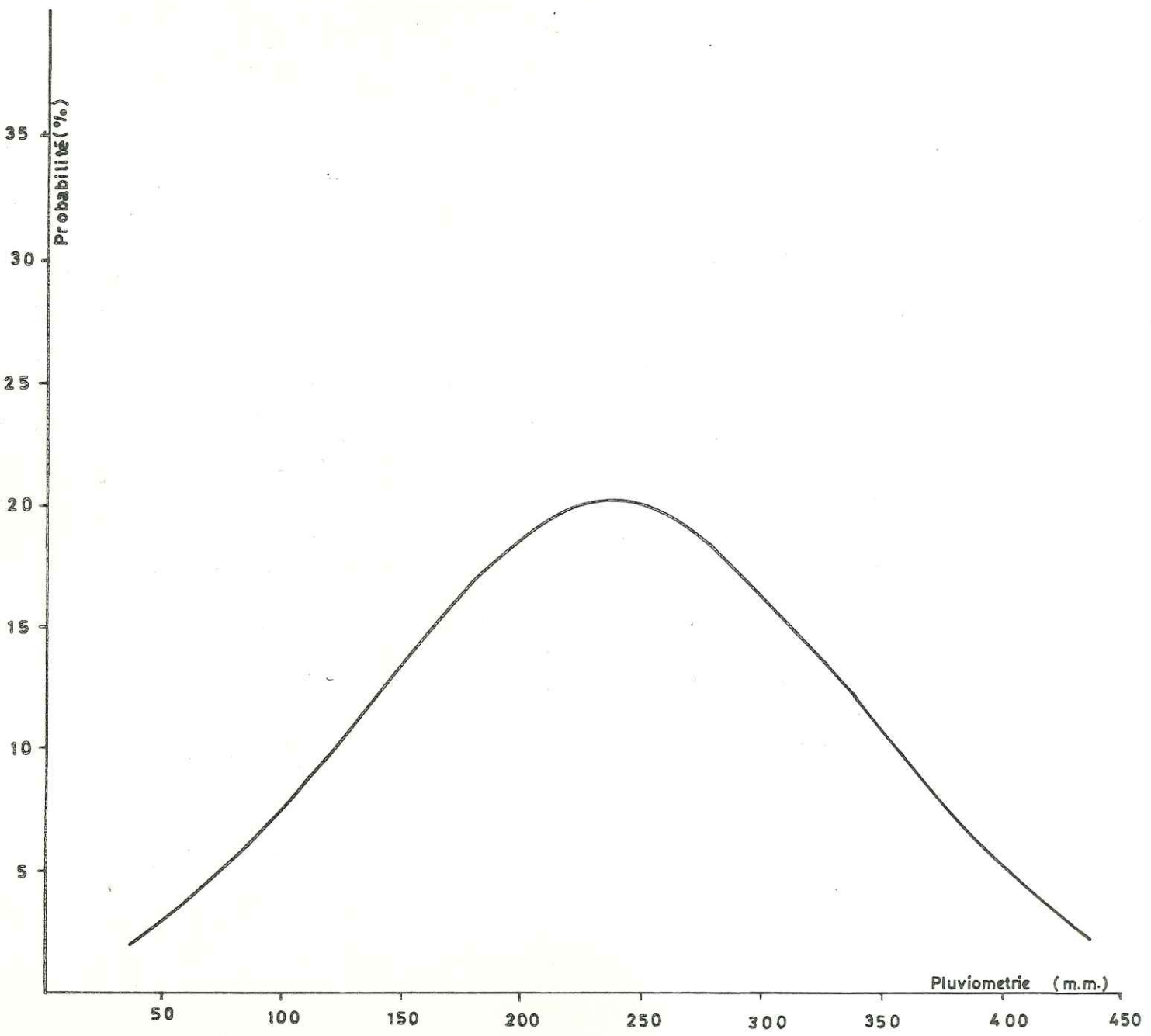


PLUVIOMETRIE
 ANNUELLE
 Figure 2

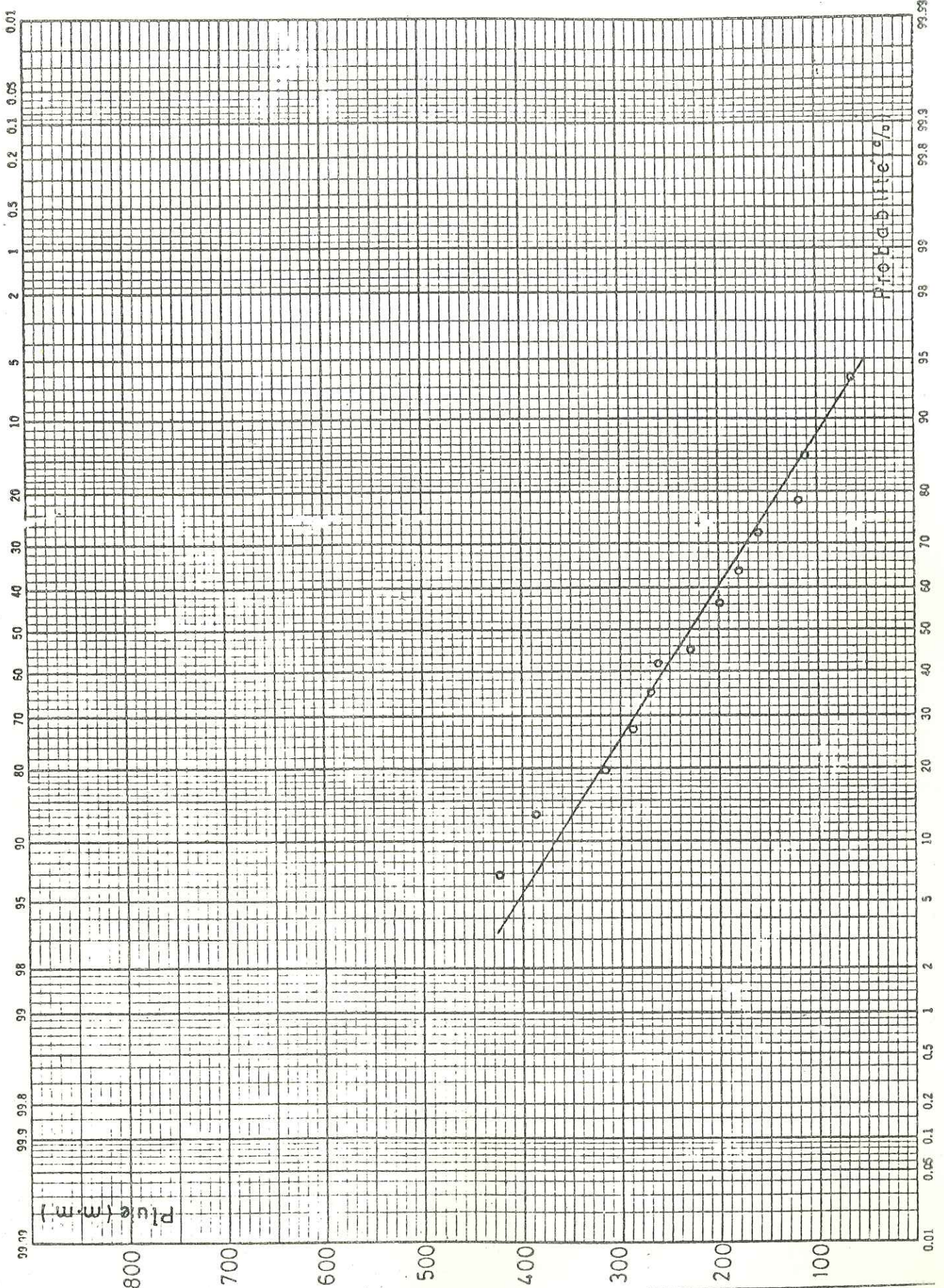
Fréquence des pluies

Tableau I

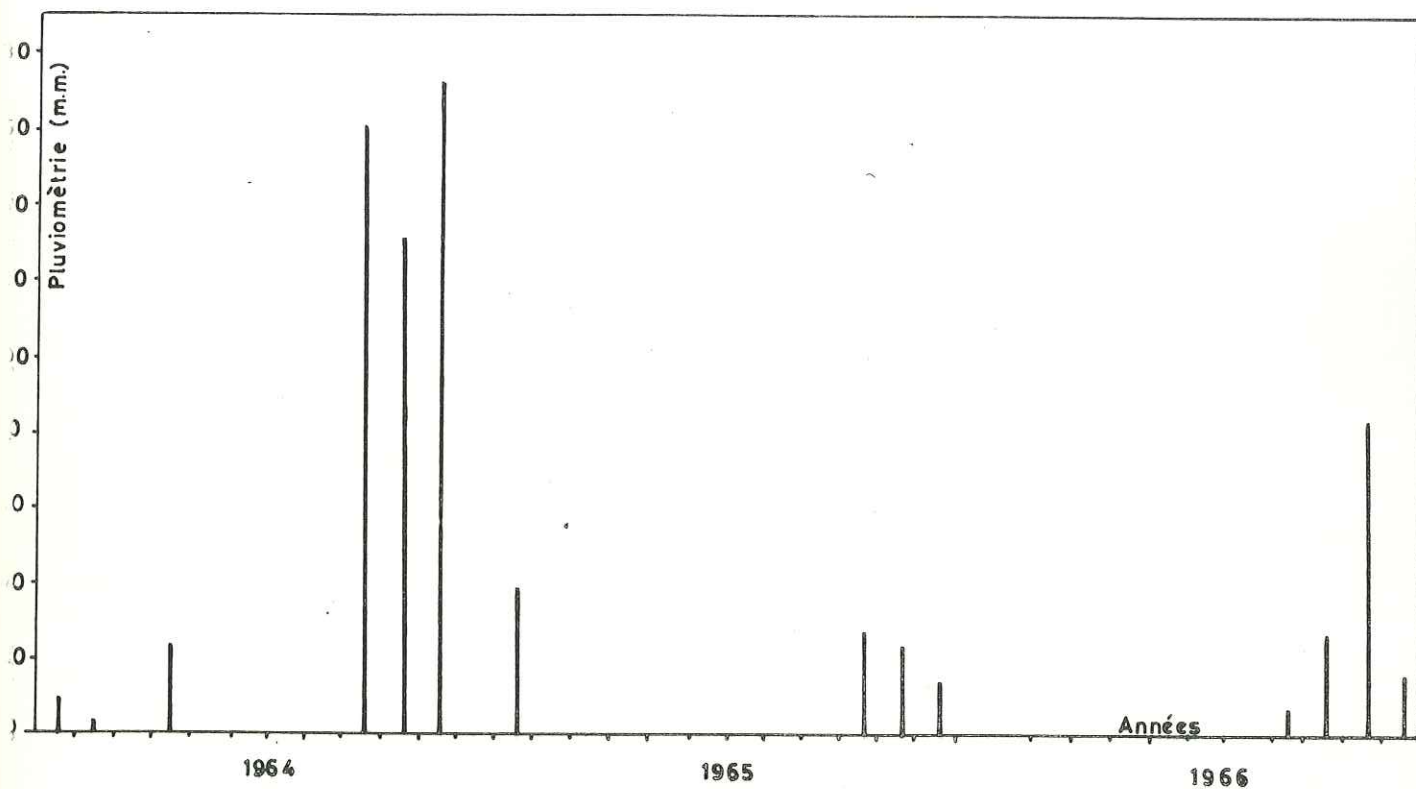
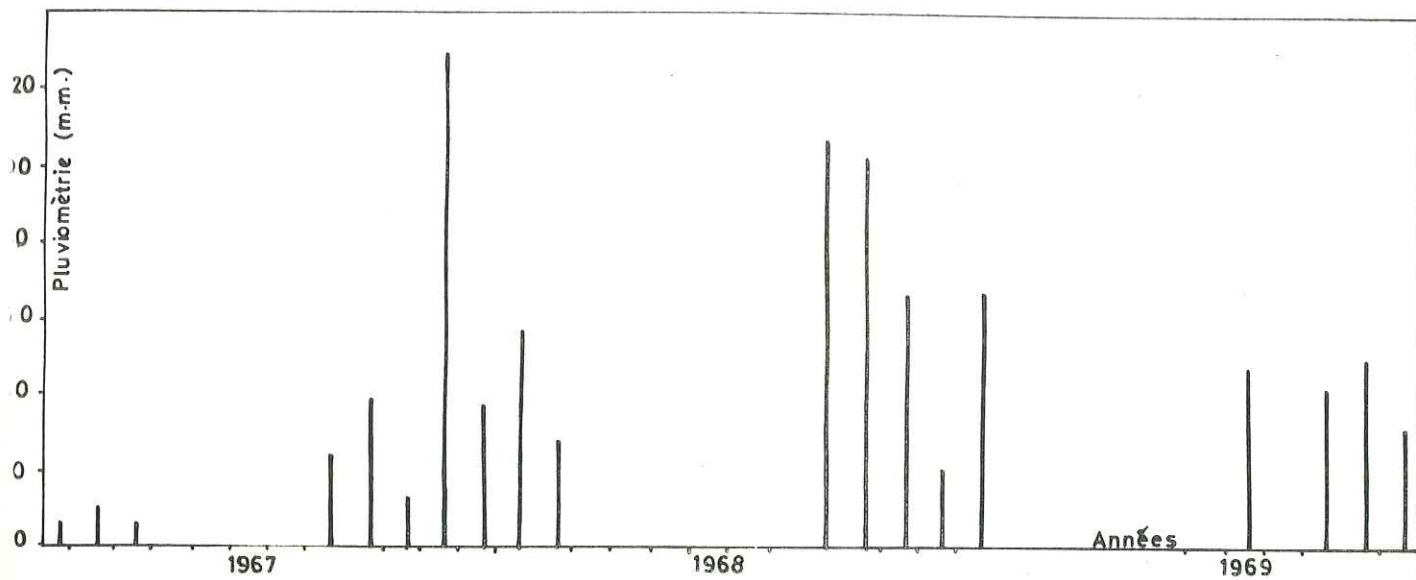
Année	Pluviosité	Pluviosité classée	Fréquence	N°
1956	314	423	7	1
1957	423	387	14	2
1958	110	314	21	3
1959	260	289	28	4
1960	180	269	35	5
1961	166	260	42	6
1962	213	226	50	7
1963	122	203	57	8
1964	387	180	64	9
1965	289	166	71	10
1966	71	122	78	11
1967	269	110	86	12
1968	226	71	93	13



PROBABILITE DES
PRECIPITATIONS ANNUELLE
Figure 3



PROBABILITÉ
DES PRECIPITATION
Figure 4



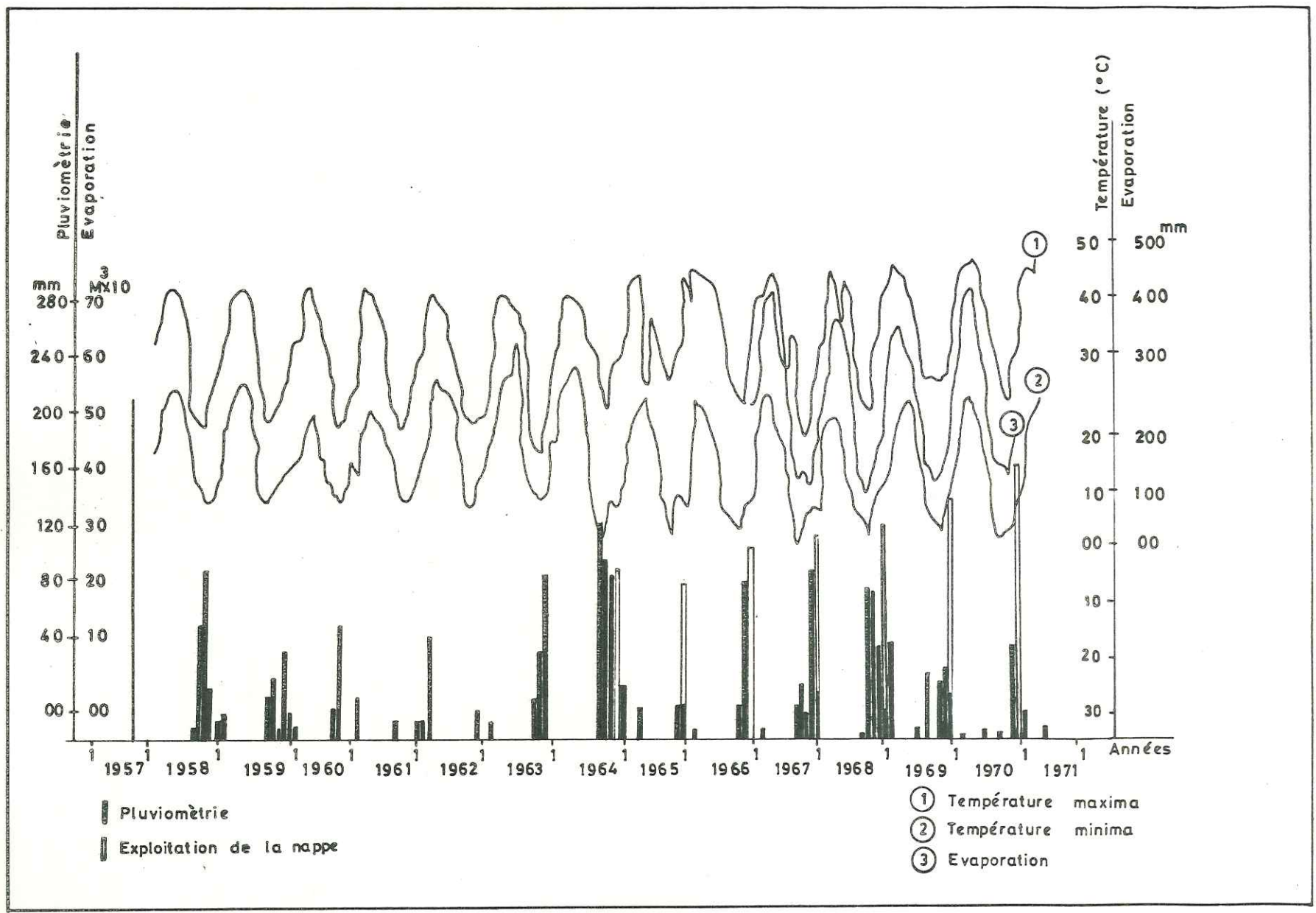
PLUVIOMETRIE
MENSUELLE
Figure 5

Principales averses entre 1958 et 1967

Tableau 2

Années Mois	1958		1959		1960		1961		1962		1963		1964		1965		1966		1967		
	jour	mm	jour	mm	jour	mm	jour	mm	jour	mm	jour	mm	jour	mm	jour	mm	jour	mm	jour	mm	
Janvier			16	90,0	9	24,0	5	14,0	23	12,0			4	8,0	10	51,0			4	25,5	
			17	30,0	10	7,0	13	18,0					5	15,0	11	52,0					
			21	16,0	11	10,0	14	32,0					6	8,5	14	8,5					
			22	41,0	27	7,0	18	15,0					16	7,0	20	16,0					
			23	10,0									19	11,5	26	49,0					
Février			25	10,0					28	12,0	6	8,0	6	14,0							
										10	12,0	12	20,0	1	12,5	13	23,0			1	38,0
												13	54,0	2	13,0					6	13,0
												15	28,0							15	38,0
																				16	8,0
Mars					3	12,0					28	12,0	13	18,0	3	9,0	3	6,5			
					4	6,0								6	21,0	9	15,0				
					5	45,0								22	8,0	22	8,5			18	17,5
Avril			1	19,0	8	30,0	6	11,0	18	23,0											
					19	11,0	8	18,0	19	11,0											
									20	50,0											
									21	34,0											
									22	15,0											
									23	16,0											
Mai									28	8,0											
Juin																					
Juillet														21	17,0						
Août																					
Septembre																					
Octobre																					
Novembre	16	6,4	29	31,0			11	13,0			22	29,0								16	8,5
											26	7,0								19	15,5
Décembre	3	25,9			28	20,0					1	6,0	13	12,5						7	17,5
	4	48,0											14	44,5						9	21,0
	5	9,0											15	38,0							
														16	44,0						
														17	17,0						

VARIATION DES TEM-
PERATURES ET
EVAPORATION
Figure 6



La figure 2 montre l'évolution de la moyenne annuelle pluviométrique au cours des 13 dernières années. Cette moyenne est de 243 mm par an mais présente de fortes fluctuations. Les relevés journaliers de ces deux stations pendant 13 ans, de 1956 à 1968, dénotent une distribution gaussienne de la pluie. Le tableau 1 montre la fréquence annuelle et les figures 3 et 4 la probabilité des précipitations.

La figure 5 montre la répartition mensuelle des pluies et fait ressortir la très inégale pluviosité au cours de chaque année ainsi que la forte intensité des principales averses (Tableau 2).

2.3. Température

Dans les deux stations de mesures, les relevés journaliers de la température pendant les sept dernières années font ressortir un maximum de 44°C entre juin et juillet et un minimum de -4°C entre novembre et décembre.

La figure 6 montre les variations des températures journalières et mensuelles, alors que les températures moyennes mensuelles et annuelles sont reportées sur le tableau 3.

2.4. Humidité

L'humidité relative, mesurée aux deux stations, varie de 25 % à 80 % (tableaux 4 et 5).

2.5. Evaporation

Des mesures de l'évaporation ont été faites avec deux bacs Colorado, implantés dans les 2 stations météorologiques, pour les années 1965, 1966 et 1967. Les résultats sont portés dans le tableau 6. La figure 6 présente l'évaporation mensuelle des treize dernières années. L'évaporation maxima serait de 405 mm entre juin et juillet tandis que le minimum de 40 mm se situerait entre novembre et décembre.

Températures Moyennes - Mensuelles et Annuelles de 1960 à 1967

Tableau 3

Année Mois	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	Moyenne mensuelle
Janvier	10,5	8,9	6,0	9,1	6,0	8,5	16,1	9,4	9,3
Février	13,9	14,8	13,3	12,2	10,8	12,4	12,5	10,8	12,6
Mars	13,9	15,9	16,9	13,5	15,4	16,2	12,1	14,2	14,7
Avril	19,0	17,6	19,0	20,5	18,9	17,0	19,4	18,3	18,7
Mai	24,7	25,4	25,3	21,7	25,7	26,4	27,0	26,2	25,3
Juin	29,1	29,1	29,1	29,8	29,9	29,4	30,7	29,5	29,6
Juillet	32,5	32,0	30,8	31,1	32,7	31,2	32,0	33,3	31,9
Août	30,7	30,1	28,9	30,8	31,6	30,3	31,9	32,9	30,9
Septembre	27,0	27,8	25,2	26,1	28,2	27,8	27,7	28,2	27,2
Octobre	20,7	20,0	21,0	20,9	19,9	23,0	23,6	23,4	21,6
Novembre	--*	12,9	13,8	14,5	14,5	14,1	15,1	15,2	14,3
Décembre	9,0	10,6	8,2	8,8	7,6	10,5	11,0	8,9	9,3
Moyenne annuelle	21,0	20,4	18,3	19,8	20,1	31,3	21,5	20,8	

* Pas de données.

Humidité relative en 1970-71 (Stat. météo.Djahrom)

Tableau 4

Date	Année 1970			Année 1971				
	Janv.	Févr.	Mars	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
1		0,54	0,37	62,6	61,0	55,2	50,7	28,0
2		0,48	0,33	62,7	65,1	89,6	54,9	34,5
3		0,42	0,34	43,0	76,0	71,3	33,6	30,5
4		0,46	0,32	75,1	64,5	51,0	30,3	45,5
5		0,40	0,33	67,8	64,1	61,1	40,6	36,0
6		0,48	0,42	57,8	81,8	53,3	61,5	31,5
7		0,49	0,22	71,1	63,0	77,0	59,6	22,8
8		0,71	0,30	60,5	83,0	66,5	67,8	28,1
9		0,53	0,44	64,3	76,0	64,0	54,2	29,3
10		0,54	0,45	48,1	78,5	54,8	52,0	28,5
11		0,46	0,33	50,5	60,9	62,0	42,4	28,5
12		0,46	0,36	55,9	51,3	56,7	21,3	25,1
13		0,46	0,33	67,3	52,0	59,1	77,6	31,3
14		0,64	0,35	67,5	46,1	67,0	50,0	23,8
15		0,68	0,33	81,8	47,8	78,1	40,9	28,0
16		0,60	0,37	62,0	44,3	76,7	45,5	39,5
17		0,55	0,32	72,1	50,3	70,1	46,0	32,0
18		0,53	0,34	77,7	95,6	91,5	30,0	30,0
19		0,51	0,33	64,3	47,8	79,0	57,2	30,0
20		0,45	0,37	72,4	62,0	62,8	25,5	34,1
21	0,50	0,46	-	68,5	56,6	20,0	40,3	35,5
22	0,46	0,38	-	67,1	56,8	31,9	29,2	24,0
23	0,70	0,45	-	67,5	77,1	29,8	30,1	29,5
24	0,47	0,32	-	45,6	72,3	39,0	15,8	28,0
25	0,48	0,39	-	72,3	62,1	36,5	17,0	15,4
26	0,44	0,45	-	86,3	55,1	32,0	33,0	24,0
27	0,45	0,35	-	94,6	56,5	29,3	34,0	35,2
28	0,51	0,39	-	65,7	54,3	33,6	37,0	23,4
29	0,59	-	-	65,5	-	35,9	35,5	36,9
30	0,64	-	-	49,6	-	26,0	32,0	37,0
31	0,53	-	-	59,7	-	30,5	-	32,3
Tot.	5,77	13,58	6,95	2 026,9	1 761,9	1 691,3	1 245,0	937,7
moy. ann.	0,52	0,49	0,35	65,38	62,92	54,55	41,50	30,24

Humidité relative en 1970-71 (Stat. météo.Djahrom)

Tableau 5

Date	Année 1971 (suite)						
	Juin	Juil.	Août	Sept.	Octobr.	Novemb.	Décemb.
1	25,0	23,0	25,3	35,6	25,0	38,0	43,3
2	27,7	24,0	27,6	31,6	26,4	36,1	43,2
3	16,8	23,0	26,6	28,3	27,1	32,5	43,0
4	9,6	25,9	28,1	30,3	29,0	41,0	35,4
5	17,3	23,7	26,3	29,6	22,5	37,7	34,6
6	19,3	22,5	28,1	30,0	27,1	20,0	35,6
7	17,0	40,0	30,5	28,0	28,9	40,1	45,3
8	26,6	33,1	26,0	38,3	31,5	58,1	38,0
9	16,6	26,3	27,2	38,3	32,5	61,6	48,3
10	12,3	30,3	33,0	20,0	27,8	71,3	42,5
11	17,0	23,9	33,1	14,0	37,1	64,0	40,1
12	19,0	27,0	21,4	18,3	33,1	59,3	40,0
13	26,8	24,7	30,0	21,0	35,0	54,0	36,4
14	26,0	23,5	33,7	30,6	32,0	41,2	34,2
15	21,5	21,4	30,3	23,3	35,0	47,3	37,1
16	24,5	24,5	27,5	25,6	32,0	53,0	71,7
17	25,1	25,4	30,8	27,0	30,0	44,5	79,5
18	26,6	32,2	17,1	23,6	32,0	54,5	80,3
19	25,6	22,1	26,6	23,6	35,0	54,5	53,0
20	27,1	26,3	27,6	24,0	26,0	68,5	53,5
21	19,8	21,0	27,4	25,6	25,5	54,1	53,8
22	38,0	19,5	37,8	21,6	33,5	49,1	63,8
23	23,7	24,3	29,0	26,1	36,3	49,1	65,8
24	38,9	29,3	33,3	21,5	34,6	43,3	54,6
25	34,2	42,6	35,0	23,5	36,6	49,0	60,7
26	35,0	26,1	30,6	32,0	34,1	48,6	67,1
27	23,0	23,5	31,6	30,7	36,1	47,3	71,8
28	25,0	26,5	34,3	32,1	41,6	51,3	83,0
29	31,8	31,5	27,3	29,2	41,0	40,5	63,3
30	42,1	27,8	25,6	23,8	36,3	40,0	75,0
31	-	25,2	31,0	-	31,6	-	69,3
Tot.	733,9	820,1	899,7	807,1	992,2	1 449,5	1 663,2
moy. ann.	24,46	26,45	29,02	26,90	32,01	48,31	53,65

Evaporation (Mesurée sur Bac Colorado)

Tableau 6

Mois \ Année	1965 mm	1966 mm	1967 mm
23 Sept - 22 Oct.	247,0	249,0	206,0
23 Oct - 21 Nov.	180,5	119,5	138,0
22 Nov - 21 Déc.	110,0	73,0	82,5
22 Déc - 20 Janv.	86,5	82,5	40,5
21 Janv - 19 Fév.	91,6	103,0	66,7
20 Fév - 20 Mars	133,5	113,0	118,0
21 Mars - 20 Avr.	199,0	177,0	140,0
21 Avr - 21 Mai	268,5	222,5	251,0
22 Mai - 21 Juin	371,0	328,0	309,0
22 Juin - 22 Juil.	405,5	468,0 (?)	330,0
23 Juil - 22 Août	364,5	360,0	329,0
23 Août - 22 Sept.	323,0	309,0	248,0
Evaporation annuelle	2 780,6	2 604,5	2 258,7

2.6. Evapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle a été calculée mois par mois à l'aide des formules de :

- THORNTHWAITE

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$$

où i = indice d'évaporation mensuelle,
 t = température moyenne du mois considéré en C°

La formule simplifiée de Thornthwaite s'exprime sous la forme :

$$i = 0,09 \cdot T^{1,5}$$

Les résultats, pour les années 1964 et 1967, sont contenus dans les tableaux 7 et 8.

- BLANEY et CRIDDLE

$$C_u = K_c \cdot K_t \cdot \frac{P \cdot T}{100}$$

où C_u = évapotranspiration exprimée en "inch"
 T = température moyenne mensuelle en F°
 P = durée d'ensoleillement mensuelle en heures
 K_t = coefficient de climat ($K_t = 0,0173 t - 0,314$)
 K_c = coefficient de croissance.

Les résultats, pour les années 1964 et 1967, sont contenus dans les tableaux 7 et 8

- CHRISTIANSEN

$$ETP = 0,755 Ev \cdot C$$

où

$$C = CT \cdot CW \cdot CH \cdot CS$$

Dans cette dernière :

Evapotranspiration (Thorntwaite - Blaney et Criddle)

Année 1964

Tableau 7

Mois	T	HR	TAU	HJR	ETP en mm	
					Thorntwaite	Blaney et Criddle
23 Sept - 22 Oct.	28,2	0,2	9,8	8,3	156,52	105,06
23 Oct - 21 Nov.	19,3	0,3	10,1	8,0	69,12	82,69
22 Nov - 21 Déc.	14,5	0,4	9,4	7,3	32,91	64,64
22 Déc - 20 Janv.	7,6	0,5	6,7	7,3	7,24	51,17
21 Janv - 19 Fév.	6,3	0,5	5,6	7,4	4,16	48,27
20 Fév - 20 Mars	10,8	0,4	6,9	7,1	16,49	55,58
21 Mars - 20 Avr.	15,4	0,3	7,0	8,4	37,90	76,27
21 Avr - 21 Mai	18,9	0,2	7,6	8,7	61,25	87,23
22 Mai - 21 Juin	25,7	0,1	8,4	8,4	125,91	112,11
22 Juin - 22 Juil.	29,8	0,1	9,2	9,3	179,55	121,90
23 Juil - 22 Août	32,7	0,1	8,1	9,5	221,48	132,24
23 Août - 22 Sept.	31,6	0,1	8,8	9,1	204,41	123,40
Evapotranspiration annuelle					1 116,94	1 060,56

T = Température moyenne mensuelle (degré Celsius)

HR = Humidité relative

TAU = Demi-amplitude des variations extrêmes de T

HJR = Pourcentage de la durée du jour

Evapotranspiration (Thornthwaite - Blaney et Criddle)

Année 1967

Tableau 8

Mois	T	HR	TAU	HJR	ETP en mm	
					Thornthwaite	Blaney et Criddle
23 Sept - 22 Oct.	28,2	0,2	8,5	8,3	157,99	105,06
23 Oct - 21 Nov.	23,4	0,3	9,2	8,0	99,65	90,37
22 Nov - 21 Déc.	15,2	0,4	7,4	7,3	34,33	66,04
22 Déc - 20 Janv.	8,9	0,5	7,6	7,3	9,15	53,79
21 Janv - 19 Fév.	9,4	0,5	7,5	7,4	10,47	55,17
20 Fév - 20 Mars	10,8	0,4	6,4	7,1	14,76	55,58
21 Mars - 20 Avr.	14,2	0,3	6,8	8,4	29,02	73,51
21 Avr - 21 Mai	18,3	0,2	6,5	8,7	54,29	85,81
22 Mai - 21 Juin	26,2	0,1	8,0	9,4	131,74	113,40
22 Juin - 22 Juil.	29,5	0,1	9,2	9,3	176,59	120,87
23 Juil - 22 Août	33,3	0,1	7,9	9,6	238,21	133,81
23 Août - 22 Sept.	32,9	0,1	7,6	9,1	231,20	126,65
Evapotranspiration annuelle					1 187,40	1 080,06

T = Température moyenne mensuelle (degré Celsius)

HR = Humidité relative

TAU = Demi-amplitude des variations extrêmes de T

HJR = Pourcentage de la durée du jour

- CT est le coefficient de température et il s'exprime sous la forme :

$$CT = 0,0862 + 0,179 \cdot \frac{T_c}{20} - 0,041 \cdot \left(\frac{T_c}{20}\right)^2$$

- CW est le coefficient de vitesse du vent exprimé par la formule ci-après :

$$CW = 1,189 - 0,24 \cdot \frac{W}{W_0} - 0,051 \cdot \frac{W}{W_0}$$

où W = vitesse du vent prise à 2 m au-dessus du sol est exprimée en km/h

$$W_0 = 6,7 \text{ km/h}$$

- CH est le coefficient d'humidité selon la relation ci-dessous :

$$CH = 0,499 + 0,620 \cdot \frac{HM}{0,60} - 0,119 \cdot \left(\frac{HM}{0,60}\right)^2$$

où HM = humidité relative.

- CS est le coefficient de rayonnement solaire, se calculant de la manière suivante :

$$CS = 0,904 + 0,088 \cdot \frac{S}{0,80} + 0,088 \cdot \left(\frac{S}{0,80}\right)^2$$

Après l'application de la relation ci-dessus, on constate que CS est très voisin de l'unité.

Dans les calculs, c'est donc "1" qui a été pris comme coefficient de rayonnement solaire.

Pour l'année 1975, l'évapotranspiration potentielle a été calculée à l'aide des formules des Blaney et Criddle et de Christiansen. Les résultats sont contenus dans les tableaux 9 et 10. Pour la même année, l'évaporation a été mesurée avec un bac Colorado (Tableau 11).

Les résultats obtenus par l'une ou l'autre méthode sont très voisins, comme on peut le constater en comparant les tableaux 9 - 10 et 11.

Evapotranspiration (Formule de Blaney et Criddle)

Année 1975

Tableau 9

Mois	Temp. moy. mensuelle	P	$\frac{PT}{100}$	Kt	Kc	K	ETP (mm)
23 Sept - 22 Oct.	72,73	9,11	5,90	0,94	0,60	0,56	83,20
23 Oct - 21 Nov.	54,27	7,51	4,08	0,62	0,55	0,34	34,00
22 Nov - 21 Déc.	52,21	7,26	3,79	0,59	0,49	0,29	27,40
22 Déc - 20 Janv.	47,78	7,25	3,51	0,51	0,43	0,22	19,20
21 Janv - 19 Fév.	48,93	7,17	3,46	0,53	0,43	0,23	19,90
20 Fév - 20 Mars	56,32	7,94	4,47	0,66	0,45	0,30	33,20
21 Mars - 20 Avr.	62,42	8,56	5,35	0,80	0,50	0,40	53,50
21 Avr - 21 Mai	73,52	9,19	6,76	0,95	0,78	0,63	125,00
22 Mai - 21 Juin	83,25	9,40	7,83	1,12	0,90	1,01	197,30
22 Juin - 22 Juil.	88,61	9,51	8,43	1,21	0,95	1,14	242,30
23 Juil - 22 Août	88,47	9,29	8,22	1,21	0,96	1,16	238,70
23 Août - 22 Sept.	81,80	8,59	7,03	1,10	0,84	0,92	162,40
Evapotranspiration annuelle							1 236,10

Evapotranspiration (Formule de Christiansen)

Année 1975

Tableau 10

Mois	CT	CH	CW	EV	ETP (mm)
23 Sept - 22 Oct.	1,012	0,732	1,151	206,8	133,1
23 Oct - 21 Nov.	0,985	0,745	1,150	129,3	82,4
22 Nov - 21 Déc.	0,950	0,10	1,149	84,3	63,2
22 Déc - 20 Janv.	0,934	1,060	1,150	61,7	52,9
21 Janv - 19 Fév.	0,937	1,010	1,149	80,6	66,2
20 Fév - 20 Mars	0,964	0,950	1,143	125,5	99,2
21 Mars - 20 Avr.	0,984	0,859	1,144	171,2	128,8
21 Avr - 21 Mai	1,013	0,779	1,140	245,3	166,6
22 Mai - 21 Juin	1,034	0,696	1,144	323,2	207,2
22 Juin - 22 Juil.	1,042	0,692	1,144	366,9	228,5
23 Juil - 22 Août	1,042	0,692	1,146	330,8	206,4
23 Août - 22 Sept.	1,030	0,700	1,148	282,4	176,5
Evapotranspiration annuelle				2 408,0	1 611,0

Evaporation moyenne mensuelle (mesurée sur bac Colorado)

Année 1975

Tableau 11

Mois	Evaporation (mm)
23 Septembre - 22 Octobre	206,8
23 Octobre - 21 Novembre	129,3
22 Novembre - 21 Décembre	84,3
22 Décembre - 20 Janvier	61,7
21 Janvier - 19 Février	80,6
20 Février - 20 Mars	125,5
21 Mars - 20 Avril	171,2
21 Avril - 21 Mai	245,3
22 Mai - 21 Juin	323,2
22 Juin - 22 Juillet	366,9
23 Juillet - 22 Août	330,8
23 Août - 22 Septembre	282,4
Evaporation annuelle	2 408,0

L'évaporation potentielle calculée par les diverses formules, de même que les valeurs de l'évaporation mesurée sur bac Colorado, sont certainement supérieures à l'évaporation ou à l'évapotranspiration réelle, quand on a affaire à des secteurs qui ne reçoivent que les seuls apports des précipitations, la nappe phréatique se trouvant à plus de 10 mètres de profondeur.

Evapotranspiration réelle

Il est possible en utilisant les formules statistiques de L. Turc et Contagne de connaître l'évapotranspiration réelle ou le déficit d'écoulement annuel car ces formules font intervenir la pluviométrie moyenne annuelle et la température moyenne annuelle de l'air.

Formule de L. Turc

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0.9 + L^2/P^2}}$$

$$\text{avec } L = 300 + 25 t + 0,05 t^3$$

Si $P = 243$ et $t = 20$, $E = 250$ mm.

Formule de Coutagne

$$D = P - \lambda P^2$$

$$\text{avec } \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.1 ht}$$

$D = 227$ mm.

On constate donc que pour les zones non irriguées, la valeur de l'évapotranspiration réelle est sensiblement égale à celle des précipitations.

Dans la région de Djahrom on a à la fois des zones irriguées et des zones non irriguées qui ne reçoivent que les seules précipitations: la valeur de l'évapotranspiration se situe donc entre les 2 valeurs extrêmes représentées par l'évapotranspiration potentielle et la pluviométrie. Dans les zones irriguées, une part de la quantité d'eau retournera en principe vers la nappe si les apports dépassent les valeurs de l'évapotranspiration potentielle.

L'expérience acquise dans les champs d'essais pilotes de la région conduit à estimer qu'en moyenne l'évapotranspiration réelle représente 0,7 à 0,8 fois la valeur de celle mesurée sur bac Colorado soit = 1 870 mm.

Il existe donc une certaine incertitude sur la valeur exacte de l'évapotranspiration sur l'ensemble de la région. Il paraît souhaitable d'étudier cette donnée par secteur, en tenant compte aussi des apports qui peuvent encore y exister. Cette démarche est très délicate mais les ajustements successifs du modèle mathématique, qui comporte des mailles correspondant aux différents secteurs de la plaine, permettront de mieux cerner la réalité.

3. LA GEOLOGIE

3.1. Généralités

La dépression de Djahrom est située au droit d'un enlèvement de l'axe anticlinal WNW - ESE de la chaîne du Kuh-e-Alborz, sur le bas du flanc NE fortement ondulé de cet anticlinal qui va constituer le synclorium de la chaîne du Kuh-e-Talkhab (Annexe A1 et A2).

Les alluvions récentes, d'épaisseur variable, peuvent atteindre 120 m vers le cône de déjection de Mohammad Abad. Elles recouvrent fréquemment les conglomérats Bakhtiari et les formations plus anciennes des calcaires Asmari.

Le substratum de la région est principalement formé par des calcaires du Crétacé supérieur, du Paléocène, de l'Eocène et par des formations de l'Oligocène. Ce substratum constitue l'ossature du Kuh-e-Alborz et le cœur de l'anticlinal du Kuh-e-Chohada en limite Ouest de la plaine de Djahrom.

3.2. Stratigraphie

3.2.1. Jurassique Crétacé

Les plus anciens sédiments de la région sont du Crétacé supérieur. Cette étude s'étendant sur une région plus vaste que la zone de Djahrom proprement dite, on rencontre les différents groupes ou formations suivantes :

- groupe de KHAMI : ce groupe correspond au Jurassique Crétacé inférieur ; il se compose des formations de SOURMEH, FAHLIAN et DAERIAN. On le retrouve à environ 12 km au Sud-Est de Djahrom. Il est constitué de calcaires et de calcaires dolomitiques.
- groupe de BANGESTAN : ce groupe correspond aux étages ALBIEN - CENOMANIEN ; on y trouve les formations de KAJDOMI et SARVAK. Les formations de Kajdomi, d'une épaisseur de 150 m, sont constituées de calcaires sombres avec argiles et schistes. Quant aux formations de Sarvak (Cenomanien), d'une épaisseur de 240 m, elles sont constituées de calcaires gris sombres ainsi que de marnes.

- formation GURPI : cette formation correspond aux étages Cenomaniens supérieurs : MAESTRICHTIEN. Elle est constituée de marnes sombres avec peu de calcaires argileux, sur une épaisseur de 200 m.
- formation TARBOUR : cette formation correspond aux étages MAESTRICHTIENS du Paléocène. Elle est constituée de calcaires argileux et de gypses sifer dolomiés, sur une épaisseur de 180 m.

3.2.2. Tertiaire

Selon la lithologie, les sédiments tertiaires se divisent en deux groupes : les calcaires et les sédiments détritiques et évaporitiques.

3.2.2.1. Les calcaires (formation de Djahrom)

Les calcaires se distribuent du Paléocène au Miocène. Ils sont en couches très épaisses et de caractéristiques très différentes.

Dans les zones pétrolifères, les calcaires oligo-miocènes sont constitués par la formation Asmari. Dans la région étudiée, ils sont les plus épais à Kuh-e-Chohada tandis qu'à Kuh-e-Alborz, ils diminuent très sensiblement de puissance. Les foraminifères sont les fossiles type de ces formations (calcaires numulitiques).

3.2.2.2. Les sédiments détritiques et évaporitiques

Les calcaires Asmari sont recouverts par des sédiments détritiques et évaporitiques, tels que des marnes et des grès. Du point de vue pétrographique, on peut diviser ces sédiments en FARS inférieur, moyen et supérieur, qui constituent respectivement les formations de GATCHSARAN, MICHAN et AGHADJARI :

- la formation de GATCHSARAN (Fars inférieur) de la région étudiée a un faciès évaporitique. Elle est constituée par des marnes de couleurs différentes et des couches minces de gypse intercalées de grès.
- la formation de MICHAN (Fars moyen) est peu répandue à Djahrom. Elle est formée de marnes et de couches de calcaires fossilifères.
- la formation AGHADJARI (Fars supérieur) est représentée par des grès et des conglomérats.

Les sédiments détritiques de Djahrom, principalement les conglomérats Bakhtiari, ont des faciès caractéristiques. Ils sont constitués par des éléments de calcaires, de marnes et de silice et se trouvent surtout à l'Est de Djahrom et dans le lit de la rivière Tchatiz. Des sédiments plus récents les recouvrent en discordance dans la dépression de Djahrom.

3.2.3. Quaternaire

En général, on distingue trois sortes d'alluvions :

3.2.3.1. Les alluvions anciennes (série C)

Ces alluvions sont très répandues à l'Est et au Sud de Djahrom, où elles affleurent sur 15 km². Elles se trouvent aussi sur le piémont de Kuh-e-Alborz, où elles constituent les cônes anciens de déjection. Les éléments de ces alluvions sont des graviers, des sables et des argiles, ces dernières représentant parfois 30 à 50 % de l'ensemble. L'épaisseur maximum de cette série C est de 55 m au Sud de Djahrom et de 65 m à l'Est de la ville. D'après les puits forés au Sud de Djahrom et au pied de Kuh-e-Alborz, la série repose directement sur les calcaires Asmari.

3.2.3.2. Les alluvions récentes (série D)

On les trouve dans les lits des rivières et à l'Est de Djahrom. Elles sont peu argileuses (20 % d'argile) et renferment surtout des graviers et des sables. Elles reposent le plus souvent sur les alluvions de la série C.

3.2.3.3. Les alluvions sub-actuelles

Elles s'étalent sur 20 km² au centre et Nord de la plaine. Ce sont surtout des sables fins et des argiles. Près de Tal-e-Sahebi, elles sont représentées par des argiles marneuses de couleur jaune et rouge. L'épaisseur maxima de ces sédiments est 25 mètres dans le Sud. Elle diminue en direction Nord, vers les collines marneuses du Miocène où elles ont 10 mètres de puissance. Voir colonne stratigraphique (Annexe A2).

3.3. Tectonique et fracturation

L'examen de la cuvette de Djahrom et du flanc Nord-Est de Kuh-e-Alborz montre que des fractures subverticales, sensiblement perpendiculaires aux axes des plis qui sont, eux, orientés WNW-ESE, découpent les massifs calcaires et décalent les structures dans le synclinorium de Kuh-e-Talkhab.

C'est ainsi que le petit anticlinal calcaire de Kuh-e-Hak s'interrompt brusquement vers l'ESE et que la colline Tal-e-Sahebi, formée par les assises du Fars supérieur, est relayée vers l'ESE par les niveaux les plus élevés du Fars supérieur et les conglomérats Bakhtiari. La continuité de ces accidents est impossible à suivre du fait de la couverture alluviale mais les reconnaissances géophysiques permettront de préciser la structure détaillée du substratum de la plaine de Djahrom.

Il existe peut-être aussi une ou plusieurs fractures verticales parallèles à l'axe anticlinal de Kuh-e-Alborz, qui auraient facilité l'enfoncement de la plaine de Djahrom à la manière d'un graben et expliqueraient la disparition rapide des calcaires Asmari en profondeur. Mais, là encore, ce sont les données géophysiques qui peuvent permettre de préciser ce point.

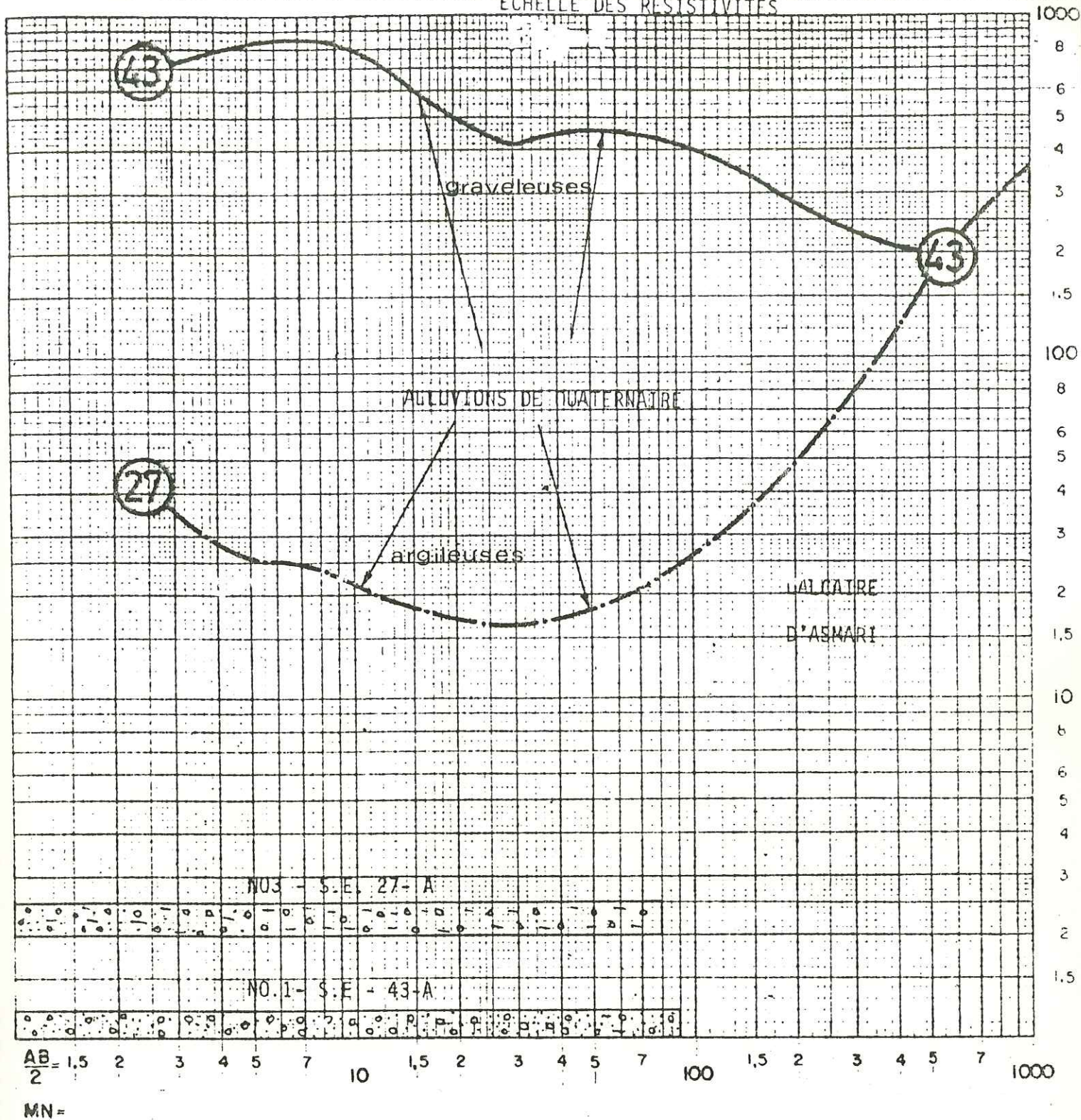
En conclusion, la connaissance détaillée de la géologie de la cuvette de Djahrom n'est pas possible par les seules observations de surface. Elle doit être complétée par des forages ou des méthodes indirectes géophysiques et géochimiques.

3.4. Reconnaissance géophysique de la plaine de Djahrom

3.4.1. Les sondages

Les sondages électriques (S.E.) exécutés au centre de la plaine montrent que les dépôts alluvionnaires dans cette partie de la plaine ont des résistivités de 15 à 25 ohm.m jusqu'à une profondeur de 30 mètres (voir Fig.7 - S.E. 27 A), mais que, plus bas, la résistivité s'élève par augmentation du pourcentage des dépôts de sables et de graviers. En bordure de la plaine et vers l'Est, les dépôts alluvionnaires sont plus résistants.

ECHELLE DES RESISTIVITES



COURBES DES RESISTIVITE
SE 27A ET 43A

Les S.E. exécutés dans ces zones montrent des résistivités de 200 à 500 ohm.m (Fig. 7 S.E. 43-A). Vu la forte résistivité de ces alluvions et le même ordre de résistivité pour les conglomérats de Bakhtiari, on ne peut pas séparer électriquement ces deux unités, ainsi que le démontre la comparaison entre le S.E. 129 fait sur les dépôts de Bakhtiari (Fig.8) et le S.E. 73 fait sur les alluvions. La résistivité des formations du Miocène est généralement entre 10 et 20 ohm.m ; cette dernière unité constitue le substratum conducteur de la plaine (Fig. 9, S.E. 31-A et 40-A). Sur certaines zones, la partie superficielle de ces dépôts, vu leur manque d'humidité, a été aérée et ont des résistivités du même ordre que des alluvions (S.E. 43, Fig. 9). La résistivité des calcaires de l'Asmari de Djahrom est généralement supérieure à 100 ohm.m. Cette résistivité est montrée par le S.E. 13-4 qui a été exécuté près du puits N° 3, lequel rencontre des calcaires à 50 mètres de profondeur. Sur la base des études sismiques exécutées en 1972, les calcaires ont des vitesses de 3 à 5 km/s ; par contre, la vitesse des ondes dans les alluvions varie de 0,5 à plus de 2 km/s. La vitesse des ondes dans les formations du Miocène est de plus de 3 km/s.

En conclusion, les dépôts de vitesse de plus de 3 km/s constituent le substratum des alluvions. Si leur résistivité est supérieure à 100 ohm.m, on la considère comme les calcaires et si leur résistivité est inférieure à 100, on la considèrera comme les dépôts du Miocène.

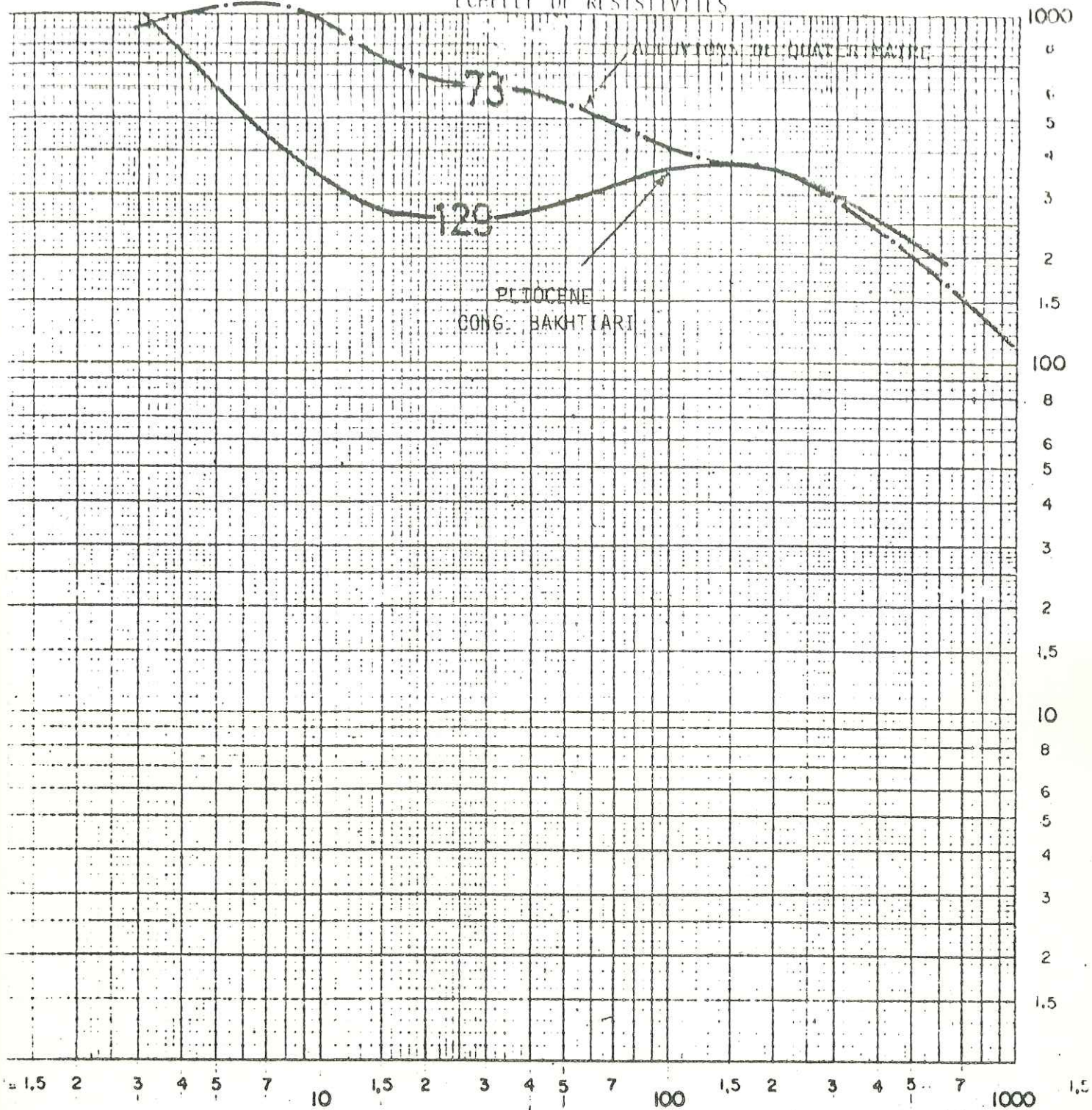
3.4.2. Résultats obtenus

Sur la base des sondages électriques, des cartes des résistivités en AB = 50 mètres et en AB = 200 mètres ont été préparées.

3.4.2.1. Carte des résistivités en AB = 50 mètres (Annexe A4)

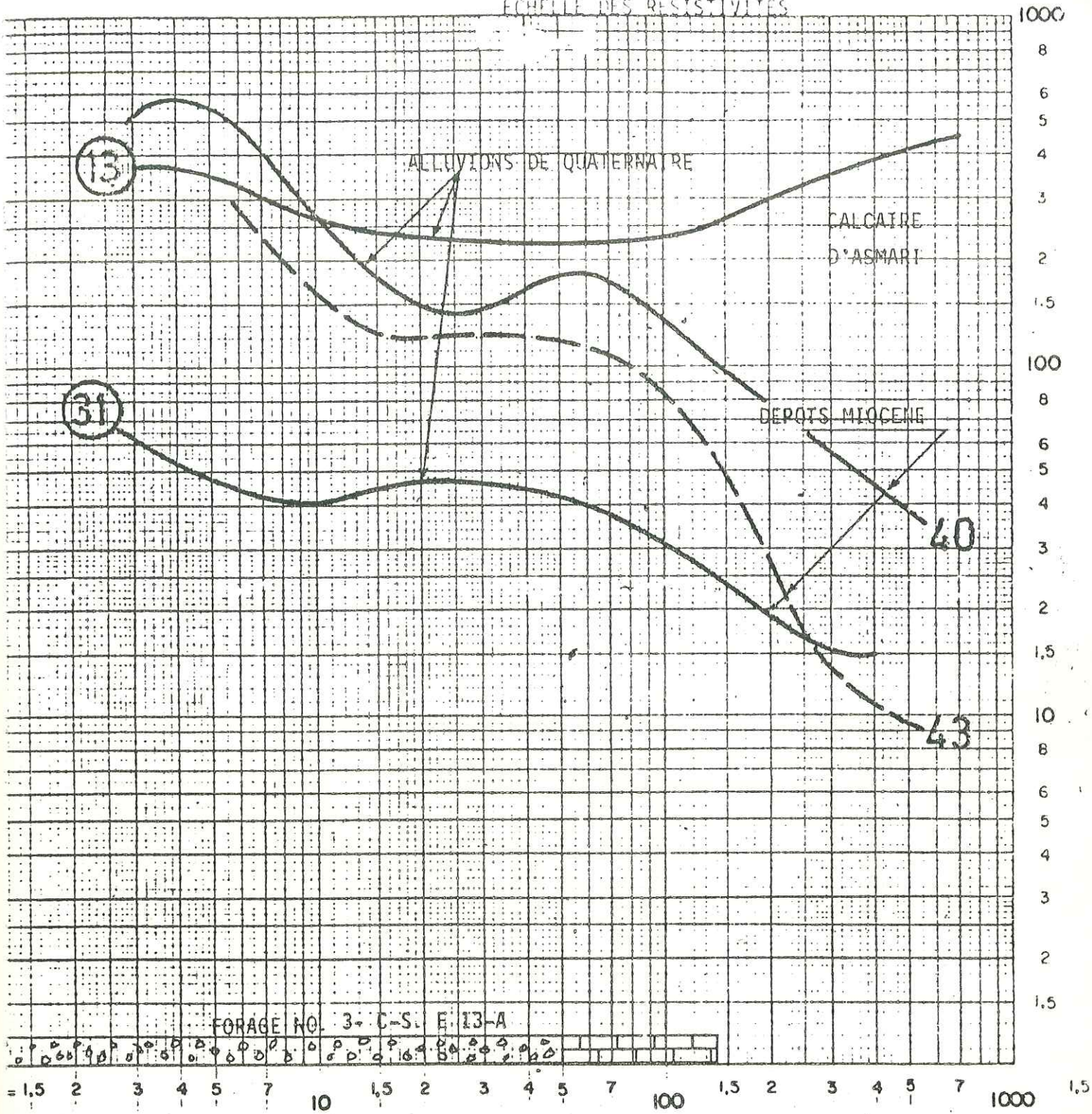
Jusqu'à la profondeur d'investigation de 10 à 15 mètres montrée sur cette carte, la plaine de Djahrom, dans la région Nord de la ville, est constituée par un recouvrement argileux. Dans les autres zones, surtout à l'Est du profil 8, le recouvrement a des résistivités supérieures à 200 ohm.m. Il est donc essentiellement constitué par des sables et des graviers.

ECHELLE DE RESISTIVITES



COURBES DES RESISTIVITES
SE 73 ET SE 129
Figure 8

ECHELLE DES RESISTIVITES



COURBES DES RESISTIVITES
SE 13 A - SE 31 A - SE 40 A ET
SE 43
Figure 9

3.4.2.2. Carte des résistivités en AB = 200 mètres (Annexe A5)

La profondeur d'investigation est ici d'environ 50 mètres. En résultat, dans les zones de forte profondeur, où le niveau d'eau est supérieur à 50 mètres, la carte indique la résistivité des alluvions sèches. Toutefois, dans certaines zones, notamment celles comprises entre les profils 3 et 8, la carte est influencée par des alluvions humides.

Cette carte montre également que dans la zone Nord de la ville, il existe une région de résistivité inférieure à 25 ohm.m où les dépôts alluvionnaires sont constitués surtout par des couches argileuses. Le pourcentage des sables et des graviers augmente dans les alluvions en s'éloignant de cette zone dans toutes les directions.

Vu l'influence des calcaires dans leur voisinage, les zones en bordure de la plaine ont des résistivités supérieures à 100 ohm.m, surtout dans le secteur Ouest. Dans les zones de résistivité supérieure à 100 ohm.m, les dépôts alluvionnaires jusqu'aux profondeurs de 50 mètres sont constitués par des graviers. On peut penser que dans les zones de résistivité supérieure à 300 ohm.m, l'influence du ciment calcaire dans les alluvions se fait sentir.

Vu la forte variation de profondeur du niveau de l'eau et la séparation diffuse entre les alluvions récentes et les conglomérats du Pliocène, on ne peut pas élaborer la carte des résistivités transversales.

3.4.2.3. Coupes géoélectriques (Annexe A6)

L'ensemble des travaux géoélectriques et de la sismique de réfraction ont fait l'objet de 17 coupes représentées sur les figures A6₁ et A6₉. Les échelles horizontales et verticales de ces coupes sont respectivement 1/20 000 et 1/5 000. L'analyse des résultats conduit à diviser ces coupes en deux parties.

Dans la première partie se classent les coupes exécutées à l'Ouest de la plaine. On y observe en surface le recouvrement alluvionnaire avec des résistivités variables et, en profondeur, le substratum résistant consti-

tué fort probablement par les calcaires. Sur les coupes 1, 2 et 3, le recouvrement alluvionnaire a des résistivités entre 50 et 600 ohm.m et, selon les résultats de sismique réfractaire (voir coupe faite près du profil 3), les alluvions ont des vitesses de 0,7 à 2 km/s. La vitesse dans les calcaires altérés, constituant la première couche sous les alluvions, est de 3 à 3,5 km/s et la résistivité de ces couches est de 150 à 200 ohm.m. Or, la vitesse des ondes dans les calcaires proprement dits est de 4 à 5 km/s et leur résistivité dépasse 500 ohm.m. Il est donc possible que, dans une certaine mesure, les conglomérats compacts du Bakhtiari soient remplacés par les calcaires constituant le substratum des alluvions. La présence des formations Bakhtiari avec des résistivités de 40 à 200 ohm.m, de même ordre que les alluvions sur la coupe 1, montre que la méthode électrique seule ne peut pas séparer les conglomérats des alluvions du Quaternaire. Les recouvrements alluvionnaires sont de faible résistivité dans la partie centrale des coupes 4 à 7. La présence des alluvions de 20 à 50 ohm.m sur ces coupes est une indication permettant de préciser que le recouvrement alluvionnaire est surtout argileux dans cette zone. L'augmentation de résistivité des alluvions vers le Nord et le Sud de cette zone est probablement due à l'augmentation de pourcentage des sables et des graviers. Au Nord du profil 7, les alluvions reposent sur des couches de 10 à 15 ohm.m de résistivité qui sont constituées par les formations du Miocène (formation rouge supérieure).

Dans la deuxième partie des coupes, le substratum des alluvions est constitué surtout par un substratum conducteur. Ces coupes, numérotées de 8 à 17, montrent que le substratum calcaire à plus de 500 ohm.m de résistivité apparaît seulement à l'extrémité Sud; la vitesse des ondes dans ces calcaires est de 4 à 5 km/s. En comparant la partie Sud de la coupe 15 et la partie centrale de la coupe 14, on voit que la résistivité des conglomérats Bakhtiari est du même ordre de grandeur que les alluvions du Quaternaire. Ici également, on doit constater que la seule méthode électrique ne peut pas séparer les alluvions et les formations Bakhtiari. Dès lors, dans cette zone, l'ensemble des dépôts du Quaternaire et les formations résistantes de Bakhtiari sont considérées comme une seule unité électrique dans notre interprétation. L'épaisseur de l'ensemble du Quaternaire et du Bakhtiari augmente du profil 8 vers le profil 14. Cette épaisseur, sur le profil 14, atteint 250 et 300 mètres. Après le profil 14, l'épaisseur diminue vers l'Est. le manque de travaux sismiques plus à l'Est du profil 9 empêche de donner des

informations sur les caractéristiques sismiques de ces couches. Le substratum de l'ensemble des alluvions est constitué par les niveaux conducteurs des formations du Miocène. La résistivité de ce substratum indiquée sur les coupes est supérieure à 10 et inférieure à 100 ohm.m. Dans certaines zones, la faible longueur de ligne de AB ne permet pas de voir la réelle résistivité de ce substratum. Au Sud des profils 14 à 16, il existe une faille probable qui sépare les calcaires du recouvrement alluvial. Selon les études sismiques, le substratum conducteur a une vitesse de 3 à 3,5 km/s. Le point important à signaler est qu'à l'extrémité Nord de la coupe 16, on observe un niveau résistant de l'épaisseur de 70 mètres au S.E. 42 et 43. Ces niveaux, dans cette zone, sont constitués par les couches du Miocène, aérées et sèches, donc de résistivité relativement forte.

3.4.3. Carte de l'épaisseur de recouvrement de vitesse inférieure à 3km/s

Cette carte, vu les études sismiques à l'Ouest du profil 9, représente l'épaisseur des alluvions du Quaternaire. Dans cette zone, le recouvrement est relativement de faible épaisseur. Au Nord du profil 8, cette épaisseur dépasse 75 mètres. Sur la carte, on a indiqué la limite de la zone dans laquelle les alluvions reposent sur le substratum résistant, probablement calcaire. (Annexe A7).

Dans la zone Est du profil 9, on n'a pas d'études sismiques ; pour cette raison, les alluvions du Quaternaire et les conglomérats résistants du Bakhtiari sont considérés, dans notre interprétation, comme une seule unité électrique. La forte épaisseur de cette unité apparaît dans la partie centrale des profils 12 à 15 (plus de 250 mètres).

3.4.4. Conclusion

La plaine de Djahrom a été étudiée pendant trois périodes différentes : en 1971, étude géoélectrique avec 54 sondages électriques, en 1972, étude sismique de réfraction avec 20 km de profils et, finalement, les études géoélectriques actuelles avec 156 sondages électriques.

Du point de vue géologique, la plaine de Djahrom peut être divisée en deux parties :

- dans la partie Ouest, des dépôts alluvionnaires avec résistivités de 20 à 150 ohm.m et de vitesse inférieure à 2,5 km/s reposent sur un substratum résistant et rapide constitué probablement par des calcaires ou des conglomérats compacts. L'épaisseur des alluvions qui, dans cette zone, sont constituées localement ou partiellement par des argiles, ne dépasse pas 100 mètres.
- dans la partie Est, les alluvions et les conglomérats Bakhtiari sont considérés comme une seule unité électrique. L'épaisseur de cet ensemble dépasse 250 mètres au centre des profils 14 à 16.
- enfin, vu la forte résistivité de l'ensemble alluvionnaire, on peut en déduire qu'il est constitué essentiellement par des sables et des graviers.

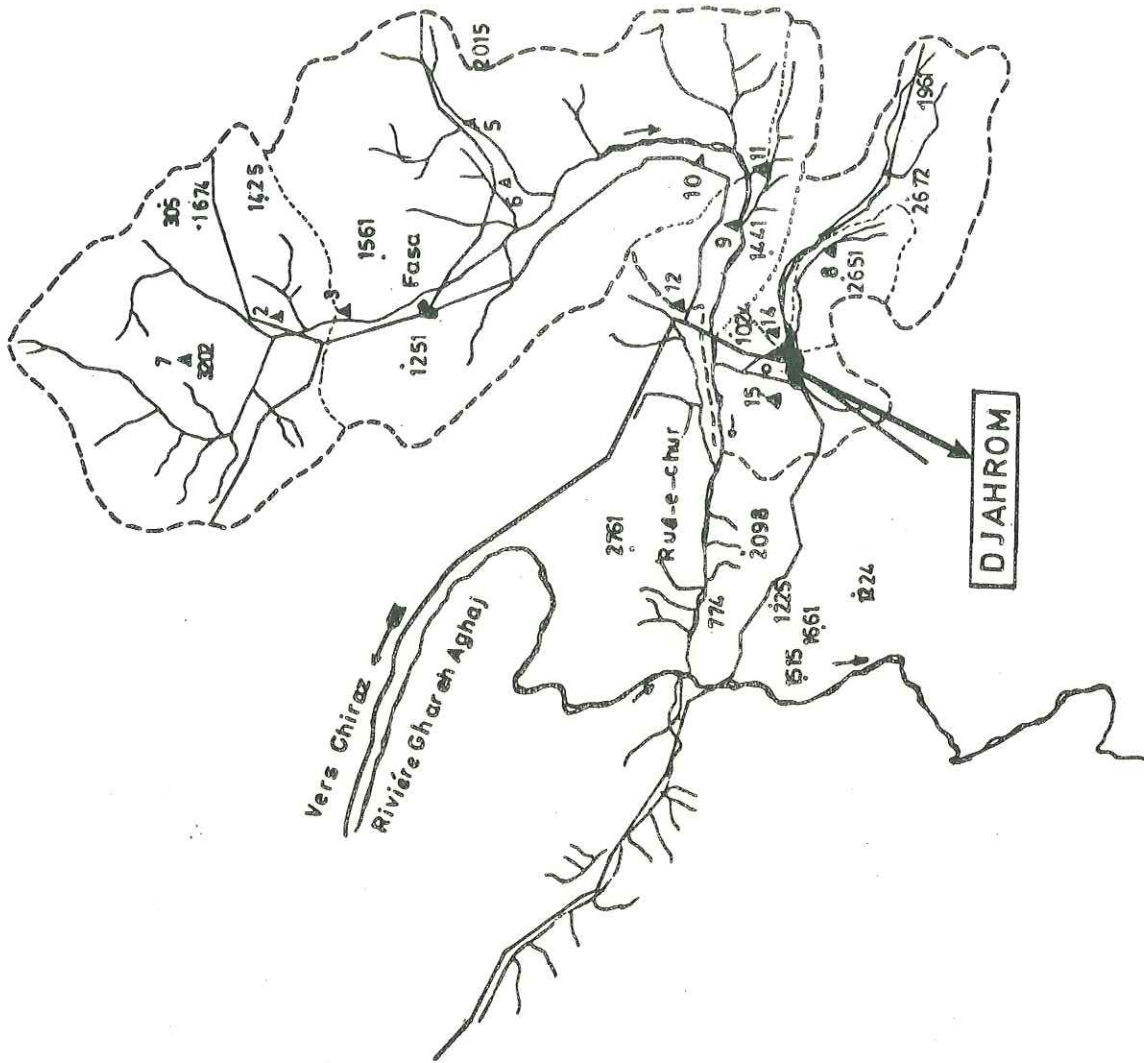
4. L'HYDROLOGIE

4.1. Hydrologie de la région

En année hydrologique normale, il n'existe pas de ruissellement de surface permanent dans la région de Djahrom. En année humide, deux rivières à l'Est de la plaine peuvent avoir un écoulement de surface prolongé. C'est la raison de leur utilisation préférentielle pour l'irrigation.

La seule rivière permanente passe à quelque 12 km au Nord de la plaine. Elle prend naissance dans les montagnes de Fassa et s'écoule jusqu'au Sud du village Tamchet, avant de se jeter dans la rivière Ghareh-Aghadj. Traversant des formations salées du Miocène et des dômes de sel, ses eaux se salent juste avant d'atteindre un point au Nord de Djahrom : aussi est-elle dénommée Rud-e-Chur (Fig. 10). Vers l'aval, la concentration en sel de ses eaux augmente au fur et à mesure du déversement dans la rivière des eaux salées évacuées par les drains de la région. L'effet de la rivière Chur sur la recharge de l'aquifère de la plaine de Djahrom est heureusement insignifiant, du fait de la présence des formations argileuses du Fars supérieur qui forment un écran imperméable et qui affleurent entre la rivière Chur et la plaine de Djahrom.

D'autre part, selon les données climato-hydrologiques, l'incidence de la pluviosité semblerait également peu importante sur l'alimentation des eaux souterraines, sauf peut-être entre décembre et mars, au moment des précipitations maxima (Fig. 5 et Tableau 2).



- Route asphaltée
- Piste
- ~ Rivière temporaire
- ~ Rivière permanente
- - - Limite du bassin versant
- Villa
- △ Station de pompage
- 1616 Altitude

CARTE DU BASSIN VERSANT
 Figure 10

En fait, la recharge de l'aquifère se ferait surtout par les sept rivières temporaires qui traversent la plaine. La superficie totale des bassins versants de ces rivières atteint 180 km². L'écoulement total moyen annuel est de 15,5 x 10⁶ m³ en amont des cônes de déjection et de 2 x 10⁶ m³ à l'aval de la plaine, à l'endroit de la confluence des sept rivières. Aussi peut-on, en première approximation, utiliser pour la recharge de l'aquifère 2 x 10⁶ m/an en moyenne.

4.2. Etude des torrents et des rivières

Le réseau hydrographique de la région est composé essentiellement par les sept torrents : Charbat-Khaneh, Band-Bast, Sahra ou Kelvan, Palangui, Kouchkak, Mohammad Abad, Tang-Ab et par la rivière Tchatiz.

Etant donné l'absence de mesures précises en nombre suffisant, le ruissellement total moyen annuel a été estimé en tenant compte de la pluviométrie relevée sur 13 années et des caractéristiques physiques des bassins versants et ajusté sur la base des données obtenues au cours de l'année 1969, au moyen d'une droite de corrélation pluie/débit, établie pour la rivière Kelvan. On a également utilisé la formule de Manning :

$$q = \frac{1}{n} \cdot AR^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

où

q = débit en m³/s

n = rugosité du lit = 0,025

A = section mouillée en m²

I = gradient : 4/10 000

R = rayon hydraulique mouillé en mètres, qui s'écrit aussi : $R = \frac{A}{P}$

où P = périmètre mouillé.

Ainsi, le ruissellement total annuel est estimé à 20 x 10⁶ m³. Il se différencie comme suit :

N°	Torrents temporaires	B V 10^6 m^2	Pma 10^{-3} m	Qma 10^6 m^3	Possibilité de recharge de l'aquifère de la plaine
1	Charbat-Khaneh	9,5	366	0,95	+
2	Band-Bast	44,0	366	3,30	+
3	Sahra ou Kelvan	14,0	366	1,50	+
4	Palangui	12,0	366	1,20	+
5	Kouchkak	24,0	366	2,40	+
6	Mohammad-Abad	22,0	366	2,20	+
7	Tang-Ab	55,0	338	4,05	+
8	Tchatiz	88,0	338	4,40	-
	Total	-	-	20,00	

BV = Bassin versant

Pma = Pluviométrie moyenne annuelle

Qma = Ruissellement moyen annuel.

L'examen qualitatif des lieux permet de déceler :

- des pertes d'eau par infiltration dans leur cône de déjection pour les six premiers torrents sus-mentionnés, avant leur confluence à Haft-Djou, en aval de la région étudiée ;
- des pertes d'eau, sur 15 km de son parcours, pour le torrent Tang-Ab, dans des alluvions très perméables, atteignant une épaisseur de 120 m environ. Cette rivière est par ailleurs permanente en amont, où elle est alimentée par des résurgences venant des calcaires ;
- l'absence actuelle d'influence de la rivière Tchatiz sur l'alimentation de l'aquifère de la plaine de Djahrom car son lit ne paraît pas communiquer avec la plaine de Djahrom proprement dite.

Les eaux de la rivière Tchatiz, qui s'écoulent 5 mois/an dans les années humides, peuvent être utilisées en les réinfiltrant dans les cônes de déjections torrentiels de Band-Bast, Palangui, Sahra, Tang-Ab.

Dès lors, la quantité que l'on peut espérer faire réinfiltrer pourrait atteindre le tiers des 20 millions m^3 estimés, soit $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ à partir des sept torrents et $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ provenant de la rivière Tchatiz.

5. L'HYDROGÉOLOGIE

5.1. Hydrogéologie de la région

Le bassin hydrogéologique de Djahrom est un bassin fermé, limité au Nord par les collines marneuses de Tal-e-Sorkh, Tal-e-Sahebi et Tal Asgar-Abad, au Sud et Sud-Est par les montagnes de calcaires Asmari et Eocène de Kuh-e-Alborz, à l'Ouest par les calcaires Asmari de Kuh-e-Chohada. La plaine a une pente générale Sud-Nord. Elle se relève vers l'Est et l'Ouest.

L'exutoire des eaux souterraines de cette plaine se situe en limite Nord à travers les collines marneuses sus-mentionnées. L'écoulement peut y être permanent en année humide.

Les 4 000 ha exploités dans la plaine sont irrigués à partir de 855 puits peu profonds et profonds. L'exploitation de ces puits se différencie comme suit :

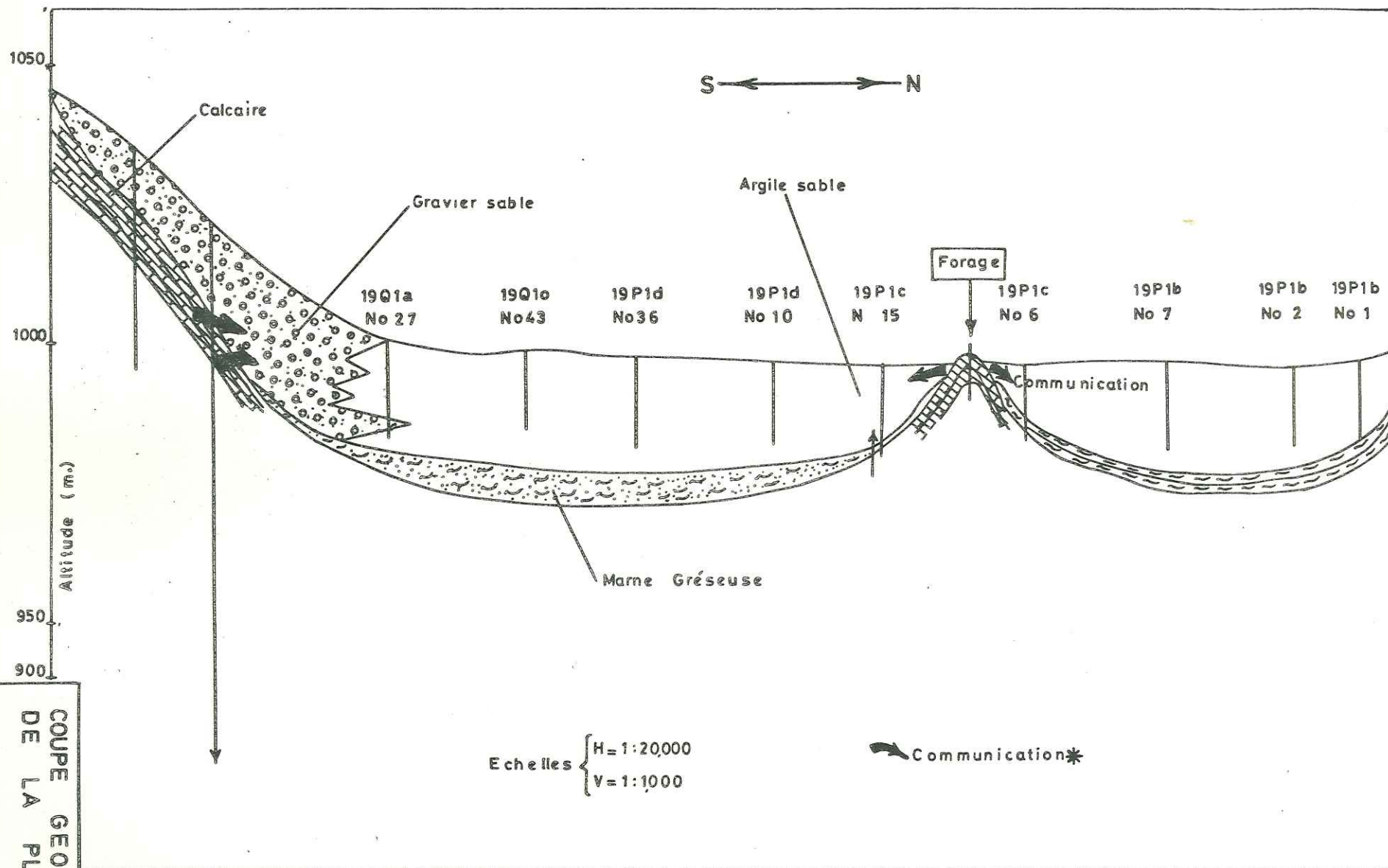
- 4 sont utilisés pour l'alimentation en eau potable de la ville
- 603 sont exploités par électropompes
- 248 sont pompés à l'aide de moteurs diesel.

Ces ouvrages sont figurés sur la carte de l'implantation des puits. (Annexe A8)

Le débit moyen des puits peu profonds est de 8,8 l/s alors que le débit moyen des puits profonds est de 30 l/s. En 1970, la répartition des puits, du point de vue de la provenance des eaux, était la suivante :

Puits	Aquifère	Qan/10 ⁶ m ³
89	Calcaire	6,5
766	Alluvions	42,3
		48,8





Le niveau piézométrique des eaux souterraines, par rapport à la surface du sol, se trouve à 10 m dans le Nord et à 70 m dans le Sud de la plaine. Ces eaux sont en charge dans l'aquifère calcaire, non en charge dans les



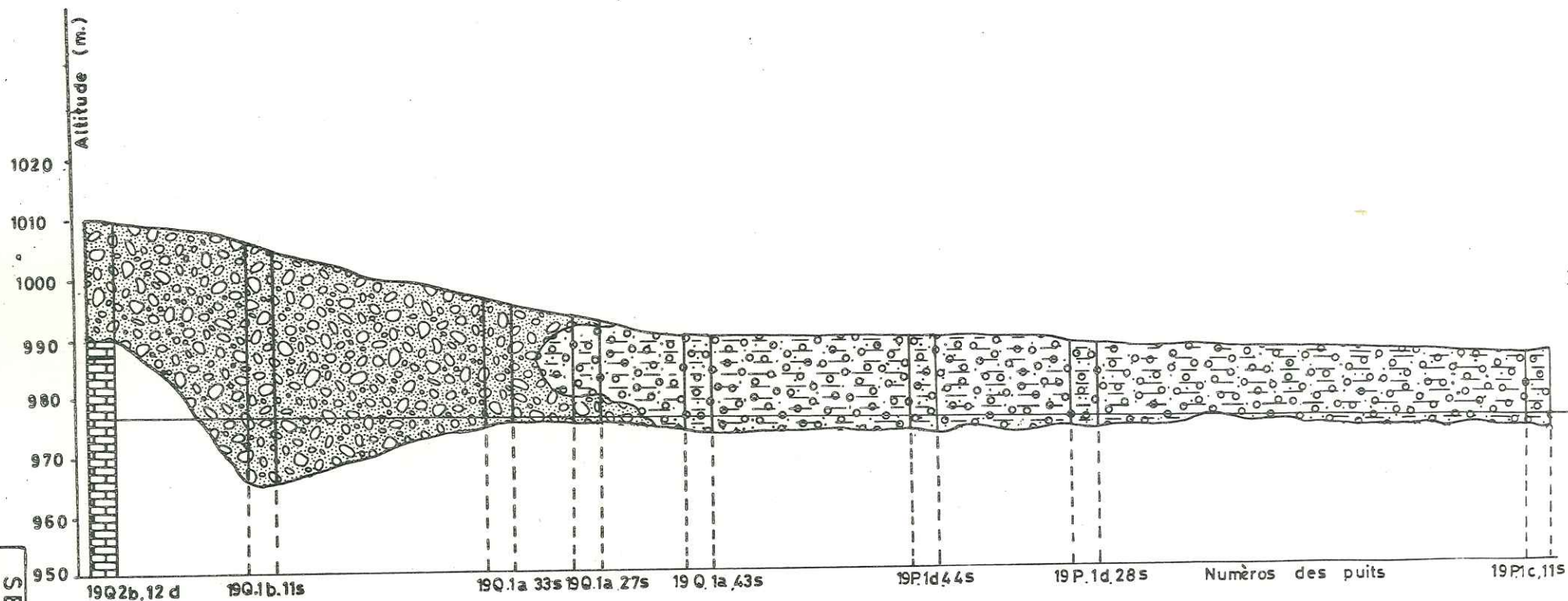
*Au moment des études la communication était prévue. Elle est maintenant vérifiée par le forage indiqué sur la figure ci-dessus

COUPE GÉOLOGIQUE
DE LA PLAINE

LEGENDE

- Calcaire 
- Sable - Gravier 
- Sable - Argile 
- Calcaire nummulitique 

S \longleftrightarrow N



V = 1:1000
H = 1:12500

SECTION GEOLOGIQUE
n° 1

Figure 12

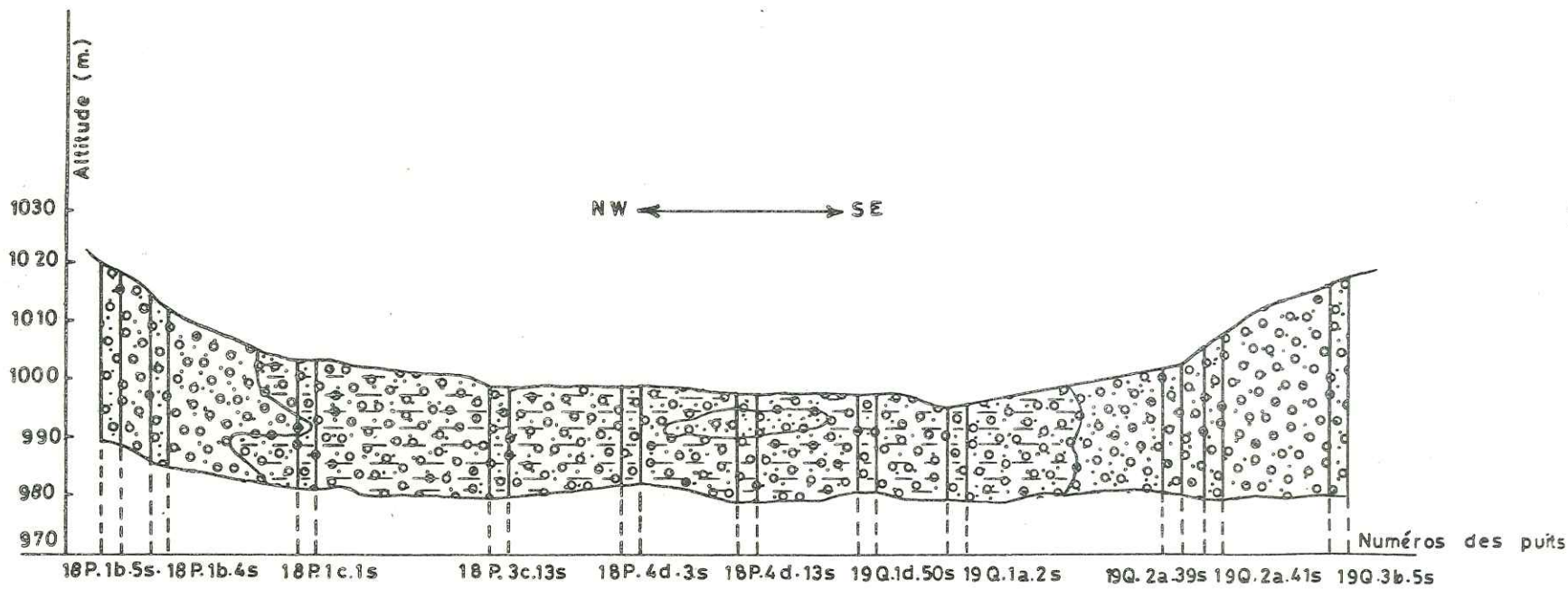


LEGENDE

Sable - Gravier






Sable - Gravier - Argile



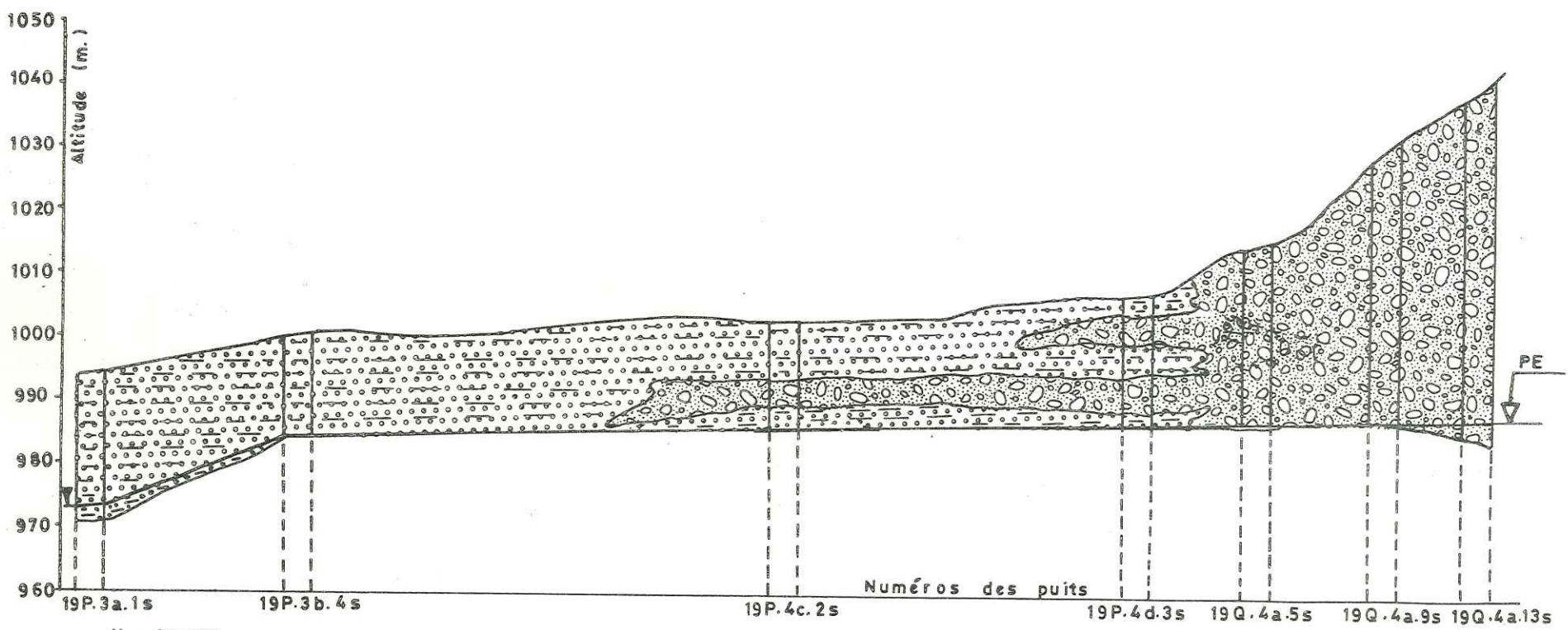
V = 1:1200
H = 1:40000

SECTION GEOLOGIQUE
nº 2
Figure 13

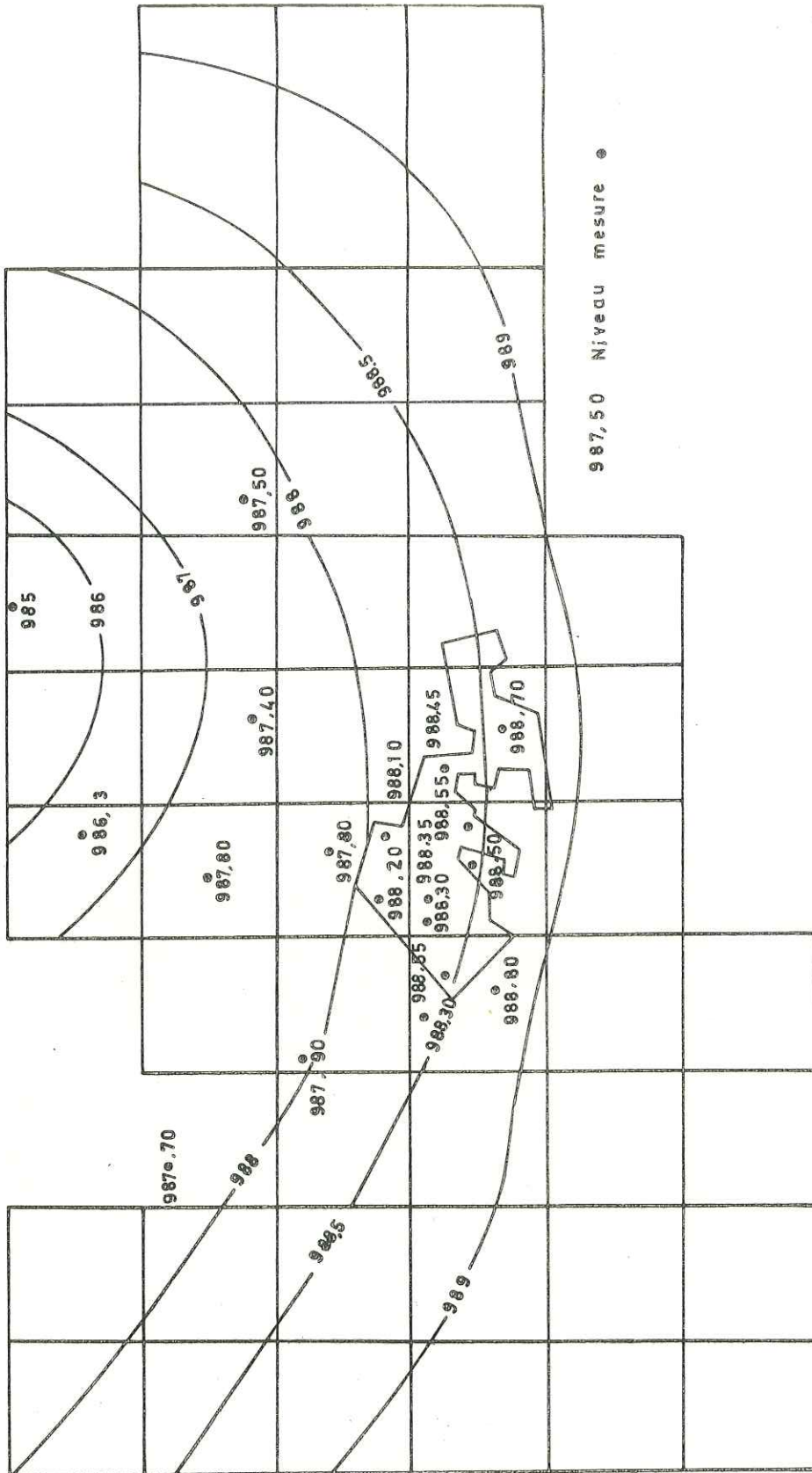
LEGENDE

- Niveau d'eau  PE
- Gravier et sable 
- Argile et sable 

S \longleftrightarrow N

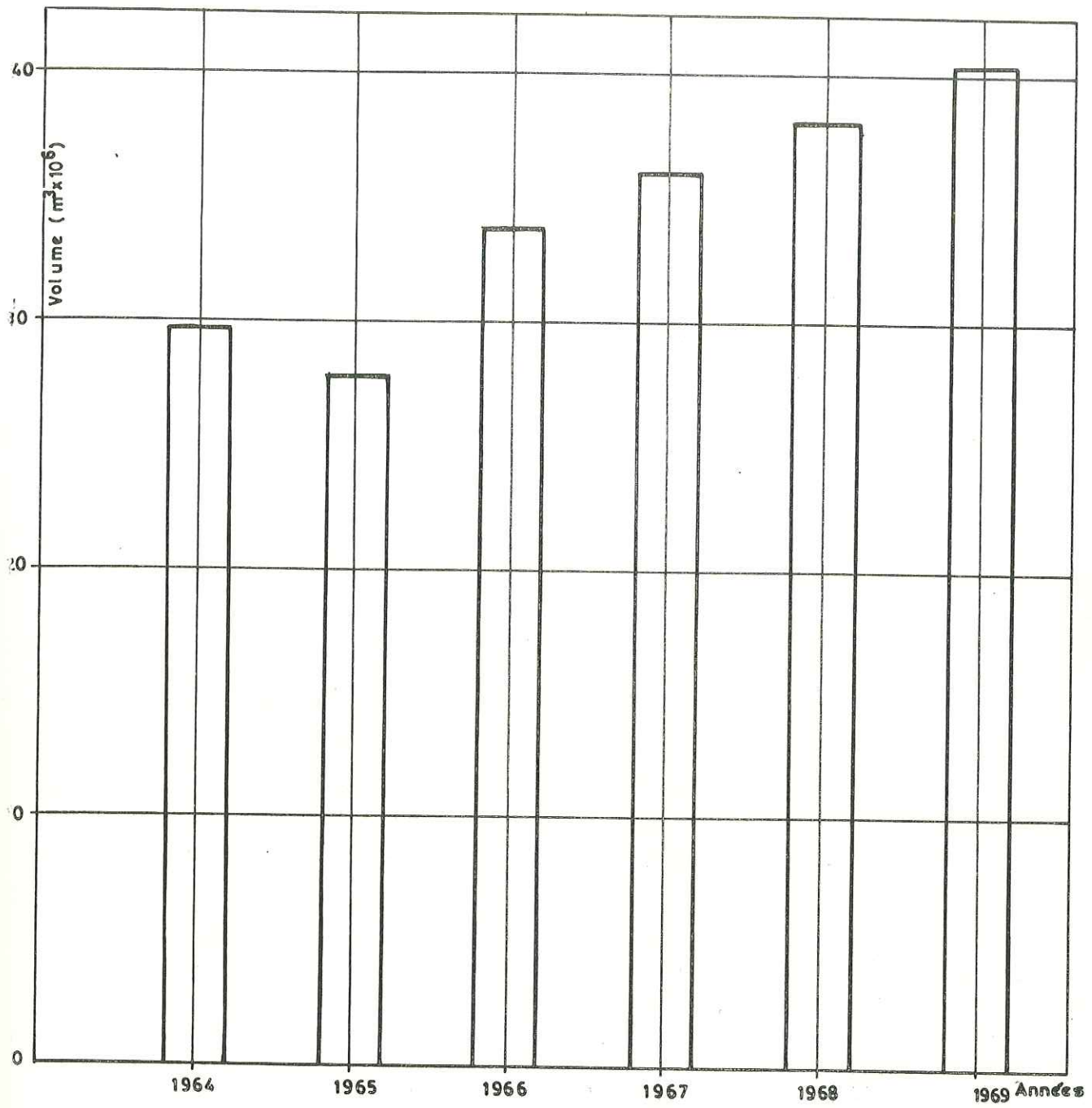


SECTION GEOLOGIQUE
n° 3
Figure 14



ETUDE PIEZOMETRIQUE
DE LA NAPPE (1-1-1964)

Figure 15



EXPLOITATION ANNUELLE
DE LA NAPPE

Figure 16

5.3. Hydrochimie

Les analyses chimiques des échantillons d'eau montrent qu'elles sont généralement du type carbonaté (carbonate de calcium et de magnesium). En outre, elles se distinguent par les caractéristiques suivantes :

- une teneur en Na assez faible
- une teneur en Cl comprise entre 3,55 mg/l et 266,0 mg/l
- une conductivité électrique comprise entre 310 et 2 370 micro mhos
- un résidu sec de l'ordre de 1 500 mg/l.

Les analyses des eaux des calcaires et de la zone alluvionnaire centrale prélevées sur les forages ont été reportées sur un diagramme de Schoeller Berkallof (Fig. 17 et 18).

La répartition des résultats est représentée par la carte de résistivité des eaux souterraines (Fig. 19 et A 10) ainsi que par la carte des isoteurs en ion Chlore (Fig. 20 - 21 et A 11).

On constate que la concentration en sels dissous augmente vers le centre de la plaine en rapport avec les écoulements des eaux souterraines tels qu'ils sont mis en évidence par les cartes piézométriques.

5.4. Relations entre les différentes données

Les cartes isopièzes montrent nettement que l'arrivée des eaux s'effectue principalement par l'Est et le Sud (avec de très faibles pentes) et que le seul exutoire se trouve au Nord de la plaine : le trajet des eaux dans celle-ci a donc une direction générale "Est-Sud" vers le Nord.

A leur tour, les cartes de conductivité électrique confirment ce trajet. En effet, à l'Est et au Sud, nous remarquons des conductivités électriques de 400 micro mhos et celles-ci passent à 1 000 micro mhos au centre et dans le Nord de la plaine. Cette progression de la conductivité électrique s'explique par l'augmentation des teneurs en sel. Par contre, la continuité de

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

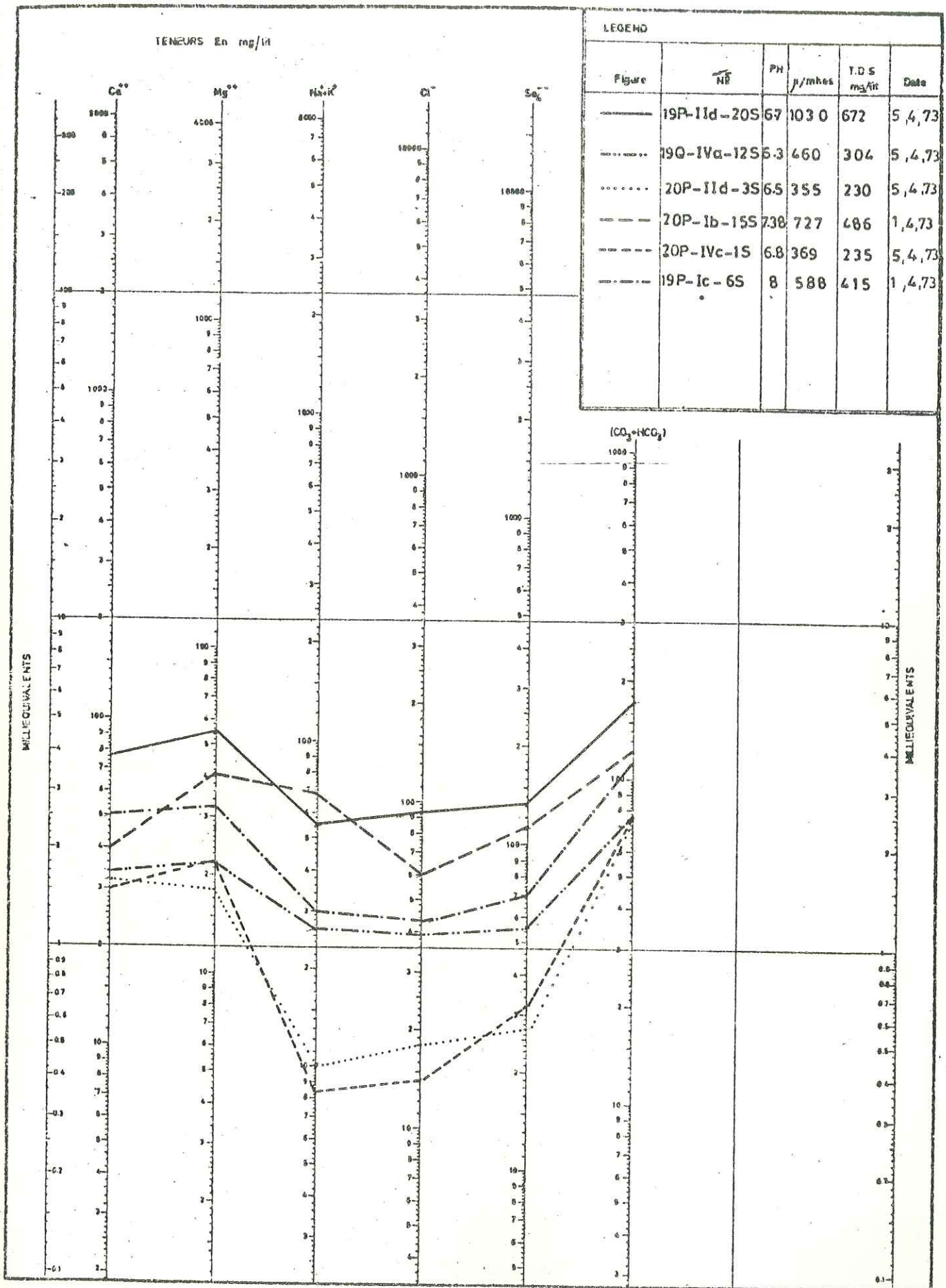


DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
Figure 17

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

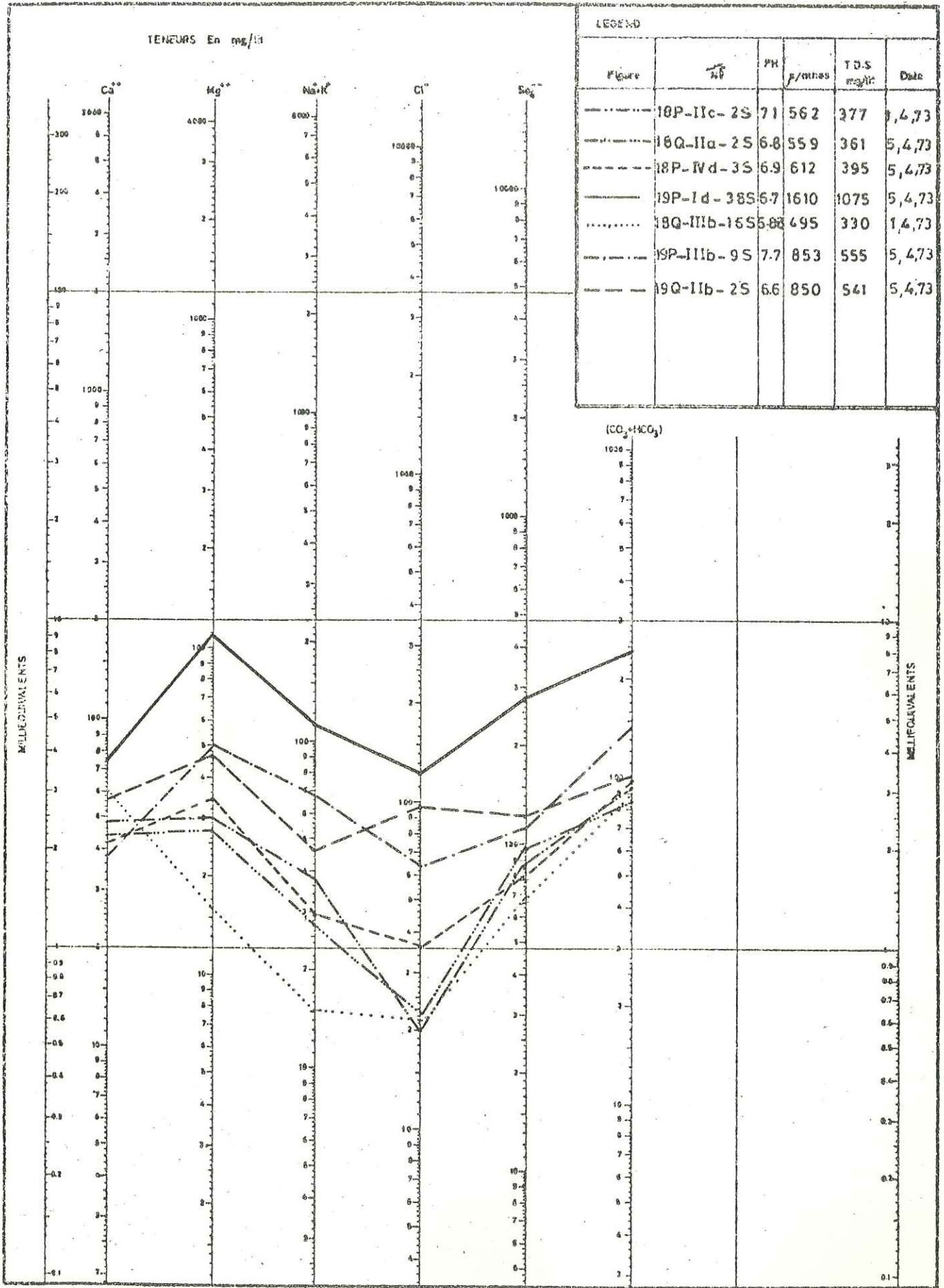
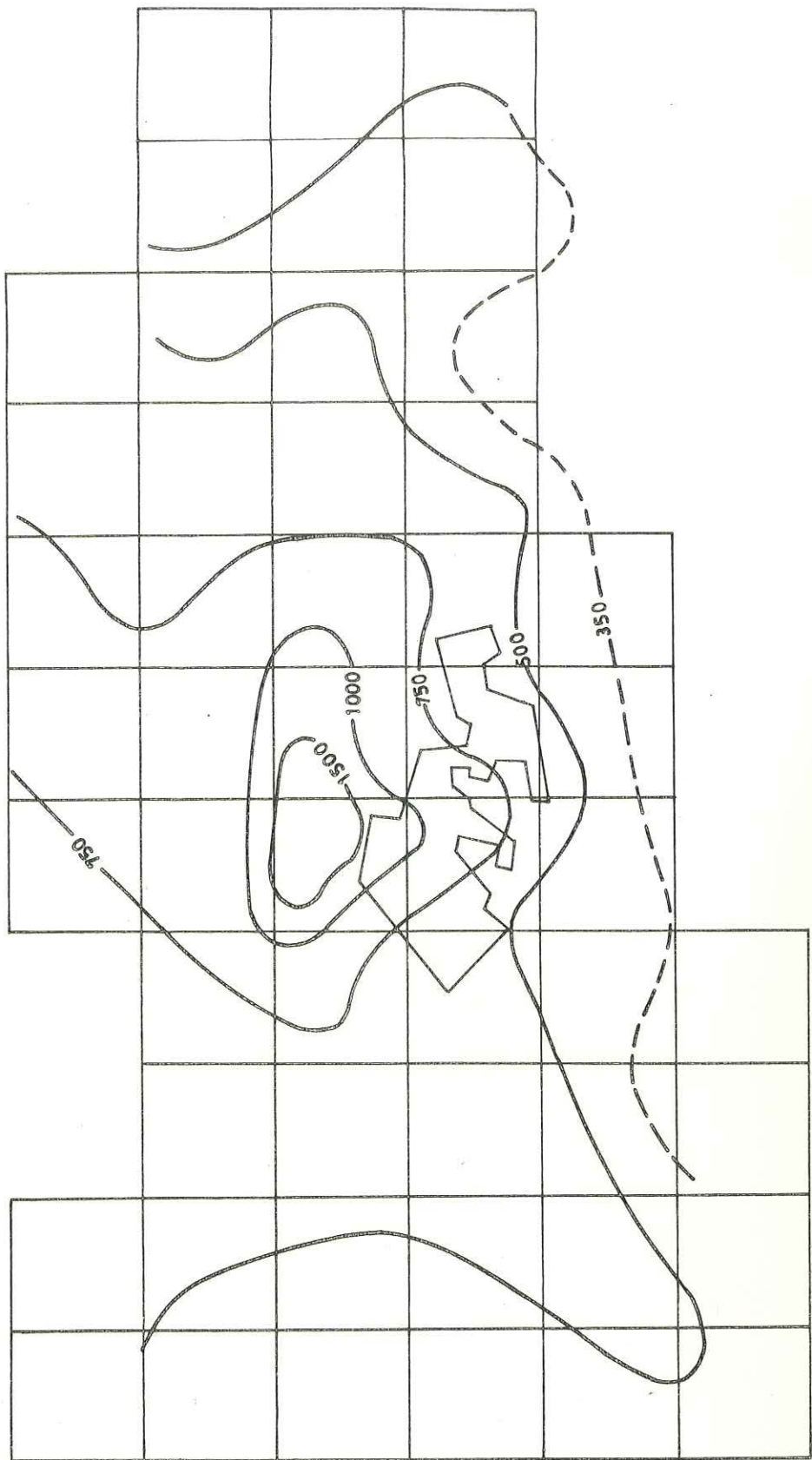
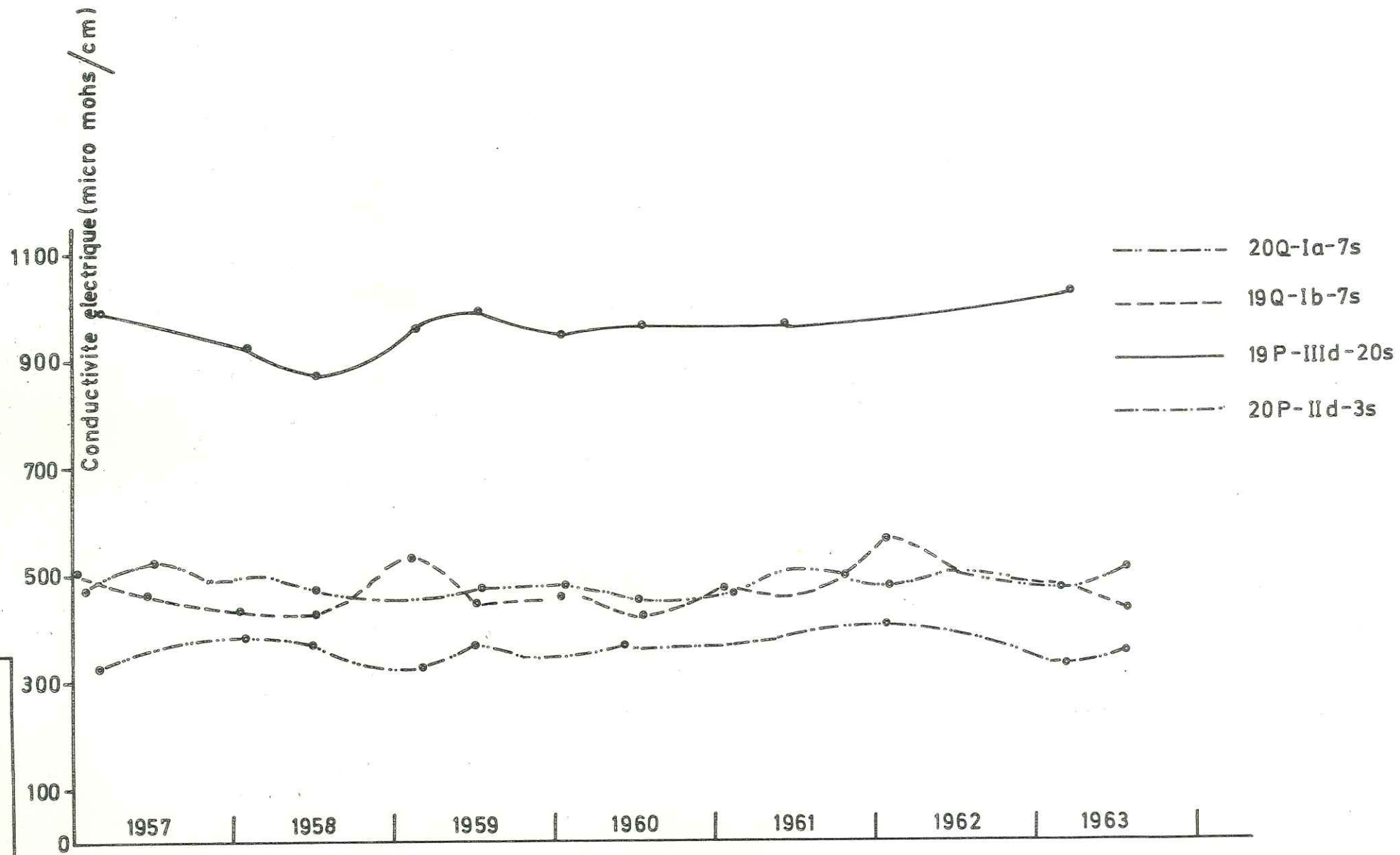


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

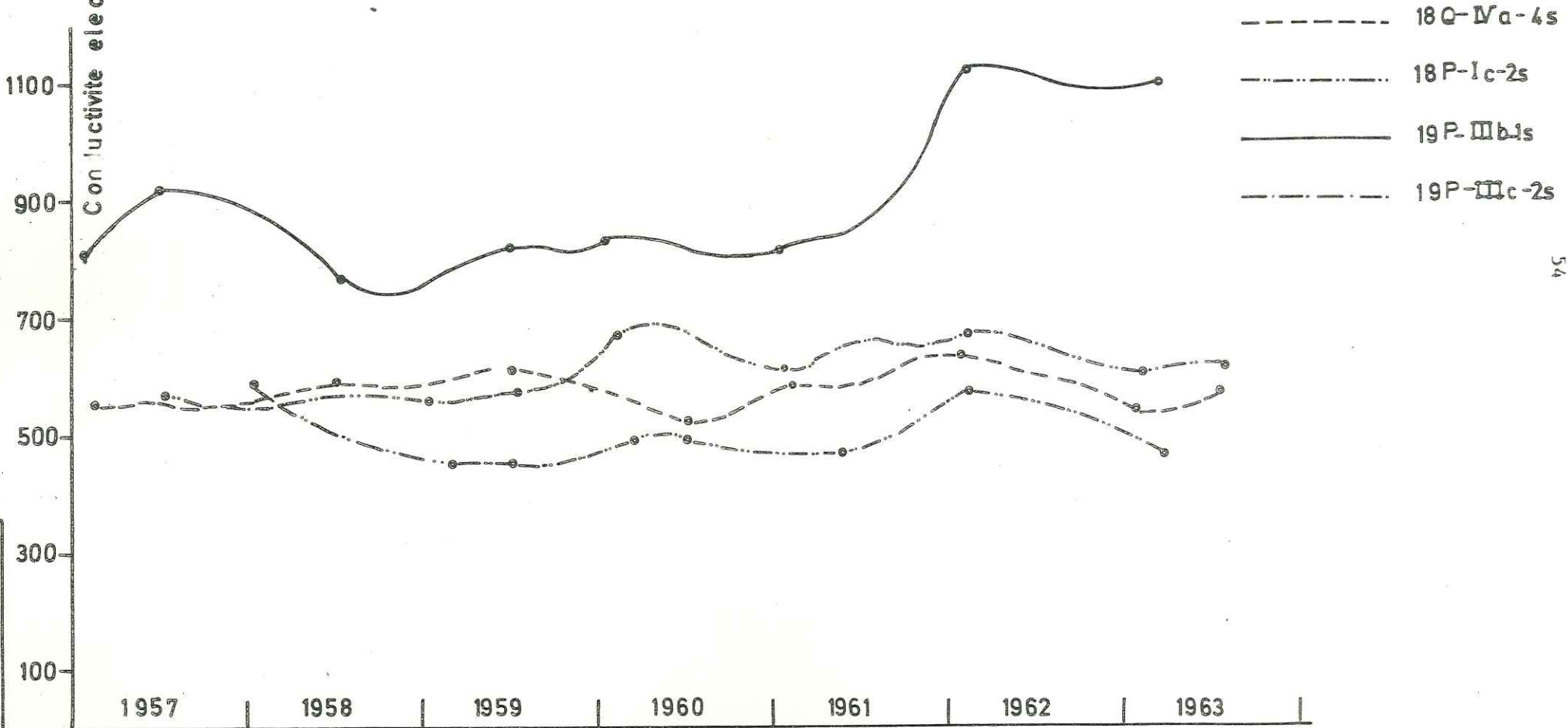


ISO-CONDUCTIVITE
ELECTRIQUE
Figure 19

VARIATIONS DE LA
CONDUCTIVITE ELECTRIQUE
Figure 20



Conductivite electrique (micro mohs / cm)



VARIATIONS DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE
Figure 21

cette dernière (1 000 micro mhos) entre le centre et le Nord de la plaine se justifierait par des apports d'eaux souterraines.

Ce trajet est à nouveau discerné sur les cartes isochlore, où l'on peut remarquer que les teneurs vont en augmentant de l'Est et du Sud vers le centre et que, sur la suite du trajet vers le Nord, elles conservent les mêmes moyennes. Ce phénomène tend, lui aussi, à justifier l'apport d'eaux souterraines dans cette zone.

La constance des conductivités des eaux de chaque forage au cours des 7 années d'observation, montrée par les figures 20 et 21, malgré l'abaissement progressif et continu du niveau de la nappe, est également une preuve de l'importance des apports d'eau souterraine depuis les massifs calcaires qui compensent l'augmentation de la salinité des eaux qui ne manquerait pas de se produire sans eux bien que la distance entre la nappe et la surface du sol limite les phénomènes de concentration par évaporation.

La nature bicarbonatée magnésienne des eaux est directement liée à la composition des calcaires dolomitiques de la formation Asmari-Djahrom.

En résumé, les différentes constatations ci-dessus amènent à conclure que nous sommes bien en présence d'arrivée d'un certain débit d'eaux souterraines entre le centre et le Nord de la plaine.

5.5. Propriétés hydrodynamiques des formations

Les formations géologiques de la région se composent d'alluvions et de roches calcaires.

Les alluvions avec des propriétés hydrodynamiques ayant de bonnes perméabilités sont situées au Nord-Est de la plaine où les matériaux rencontrés sont plus fins. Dans l'ensemble de la plaine (4000 ha) on rencontre 855 puits en fonctionnement, certains sont pourvus de galeries horizontales et parfois, dans le centre de celle-ci, la distance entre 2 puits est voisine de 100 mètres. Ceci permet de penser qu'actuellement les conditions géologiques de ces alluvions sont bouleversées par ces nombreux forages et pompages et qu'elles ne correspondent plus à leur état naturel, la granulométrie ayant été modifiée.

Les perméabilités de la couverture calcaire sont excellentes, en raison des nombreux joints qui existent dans cette formation, ce que les nombreux forages exécutés dans celle-ci ont d'ailleurs démontré.

Transmissivité T

Elle a été étudiée sur une trentaine de puits, choisis pour satisfaire à deux conditions :

- 1 - Ils devaient couvrir de façon homogène la superficie du bassin ;
- 2 - Ils devaient présenter des caractéristiques simples et comparables.

Parmi les puits existants, on n'a retenu que ceux qui étaient dépourvus de galeries drainantes et on en a foré 5 nouveaux, dont 3 ont été équipés d'un piézomètre. On doit remarquer que les puits anciens, foncés par des méthodes artisanales, pénètrent assez peu dans la nappe et sont donc loin d'être des puits complets.

Les valeurs de T obtenues sont rassemblées sur le tableau 12. On notera qu'elles diffèrent beaucoup d'un point à un autre, ce qui n'est nullement surprenant. En effet, outre les variations de puissance que présente la nappe, et les variations de faciès des alluvions, il convient de souligner que les pompages s'effectuent dans une réserve qui imprègne à la fois ces dernières et aussi les fissures des calcaires sous-jacents.

Enfin il apparaît clairement que, dans ce contexte, le calcul de la perméabilité à partir de T fournirait pour K une valeur arbitraire, nullement représentative de chacune des deux formations qui, simultanément, assurent la circulation souterraine.

Coefficient d'emmagasinement S

Les méthodes de construction des puits et l'équipement en piézomètres n'ont permis d'obtenir de résultats certains que dans trois d'entre eux.

Ainsi que pour la détermination de T, on a utilisé la méthode de la fonction exponentielle intégrale et non pas son approximation logarithmique.

Transmissivités obtenues aux essais

Tableau 12

N° de maille modèle	Repérage terrain	V a l e u r s d e T	
		m ² /jour	10 ⁻⁴ m ² /s (arrondi)
1	18 Q - 1 c	83	10
15	18 Q - 3 b	30 - 70	3 - 9
17	19 Q - 1 b	850 - 1 570	100 - 200
26	18 Q - 2 a	74	9
29	19 Q - 1 a	190	20
31	19 Q - 3 a	44 - 700	5 - 80
32	19 Q - 4 a	68	8
37	18 P - 1 d	560	70
38	18 P - 2 d	78	9
39	18 P - 3 d	100 - 150	10 - 20
40	18 P - 4 d	120	15
42	19 P - 2 d	65	8
43	19 P - 3 d	105	12
45	20 P - 1 d	60	7
50	18 P - 2 c	150	20
52	18 P - 4 c	500 - 3 500	60 - 400
53	19 P - 1 c	90	10
54	19 P - 2 c	62 - 380	7 - 45
57	20 P - 1 c	46	5
58	20 P - 2 c	94	10
61	18 P - 1 b	50 - 1 500	60 - 180
62	18 P - 2 b	150	20
67	19 P - 3 b	41	5
69	20 P - 1 b	224	25

CHAPITRE II

ETUDE DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE SUR MODELE MATHEMATIQUE

1. LES ETUDES DE BASE

Au cours des dernières années, l'abaissement continu du niveau des eaux souterraines a suscité des études pour stabiliser les réserves ou tout au moins ralentir leur épuisement rapide.

Très vite est apparue comme solution économique la réalimentation artificielle de l'aquifère par des eaux de ruissellement superficiel des rivières et des torrents de la région ou des ses environs immédiats. En principe, il semble possible d'utiliser (pl. A-15)

- les torrents du Sud dont une grande quantité de l'eau participe déjà naturellement à la recharge de l'aquifère, tandis que le reste s'échappe actuellement de la plaine de Djahrom ;
- la rivière Tchatiz qui présentement n'influence aucunement les eaux phréatiques de la plaine de Djahrom pourrait, moyennant un coût acceptable, avec des bassins d'infiltration participer à la recharge envisagée de l'aquifère ;
- la rivière Chur dont les possibilités en eau sont considérables et sur laquelle pourrait être édifié un barrage de dérivation. L'amenée d'eau dans la plaine de Djahrom se ferait par canaux, à la faveur des différences de niveaux existant entre le lit de cette rivière et la plaine. Il faut rappeler cependant que ses eaux sont salées et difficilement utilisables pour la recharge ou l'injection. Ce ne sont donc que les eaux de crue de cette rivière qui pourraient être utilisées. Cette solution serait d'un prix acceptable dans quelques années lorsque les autres ressources plus faciles à valoriser auront été utilisées.

Pour analyser plus précisément ces différentes possibilités, des études complémentaires de géologie, d'hydrogéologie et d'hydrologie ont été entreprises. Parmi celles-ci nous citerons notamment :

- étude du comportement particulier des niveaux piézométriques dans les puits

témoins. Cette étude a conduit à l'établissement d'hydrographes sur une période de dix ans ;

- étude des transmissivités (T) des aquifères, par essais de pompage dans plus de 31 puits sélectionnés, et des coefficients d'emménagement (S) sur seulement trois puits, en raison des difficultés de réalisation des mesures ;
- étude de la piézométrie qui a permis d'établir des cartes mensuelles et semestrielles. Plus de 120 cartes purent ainsi être réalisées ;
- étude statistique des débits des rivières et des torrents mentionnés ;
- essais d'établissement du bilan hydraulique du bassin de la plaine de Djahrom.

Cependant, l'ensemble de ces recherches et de ces études a montré l'impossibilité d'approcher la réalité par des méthodes courantes de calcul, en présence de 855 puits d'exploitation interférant mutuellement. Il en est résulté la nécessité de faire appel à un modèle mathématique pour étudier plus exactement la distribution des coefficients hydrodynamiques des aquifères et, par là, le bilan des eaux souterraines et leur comportement à la moindre excitation provoquée par pompage.

2. LE MODELE MATHEMATIQUE

2.1. Généralités

L'apparition des ordinateurs à grande capacité de mémoire et à grande rapidité permet désormais de mener à bien des calculs qu'il aurait été impossible d'envisager auparavant. C'est ainsi que dans l'étude des écoulements des eaux souterraines, on a pu mettre au point des modèles mathématiques qui permettent d'analyser les différents phénomènes intervenant.

L'analyse du comportement local des eaux souterraines sous l'effet d'une perturbation (prélèvement, infiltration ou drainance) possède actuellement des bases théoriques solides mais toujours dépendantes d'approximations qui fatalement peuvent fausser les résultats. Ces approximations portent surtout sur l'hétérogénéité des aquifères et les conditions aux limites des aquifères, ainsi que sur l'interaction entre les divers aquifères et exutoires.

Dans le cas de la pré-détermination du comportement des eaux d'un aquifère peu hétérogène et de forme géométrique simple, ne présentant pas de complexité particulière, le calcul manuel serait satisfaisant. Par contre,

- en présence de cas compliqués, nécessitant la connaissance de l'hétérogénéité de l'aquifère et de la distribution des coefficients hydrodynamiques qui en résulte.
- en présence de nombreux puits d'exploitation interférant mutuellement et caractérisés par des conditions complexes aux limites des aquifères, l'utilisation d'un outil d'investigation et de calcul plus sophistiqué, tel qu'un modèle mathématique, s'avère indispensable.

2.2. Construction du modèle

L'élaboration d'un modèle mathématique a nécessité la connaissance de données de base, notamment :

- l'inventaire des ressources, à l'échelle régionale
- des levés géologiques de surface
- la synthèse des données géologiques de sub-surface
- la détermination des inter-communications entre les eaux phréatiques de l'aquifère quaternaire et celles des calcaires Asmaris sous-jacents
- les caractéristiques dimensionnelles de l'aquifère quaternaire
- la localisation des zones d'alimentation et de décharge des aquifères
- les caractéristiques hydrodynamiques et en particulier la transmissivité (T) des aquifères, à l'aide de 31 essais de pompage (Tableau 12)
- les variations piézométriques des eaux souterraines, dont les relevés ont débuté en 1964
- l'estimation, à partir de l'énergie utilisée, des quantités d'eau exploitées par les 855 puits dont 603 équipés d'électropompes et de compteurs électriques.

Ces données ne peuvent être utilisées directement : elles doivent au préalable se trouver ajustées pour s'adapter au type de modèle choisi. Dans le cas présent, par exemple, le modèle étant à deux dimensions, on ne peut valablement le mettre en oeuvre que si les rabattements qui doivent apparaître sont homogènes sur toute son étendue. Il en résulte d'importantes transformations des valeurs numériques : de ce point de vue, comparer les valeurs de T brutes (tableau 12) et ajustées (fig.13).

2.3. Utilisation du modèle

Il aurait été souhaitable de réaliser un modèle à trois dimensions pour tenir compte de l'hétérogénéité verticale éventuelle des sédiments de la plaine de Djahrom. Mais ce type de modèle est difficile à établir, d'autant plus que les données précises manquent sur la nature détaillée du remplissage alluvial qui peut d'ailleurs, dans un premier stade d'approximation, être considéré comme relativement homogène.

C'est pour cette raison que nous avons utilisé un modèle mathématique à deux dimensions : il s'agit du HYDRO 2D, de Franlab. Il simule les écoulements bidimensionnels dans les aquifères, en présence de conditions aux limites complexes.

Ce type de modèle s'appuie sur le fait que dans l'espace la distribution des hauteurs piézométriques, résultant de la circulation de l'eau dans un aquifère anisotrope en charge, répond à l'équation différentielle générale :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

qui s'écrit :

$$\text{div } K \text{ grad } h = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

où :

K_x, K_y, K_z = coefficients de perméabilité de Darcy suivant les directions
X, Y, Z

h = hauteur piézométrique au point des coordonnées (x, y, z)

S_s = coefficient d'emménagement spécifique de dimension inverse d'une longueur

t = temps

X, Y, Z = coordonnées par rapport aux trois axes rectangulaires.

En introduisant l'épaisseur (e) de l'aquifère, l'équation (1) peut s'écrire sous la forme bidimensionnelle équivalente :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_{(x,y)} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_{(x,y)} \frac{\partial h}{\partial y} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} + B \quad (2)$$

où :

T (x,y) = transmissivité au point (x,y) en supposant, pour simplifier, l'aquifère isotrope en tout point dans le plan x,y.

S = coefficient d'emmagasinement total, sans dimension.

B = apport ou prélèvement d'eau constant dans le temps.

L'équation (2) est également valable pour les aquifères non en charge lorsque la réduction de transmissivité due à l'abaissement de la surface libre des eaux souterraines est négligeable devant la transmissivité initiale de l'aquifère et lorsque le coefficient (S) est constant dans le temps.

Ces équations, associées aux conditions initiales et aux conditions aux limites propres à chaque cas, sont résolues par passage aux équations aux différences finies. Pour ce faire, un réseau maillé rectangulaire est appliqué sur l'aquifère et on peut écrire que la dérivée par rapport au temps est égale à la demi-somme des divergences au début et à la fin du pas de temps.

La résolution de ces équations s'effectue par bonds ou pas de temps durant lesquels le modèle effectue le bilan, compte tenu des différents soutirages et apports.

La possibilité d'utiliser un grand nombre de pas de temps numériques, même si le débit d'exploitation reste constant, assure une grande précision au modèle.

Dans le cas de Djahrom, l'ensemble du modèle correspond à un rectangle de 12 km sur 6 km, avec 51 km² de surface de l'aquifère, divisés en mailles,

la dimension de chaque maille étant de 1 km x 1 km, c'est-à-dire de 1 km² de superficie. Le maillage et la numérotation de gauche à droite et de bas en haut sont représentés sur la figure 22.

Les éléments de base nécessaires à la simulation des conditions naturelles figurent dans l'équation (2) des écoulements. Il s'agit :

- des coefficients de transmissivité (T)
- des coefficients d'emmagasinement (S)
- de l'alimentation latérale de l'aquifère
- des débits des écoulements verticaux sortant ou entrant dans l'aquifère
- de l'historique relatif aux différents débits, ceux des pompages et des infiltrations.

Dans le cas de l'aquifère de Djahrom, les débits verticaux ont été estimés à l'aide de la pluviométrie et de jaugeages. Pour ce faire, avec quelques hypothèses de base, les coefficients ci-après ont été pris en considération:

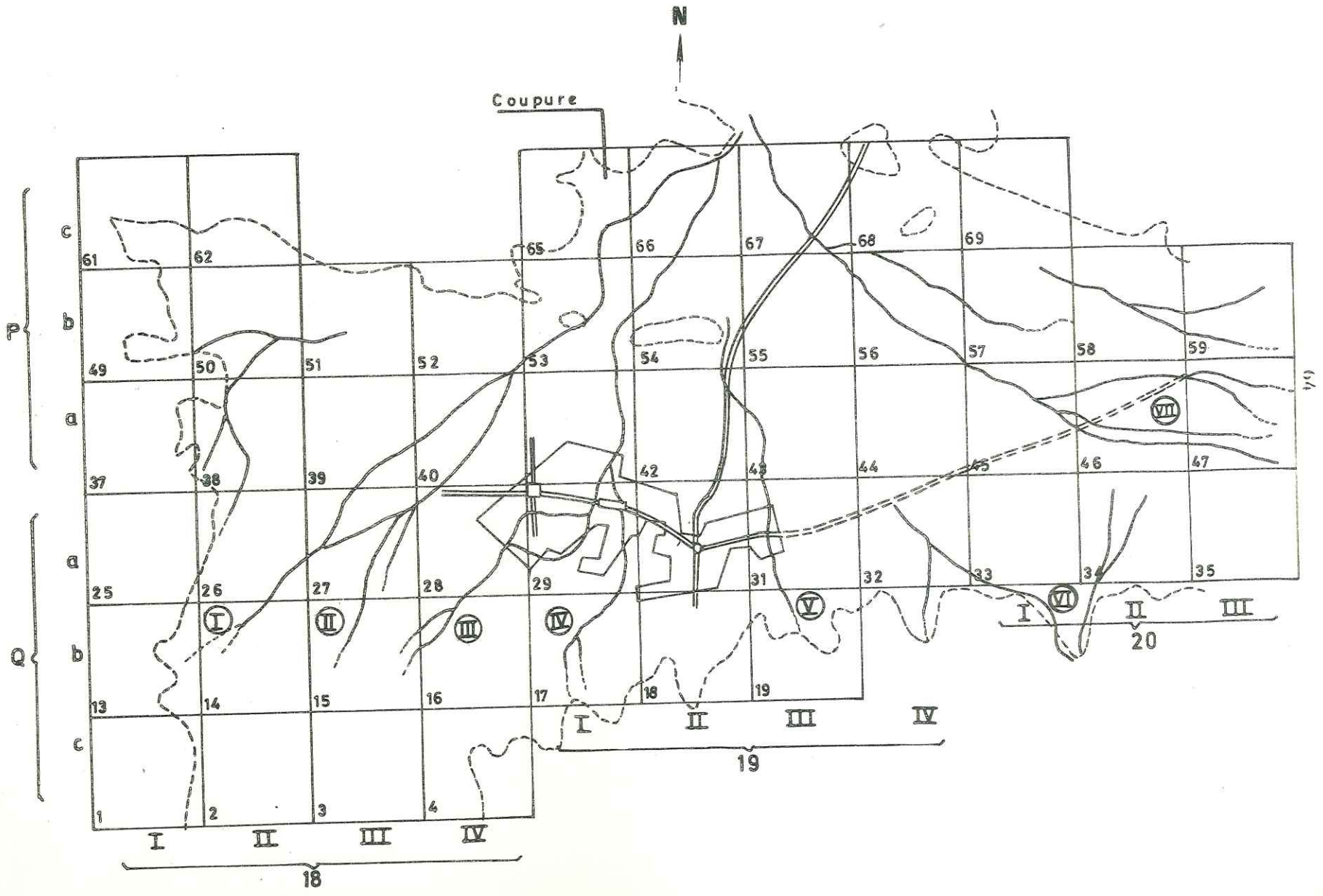
- coefficient d'infiltration des pluies estimé à 20 % à partir des quelques mesures à notre disposition ;
- coefficient d'infiltration des crues ;
- coefficient de réinfiltration des eaux d'irrigation.

Les transmissivités ont été obtenues par essais de pompage, selon la méthode de Theis Jacob. Les résultats obtenus sont donnés sur le tableau 12.

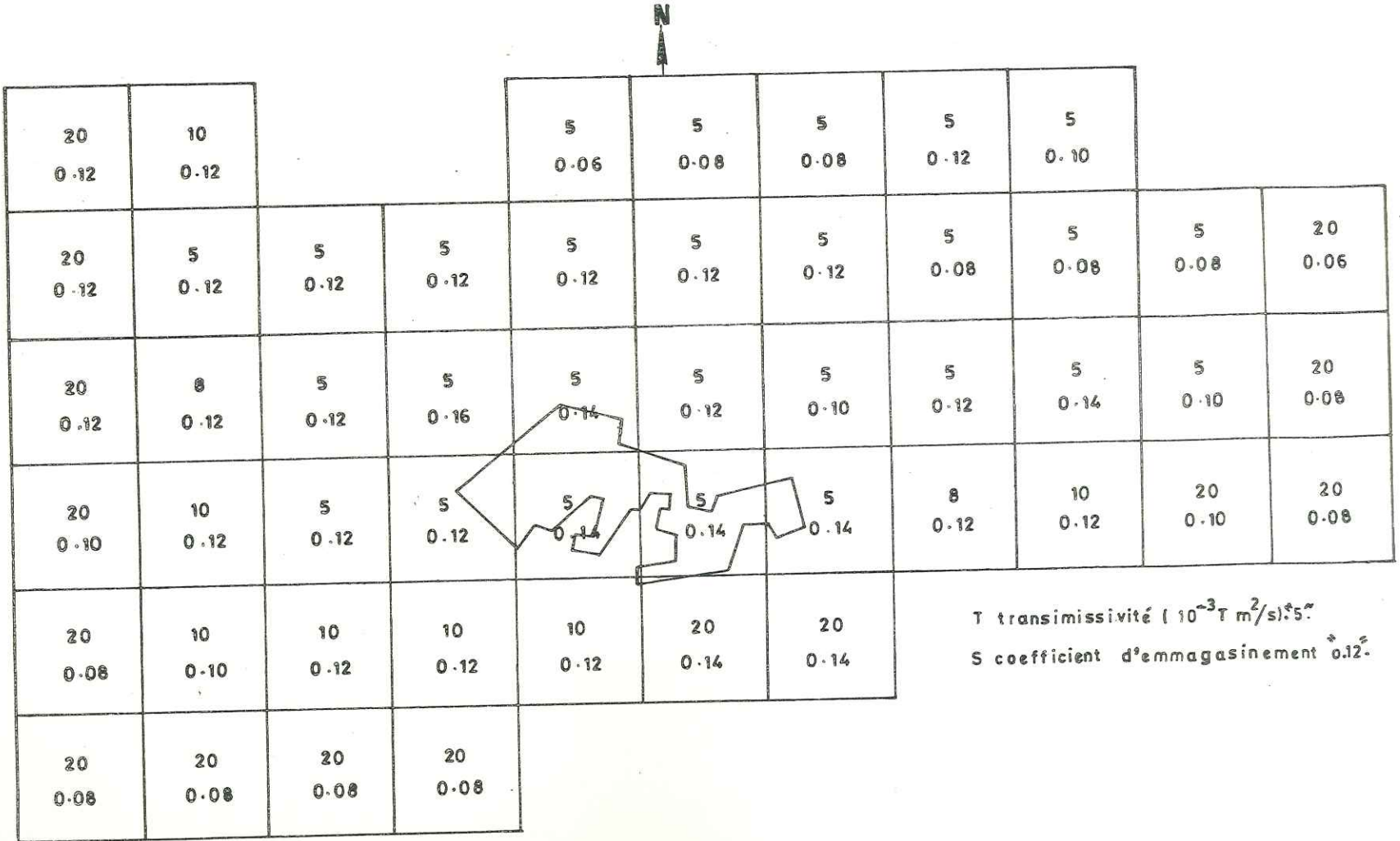
Aucune valeur sûre du coefficient d'emmagasinement n'a pu être obtenue par expérimentation. Une valeur entre 10 % et 20 %, considérée comme très probable, a été adoptée. Elle fut confirmée, par la suite, par ajustement du modèle et précisée maille par maille. L'ensemble adopté des valeurs de ce coefficient est représenté sur la figure 23.

L'alimentation latérale souterraine a été déduite des calculs basés sur les données de transmissivités résultant des essais de pompages et des gradients piézométriques. En première approximation, elle a été estimée à $1,5 \times 10^6$ m³ par an, puis augmentée au cours des simulations. En effet, celles-ci avaient

MAILLAGE
Figure 22



MALEURS DES TRANSMISSIVITES ET DES COEFFICIENTS D'EMMAGASINEMENT
 Figure 23



montré la nécessité d'intégrer une alimentation latérale plus forte de l'aquifère, les conditions géologiques de la région favorisant cette alimentation (existence de calcaires perméables). L'exactitude probable de cette hypothèse fut confirmée par un forage indiqué sur la figure 11.

L'alimentation par infiltration ou réinfiltration a tenu compte :

- du coefficient d'infiltration des pluies et des crues, estimé à 20 % pour une période comprise entre la première pluie importante de la saison humide et la dernière. Cette estimation a été vérifiée par des mesures effectuées sur le terrain,
- de la réinfiltration des eaux d'irrigation, estimée avec des taux différents pour la saison sèche et pour la saison humide.

3. LE BILAN

Il n'a pas été possible de préciser un bilan préliminaire à l'aide des données existantes. Cependant, la connaissance, même approximative, d'un tel bilan est requise en vue d'ajuster certains paramètres indispensables pour le modèle. Aussi a-t-on procédé par approches successives. Nous devons préciser que le modèle réalisé a porté sur les données antérieures à 1970, bien que nous fassions état dans la première partie de résultats et d'observations plus récentes. En effet, il s'est avéré illusoire de calculer le bilan sur une seule période de six années (1964 à 1970) parce que, pendant cette période, l'exploitation totale avait atteint 206×10^6 mètre cube tandis que, considérant l'abaissement moyen de 2,75 m du niveau piézométrique et un coefficient d'emménagement de 20 %, on obtient 23×10^6 m³ comme partie des réserves exploitées soit environ 11 % du premier chiffre. En conséquence, il s'est révélé nécessaire de cerner davantage le bilan en l'estimant sur des périodes plus courtes, semestrielles, ou en considérant les niveaux maxima et minima des potentiels. Pour les semestres secs, on peut écrire :

$$S.A.\Delta H = Q_{\text{exp}} (1 - \alpha_1) - Q_{\text{ext}}$$

Où S est le coefficient d'emménagement

A = la superficie

ΔH = l'abaissement moyen sur la superficie A

Q_{exp} = le volume exploité

Q_{ext} = le volume d'alimentation souterraine

α'_1 = le taux de réinfiltration des eaux d'irrigation (efficace pour la nappe).

Il y a trois inconnues dans cette équation linéaire. Donc, en principe, la prise en considération de trois semestres devrait suffire pour les déterminer. Cependant, cette méthode n'a pu être appliquée formellement à cause du changement des conditions d'un semestre à l'autre. Avec $\alpha'_1 = 0,2$ et $S = 12 \%$ on obtient :

$$Q_{\text{ext}} = 4,5 \times 10^6 \text{ m}^3$$

pour la période allant de 1966 à 1968, la valeur maximum de S étant de 15 % pour $\alpha'_1 = 0$.

Le tableau ci-après montre les bilans semestriels obtenus :

Année	Semestre	Exploitation 10^6 m^3	H mètres	Pluie mm	Total des crues 10^6 m^3
1964	1	19,6	- 2,26	0	0
	2	9,0	+ 3,03	446	28,60
1965	1	17,9	- 1,46	43	2,70
	2	9,6	+ 0,47	60	3,90
1966	1	21,4	- 2,11	0	0
	2	11,3	+ 1,16	134	8,60
1967	1	23,4	- 2,30	20	1,30
	2	11,4	+ 1,88	248	15,80
1968	1	25,3	- 2,60	0	0
	2	11,3	+ 2,78	335	21,50
1969	1	25,3	- 2,60	0	0
	2	-	-	242	15,55

Pour les semestres humides, l'équation du bilan s'écrit :

$$S. A. \Delta H = - Q_{\text{exp}} (1 - \alpha_2) + \beta \text{crues} + \gamma Q_{\text{pluie}} + Q_{\text{ext}}$$

En considérant que l'exploitation du deuxième trimestre des années 1966, 1967 et 1968 a été à peu près la même et avec $\alpha_2 = 0,4$, on obtient des valeurs de β comprises entre 0,8 et 1.

Ces calculs donnent seulement des ordres de grandeur et constituent la base de départ pour l'ajustement. Ils montrent aussi l'importance des débits des échanges verticaux.

Les valeurs obtenues ont été ensuite ajustées sur le modèle par comparaison des potentiels calculés avec les résultats des mesures effectuées sur le terrain.

L'infiltration des eaux de crues en 1969 était de l'ordre de $13 \times 10^6 \text{ m}^3$ pour un total ruisselé de $15,55 \times 10^6 \text{ m}^3$. Il en résulte un coefficient moyen d'infiltration des crues de l'ordre de 0,83.

Pour les années 1966 et 1967, ce coefficient avoisine l'unité, peut-être à cause de la sécheresse qui régnait alors. En effet, la pluviosité de l'année 1966 n'a été que de 134 mm, alors qu'elle a atteint 248 mm en 1967 et 335 mm en 1968.

La réinfiltration des crues et des eaux d'irrigation a été répartie sur 39 mailles, considérant que l'infiltration des crues à l'Est de Djahrom doit être nettement moins importante. Les volumes infiltrés durant le deuxième semestre 1969 sont représentés sur la figure 24. Un coefficient de réinfiltration de 10 % durant le premier semestre et de 40 % durant le second a été utilisé. Le volume réinfiltré des eaux d'irrigation en 1969 aurait atteint $11 \times 10^6 \text{ m}^3$. Le coefficient moyen d'infiltration de la pluie étant supposé être de 20 %, il en résulte un volume total infiltré de $2,45 \times 10^6 \text{ m}^3$ pour l'année 1969. Ces chiffres paraîtraient conformes pour les années humides.



0	2226			1590	1590	1590	1590	636		
0	2226	1590	2226	2226	2226	1272	1272	1272	318	318
0	2226	2226	2226	2226	2226	2226	954	1590	1590	1590
0	2226	2226	2226	1907	2544	2226	0	2226	2226	1590
2226	2226	2226	2226	0	0	636				
0	0	0	0							

VOLUME DE CRUE
INFILTRE (2^e Semestre 1969)
Figure 24

L'alimentation latérale, calculée avec les données sur la transmissivité et le gradient hydraulique, serait de $6,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. Ce débit, provenant de secteurs différents, a été introduit dans le modèle au cours de l'ajustement avec $1,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ à l'Ouest et $4,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ au Sud, dont $3,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ au droit des mailles 17, 18, 19 et 32 (Sud de Djahrom).

Après correction et réajustement, les valeurs ci-après des coefficients hydrodynamiques furent retenues (Fig. 25 et 26) :

- pour les transmissivités obtenues initialement par des essais de pompage, des valeurs comprises entre $20 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (1720 et $432 \text{ m}^2/\text{j}$);
- pour les coefficients d'emmagasinement, les valeurs varient de 6 à 16 % soit une valeur moyenne de 11 %. Les plus faibles valeurs paraissent se localiser au Nord et à l'Est de la région, c'est-à-dire vers les remontées des calcaires.

La répartition de l'ensemble des valeurs des transmissivités (T) et des coefficients d'emmagasinement (S) est mentionnée sur la figure 23.

L'exploitation totale annuelle des eaux souterraines pour l'année 1969 a été évaluée à $41,2 \times 10^6 \text{ m}^3$. Pour ce faire, les débits d'exploitation ont été calculés maille par maille.

Le bilan des eaux souterraines pour l'année 1969 indique une exploitation supérieure à l'alimentation. Il montre aussi :

- l'importance du rôle des écoulements verticaux
- et une valeur de 12 % pour le coefficient d'emmagasinement.

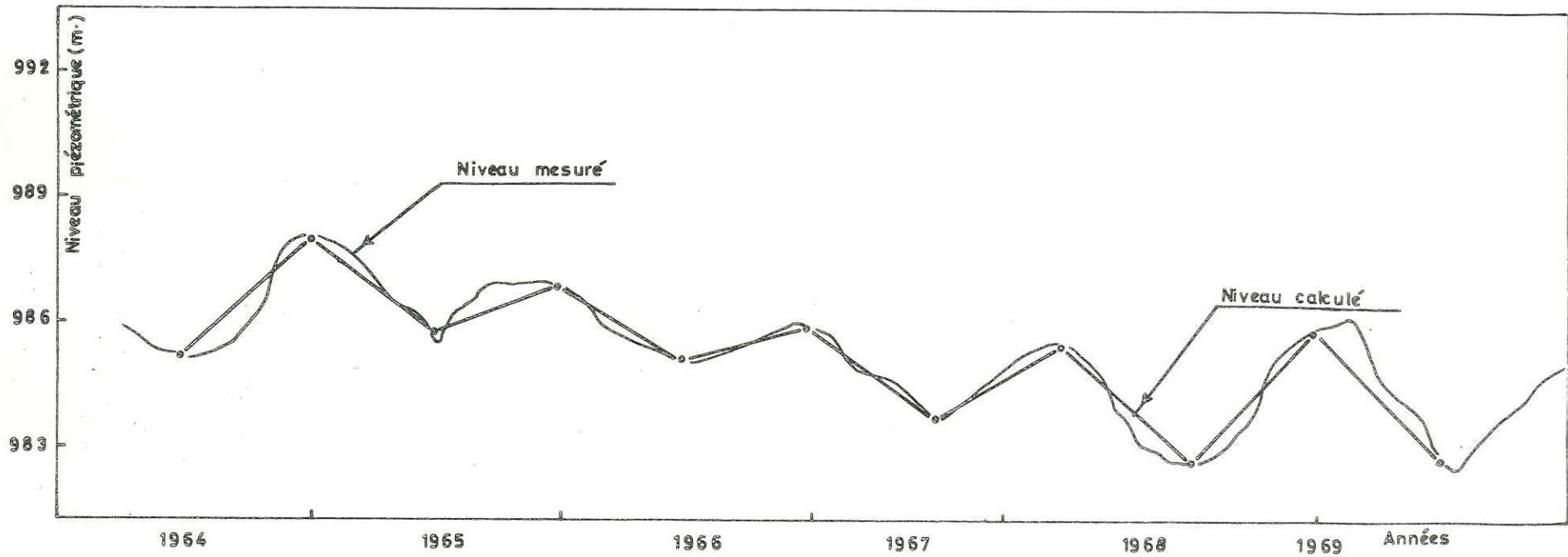
Ce bilan se différencie comme suit :

Alimentation :

- infiltration provenant des crues	$13,00 \times 10^6 \text{ m}^3$
- réinfiltration provenant des eaux d'irrigation	$11,00 \times 10^6 \text{ m}^3$
- infiltration pluviométrique	$2,45 \times 10^6 \text{ m}^3$
- alimentation latérale	$6,10 \times 10^6 \text{ m}^3$
Total	$32,55 \times 10^6 \text{ m}^3$

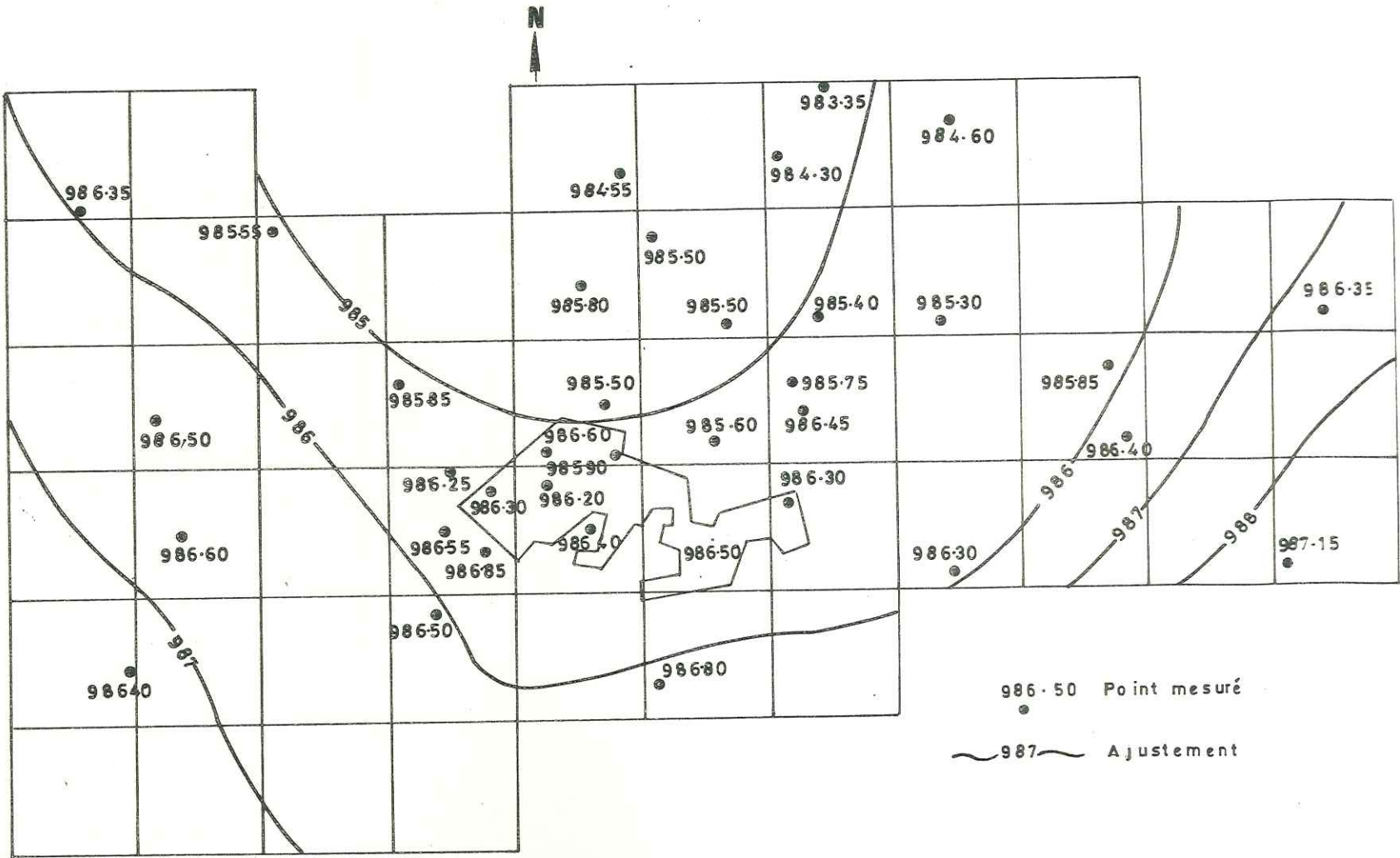
Exploitation :

$41,20 \times 10^6 \text{ m}^3$



AJUSTEMENT DE
L'HYDROGRAPHE

Figure 25



AJUSTEMENT PIEZOMETRIQUE
(1-1-1970)
Figure 26

Il en résulte un déficit de $8,65 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. Le déficit obtenu par le modèle devrait donner l'ordre de grandeur de la recharge à effectuer. En attendant, l'exploitation doit être limitée à $32,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, pour maintenir les eaux souterraines dans l'état actuel. En fait, l'abaissement observé de la nappe montre que le déficit réel est probablement moins fort que celui indiqué par le modèle.

Cette analyse a conduit à avancer l'hypothèse d'une alimentation en eau provenant des calcaires. En effet, la modification des autres paramètres de l'ajustement, dans le sens d'une amélioration, était difficilement justifiable. Par contre, une alimentation souterraine supplémentaire vers les mailles 67 et 68 est apparue possible en étudiant les bilans des années 1966 et 1967 et même en admettant la valeur de 100 % pour l'infiltration de la pluie et des crues.

Il a été recherché par simulation sur le modèle :

- les quantités d'eau qu'il était possible de réinjecter
- les effets, sur l'ensemble de l'aquifère, de la réinjection des eaux.
- les emplacements adéquats pour la réinfiltration artificielle des eaux.

Cette prospective a été étudiée en prenant en considération :

- une pluviométrie moyenne constante de 243 mm, celle des douze dernières années
- le coefficient d'infiltration obtenu dans l'ajustement de l'année 1969
- les autres paramètres constants
- l'introduction d'une composante continue de $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ représentant un apport souterrain réparti sur l'ensemble de l'aquifère.

Trois sites amont pour la réinjection ont été testés. Ce sont :

- site Est, au droite des mailles 19, 32, 33 où la surface de l'eau souterraine se trouve à 30 m de profondeur,
- site central, au droit des mailles 17, 18, 19 où la surface des eaux souterraines se trouve entre 20 et 35 mètres de profondeur, (Annexe A12)

- site Ouest, au droite des mailles 15, 16, 17 où les eaux souterraines se trouvent à plus de 20 m de profondeur.

Les quantités disponibles d'eau pour la réinjection ont été supposées successivement $4,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$, $7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ et $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$.

Il a été admis que la réinjection aurait lieu pendant la saison humide, en trois périodes d'une durée d'un mois chacune, séparée par un intervalle de 30 jours.

Les résultats obtenus par les neuf simulations sont les suivants :

- sauf dans les zones même d'injection, les potentiels des eaux souterraines augmenteraient peu ;
- l'effet d'une telle recharge sur l'ensemble de l'aquifère se ferait sentir au bout de quatre ans ;
- l'injection de $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau tous les ans ou de $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ tous les deux ans ne nécessiterait pas de drainage et ne limiterait pas l'agriculture par asphyxie des plantes ;
- l'injection de $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau par an pendant neuf ans successifs provoquerait une remontée de 17 m de la surface des eaux souterraines dans les zones de réinjection et de 7 mètres aux environs de ces zones ;
- le site central de réinjection conviendrait le mieux pour répartir les effets sur l'ensemble de l'aquifère.

L'ensemble de ces résultats est synthétisé sur les figures 29 à 45 et spécialement sur la figure 28 qui mentionne les niveaux piézométriques en 1980.

Du point de vue hydrodynamique, une telle recharge artificielle peut stabiliser les niveaux piézométriques ou tout au moins limiter leur abaissement.

Les caractéristiques de la région relatives à la superficie disponible pour la réinjection, à la géologie, à la granulométrie, aux paramètres de l'aquifère ne montrent aucune difficulté pour réaliser une telle recharge. Celle-ci se ferait en prélevant l'eau des crues des rivières au Sud de Djahrom et de la rivière Tchatiz.

Remarques

Il faut savoir qu'il peut y avoir trois sortes d'erreurs dans le calcul des bilans :

- 1 - les erreurs grossières : celles-ci sont dues à la lecture et généralement éliminées au cours des différents contrôles, par leur apparence très disproportionnée sur les graphiques.
- 2 - les erreurs d'estimation : elles proviennent des conditions physiques et des instruments et, pour les éviter, les mesures ont été recommencées plusieurs fois.
- 3 - les erreurs aléatoires : mathématiquement ces dernières ne peuvent pas être éliminées mais la théorie des erreurs permet de les réduire.

Pour éliminer la majeure partie des erreurs, l'essentiel est de bien connaître la région et ses problèmes. Par exemple, si l'on ne connaît pas l'étendue des nappes aquifères ou leur épaisseur, on peut avoir des erreurs de 50 %. Pour éviter ceci, l'étude a donc commencé par la géologie et la géophysique de la plaine ainsi que par la mise en place de puits d'exploration.

Dans les mesures directes de niveau, l'erreur a été de 1 %. Dans les mesures de débit des puits, l'erreur obtenue a été de 5 %. Pour l'exploitation totale de la plaine, l'erreur mesurée a été de 10 %. Compte tenu que les erreurs de reports de la position des puits sur les cartes ainsi que la représentation des courbes de niveau sont du même ordre, ces différentes erreurs ont été négligées lors des mesures directes.

Pour les coefficients d'emménagement et les transmissivités les erreurs sont supérieures à 10 %.

Etant donné les bouleversements apportés aux conditions naturelles, il n'est pas possible de savoir si les résultats obtenus aux essais sont meilleurs que ceux enregistrés au laboratoire.

Les résultats des essais de pompage ont été utilisés par le modèle mathématique et ce dernier donne un coefficient d'emménagement se situant entre 6 et 16 %. Si l'on considère une infiltration due au pompage de 15 % cela permet de connaître les quantités d'eau alimentant la nappe.

Ce calcul établi avec un coefficient d'emmagasinement de 5 à 15 % fait apparaître un changement d'alimentation de la nappe de 5 %. Les résultats du modèle mathématique peuvent donc être utilisés pour effectuer un bilan (Fig. 27).

Pour un coefficient d'emmagasinement de 10 % les résultats des bilans montrent une infiltration moyenne, en 10 ans, avec le maximum d'erreurs possibles, de 14 % (Fig. 28). Ceci permet de dire que l'erreur des estimations des bilans est de 10 % (ce sont là les meilleurs résultats obtenus en Iran) et qu'elle est due aux conditions géologiques et à l'installation des puits.

4. CONCLUSIONS DE L'ETUDE SUR MODELE

Le modèle réalisé à partir des données acquises jusqu'en 1969 nous permet donc de connaître, après diverses phases de calage, les caractéristiques souterraines de la plaine de Djahrom et de prévoir le comportement de la nappe dans les années à venir.

Nous avons pu constater que seule une recharge importante permettrait de stabiliser le niveau de la nappe dans les conditions d'exploitation actuelles. Il est évident que toute baisse importante du niveau de la nappe se traduirait par une baisse de la transmissivité, liée éventuellement à une variation du coefficient d'emmagasinement et il se pourrait que l'on atteigne alors un seuil à partir duquel l'abaissement de la nappe, à exploitation constante, augmenterait de façon exponentielle.

Il deviendrait alors nécessaire de reprendre un nouveau modèle à partir de la plus récente carte piézométrique pour déterminer les nouvelles caractéristiques de l'aquifère.

On réaliserait alors ainsi une deuxième étape dans la connaissance de la nappe que seul un modèle à trois dimensions pourrait fournir complètement, tout en nécessitant cependant un nombre considérable de nouveaux forages et de reconnaissances géophysiques, dont le coût risque de dépasser l'échelle du problème traité.

CHAPITRE II

ETUDE ECONOMIQUE

1. COMMENTAIRES

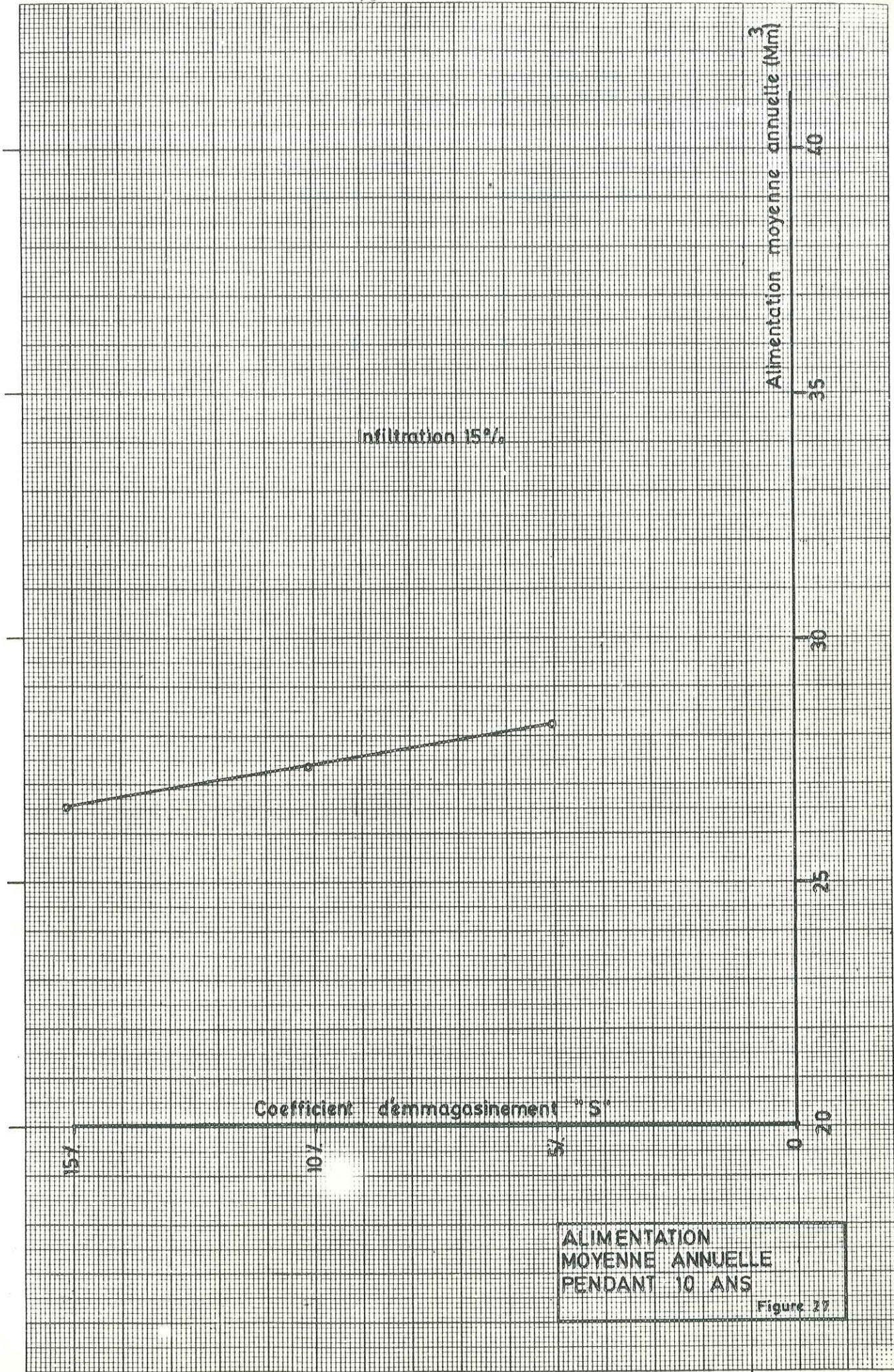
La surface cultivée de la région de Djahrom est de l'ordre de 4 000 hectares. Auparavant, on y cultivait principalement du coton et du tabac. Ces cultures ont été peu à peu remplacées par des palmiers, des orangers et des citronniers. Actuellement, la plaine est couverte par des arbres fruitiers.

L'objet de ce chapitre n'est pas d'analyser en détail la situation économique. Nous étudierons seulement, du point de vue économique, quelques chiffres relatifs à l'effet de la recharge.

A Djahrom, on loue les jardins 200 000 Rials par hectare et par an, soit environ 14 000 F.F. Cela correspond à un bénéfice net minimum. Ce bénéfice n'est pas comparable avec celui des autres régions de la Province du Fars, qui est de l'ordre de 20 à 40 000 Rials, c'est-à-dire un dixième à un cinquième de celui de Djahrom.

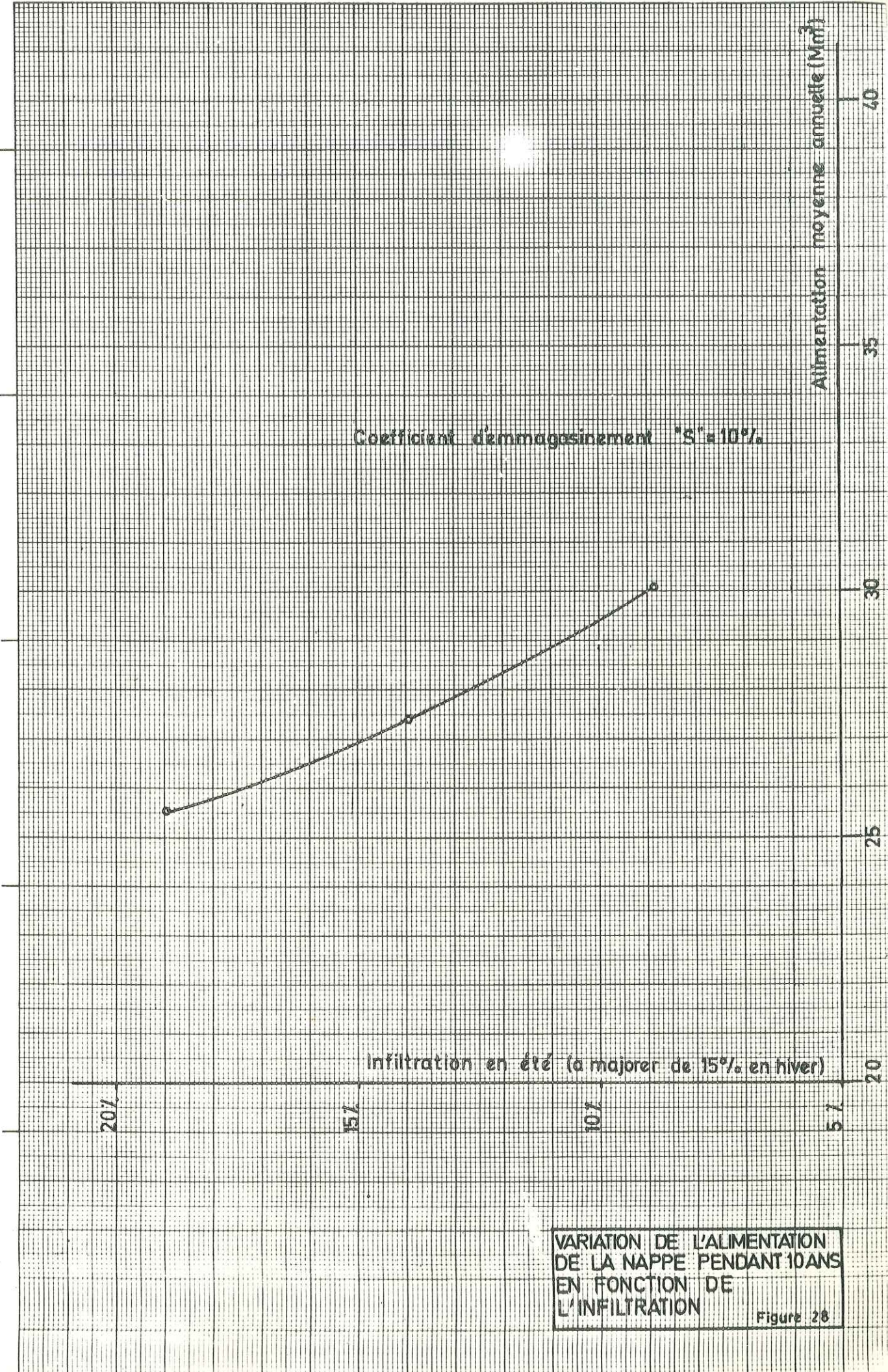
Les habitants de cette région sont donc, de ce fait, intéressés par la plantation des arbres fruitiers. C'est pourquoi, en moins de 15 ans, l'exploitation des eaux souterraines, seule ressource en eau de la région, a augmenté de 25 à 30 millions m³ par an.

Actuellement, le bilan des eaux souterraines montre un déficit et c'est pourquoi le Ministère de l'Eau et de l'Electricité de l'Iran a décidé un contrôle de cette ressource. Ainsi, depuis plus de 4 ans, il est interdit d'exploiter les puits à un débit supérieur à celui de 1969 et le Ministère de l'Eau et de l'Electricité ne donne plus l'autorisation de forer de nouveaux puits. L'exploitation des eaux souterraines est ainsi stabilisée.



ALIMENTATION MOYENNE ANNUELLE PENDANT 10 ANS

Figure 27



Toutefois, les propriétaires des puits, compte tenu de l'abaissement des niveaux, sont obligés tous les 2 ans d'approfondir leurs puits pour avoir la même quantité d'eau qu'auparavant. La dépense annuelle correspondante est estimée pour chaque puits à 2 500 - 3 000 Rials.

D'autre part, pour un abaissement de 2,5 m du niveau, l'énergie consommée pour l'exploitation augmente de : $1\ 000\ \text{kg} \times 2,5\ \text{m} = 2\ 500\ \text{kgm}$, soit $2\ 500 : 75 = 33\ \text{CV} = 25\ \text{KW}$.

La consommation annuelle étant de l'ordre de $15\ 000\ \text{m}^3/\text{ha}$, l'énergie nécessaire atteint : $25 \times 15\ 000 = 375\ 000\ \text{KW}$. Le prix unitaire du KWh étant de 2 Rials, la dépense d'élève à : $375\ 000 \times 2 : 3\ 600 = 200\ \text{Rials/ha}$.

Cette dépense de 200 Rials par hectare sera augmentée progressivement. Dans quelques années, les propriétaires seront obligés de renouveler les électropompes qui ne seront plus assez puissantes : l'investissement en sera augmenté d'autant.

La réalisation de la recharge artificielle nécessite un barrage de dérivation à Tchatiz et un canal pour amener l'eau au Sud de Djahrom. La dépense est estimée à 150×10^6 Rials. A noter que, pour la réalisation de ce projet, on doit continuer les études quantitatives et qualitatives concernant l'eau des crues et les méthodes de leur injection dans l'aquifère.

Pour la recharge, la quantité d'eau disponible est estimée à $6 \times 10^6\ \text{m}^3/\text{an}$. La dépense annuelle des installations nécessaires s'évaluent à 1×10^6 Rials environ (pour nettoyer le canal et le bassin). Cette quantité d'eau serait suffisante pour stabiliser le niveau de la nappe. Par conséquent, elle éviterait la dépense de 2 500 Rials/an par puit \times 800 puits = 2×10^6 Rials/an pour l'approfondissement éventuel de puits et permettrait de couvrir aisément les dépenses annuelles de recharge.

Sans procéder à une recharge et avec une exploitation de $48 \times 10^6\ \text{m}^3/\text{an}$ dans les premières années, certaines régions où la puissance de l'aquifère est faible se dessécheraient et, sur un horizon de 10 à 20 ans, l'agriculture de toute la région serait menacée de manque d'eau. On voit ainsi d'un point de vue économique la nécessité de réaliser une telle recharge.

D'autre part, si le prix actuel de l'eau est de 1 Rial/m³, la dépense annuelle sera de 15 000 Rials/ha ; en intégrant 0,2 Rial/m³, on obtient :
 $15\ 000 \times 0,2 = 3\ 000$ Rials/ha d'augmentation de frais.

En comparant cette dépense au bénéfice net qui est de 200 000 Rials/ha, on voit que l'augmentation résultante serait de 1,5 %. En réalité, cela correspondrait au prix de l'assurance contre toute pénurie d'eau. D'autre part, l'investissement serait amorti en quelques années.

En comparant cette recharge artificielle et la construction d'un barrage avec un réseau d'irrigation dans la plaine de Djahrom, on peut relever les points suivants :

- l'absence de site favorable à la construction d'un barrage près de Djahrom;
- dans le cas d'une réalisation de la recharge, il serait possible de profiter du réseau de puits actuels tandis que dans le cas d'une construction de barrage, on a besoin d'un réseau d'irrigation qui nécessite de lourdes dépenses ;
- la recharge artificielle permet en outre de s'affranchir d'une perte d'eau par évaporation à la surface de la retenue du barrage ;
- avec la recharge, la dépense de maintenance est beaucoup moins importante qu'avec la solution barrage ;
- dans la région de Djahrom, en profitant seulement du réseau d'eau de surface, il y aurait danger de manque d'eau pendant les années sèches, alors que l'aquifère pourrait jouer le rôle de réservoir régulateur.

On voit ainsi l'avantage de réaliser la recharge artificielle à Djahrom.

2. CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

Les principales conclusions peuvent être énoncées comme suit :

- du point de vue hydrodynamique, la recharge artificielle d'une quantité d'eau de l'ordre 7×10^6 m³/an permet de stabiliser ou de limiter l'abaissement d'année en année. D'autre part, les caractéristiques hydrodynamiques des terrains ne s'opposent pas à la réalisation de cette recharge.
- du point de vue économique, l'exécution d'une telle opération dépend de la rentabilité du projet.

Toutefois, de nombreux points restent encore à préciser :

- a- Pour connaître les conditions exactes de l'alimentation de l'aquifère et surtout les débits d'échange verticaux, il faudrait poursuivre les essais de jaugeage et de surveillance piézométrique afin d'obtenir un historique plus long et des données complémentaires.
- b- Pour mieux déterminer la puissance de l'aquifère, les transmissivités, les coefficients d'emménagement et d'alimentation souterraine, la surveillance devrait aussi se poursuivre à l'amont de la nappe dans la partie où les graviers et les calcaires sont en contact.
- c- Il faudrait également procéder à des mesures de perméabilité, surtout dans le lit des rivières au Sud de Djahrom et à des mesures d'infiltration verticale.
- d- Des essais dans des puits seraient aussi nécessaires pour déterminer les coefficients d'emménagement.
- e- Il faudrait enfin rechercher un site préférentiel de recharge à l'amont des rivières et y réaliser un essai pilote de recharge artificielle.

CONCLUSION GENERALE

L'étude hydrogéologique de la plaine de Djahrom apparaît particulièrement intéressante, car elle montre l'importance de la connaissance de la structure et de la nature des formations géologiques en surface et en profondeur.

Bien qu'apparemment simples, des données ne peuvent être appréhendées qu'après des études géologiques, géophysiques et géochimiques détaillées. En raison des conditions climato-hydrologiques de ce secteur, l'établissement d'un bilan s'avère difficile et ne peut être abordé, de même que la détermination des caractéristiques hydrogéologiques des terrains, que par le biais d'un modèle mathématique, seul capable de prendre en compte toutes les observations réalisées sur la multitude de puits existants.

Ce modèle a fait ressortir l'urgence de la réalisation d'une recharge rapide de la nappe. Mais, depuis sa mise au point, de nouvelles observations montrent l'importance de la réalimentation de la nappe à partir des calcaires Asmari, et aussi une baisse de la nappe qui peut nécessiter la réalisation d'un nouveau modèle, si l'on veut connaître les caractéristiques des aquifères à plus grande profondeur.

L'absence de la connaissance de tous les éléments souhaitables doit inciter à ne considérer les résultats obtenus que comme une étape, certes importante, mais provisoire.

Sept années s'étant écoulées entre l'achèvement de cette première étude sur modèle et celui du présent mémoire, on dispose d'un recul qui permet d'être encore plus affirmatif quant aux conclusions concernant le bilan.

En 1975, la Société KESHAB, chargée des études concernant la région, a confirmé les précédents résultats, ce qui a incité le Ministère de l'Eau, après une interdiction antérieure de forer de nouveaux puits, à limiter l'extraction au maximum déjà atteint. En dépit de ces mesures, de 1970 jusqu'à ce jour, le niveau piézométrique s'est pourtant encore abaissé, de façon variable selon les puits, mais de 3,5 m en moyenne : c'est-à-dire la gravité de la situation.

On peut toutefois espérer que celle-ci se trouvera bientôt améliorée. En effet, après étude détaillée, sur bassin expérimental, des conditions de l'infiltration, un premier bassin de réalimentation, utilisant les eaux de la rivière Tchatiz, fonctionnera bientôt.

Quoiqu'il en soit, nous croyons avoir montré l'importance de ce type d'étude pour l'établissement de bilan et de projets de recharge, si nécessaires en Iran. Il est certain que, tout problème hydrogéologique évoluant avec le temps, les résultats obtenus doivent être exploités assez rapidement, faute de quoi, l'on risque d'atteindre des situations irréversibles.

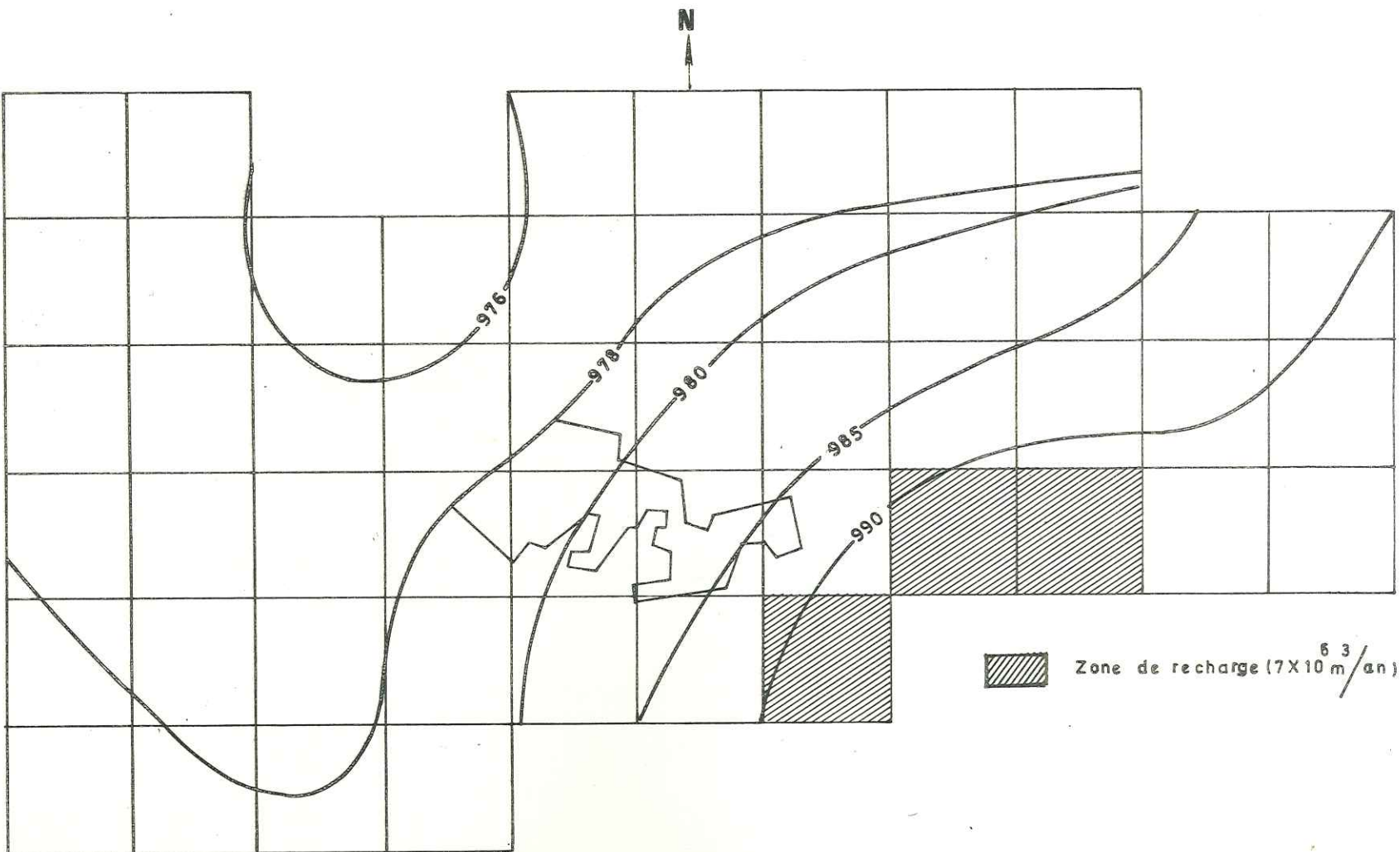
Si le géologue travaille à l'échelle du million d'années, l'hydrogéologue lui, doit renouveler à chaque instant ses connaissances, s'il veut être utile, ce qui est le vrai but de toute recherche appliquée

Niveaux piézométriques (mètres)

Temps = . 3 600 E + 04 Jours

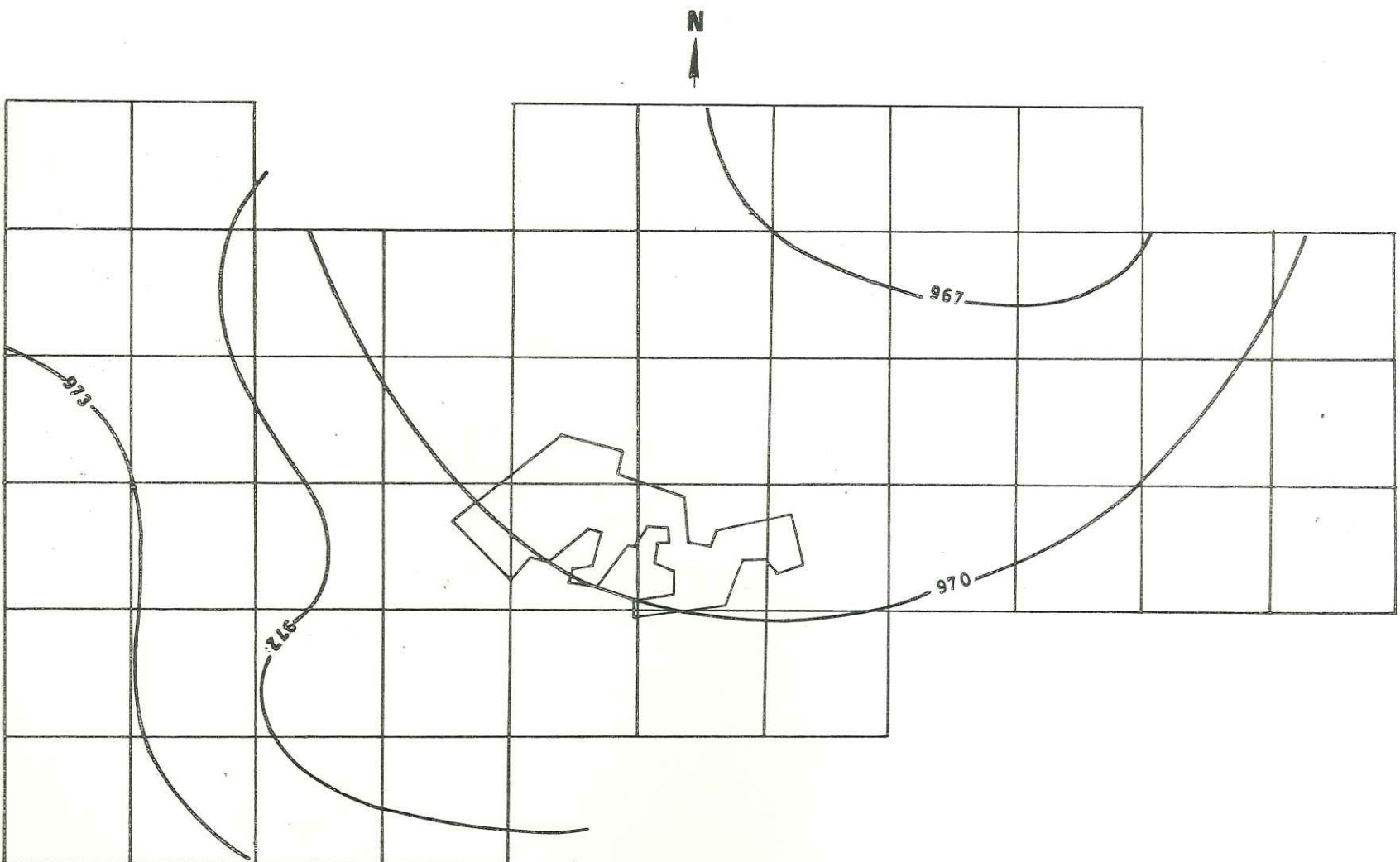
Tableau 13

984,15 61	984,49 62	0,00 63	0,00 64	981,51 65	981,37 66	978,90 67	976,17 68	974,78 69	0,00 70	0,00 71	0,00 72
984,69 49	984,50 50	983,10 51	982,46 52	982,17 53	982,17 54	981,72 55	980,35 56	979,16 57	981,53 58	982,94 59	0,00 60
985,46 37	985,39 38	984,42 39	984,11 40	984,97 41	985,43 42	985,28 43	982,71 44	980,92 45	982,49 46	983,47 47	0,00 48
986,43 25	986,30 26	986,68 27	987,85 28	990,70 29	992,48 30	990,43 31	984,56 32	983,61 33	983,93 34	983,89 35	0,00 36
987,50 13	987,14 14	987,45 15	990,61 16	1000,36 17	1003,00 18	1003,57 19	0,00 20	0,00 21	0,00 22	0,00 23	0,00 24
987,66 1	987,61 2	987,90 3	988,68 4	0,00 5	0,00 6	0,00 7	0,00 8	0,00 9	0,00 10	0,00 11	0,00 12



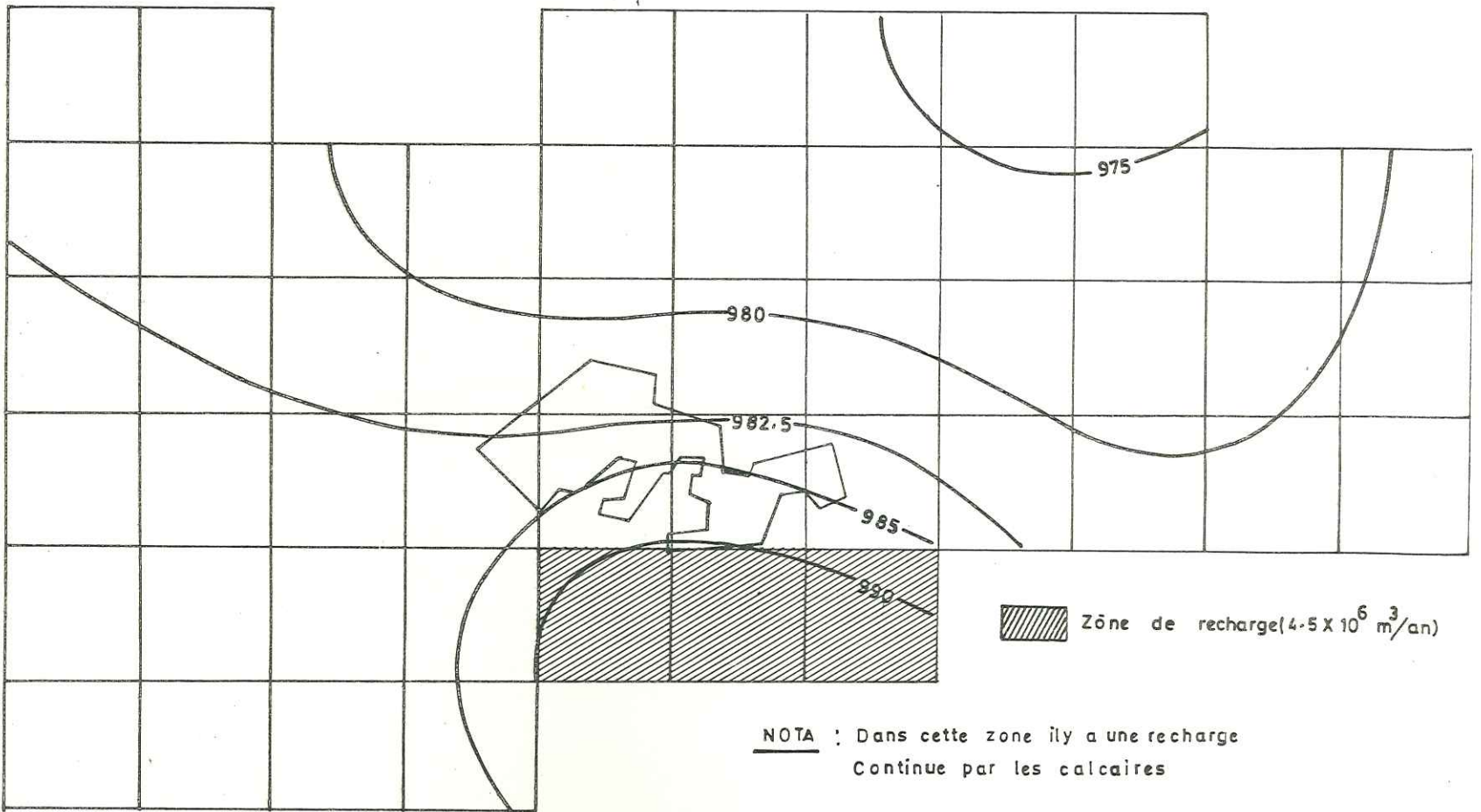
NIVEAU PIEZOMETRIQUE
(au 1-1-1980) avec RECHARGE
ARTIFICIELLE

Figure 29



NIVEAU PIEZOMETRIQUE
 (au 1-1-1980) sans
 RECHARGE ARTIFICIELLE

Figure 30



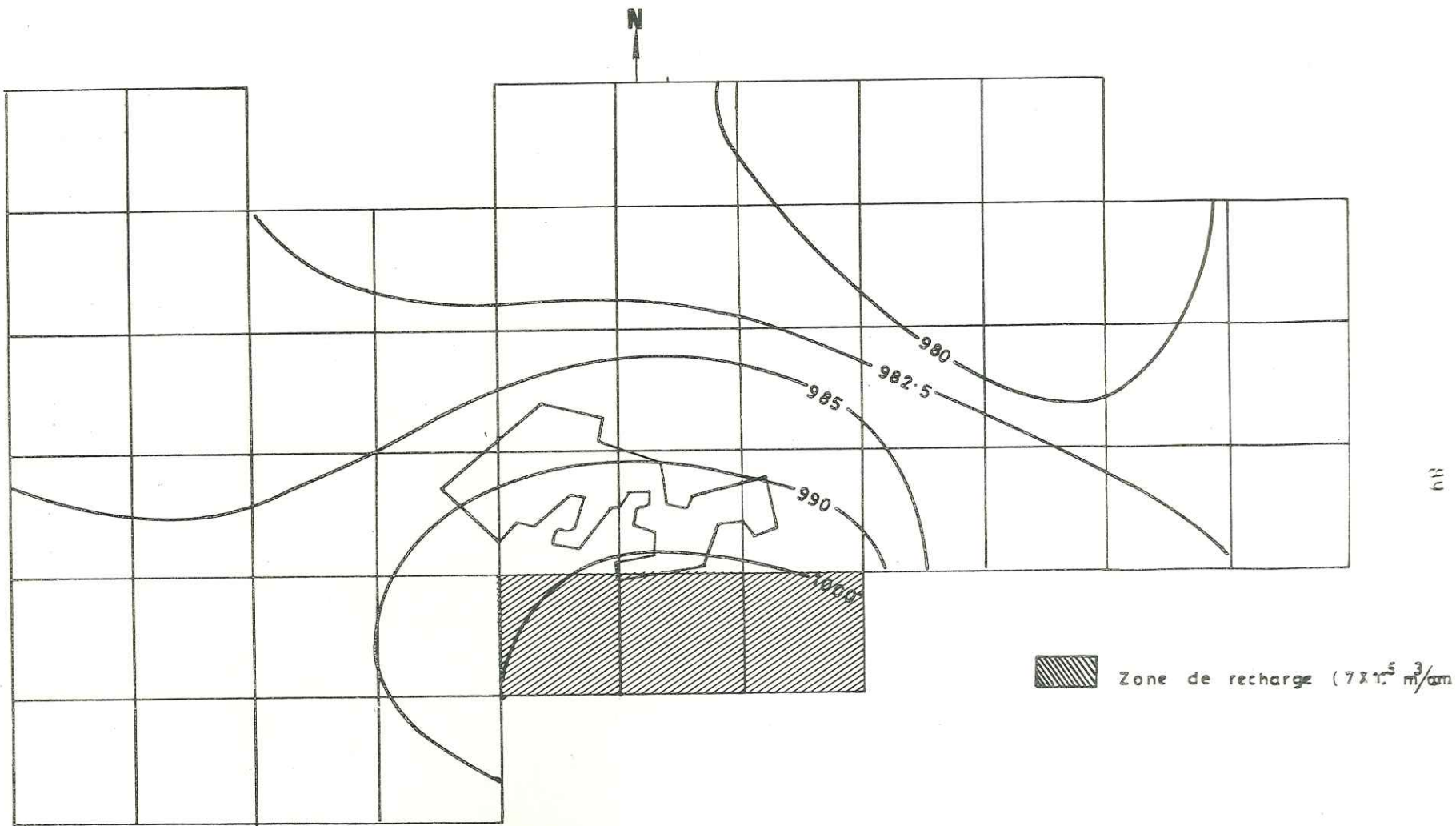
NOTA : Dans cette zone il y a une recharge
Continue par les calcaires

NIVEAU PIEZOMETRIQUE

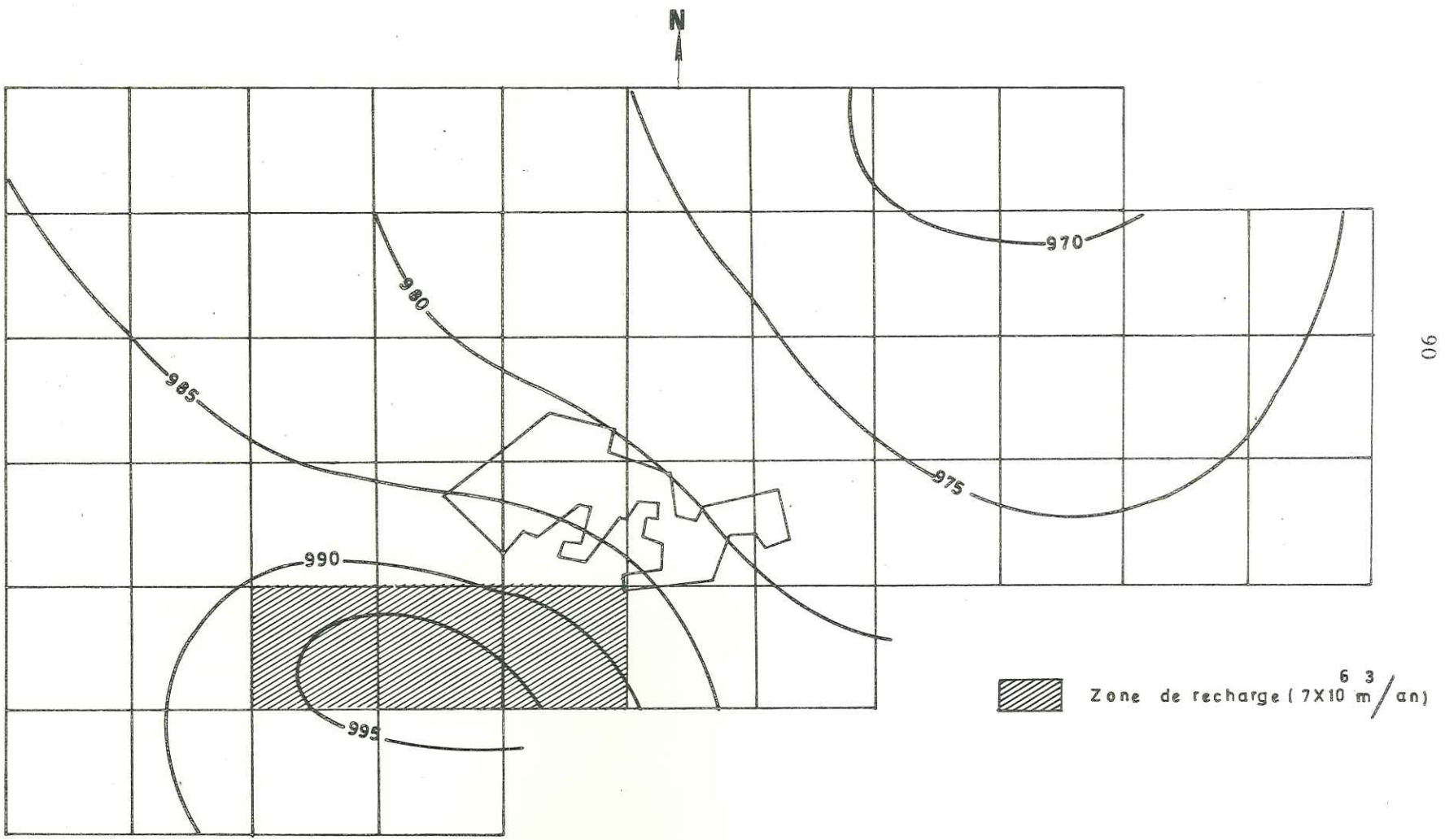
AU 1-1-1980

(mailles 17-18 et 19

Figure 31



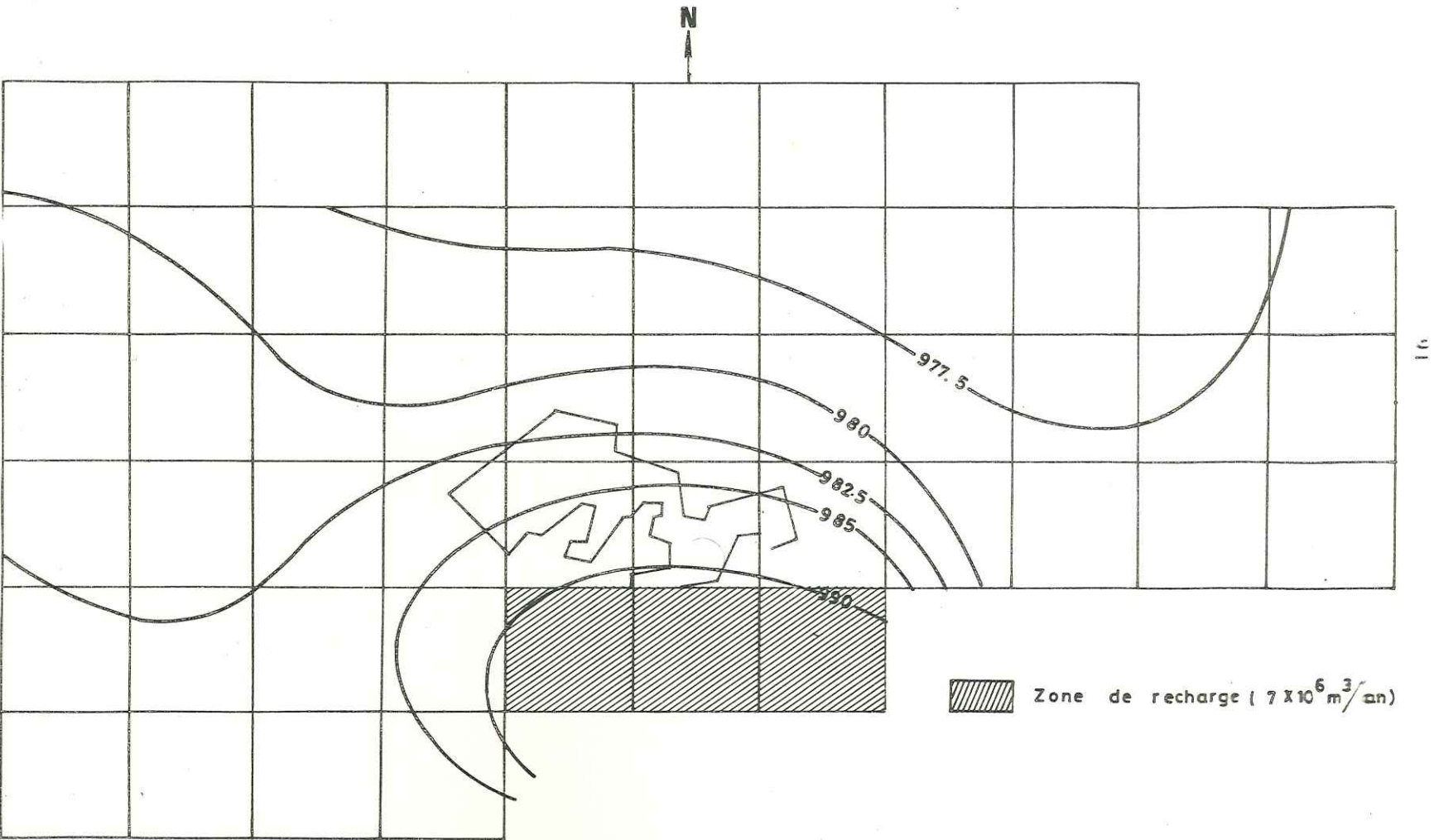
NIVEAU PIEZOMETRI-
 QUE AU 1-1-1980
 (mailles 17-18 et 19)
 Figure 32



90

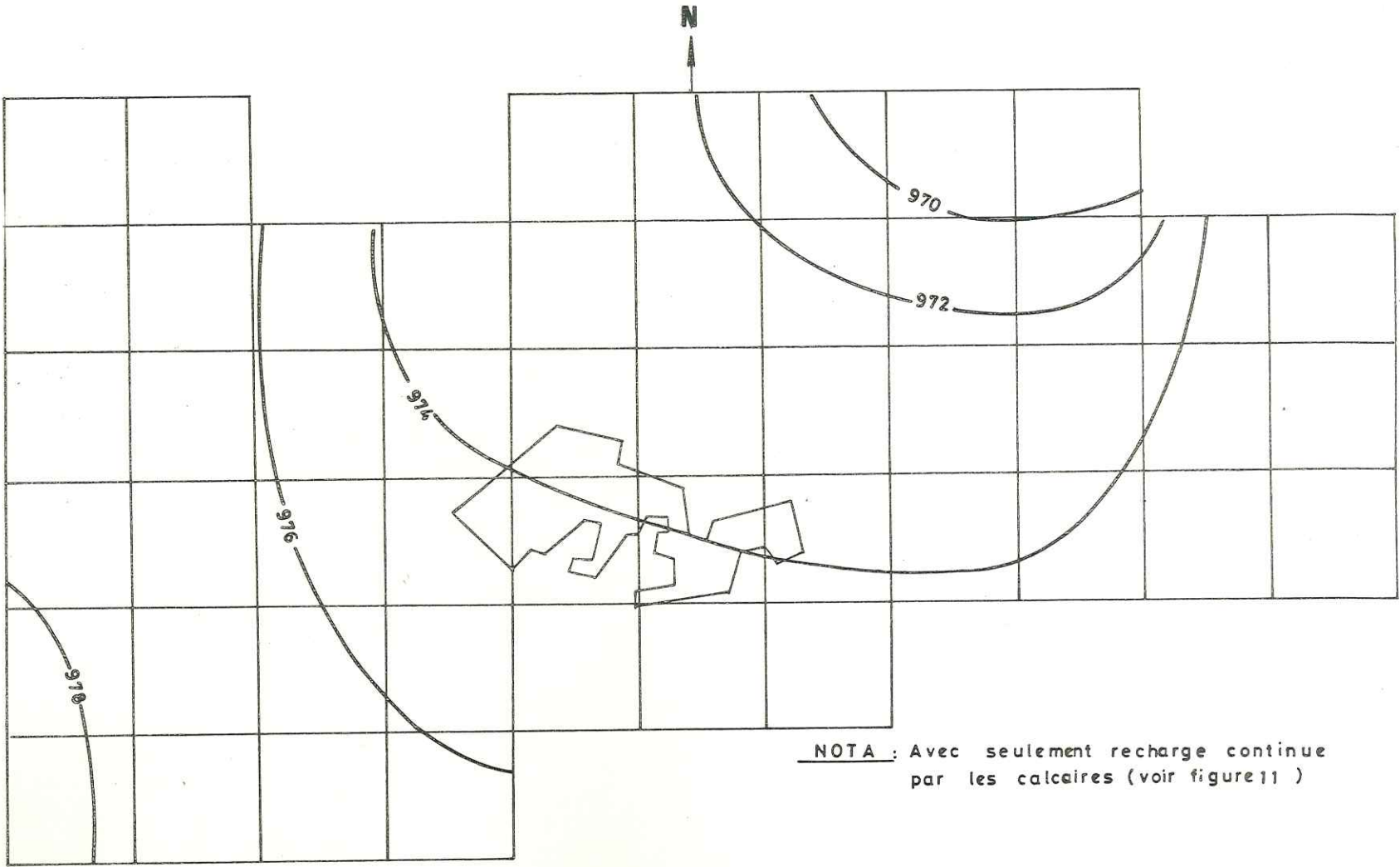
 Zone de recharge ($7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$)

NIVEAU PIEZOMETRIQUE
 AU 1-1-1980
 (mailles 15.16 et 17)
 Figure 33



31

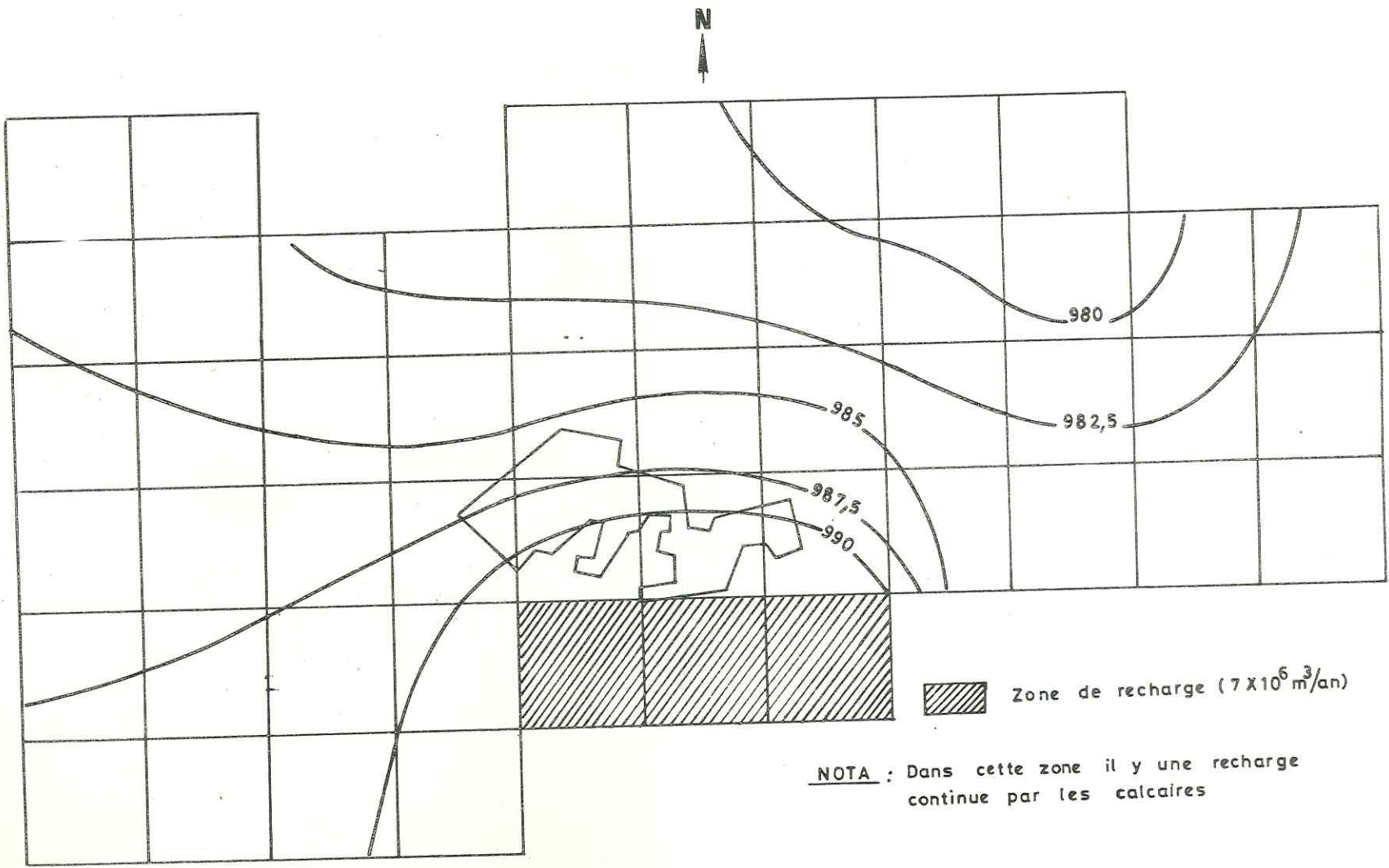
NIVEAU PIEZOMETRIQUE
 AU 1-1-1980
 (mailles 17 - 18 et 19)
 Figure 34



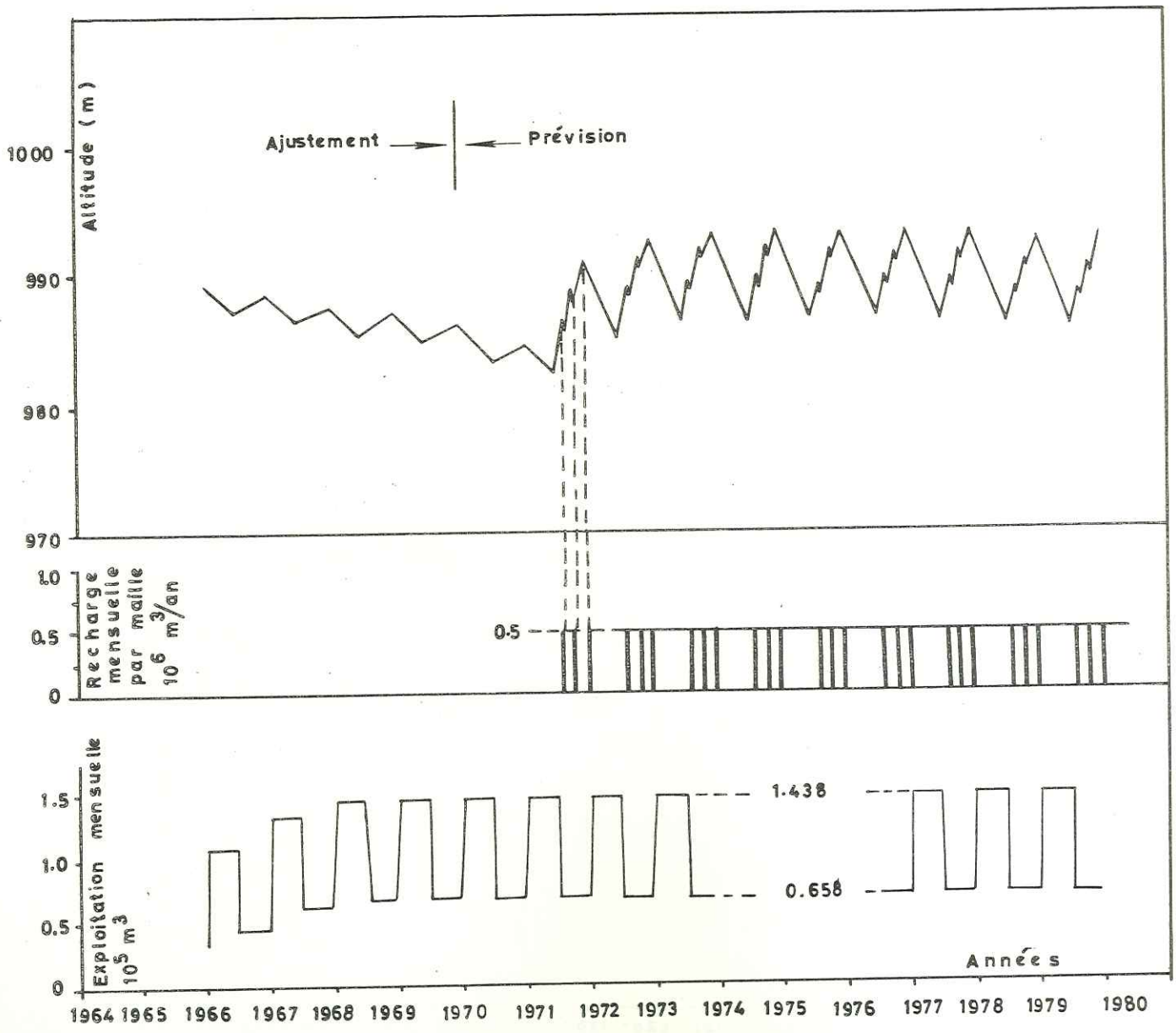
NOTA : Avec seulement recharge continue par les calcaires (voir figure 11)

NIVEAU PIEZOMETRIQUE
 AU 1:1980 sans RECHARGE
 ARTIFICIELLE

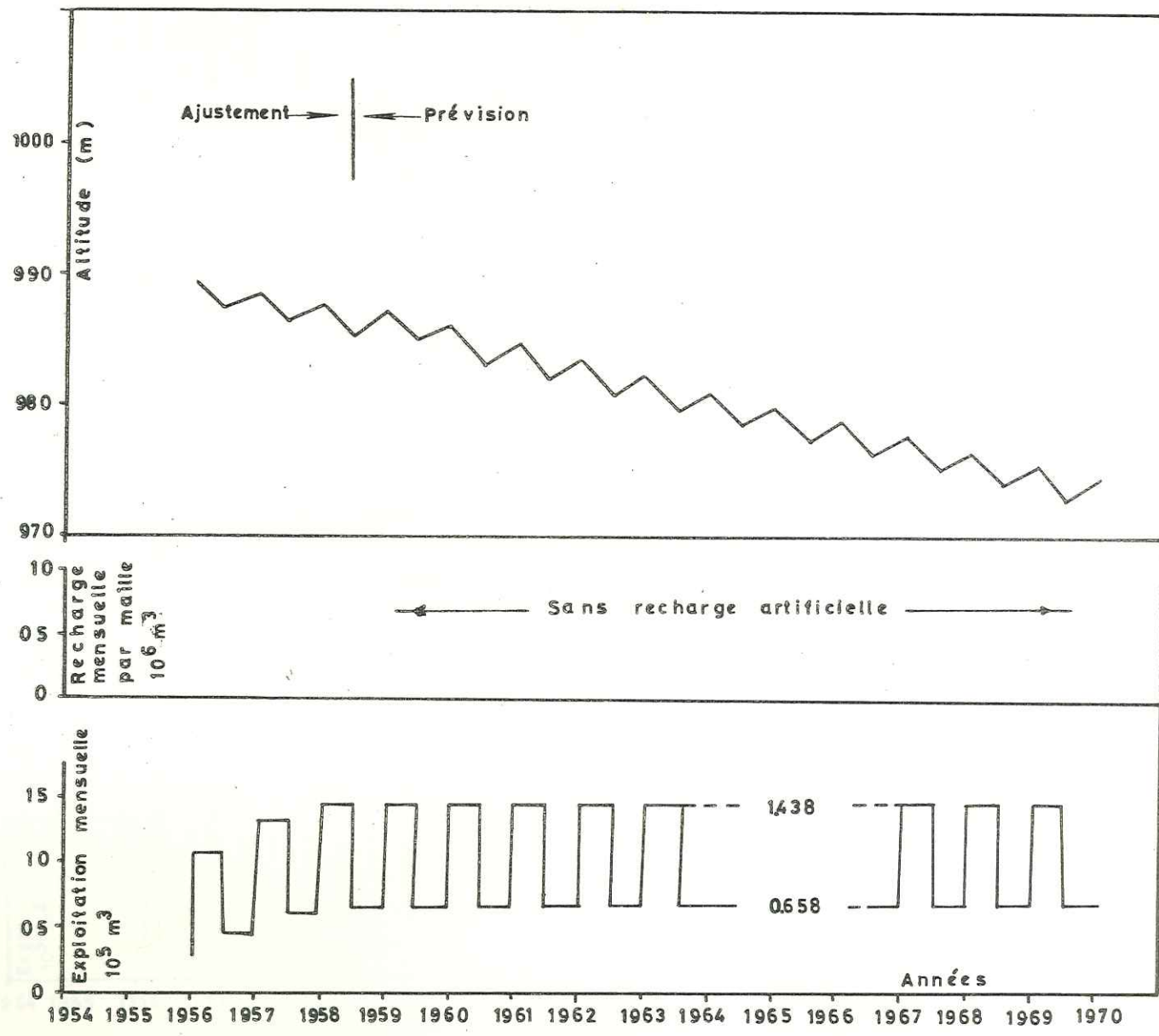
Figure 35



NIVEAU PIEZOMETRIQUE
 AU 1-1-1980
 (mailles 17-18 et 19)
 Figure 36

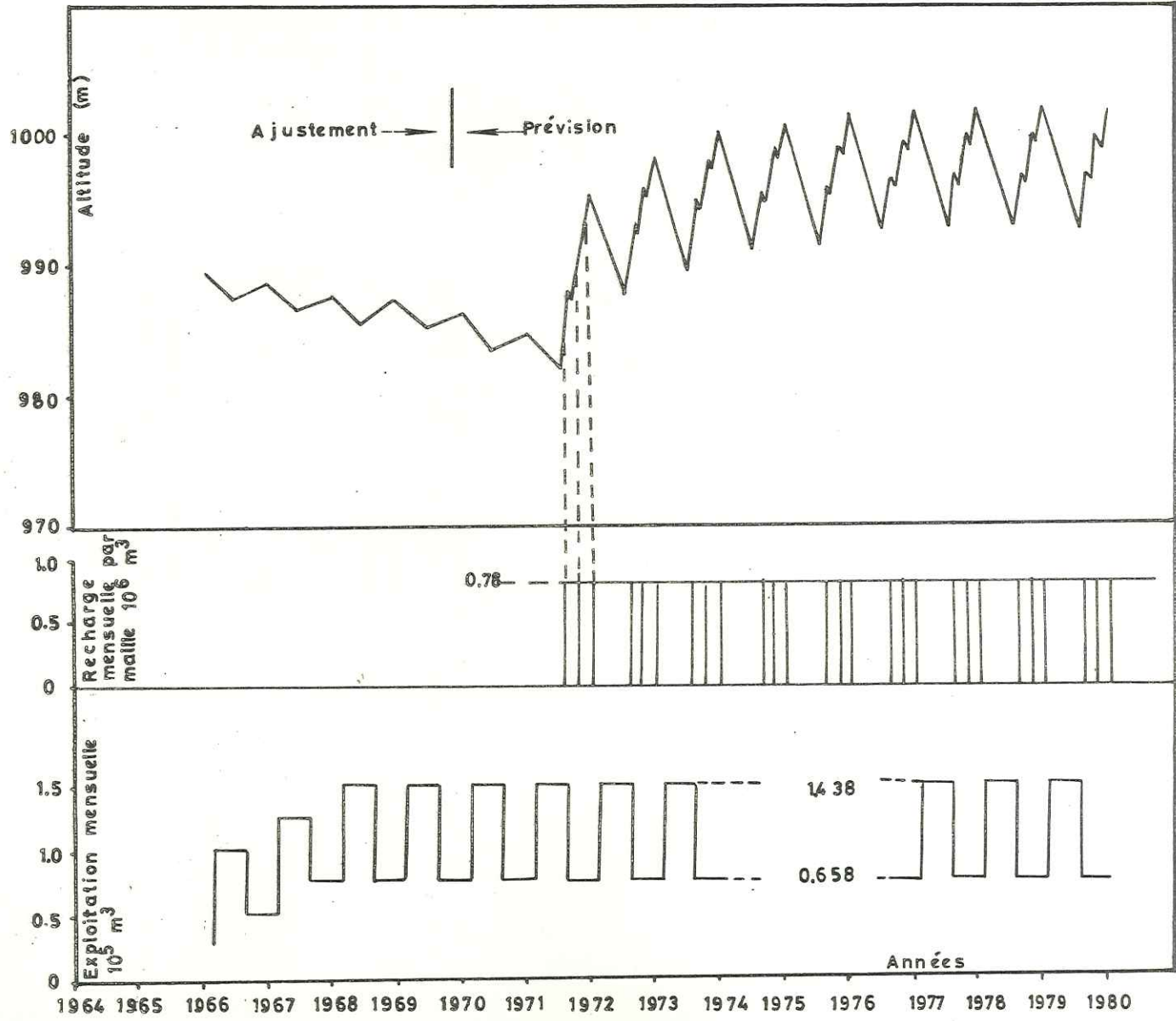


EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
DE LA MAILLE CENTRALE
Figure 37

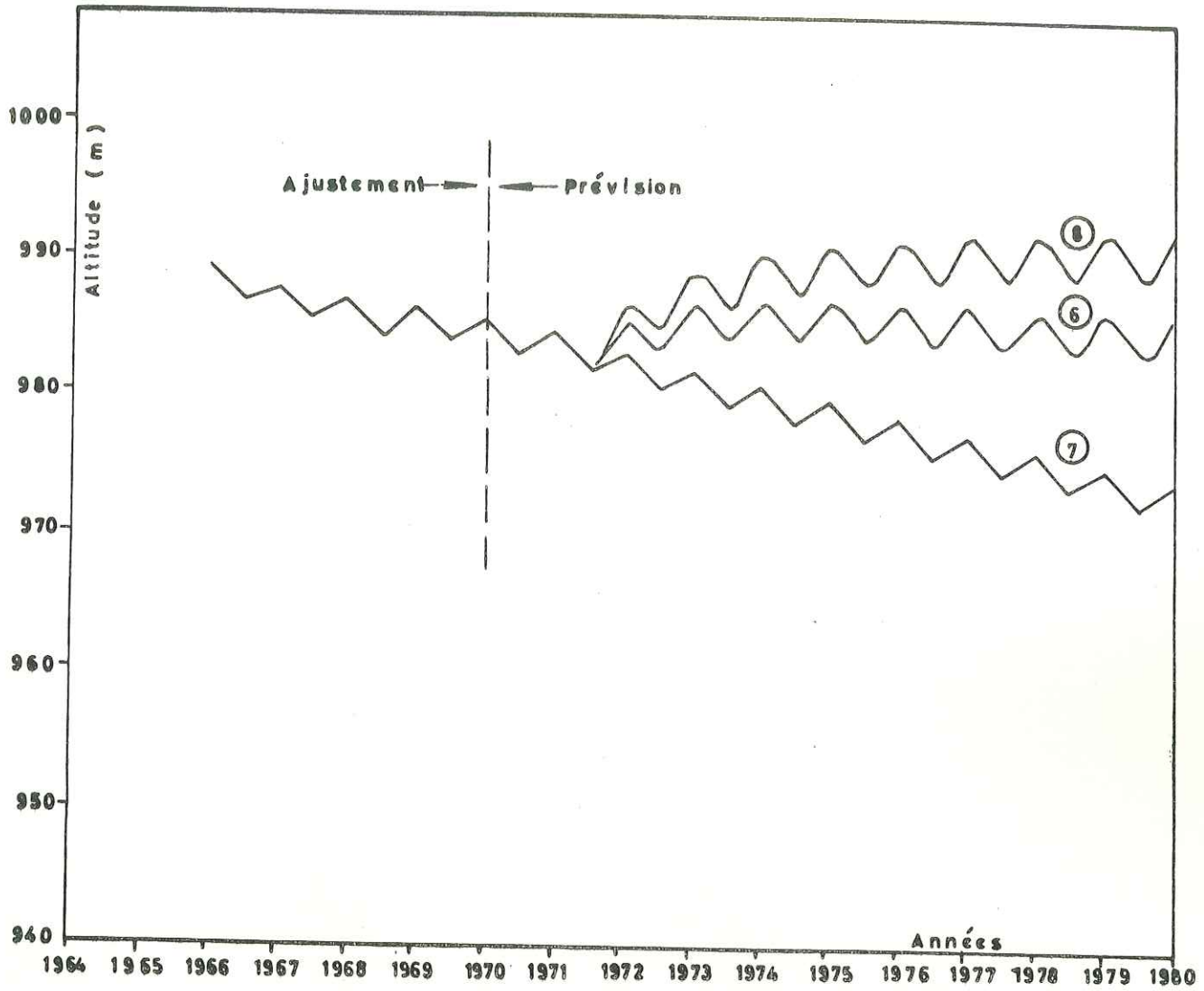


EVOLUTION PIEZOMETRIQUE DE LA MAILLE CENTRALE

Figure 38



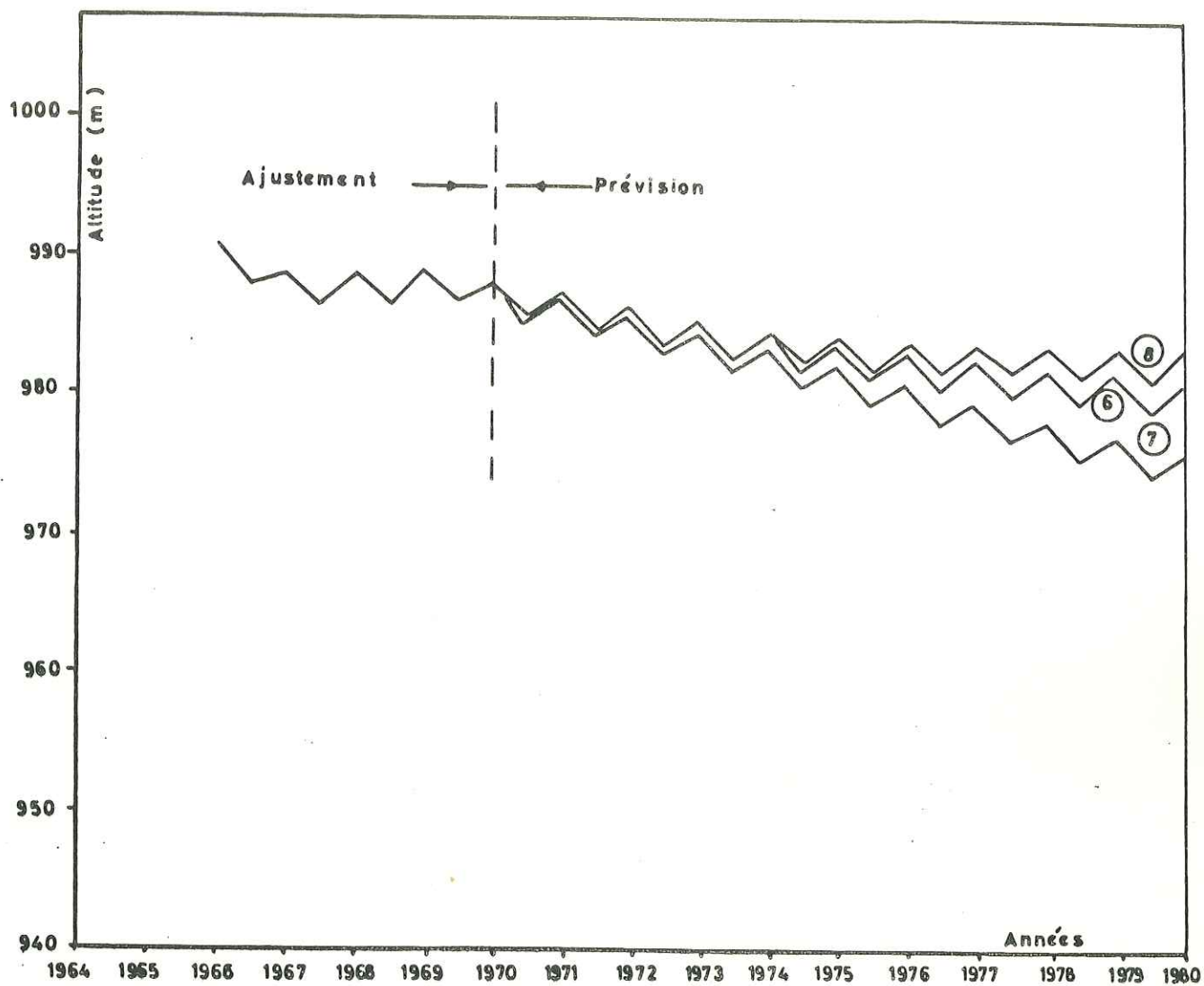
EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
 DE LA MAILLE CENTRALE
 Figure 39



- ⑥ Recharge annuelle de $4,5 \times 10^6$ m³
- ⑦ Sans recharge
- ⑧ Recharge annuelle de 7×10^6 m³

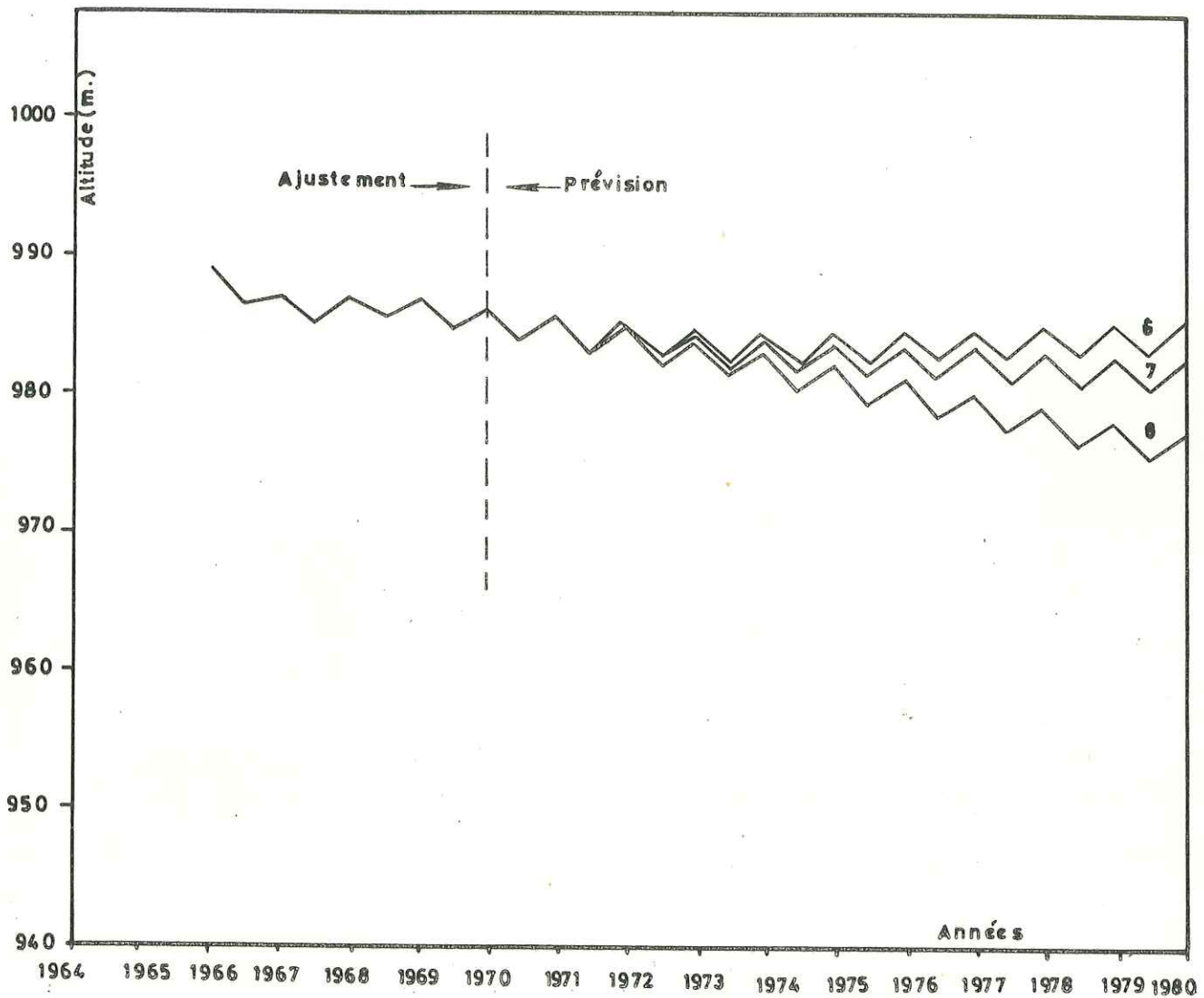
EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
COMPARATIVE DE LA
MAILLE n° 30

Figure 40



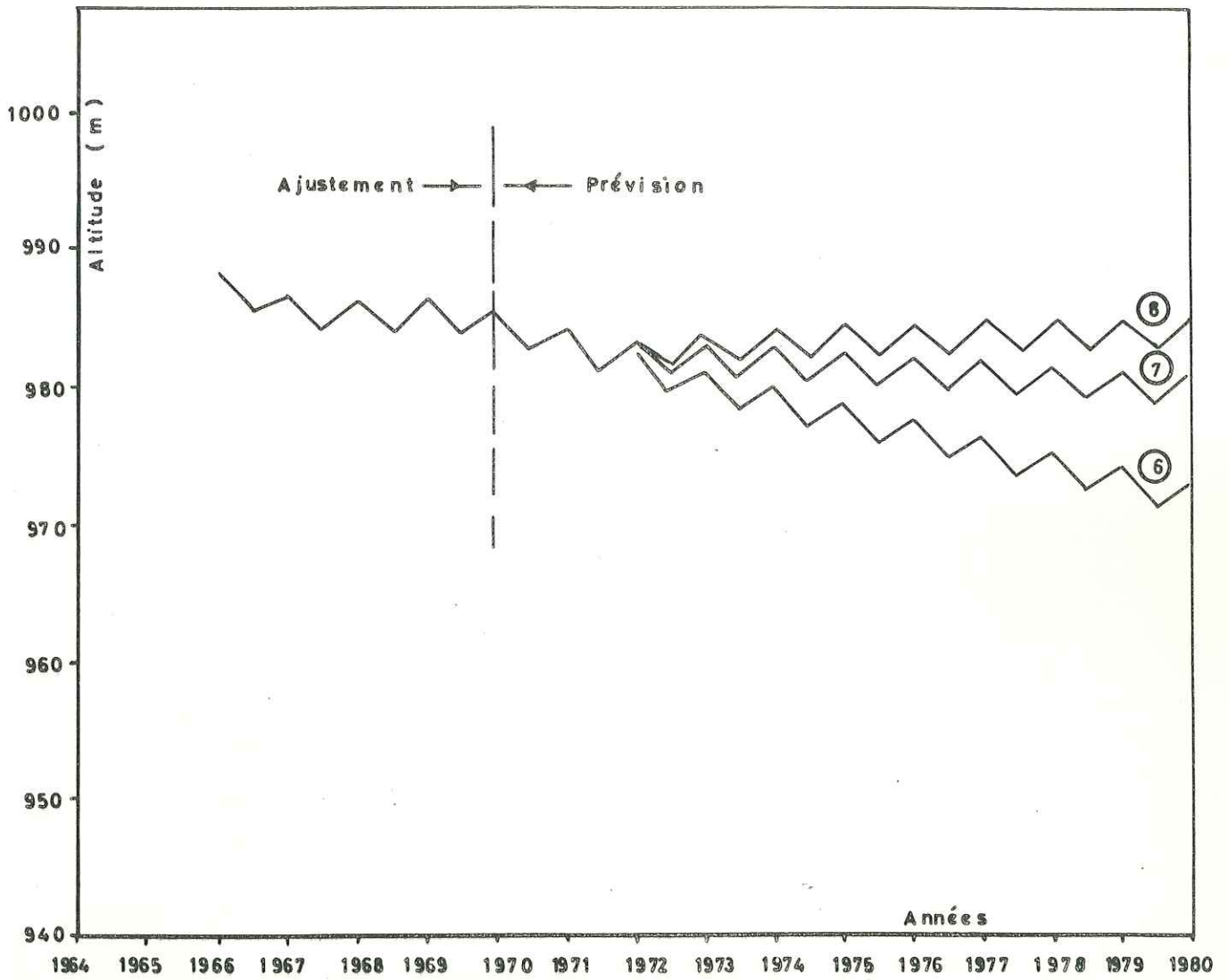
- ⑥ Recharge annuelle de $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- ⑦ Sans recharge
- ⑧ Recharge annuelle de $7 \times 10^6 \text{ m}^3$

EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
COMPARATIVE DE LA
MAILLE n° 35



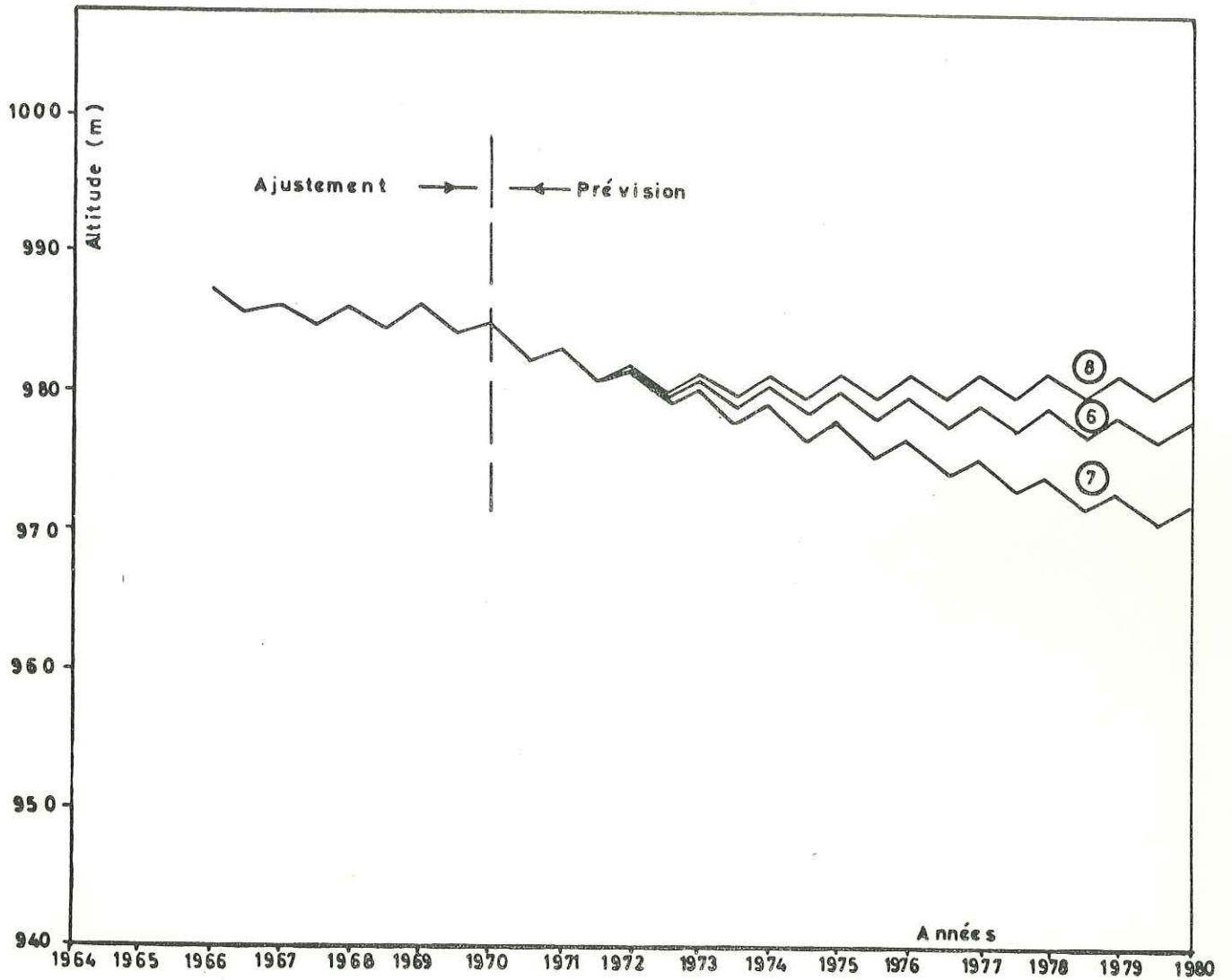
- 6 Recharge annuelle de $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- 7 Sans recharge
- 8 Recharge annuelle de $7 \times 10^6 \text{ m}^3$

EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
COMPARATIVE DE LA
MAILLE no38



- ⑥ Recharge annuelle de $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- ⑦ Sans recharge
- ⑧ Recharge annuelle de $7 \times 10^6 \text{ m}^3$

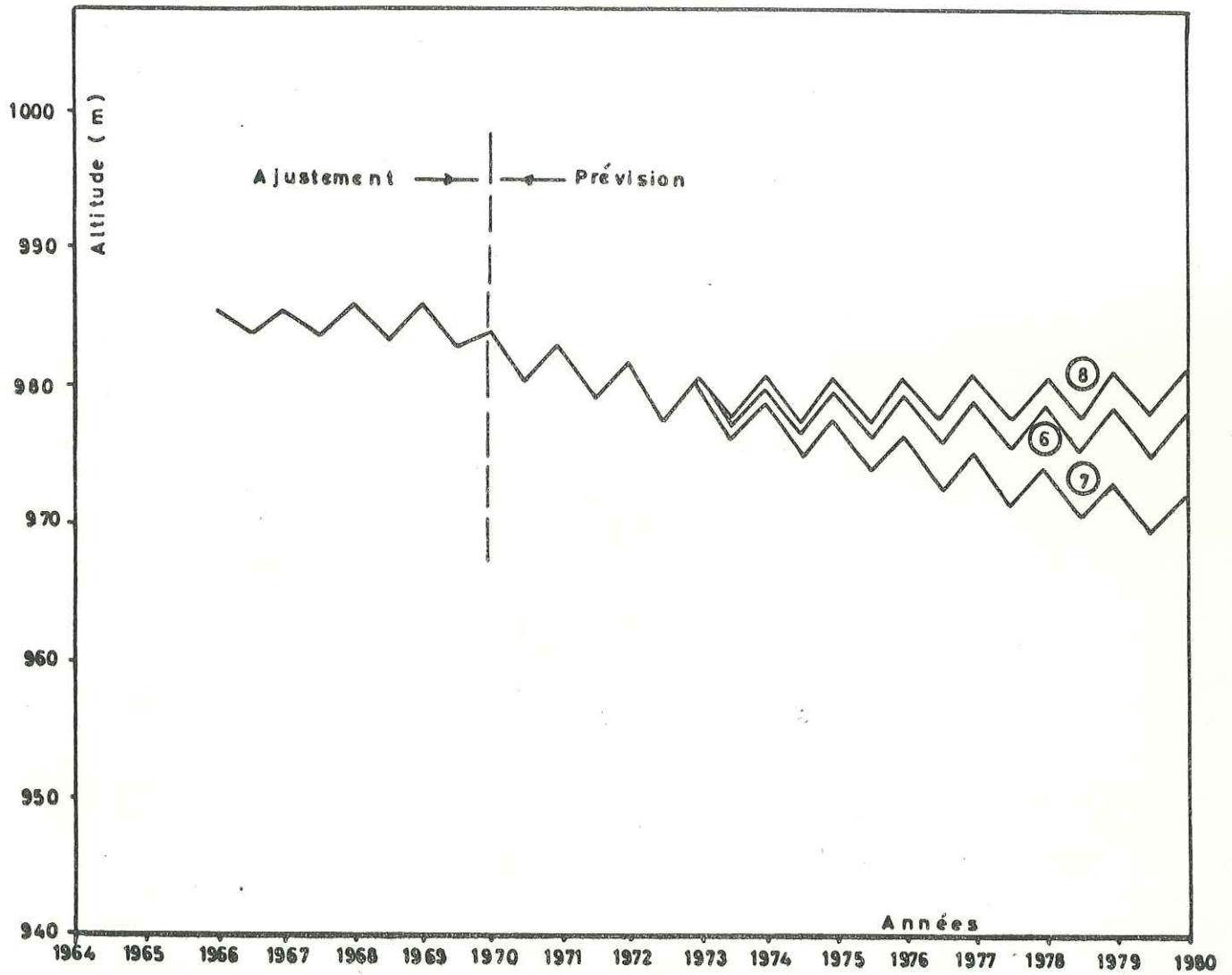
EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
COMPARATIVE DE
LA MAILLE n° 43



- ⑥ Recharge annuelle de $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- ⑦ Sans recharge
- ⑧ Recharge annuelle de $7 \times 10^6 \text{ m}^3$

EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
COMPARATIVE DE
LA MAILLE n° 55

Figure 46



- ⑥ Recharge annuelle de $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- ⑦ Sans recharge
- ⑧ Recharge annuelle de $7 \times 10^6 \text{ m}^3$

EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
COMPARATIVE DE LA
MAILLE no 65

B I B L I O G R A P H I E

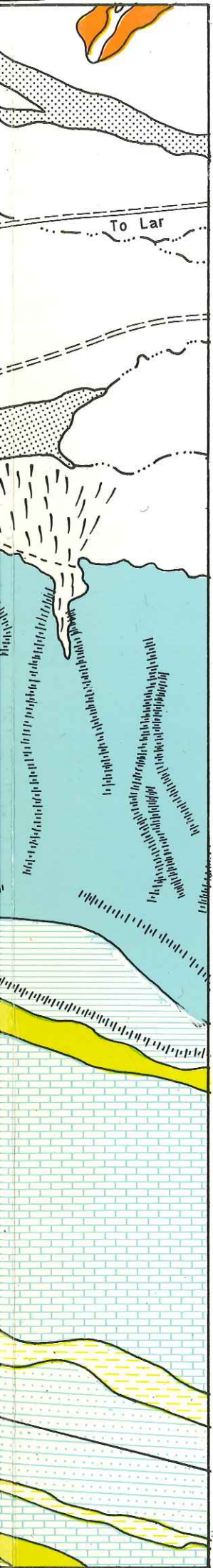
1. Contribution à l'interprétation des mesures de débit et de rabattement dans les nappes souterraines, R. Bremond.
Gauthier - Villars, Paris, 1965.
2. Hydrogéologie et notions de géologie d'ingénieur, G. Bogomolov.
Editions de la Paix, Moscou.
3. Ressources en eaux souterraines : classification et méthodes d'évolution, N.A. Plotnikov.
Gauthier - Villars, Paris, 1962.
4. Hydraulique souterraine, G. Schneebeli.
Collection du centre de recherches et d'essais de Chaton.
Editions Eyrolles, Paris, 1966.
5. Hydrologie de l'ingénieur, G. Remenieras.
Collection du centre de recherches et d'essais de Chaton.
Editions Eyrolles, Paris 1965.
6. Traité pratique des eaux souterraines, G. Castany.
Editions Dunod, Paris, 1963.
7. Water resources engineering, Linslay & Franzini.
Editions Mc Graw, Hill.
8. Physical edaphology, Sterling A. Taylor.
W.H. Freeman & Co, San Francisco, 1972.
9. Theory of groundwater movement, P. YA. Poluharinova - Kachina.
Princeton University Press, 1962.
10. Les eaux souterraines, H. Schoeller.
Editions Masson & Co, 1962.
11. Manuel pratique d'essais de pompage (régime transitoire), G. Trupin.
Bureau de Recherches Géologiques et Minières. D5.64.A60.
12. Sur quelques problèmes d'hydrologie souterraine.
I.F.P. réf. 11285, 1964.
13. Quelques recommandations pour l'établissement des bilans d'eau, J. Margat.
Bureau de Recherches Géologiques et Minières, D5.65. A25.
14. Recharge artificielle de la nappe de Djahrom, M. Safinia.
Fars Water Authority, Iran.
15. Nappe de Djahrom, étude préliminaire.
I.F.P. 1971.

16. Utilisation d'un modèle numérique à deux dimensions pour l'étude des nappes à plusieurs parties, libres et captives, non indépendantes, C. Jain, B. Raguene, M. Safinia.
I.F.P. réf. 16059, 1968.
17. Application of the finite element method to transient flow in porous media, I. Javandel, P.A. Witherspoon, M. Aime.
American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers Inc., 1968.
18. Remarques sur l'interprétation des essais de production appliqués aux aquifères composés de nappes captives surmontées d'une nappe libre, B. Raguene, C. Jain.
I.F.P. Note N° 257, Dep. D-34, 1968.

LEGEND

AGE	SYMBOL	LITHOLOGY
QUATERNARY		Recent alluviums with channel bars
		Q2a: Sandy and arg gravels
		Q2b: gravelly sands etc.
		Old Alluviums and gravel fans
TERTIARY		Conglomerate
		Sandstone sandy shale and marl conglomerate
		Marl
		Sandy limestone (calcareous)
		Marl sandy limestone and gypsum
		Dolomitic limestone some gypsum
		Argillaceous limestone some gypsum
UP. JURASSIC LOW. CRETACEOUS		Marl
		Argillaceous limestone
		Shale and marl
		Dolomitic limestone, limestone, marl
		Dolomitic limestone, limestone, marl

- | | | | |
|--|---------------------------------|--|-------------------|
| | Formation boundary | | City and village |
| | Fault | | Asphalt road |
| | Axis of anticline | | Second class road |
| | Axis of syncline | | Motorable track |
| | Strike line and dip | | Mail track |
| | Dip and strike of beds | | Scarpment |
| | Structural section | | Stream |
| | Elevation in meters | | Palm trees |
| | Principal point of aerial photo | | Alluvial fan |



Schematic Columnar Section Of The Jahrom Area

Scale (approx) 1: 20.000



Bakhtyari Form
Uncomformity

Aghajari Form

Mishan Form

Guri Member

Razak Form
(lateraly changed to Gachsaran F.)

Asmari Form
Uncomformity
Jahrom Form

Tarbur and Sachum Form

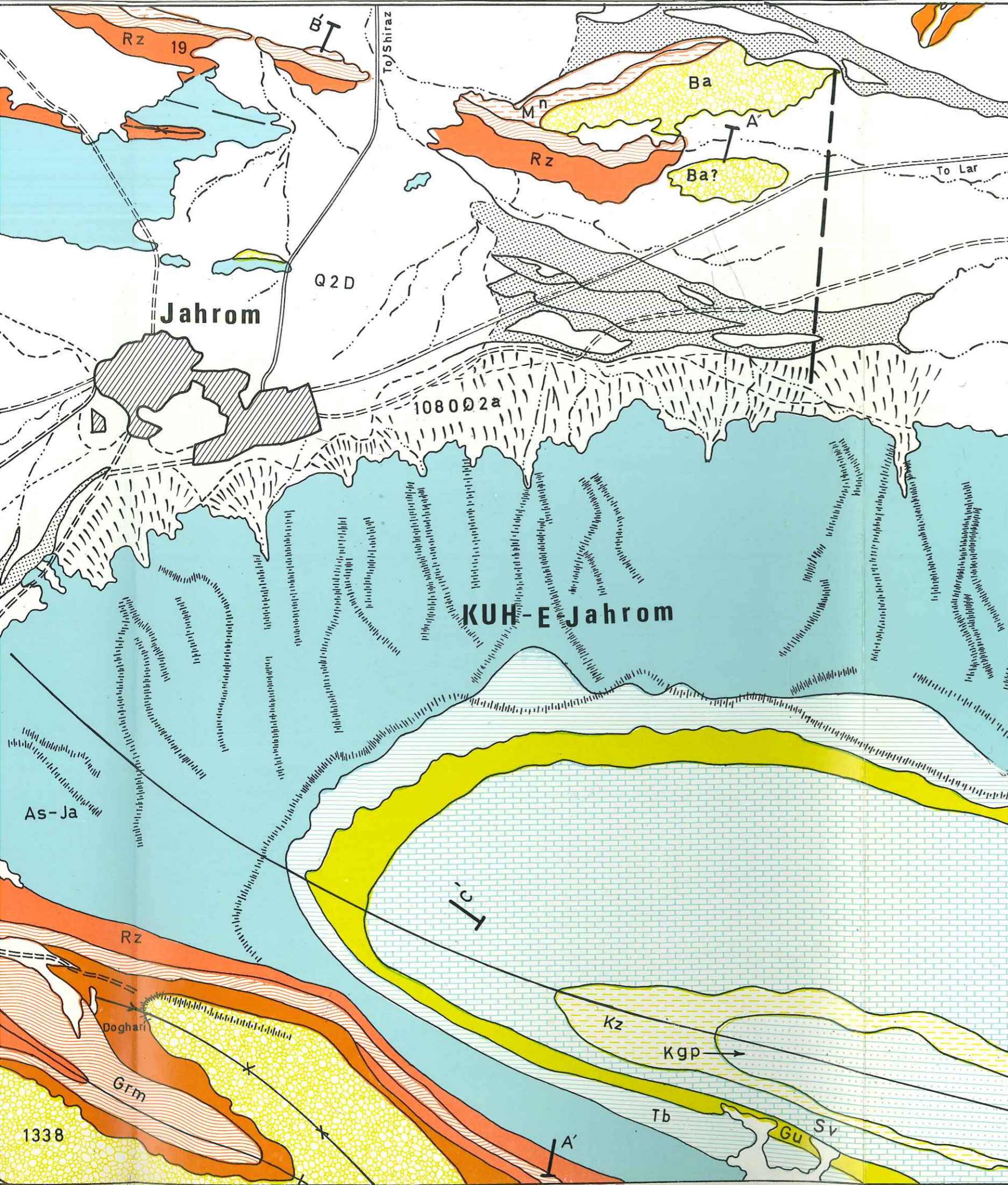
Gurpi Form
Uncomformity

Sarvak } Bangestan Group
Kazhdomi }

Daryan } Khami Group
Gadavan }
Fahliyan }
Surmeh }

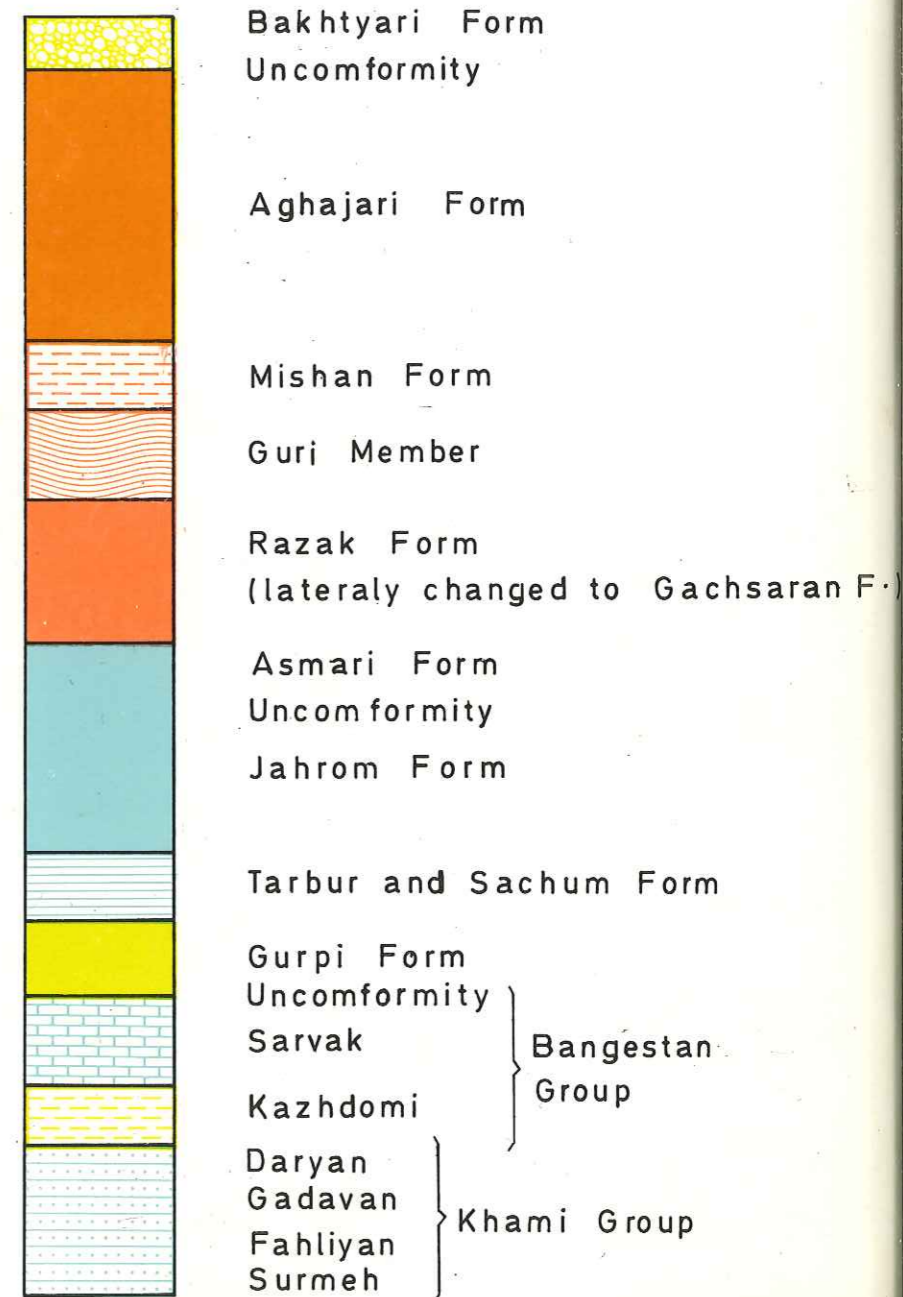
CARTE GEOLOGIQUE
DE LA REGION

ECHELLE 1:50000 A-1



Schematic Columnar Section Of The Jahrom Area

Scale (approx) 1: 20 000



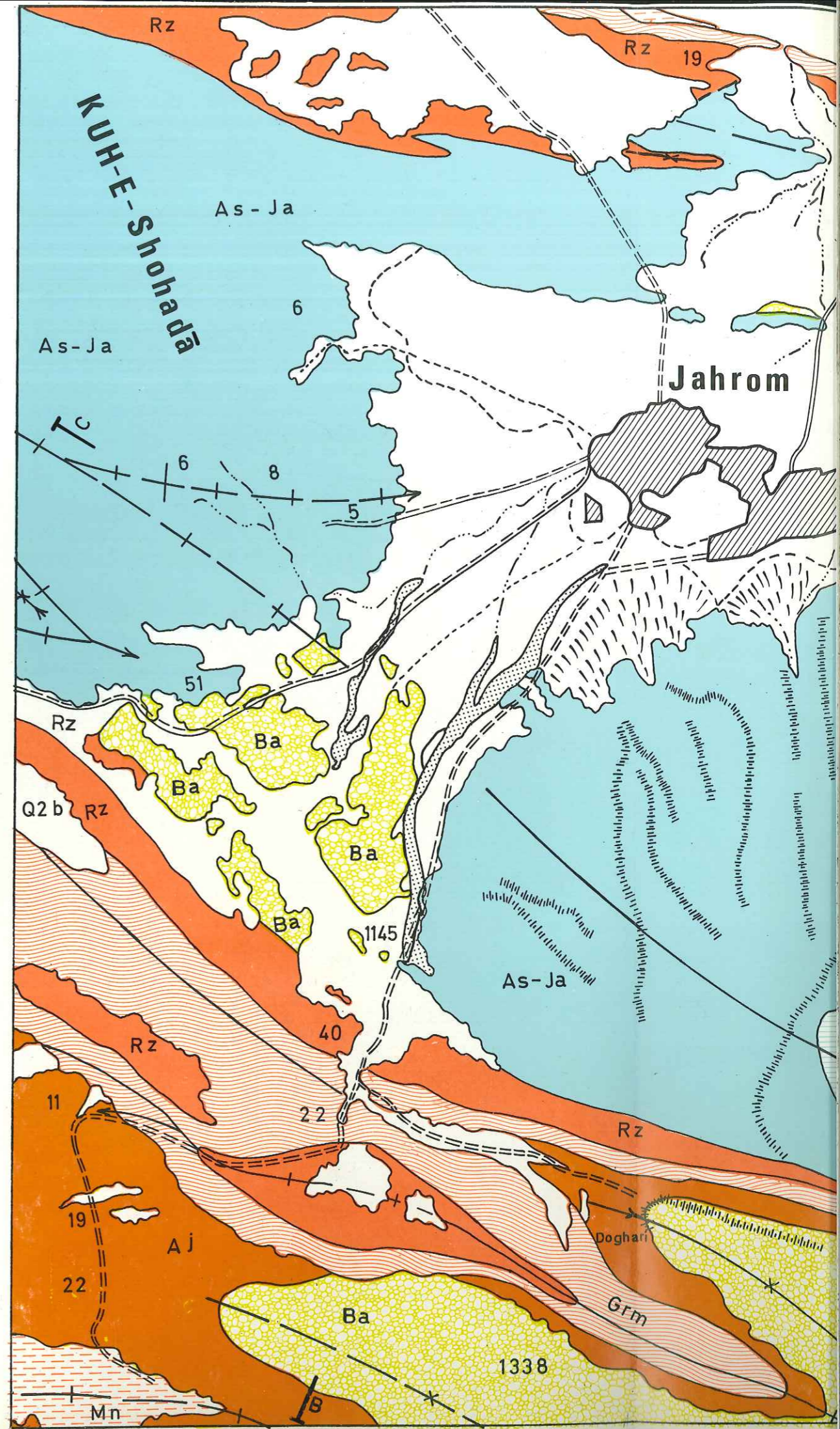
CARTE GEOLOGIQUE
DE LA REGION

ECHELLE 1:50000 A-1

LEGEND

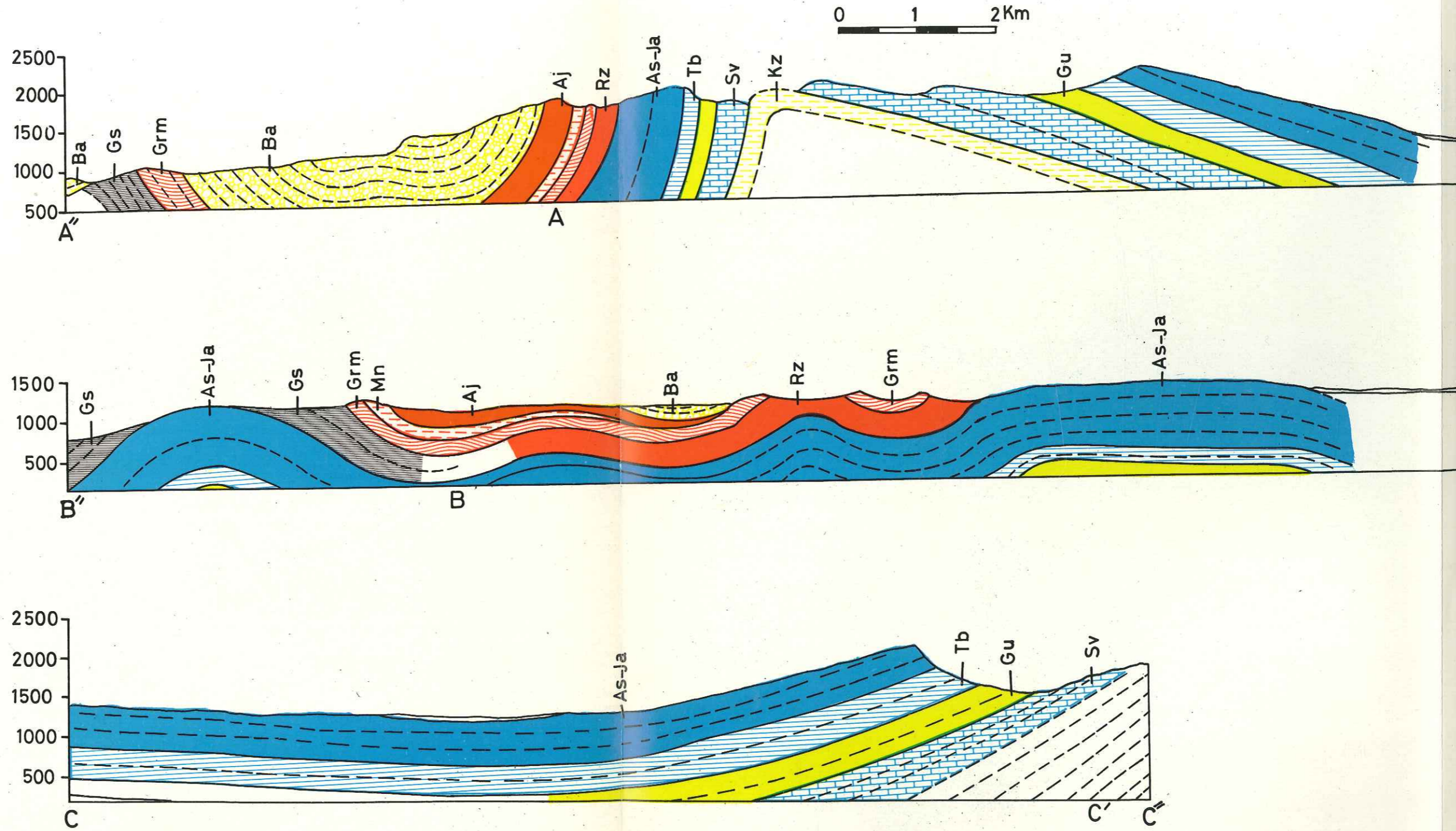
AGE	SYMBOL	LITHOLOGY	FORMATION
QUATERNARY	Qa1	Recent alluviums with channel bars	
	Q2a	Sandy and arg gravels	
	Q2b	Gravelly sands etc.	
	Q1	Old Alluviums and gravel fans	
TERTIARY	Ba	Conglomerate	Bakhtyari
	Aj	Sandstone sandy shale and marl conglomerate	Aghajari Form
	Mn	Marl	Mishan Form
	Grm	Sandy limestone (calcareous)	Guri Member
	Rz	Marl sandy limestone and gypsum	Gachsaran & Razak Form
	As-Ja	Dolomitic limestone some gypsum	Jahrom-Asmari
	Tb	Argillaceous limestone some gypsum	Tarbur & Sachum
UP. JURASSIC LOW. CRETACEOUS	Gu	Marl	Gurpi
	Sv	Argillaceous limestone	Sarvak
	Kz	Shale and marl	Kazhdomi
	Kgp	Dolomitic limestone, limestone, marl	Khami Group

- | | | | |
|-----|---------------------------------|--|-------------------|
| | Formation boundary | | City and village |
| | Fault | | Asphalt road |
| | Axis of anticline | | Second class road |
| | Axis of syncline | | Motorable track |
| | Strike line and dip | | Mail track |
| | Dip and strike of beds | | Scarpment |
| | Structural section | | Stream |
| 907 | Elevation in meters | | Palm trees |
| | Principal point of aerial photo | | Alluvial fan |

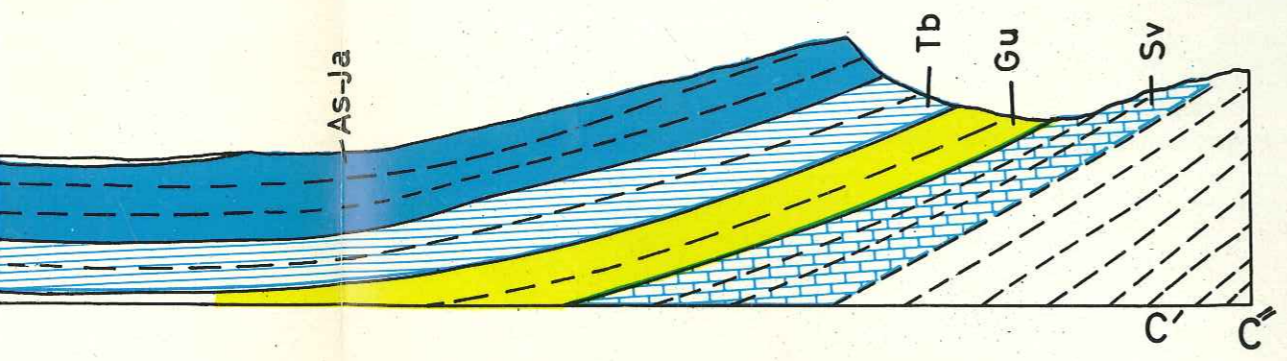
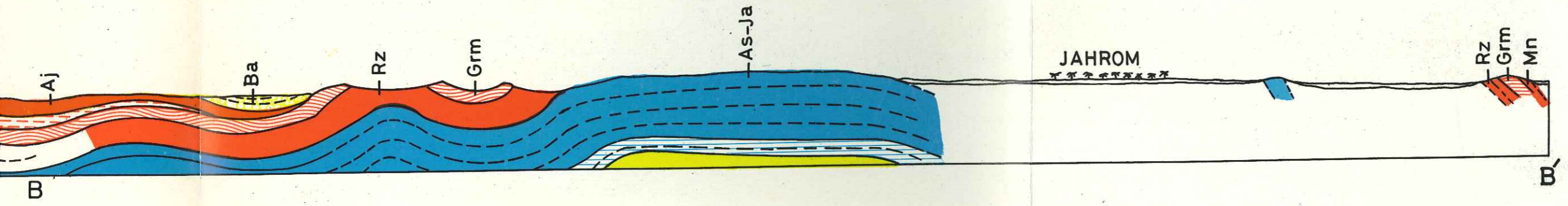
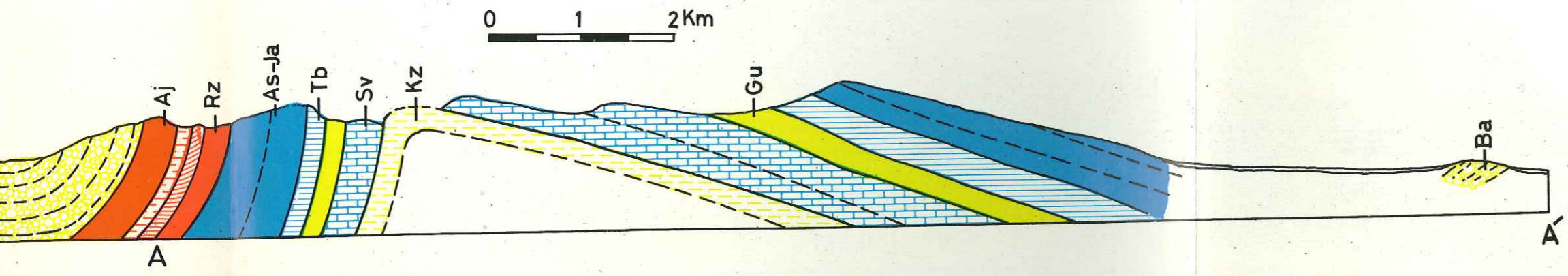


شکل ۱-۳

مقطع زمین شناسی منطقه جهرم

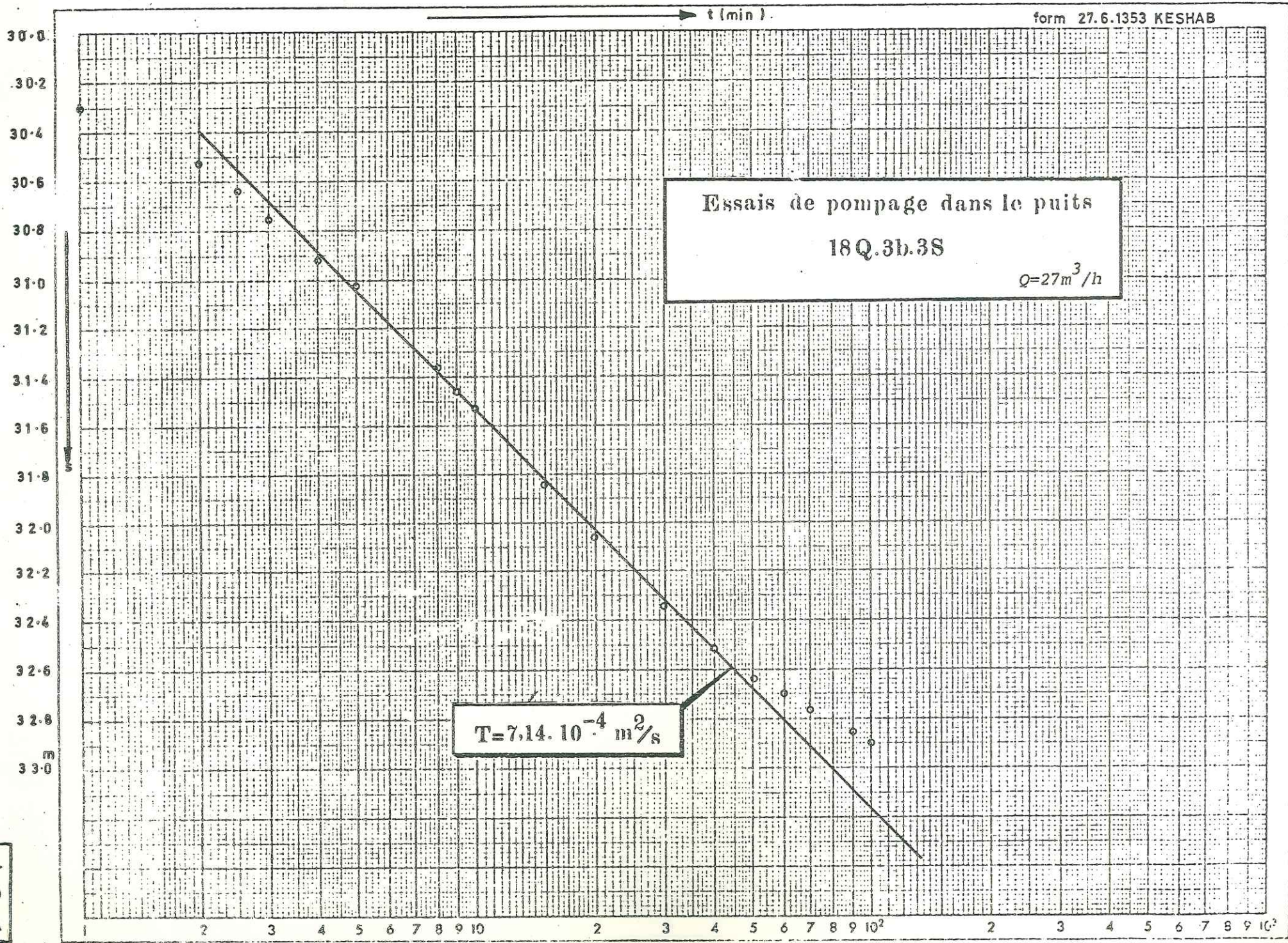


مقطع زمین شناسی

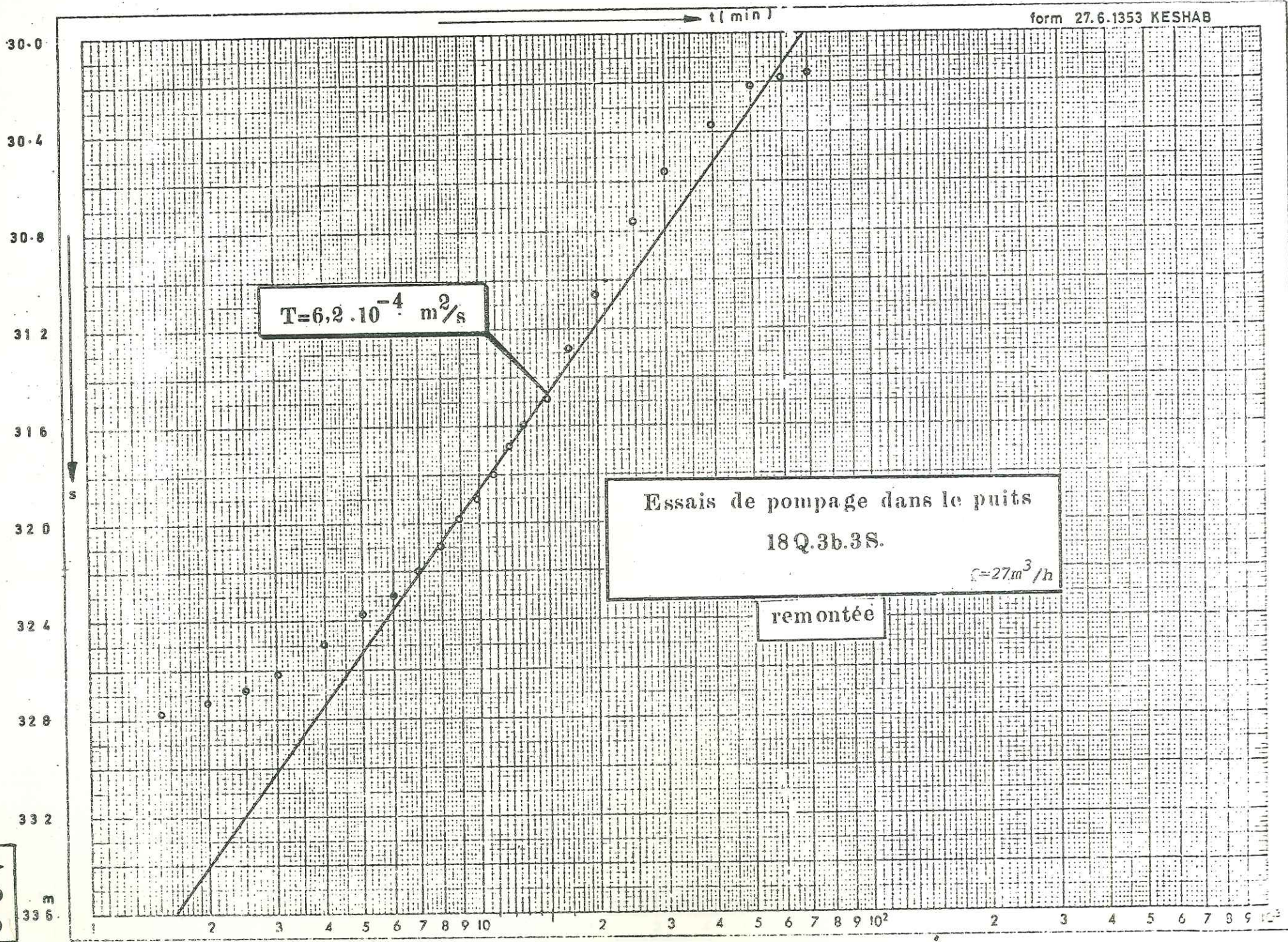


COUPES GEOLOGIQUES
DE LA REGION
ECHELLE 1/25000 | A-2

ESSAIS DE POMPAGE
DANS 6 PUIITS



A3.1



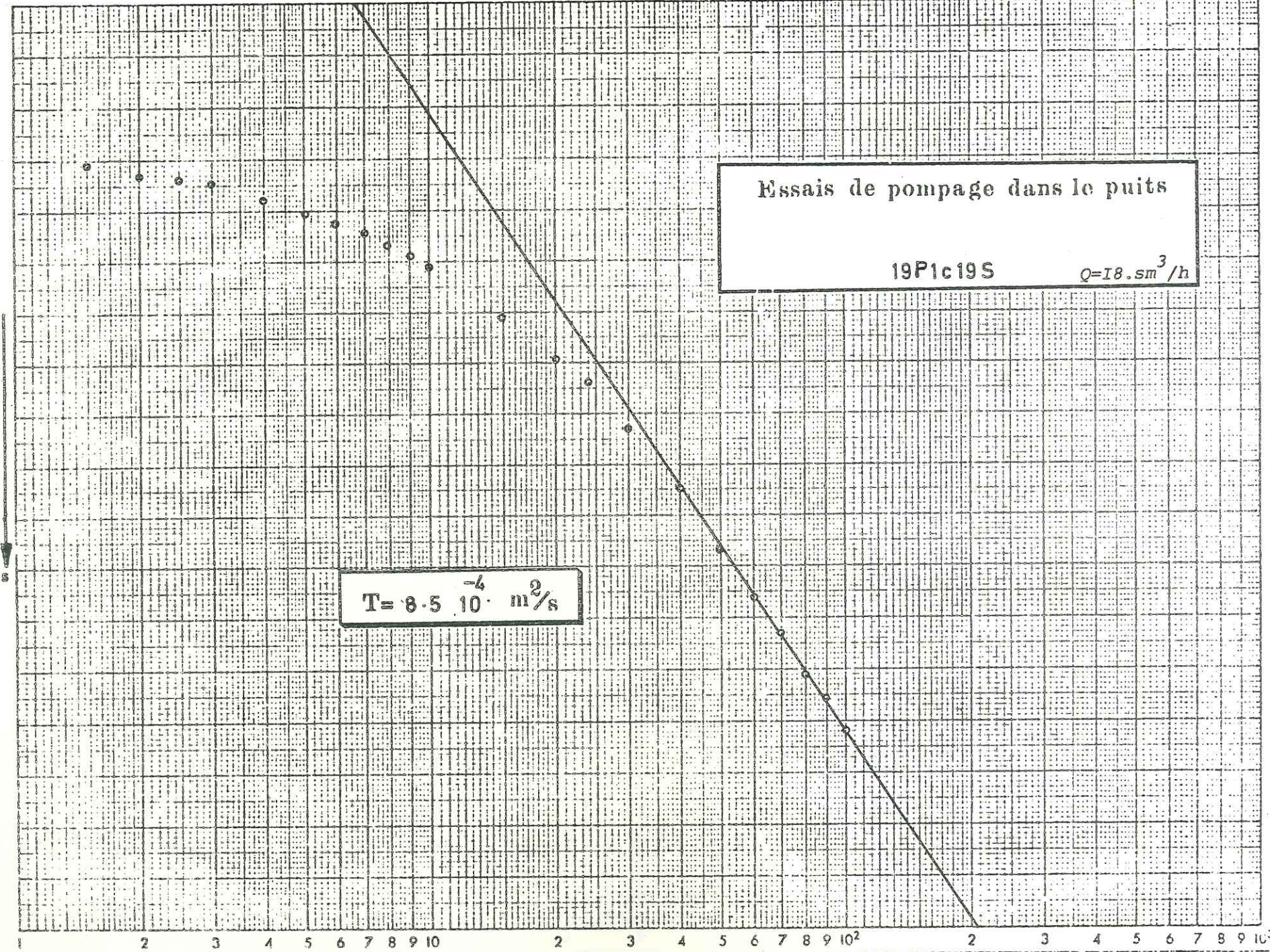
A3.2

t (min)

12.0
12.2
12.40
12.6
12.8
13.0
13.2
13.4
13.6
m

Essais de pompage dans le puits
19P1c19S $Q=18. sm^3/h$

$T = 8.5 \cdot 10^{-4} m^2/s$



A3.3

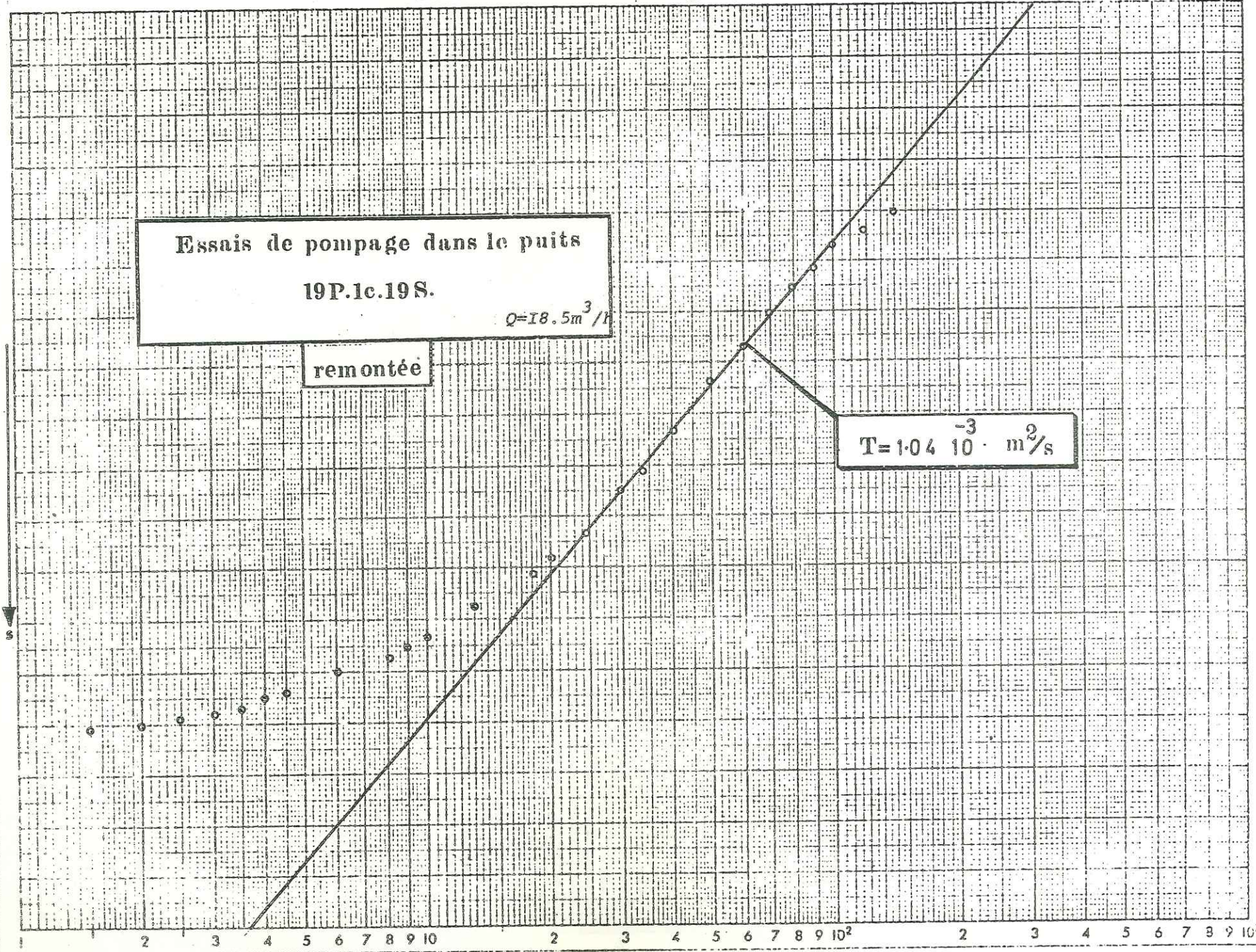
t (min)

12.0
12.2
12.4
12.6
12.8
13.0
13.2
13.4
13.6
m

Essais de pompage dans le puits
19P.1c.19S.
 $Q=18.5m^3/h$

remontée

$T=1.04 \cdot 10^{-3} m^2/s$

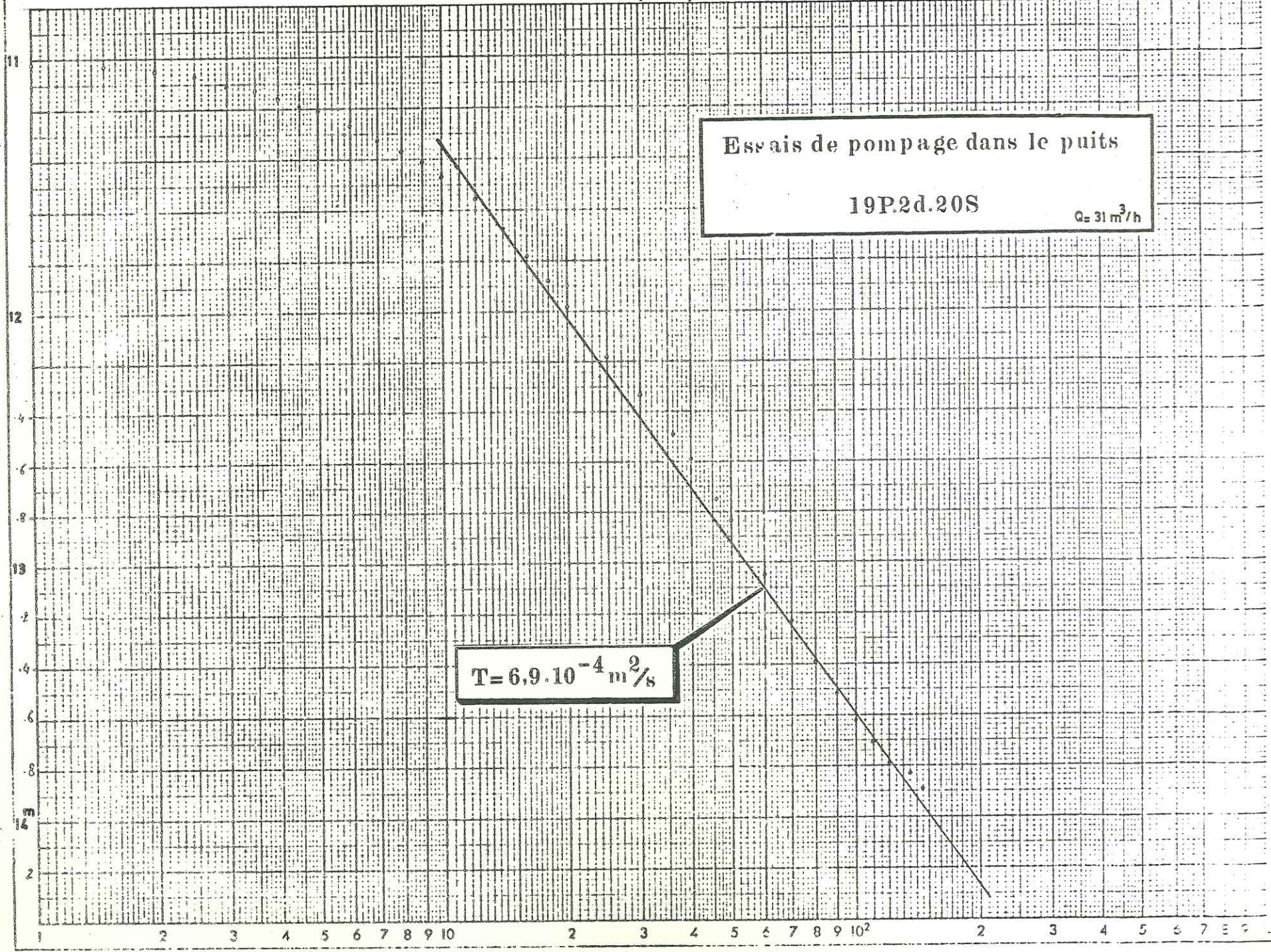


A3.4

t (min.)

Essais de pompage dans le puits
19P.2d.20S
Q = 31 m³/h

T = 6.9 · 10⁻⁴ m²/s



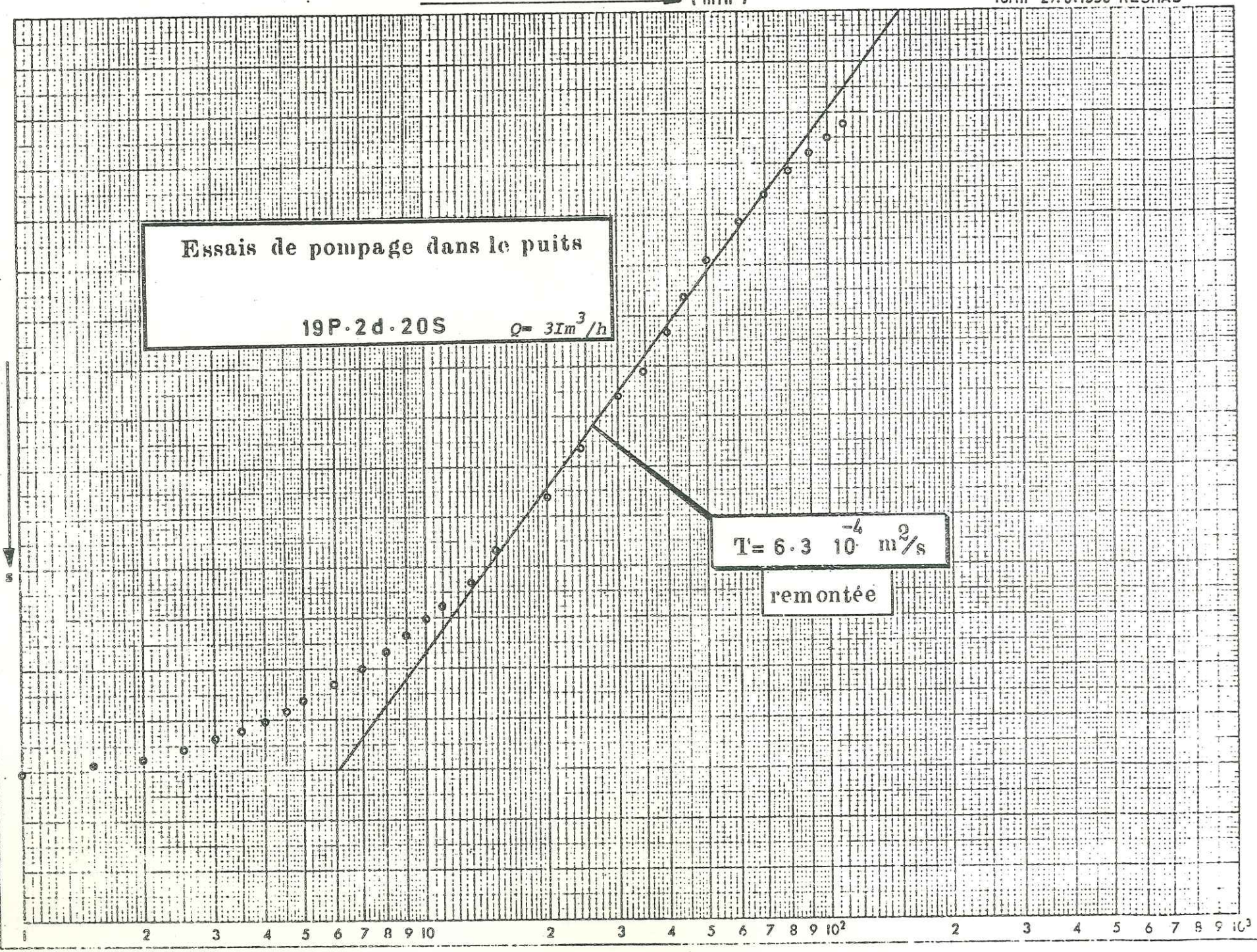
A 3.5

→ (min)

10.8
11.2
.6
12.0
.4
.8
13.2
.6
14.0
14.4

Essais de pompage dans le puits
19P.2d.20S $Q = 3 \text{Im}^3/\text{h}$

$T = 6.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
remontée



A 3.6

(min)

Essais de pompage dans le puits
19Q1a12S $Q=32m^3/t$

$T=1.24 \cdot 10^{-3} m^2/s$

16.0

17.0

18.0

19.0

20.0

21.0

22.0

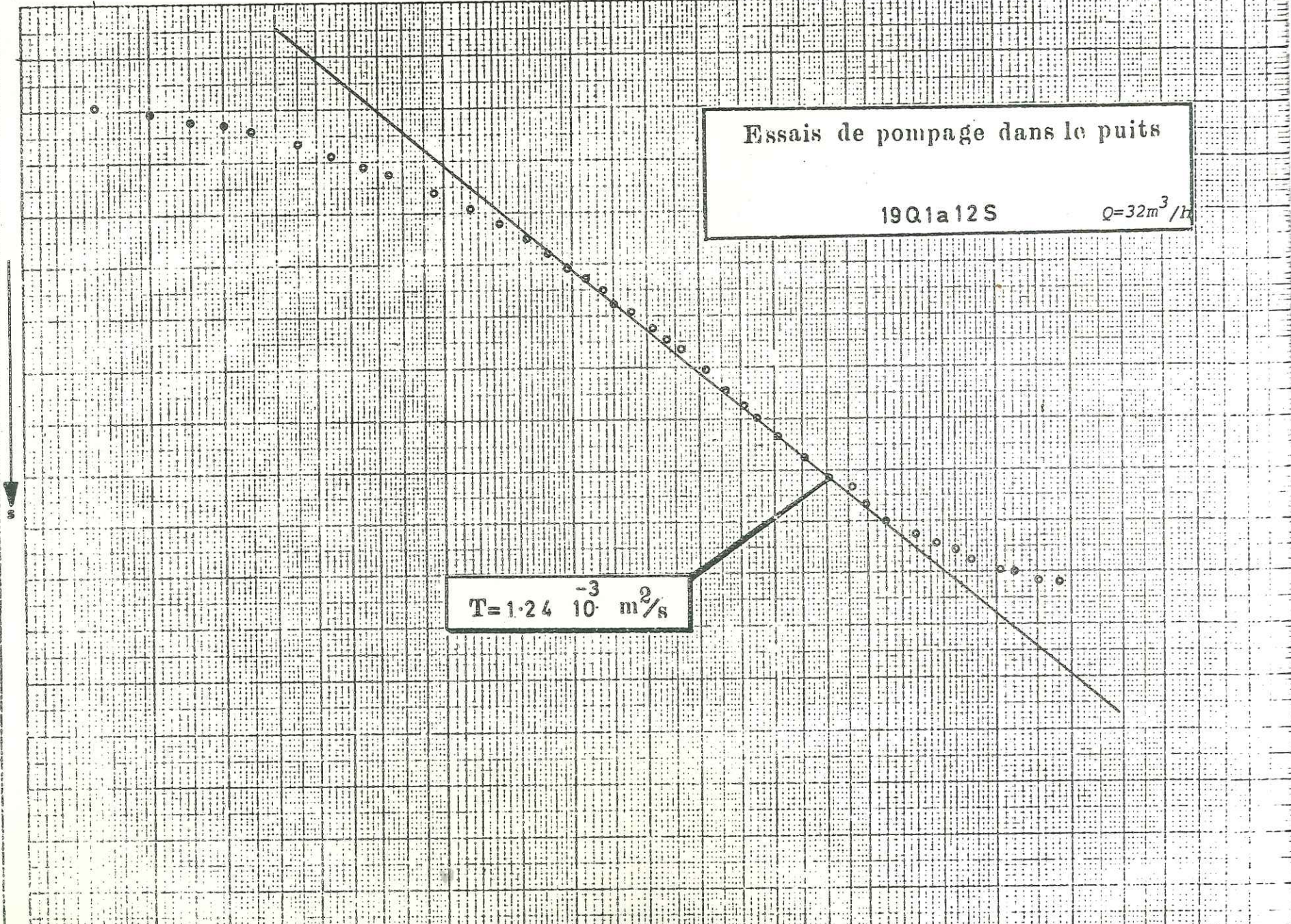
23.0

24.0

25.0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 2 3 4 5 6 7 8 9 10² 2 3 4 5 6 7 8 9 10³

A 3.7



(min)

15.0

.4

.8

16.2

.6

17.0

.4

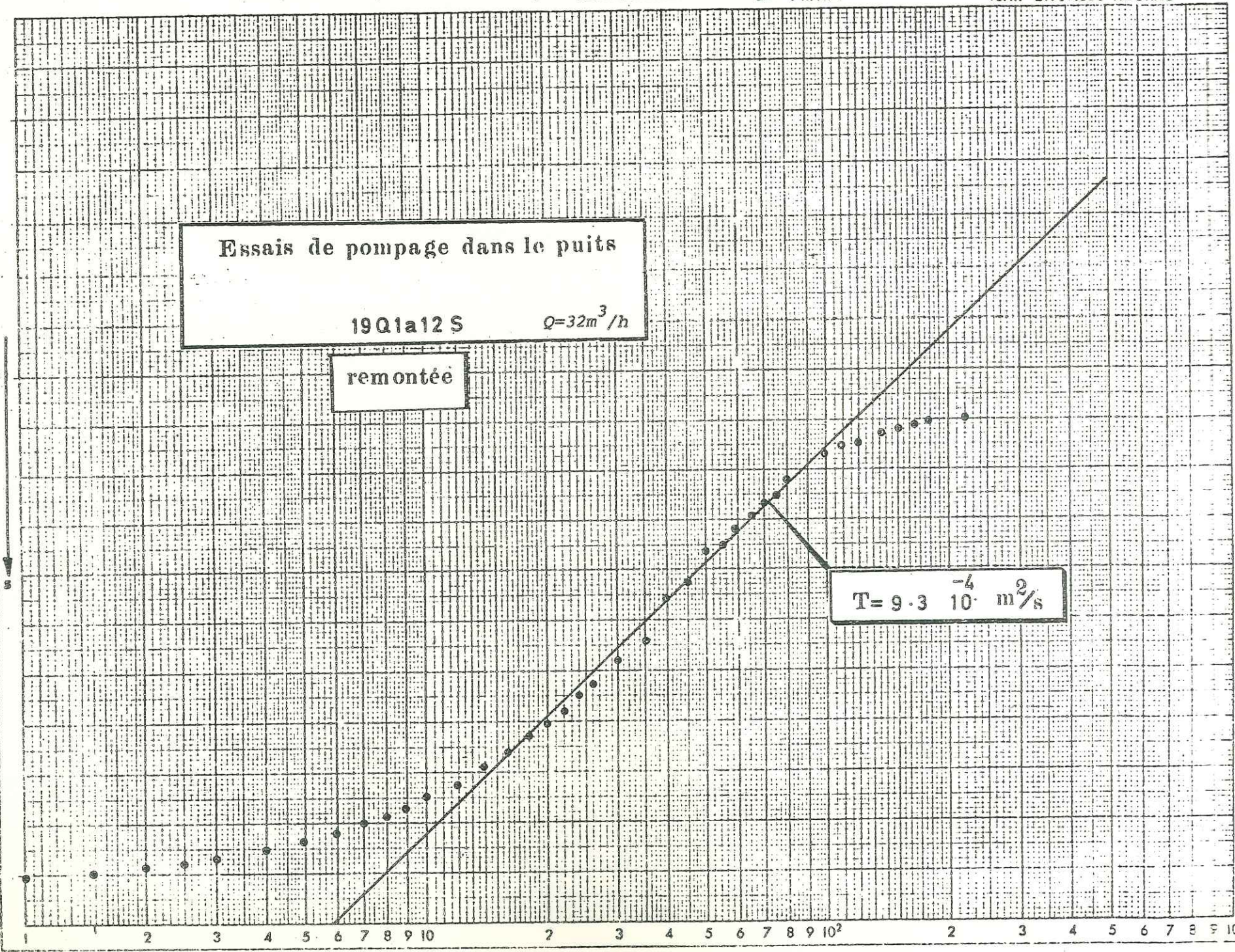
.8

18.0

Essais de pompage dans le puits
19Q1a12 S $Q=32m^3/h$

remontée

$T=9.3 \cdot 10^{-4} m^2/s$



A/3.8

t (min)

31.0

.1

.2

.3

.4

.5

.6

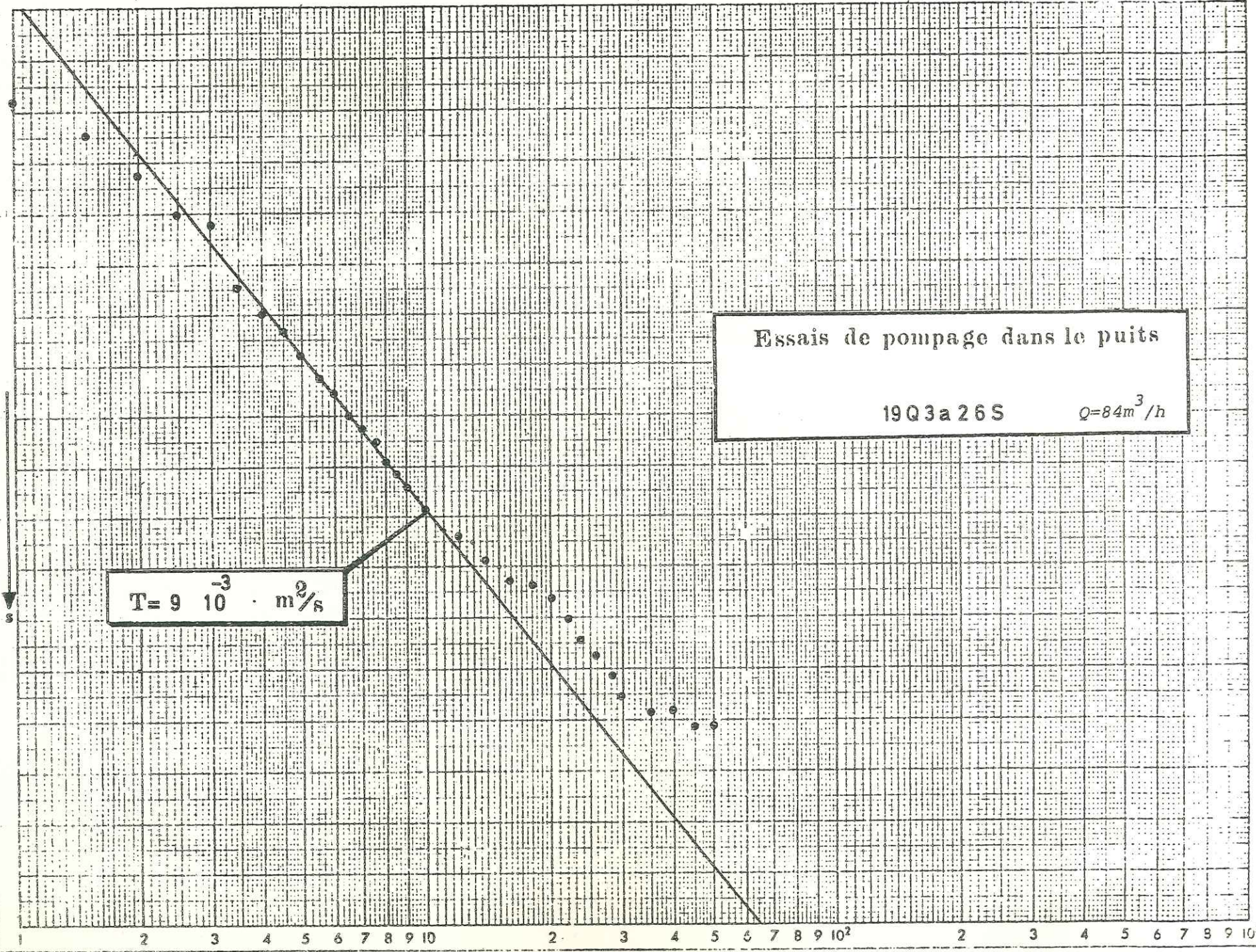
.7

31.8

Essais de pompage dans le puits

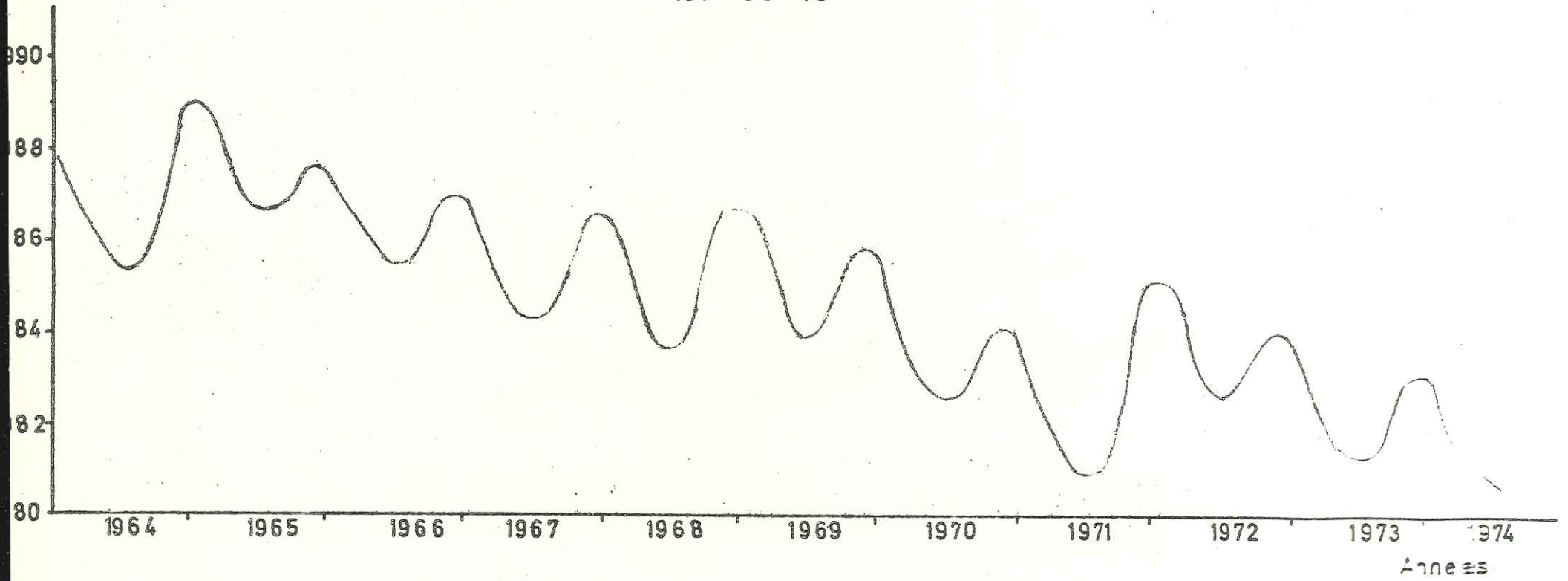
19Q3a26S $Q=84m^3/h$

$T=9 \cdot 10^{-3} \cdot m^2/s$



A3.9

19P-3C-1S



A310

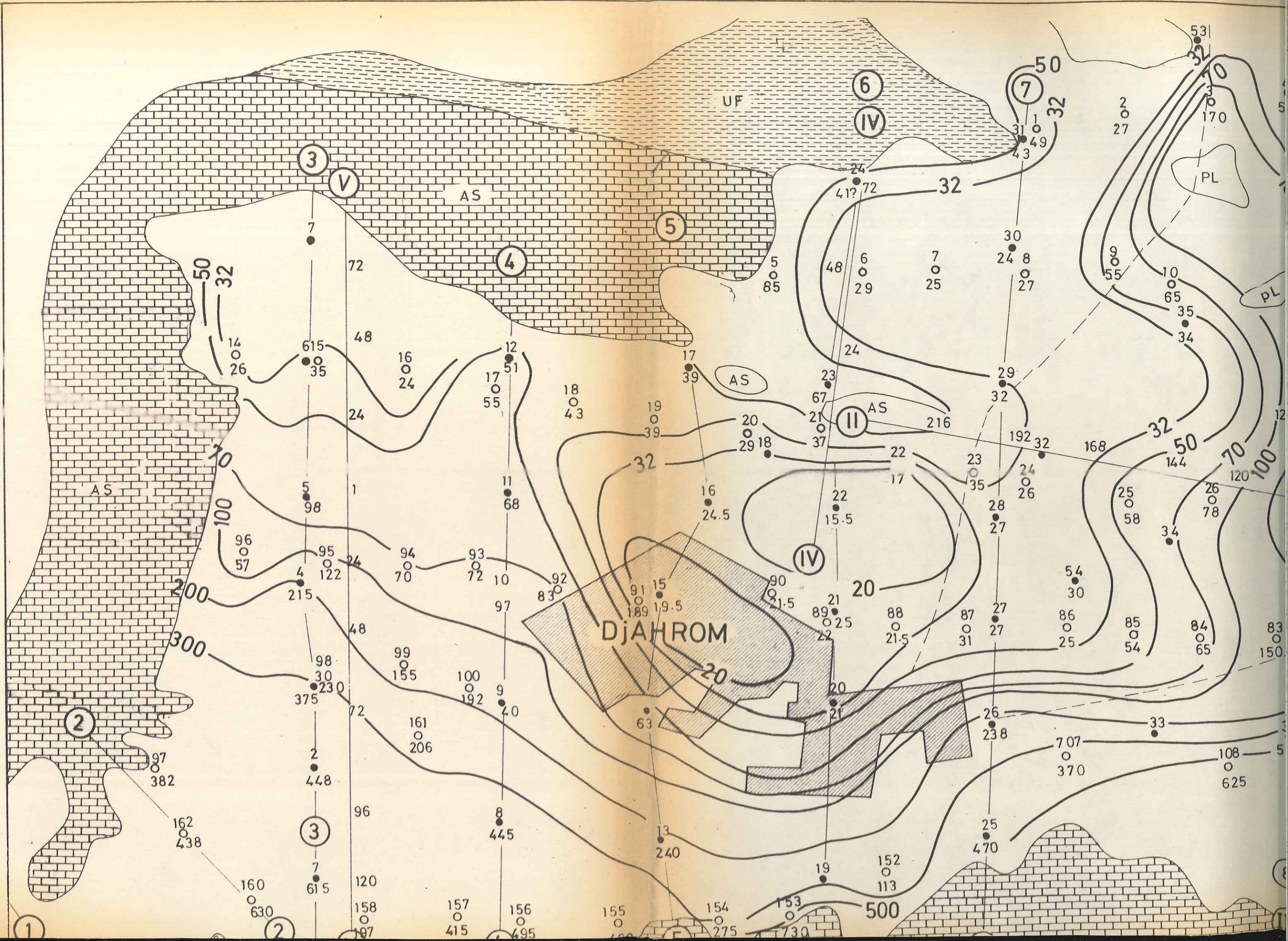
ETUDE GEOPHYSIQUE DANS LA REGION DE DJAHROM

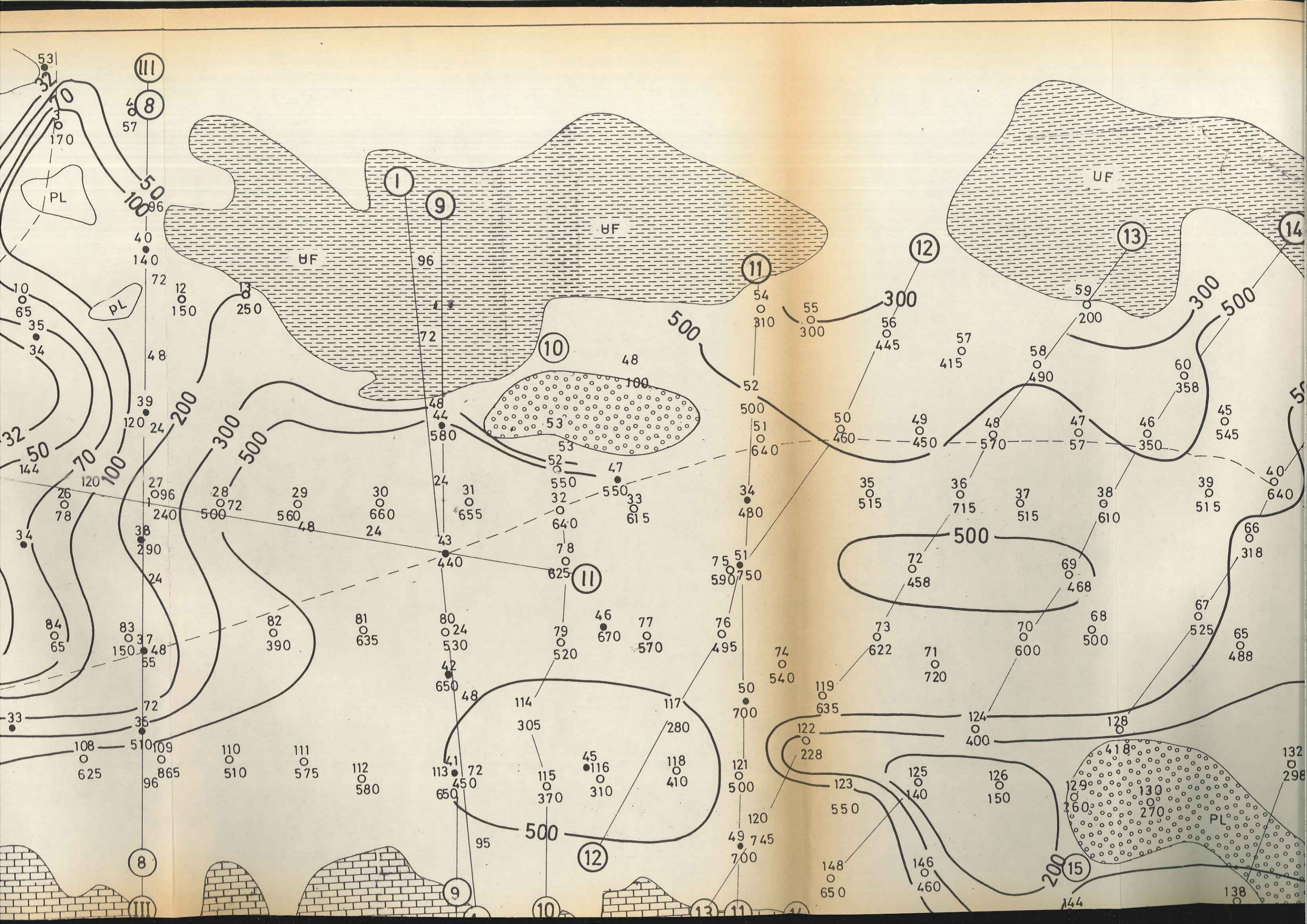
CARTE DES RESISTIVITES EN AB = 50m

- SONDAGE ELECTRIQUE, ET SON NUMERO EXECUTE EN 1971 ● 45
- SONDAGE ELECTRIQUE, ET SON NUMERO EXECUTE EN 1974 ○ 35
- VALEUR DE RESISTIVITE OHM.M. ○ 300
- COURBE DE QUI-RESISTIVITE ET SA VALEUR EN OHM.M. — 100

GEOLOGIE

- QUATERNAIRE □ Q
- CONGLOMERAT DE BAKHTIARI □ PL
- MIOCENE (FOR-ROUGE SUPERIEUR) □ UF
- OLIGOMIOLENE (FOR. ASMARI, FOR DJAHROM) □ AS DJ





ETUDE GEOPHYSIQUE DANS

DJAHRO

CARTE DES RESISTIVITES

SONDAGE ELECTRIQUE ET SON NUMERO EXECUTE

SONDAGE ELECTRIQUE ET SON NUMERO EXECUTE

VALEUR DE RESISTIVITE OHM.M.

COURBE DEQUI-RESISTIVITE ET SA VALEUR

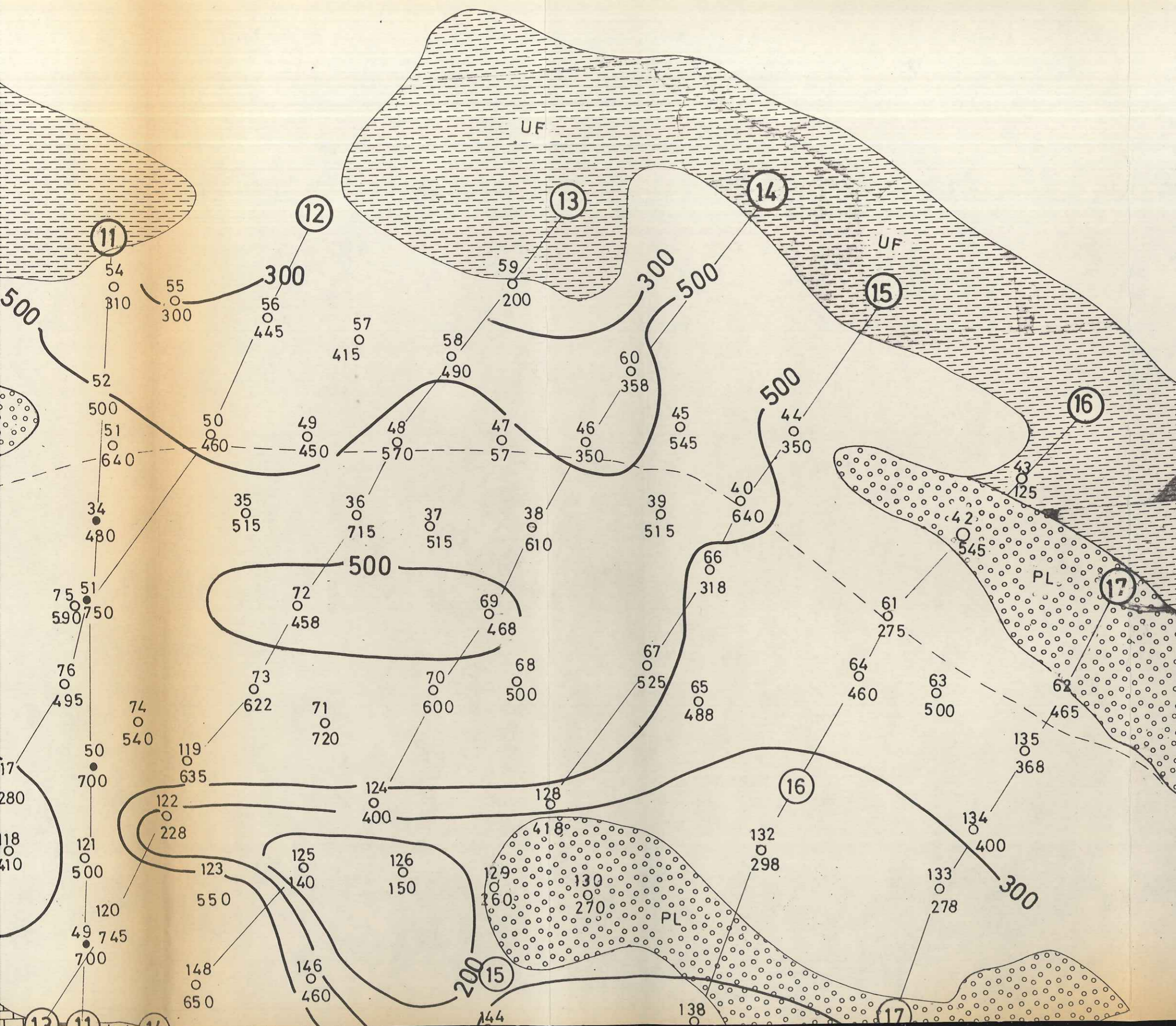
GEOLOGIE

QUATERNAIRE

CONGLOMERAT DE BAKHTIARI

MIOCENE (FOR-ROUGE SUPERIEUR)

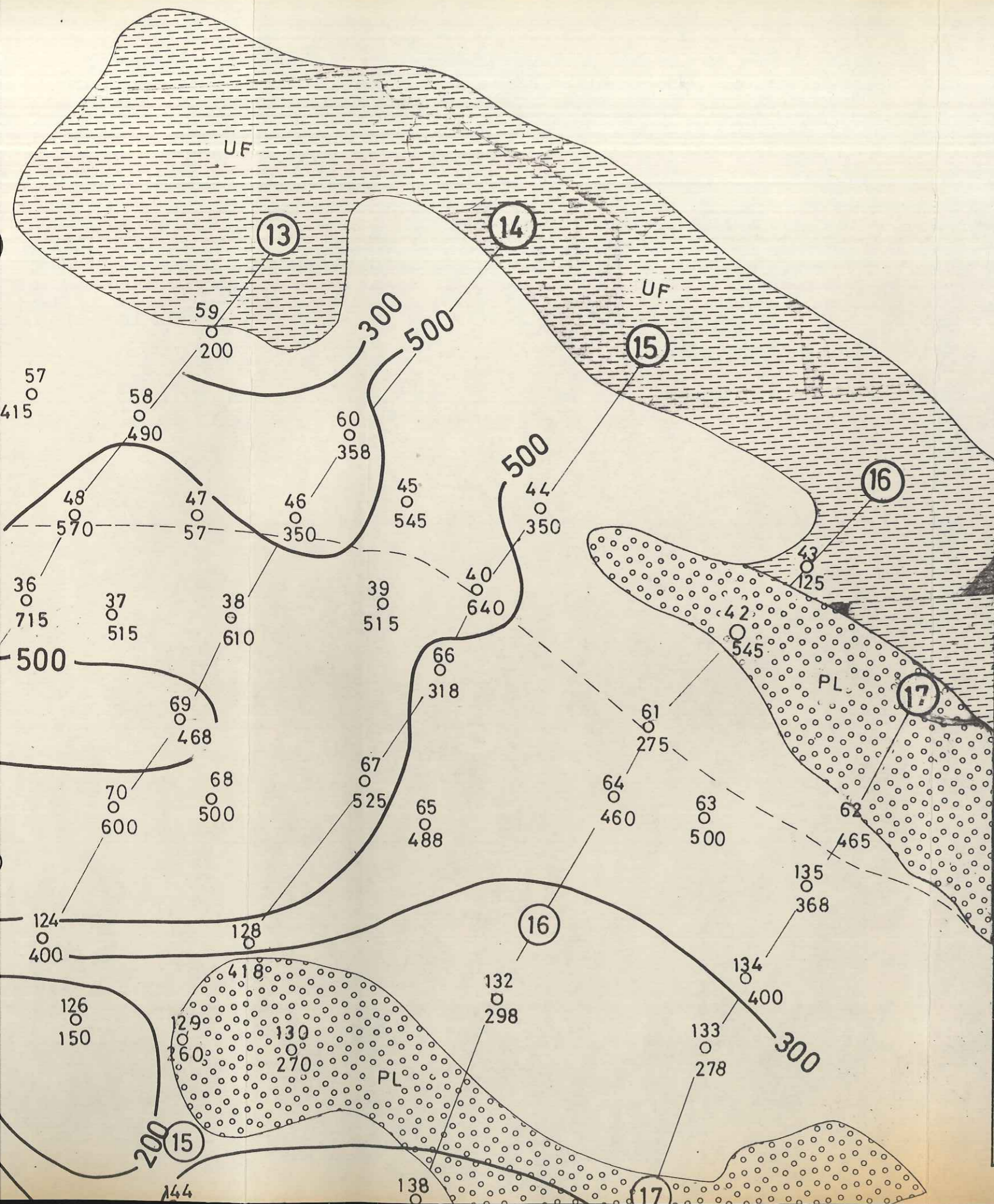
OLIGOMIOLENE (FOR-ASMARI, FOR DJAHRO)



ETUDE GEOPHYSIQUE DANS LA REGION DE

DJAHROM

CARTE DES RESISTIVITES EN AB = 50m



SONDAGE ELECTRIQUE, ET SON NUMERO EXECUTE EN 1971 ———— 45 ●

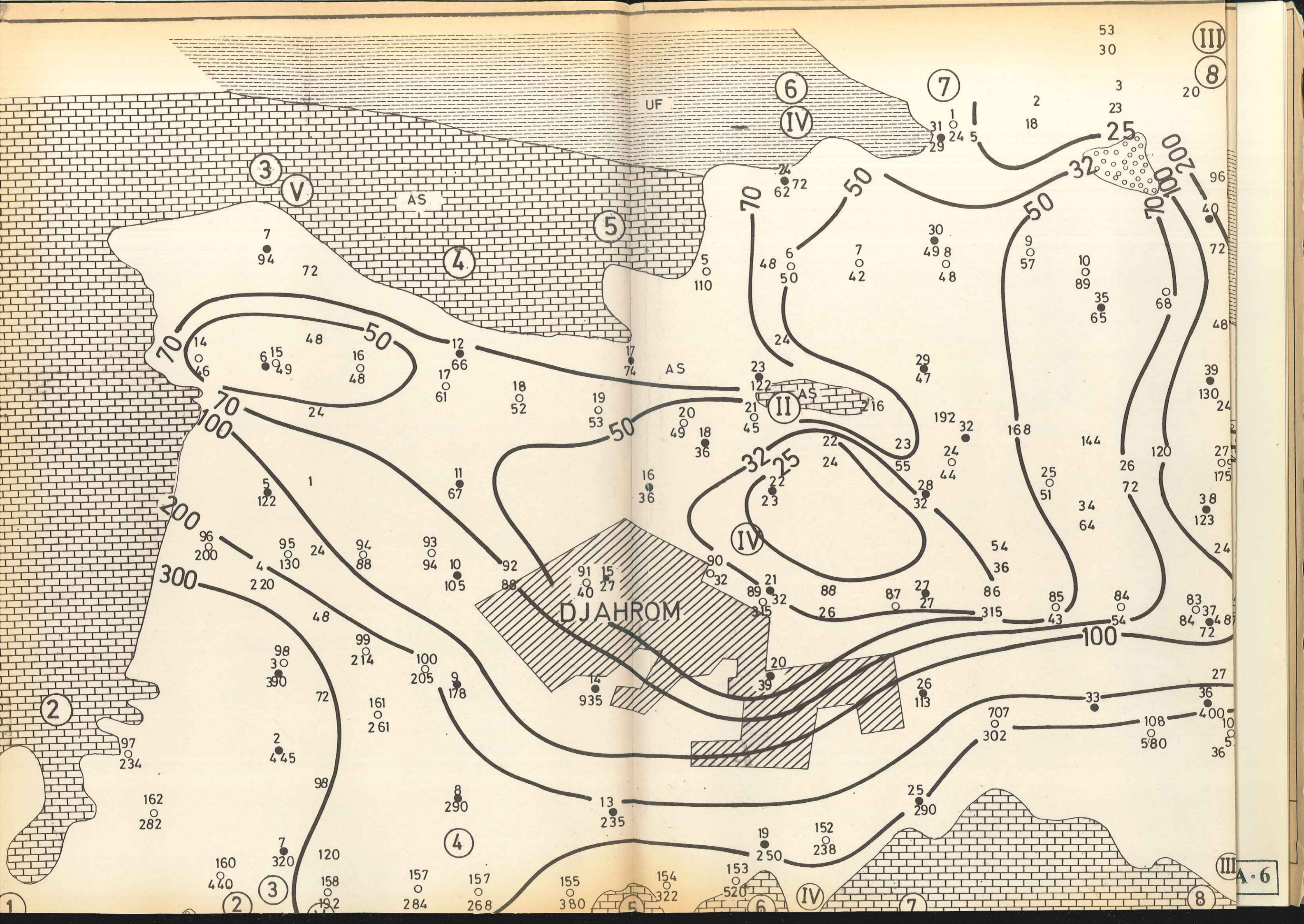
SONDAGE ELECTRIQUE, ET SON NUMERO EXECUTE EN 1974 ———— 35 ●

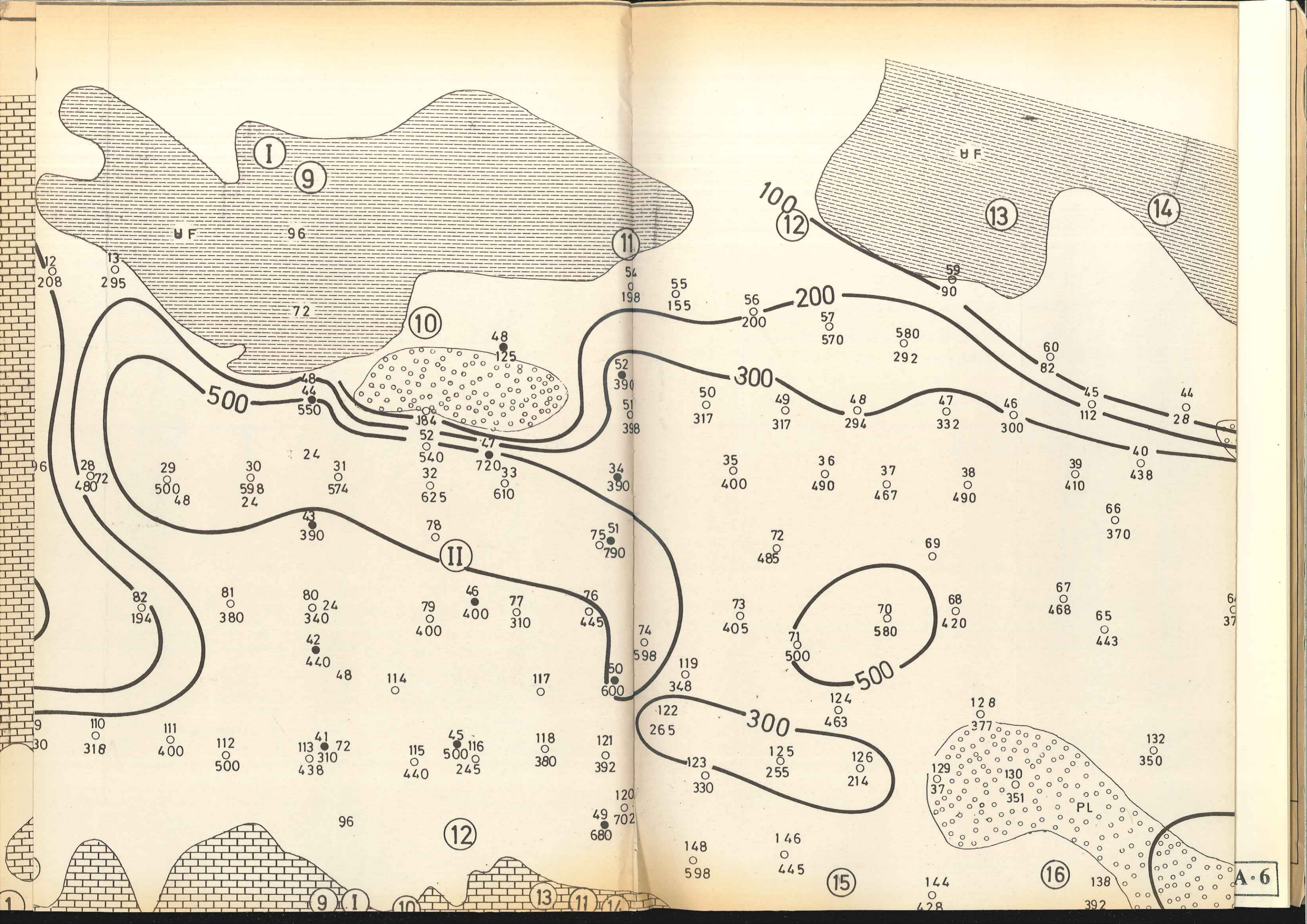
VALEUR DE RESISTIVITE OHM.M. ———— 300 ●

COURBE DE QUI-RESISTIVITE ET SA VALEUR EN OHM.M. ———— 100 ————

GEOLOGIE

- QUATERNAIRE ———— Q
- CONGLOMERAT DE BAKHTIARI ———— ● PL ●
- MIOCENE (FOR-ROUGE SUPERIEUR) ———— — UF —
- OLIGOMIOLENE (FOR-ASMARI, FOR DJAHROM) ———— AS DJ





ETUDE GEOPHYSIQUE DANS LA REGION DE D JAHROM

CARTE DES RESISTIVITES EN AB = 200m

ECHELLE 1:20,000

SONDAGE ELECTRIQUE ET SON NUMERO EXECUTE EN 1971

SONDAGE ELECTRIQUE ET SON NUMERO EXECUTE EN 1974

VALEUR DE RESISTIVITE EN OHM.M.

45

35

400

100

COURBE DE QVL RESISTIVITE ET SA VALEUR EN OHM.M.

GEOLOGIE

QUATERNAIRE

CONGLOMERAT DE BAKHTIARI

MIOCENE (FOR ROUGE SUPEREUR)

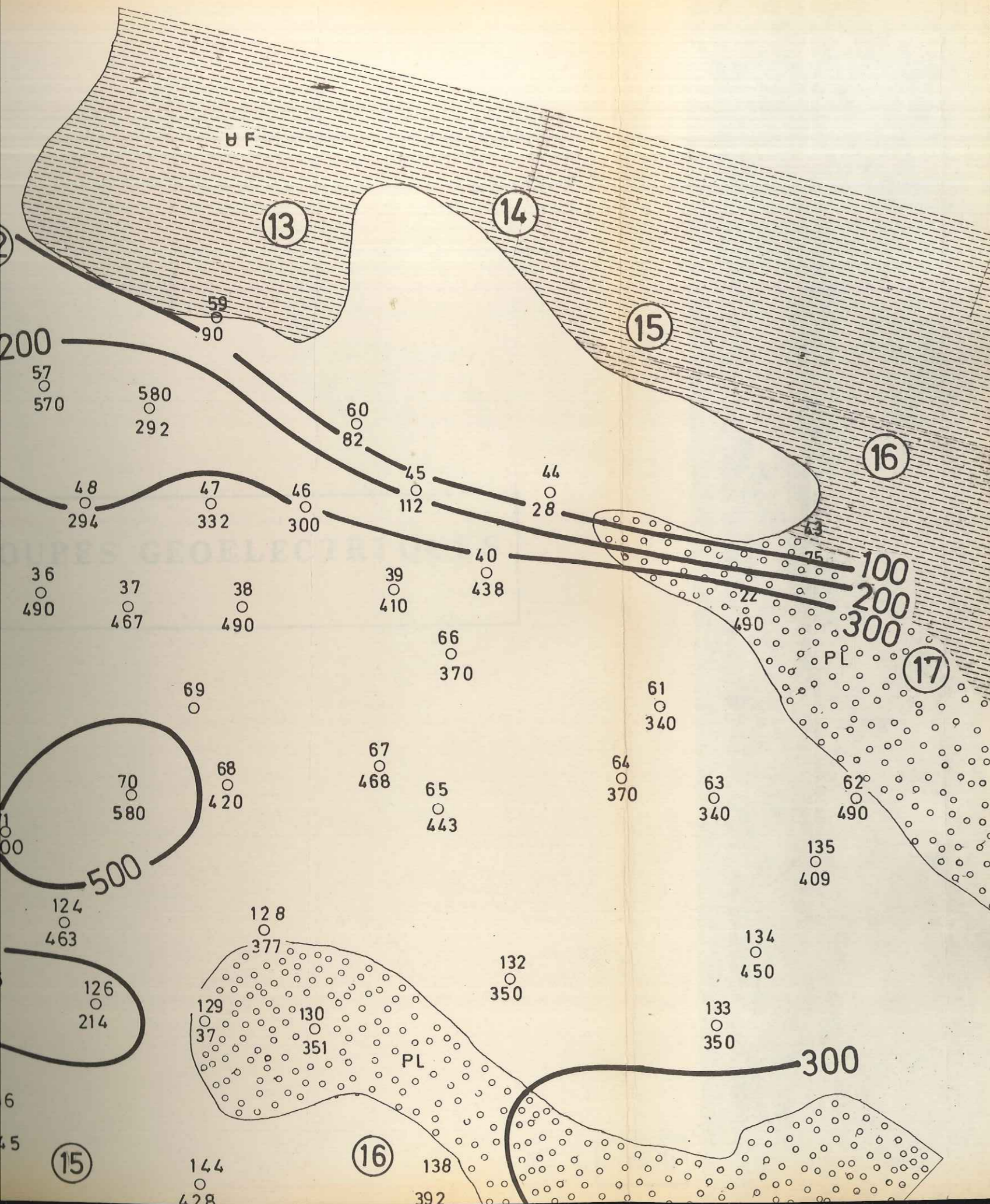
OLIGO MIOLENE (FOR ASMARI FOR DJAHROM)

0

PL

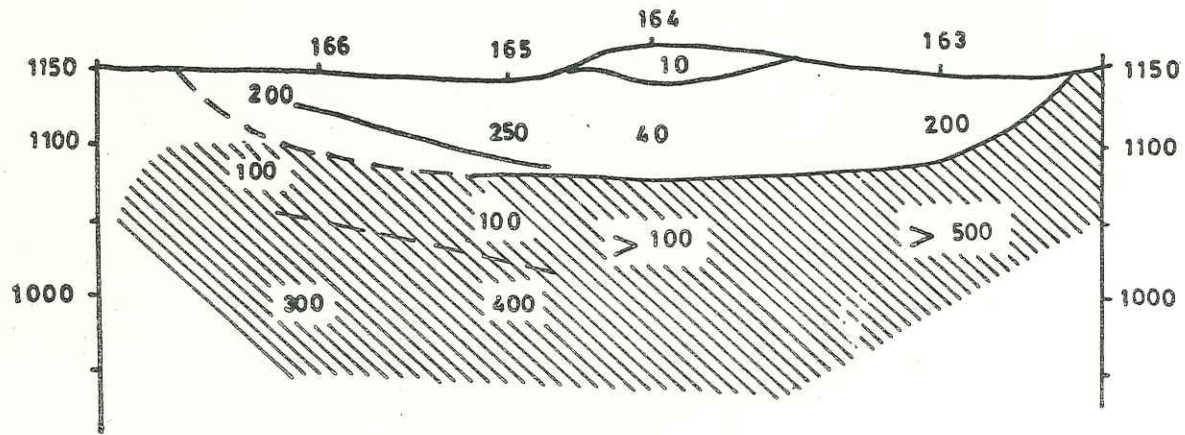
UF

AS DJ

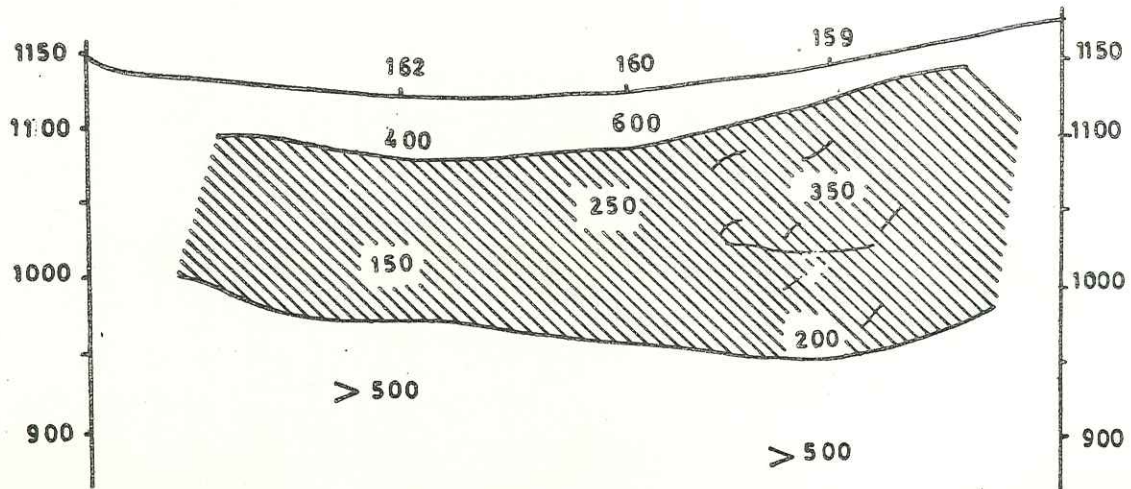


COUPES GEOELECTRIQUES

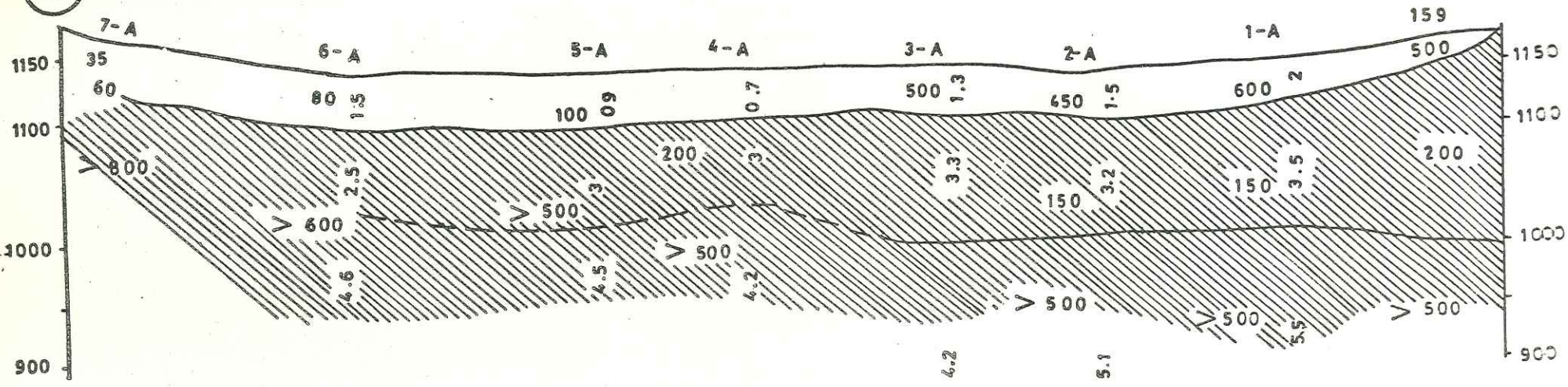
1



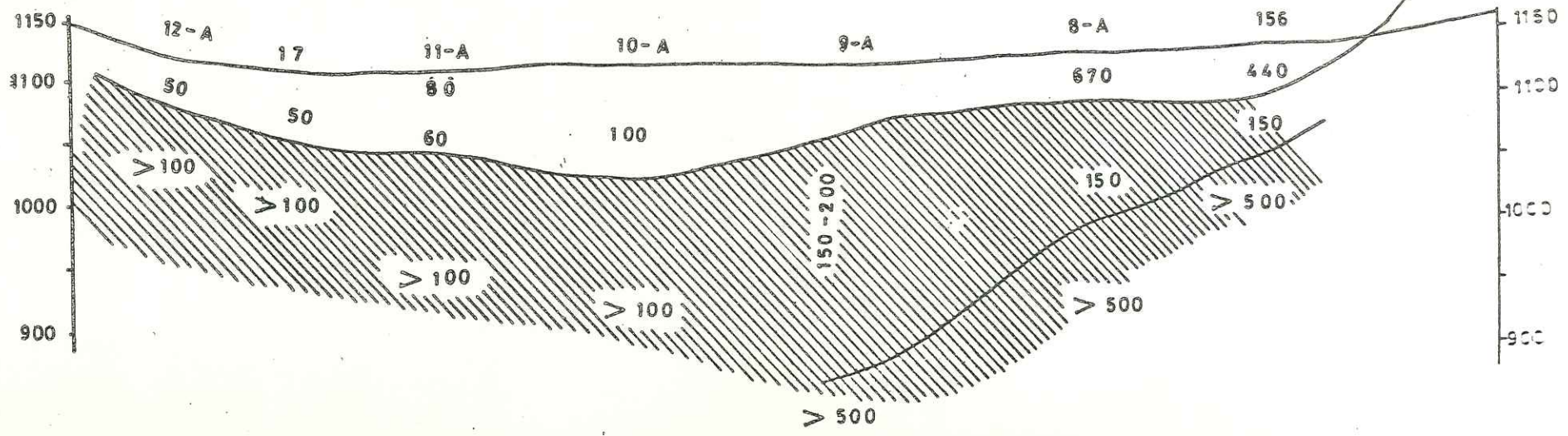
2



3

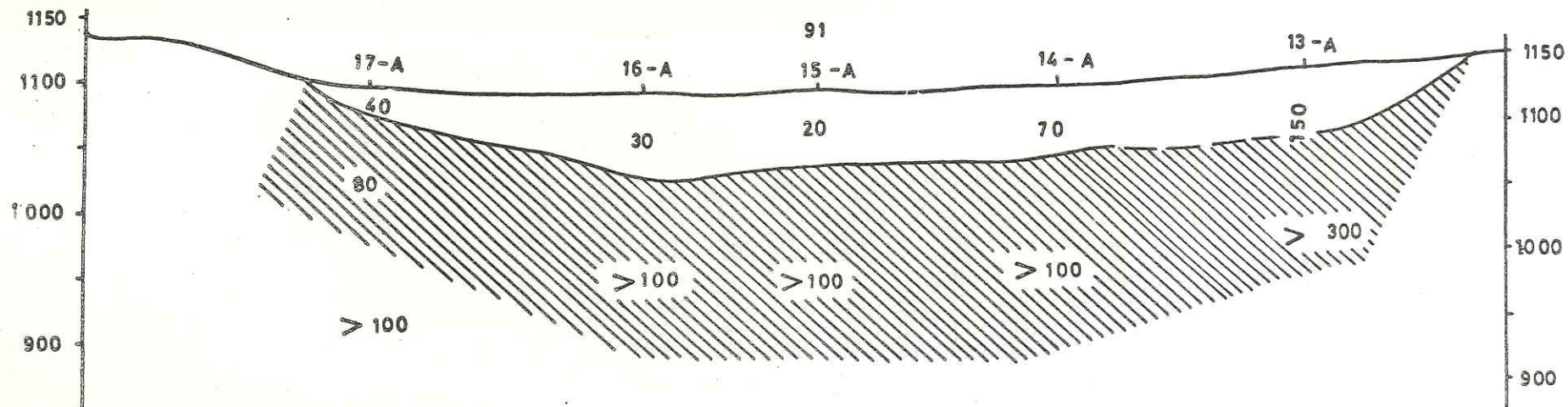


4

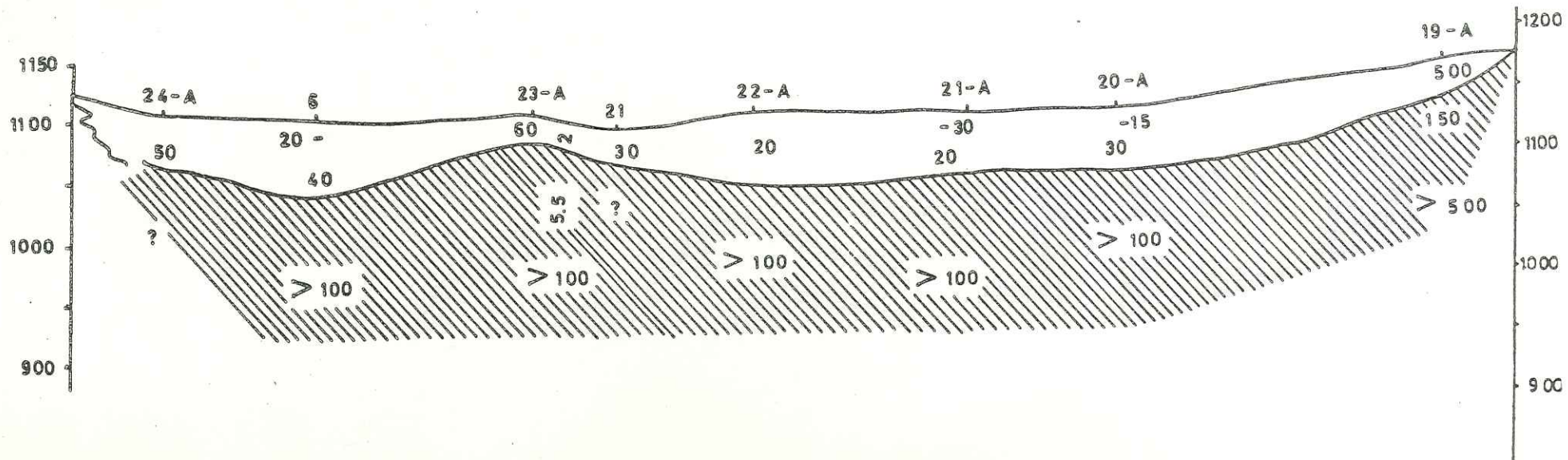


A 6.2

5

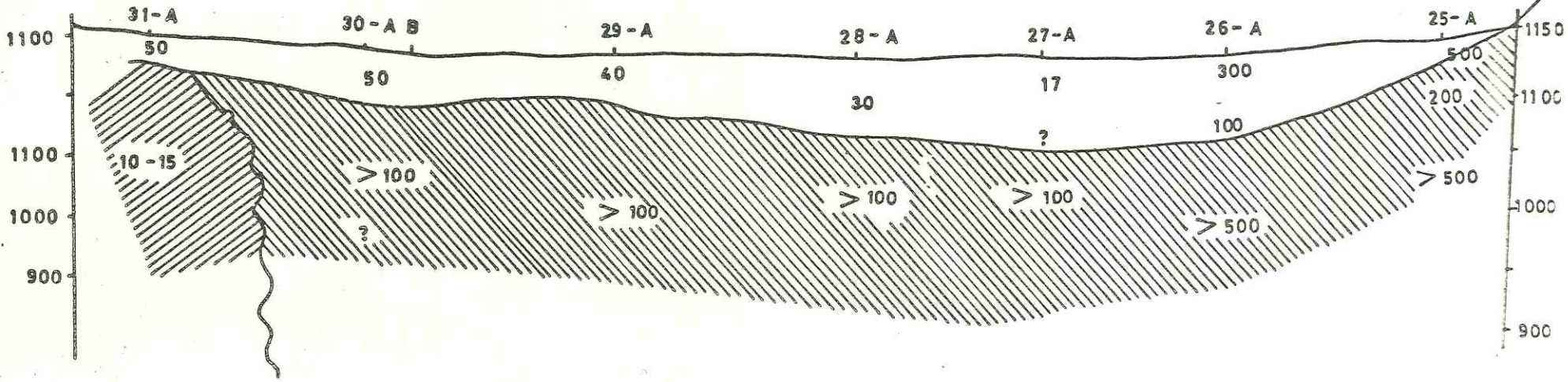


6

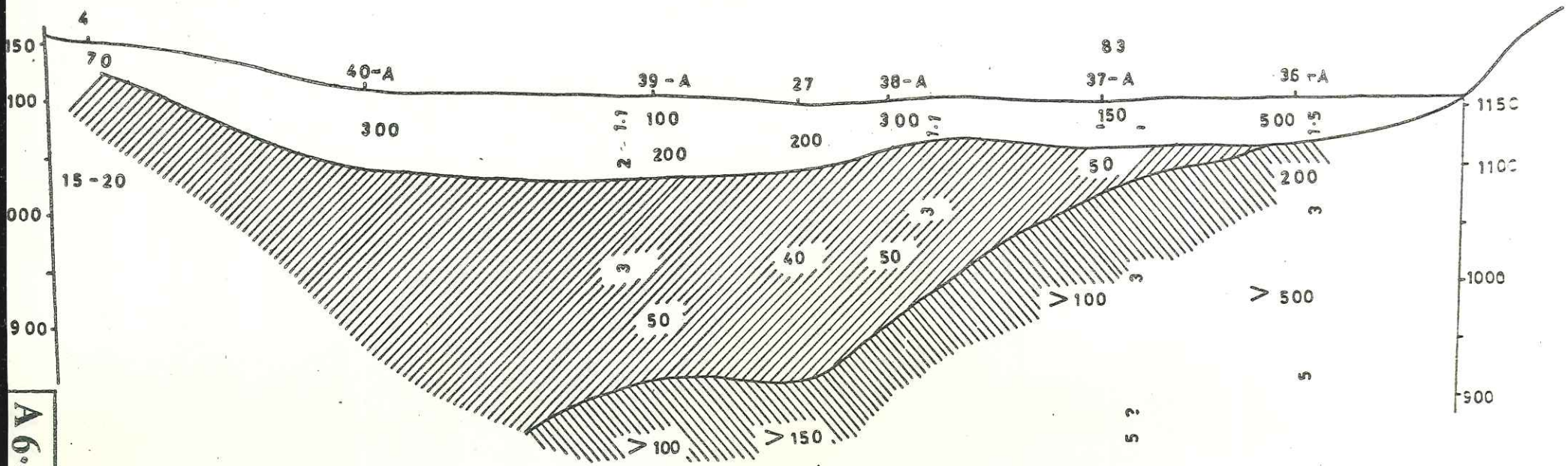


A6.3

7

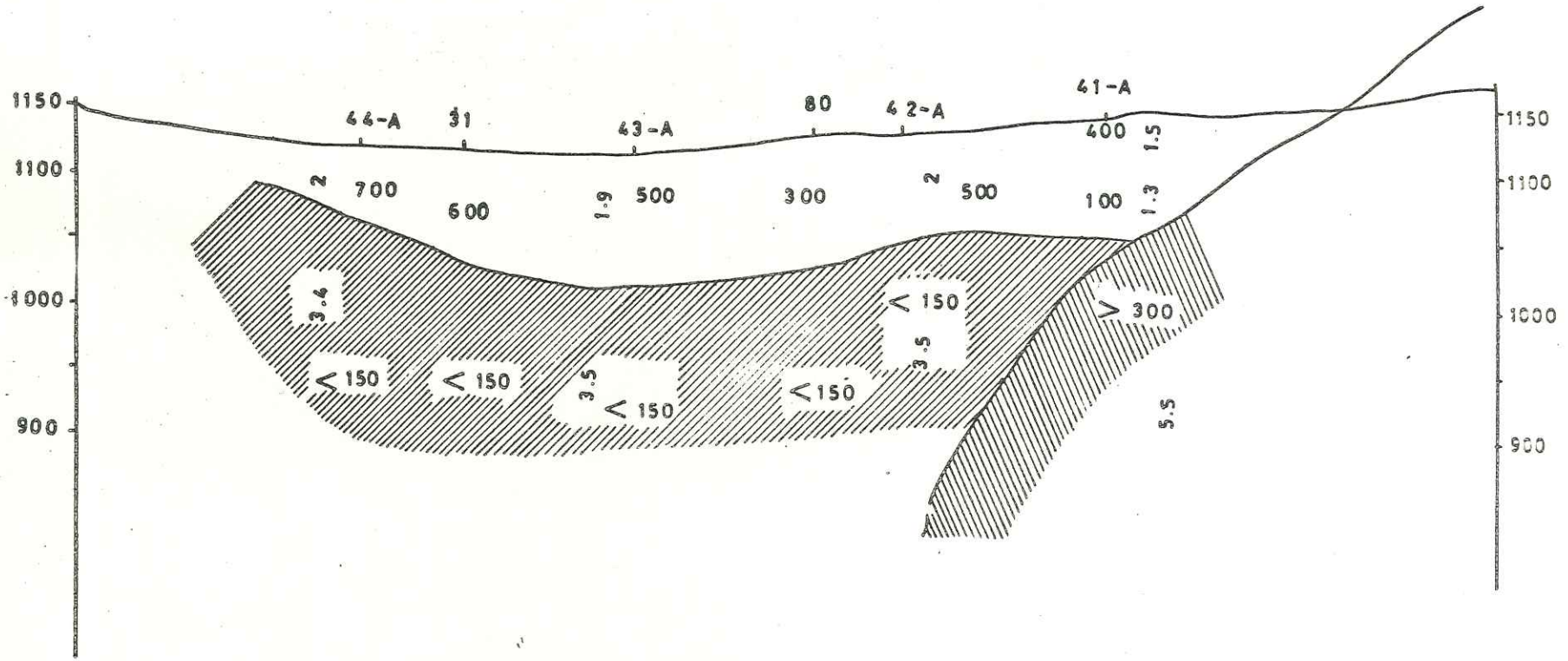


8



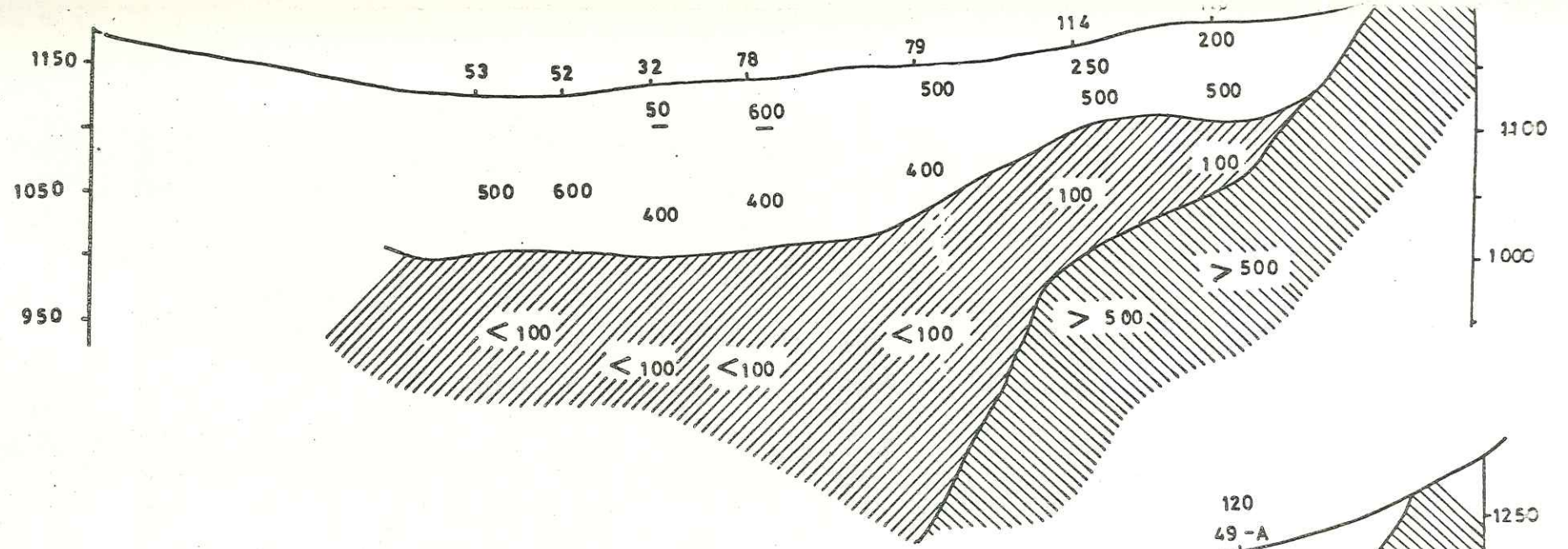
A 6.4

9

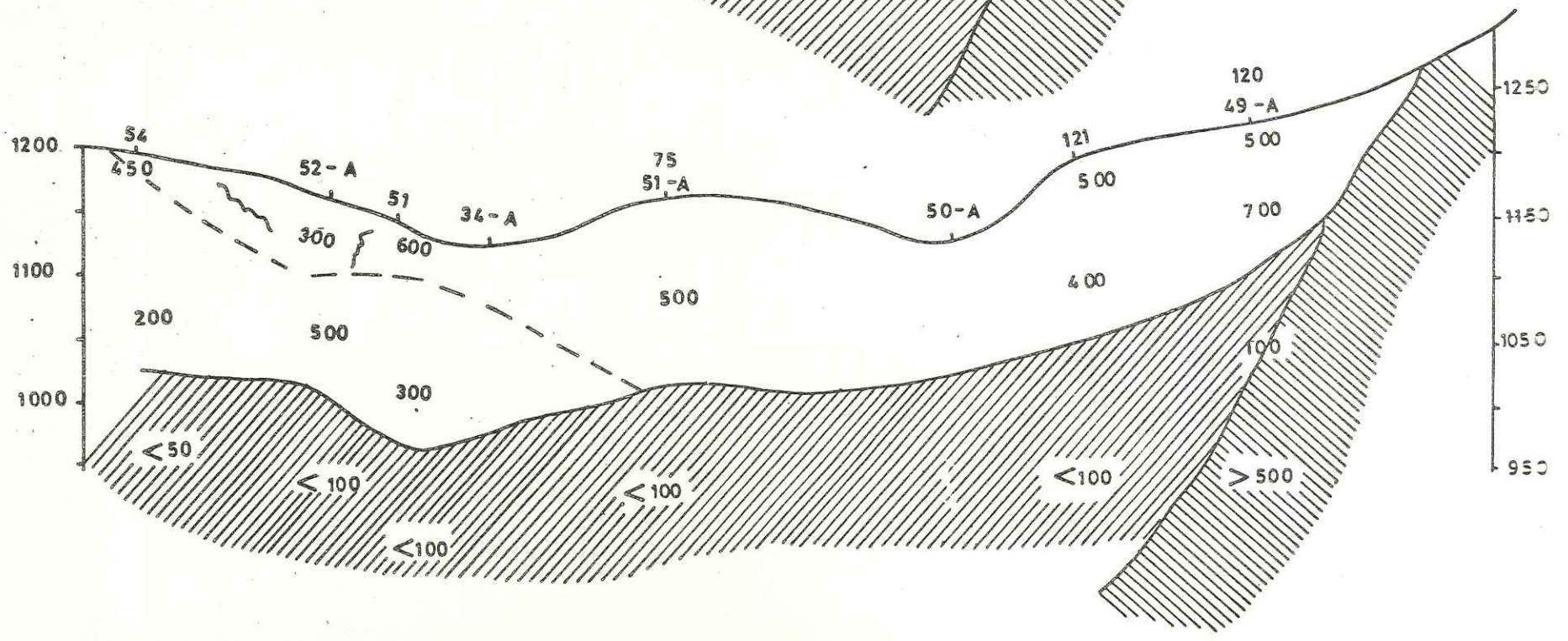


A6.5

10

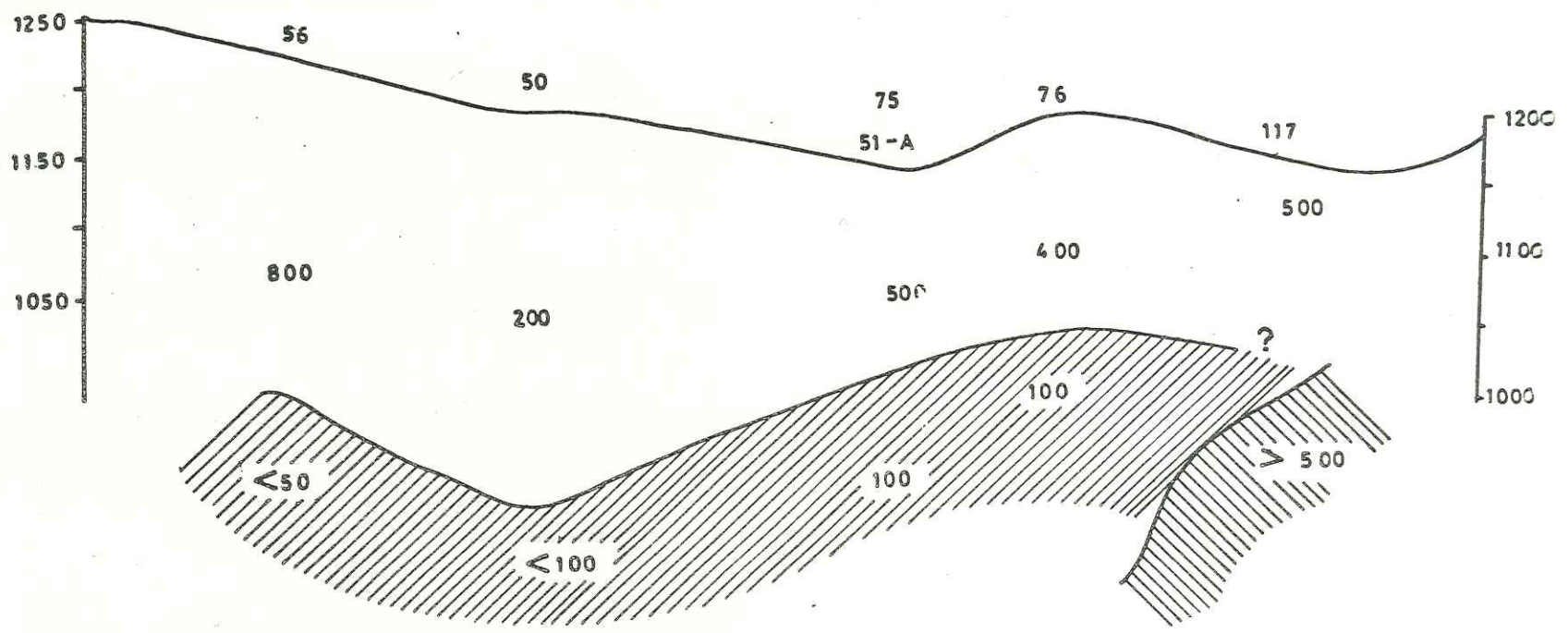


11

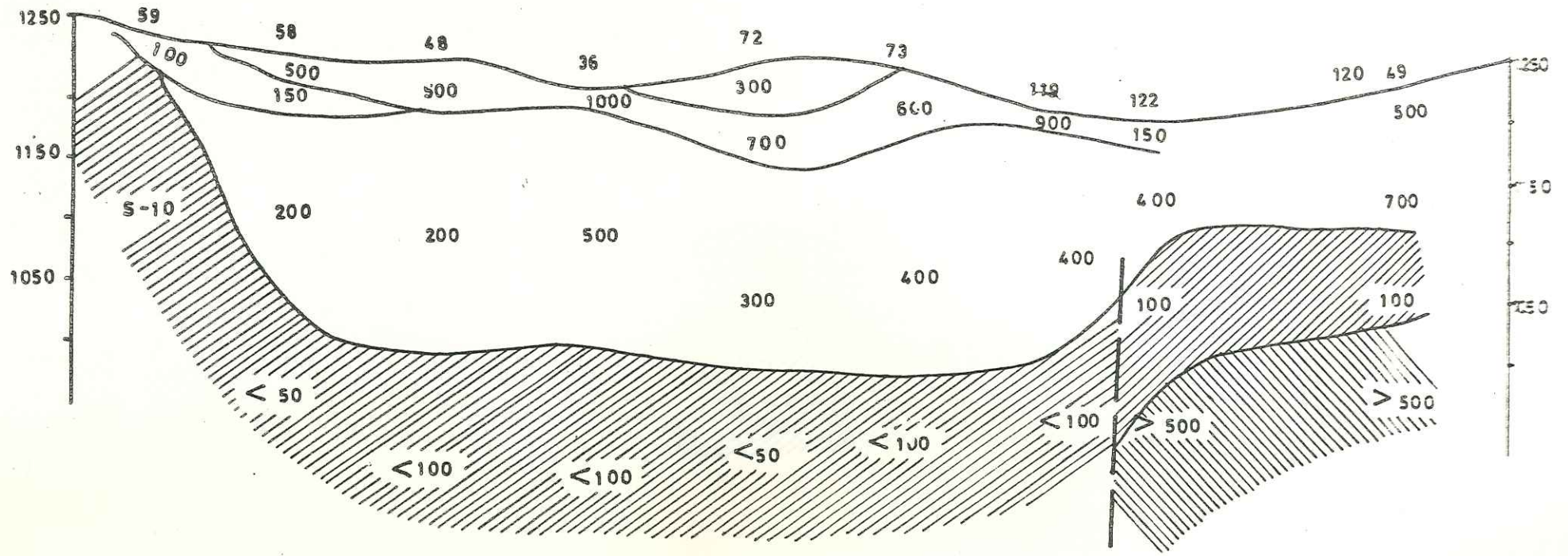


A6.6

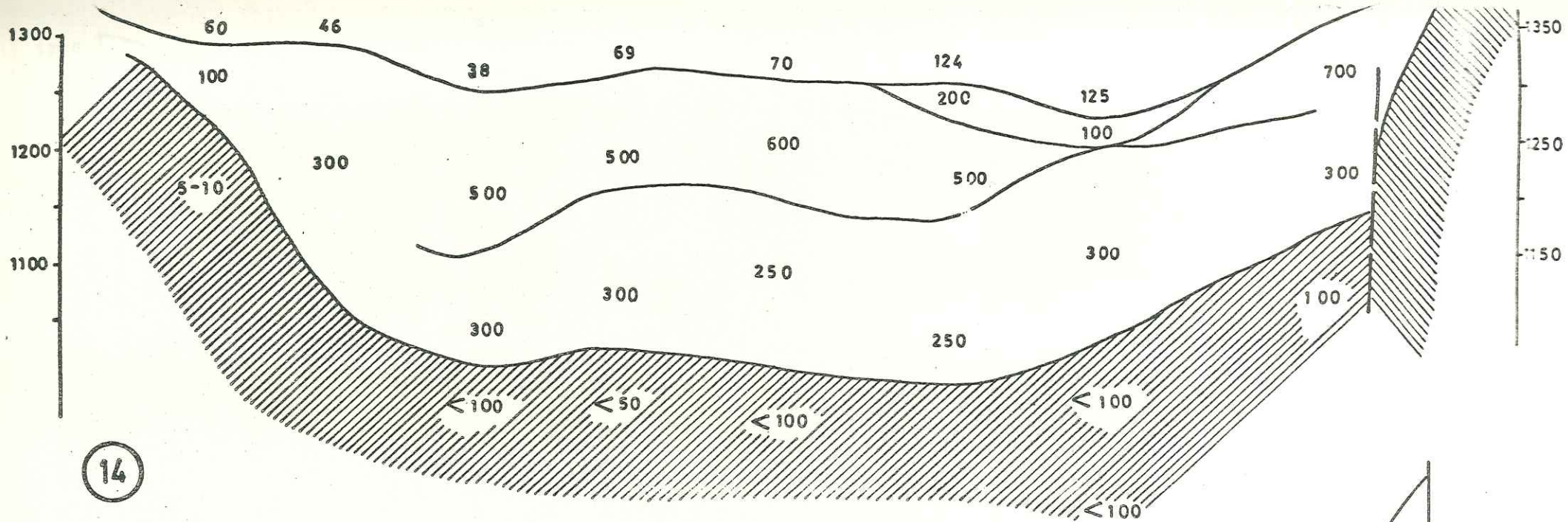
12



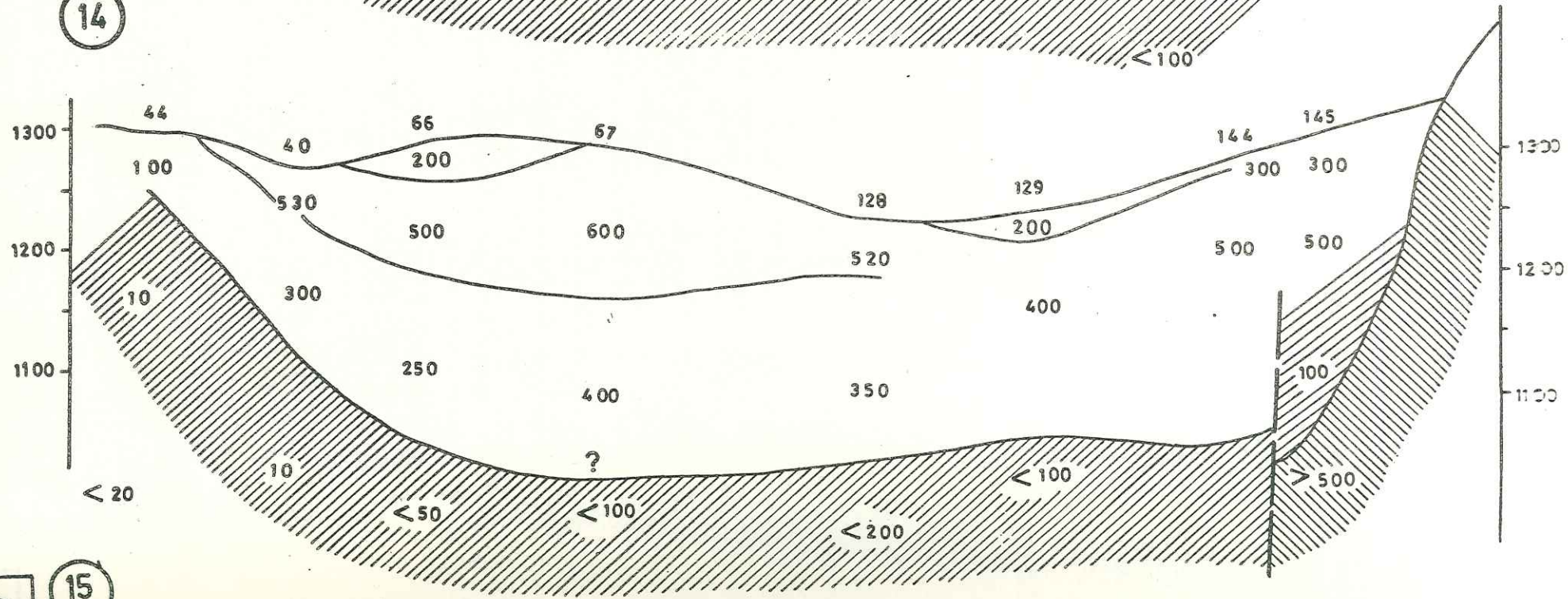
13



A6.7

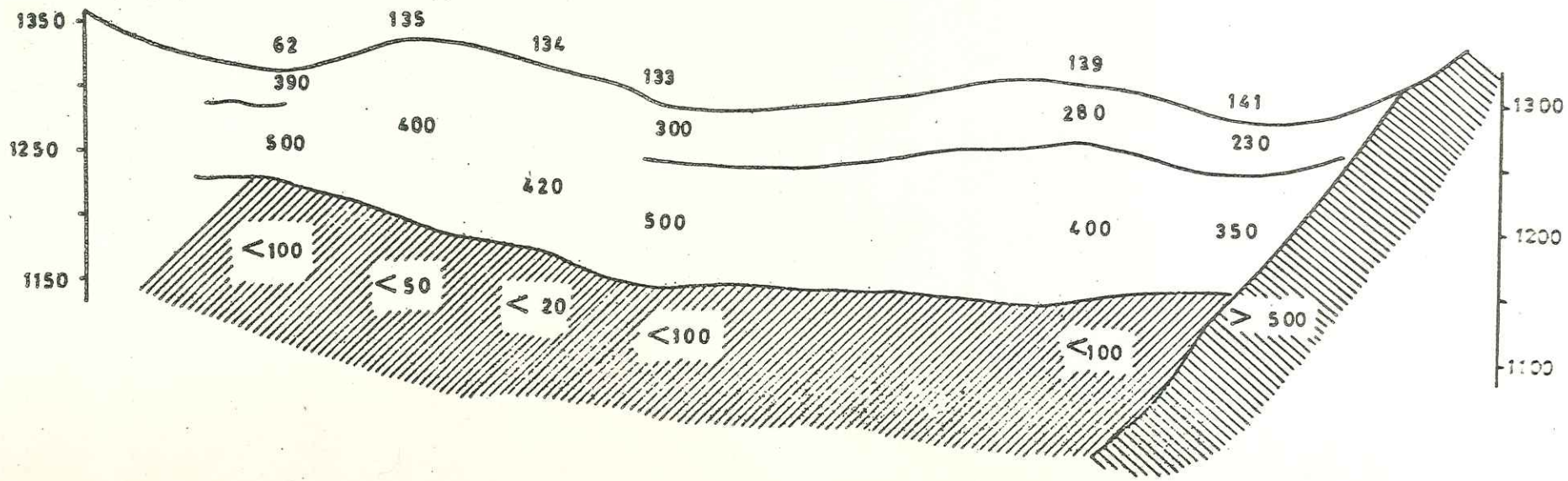
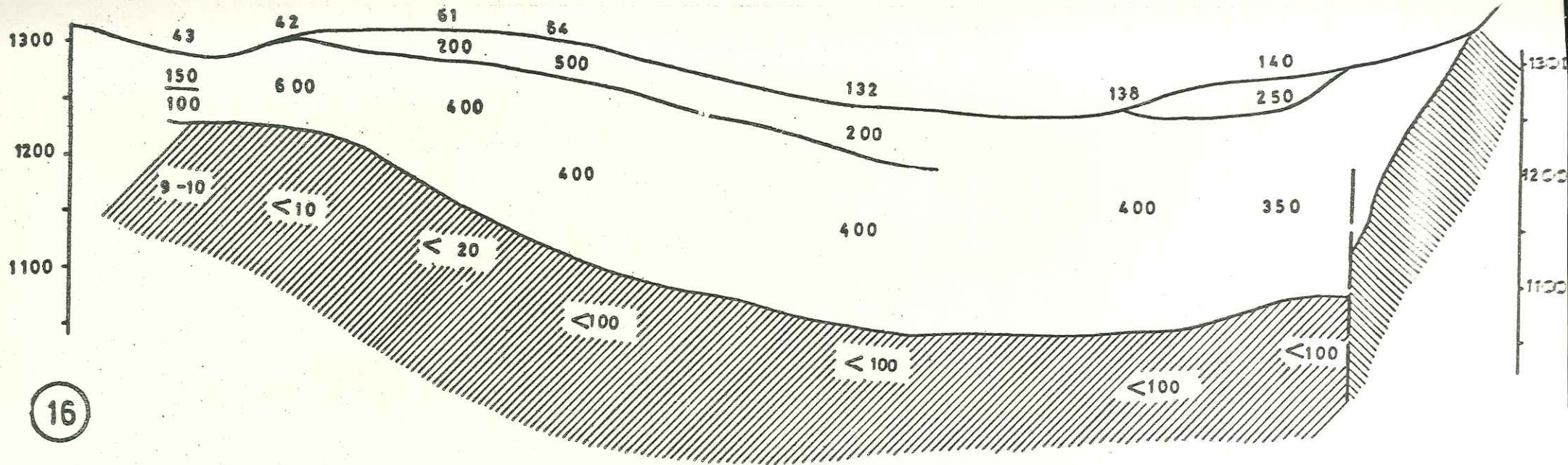


14

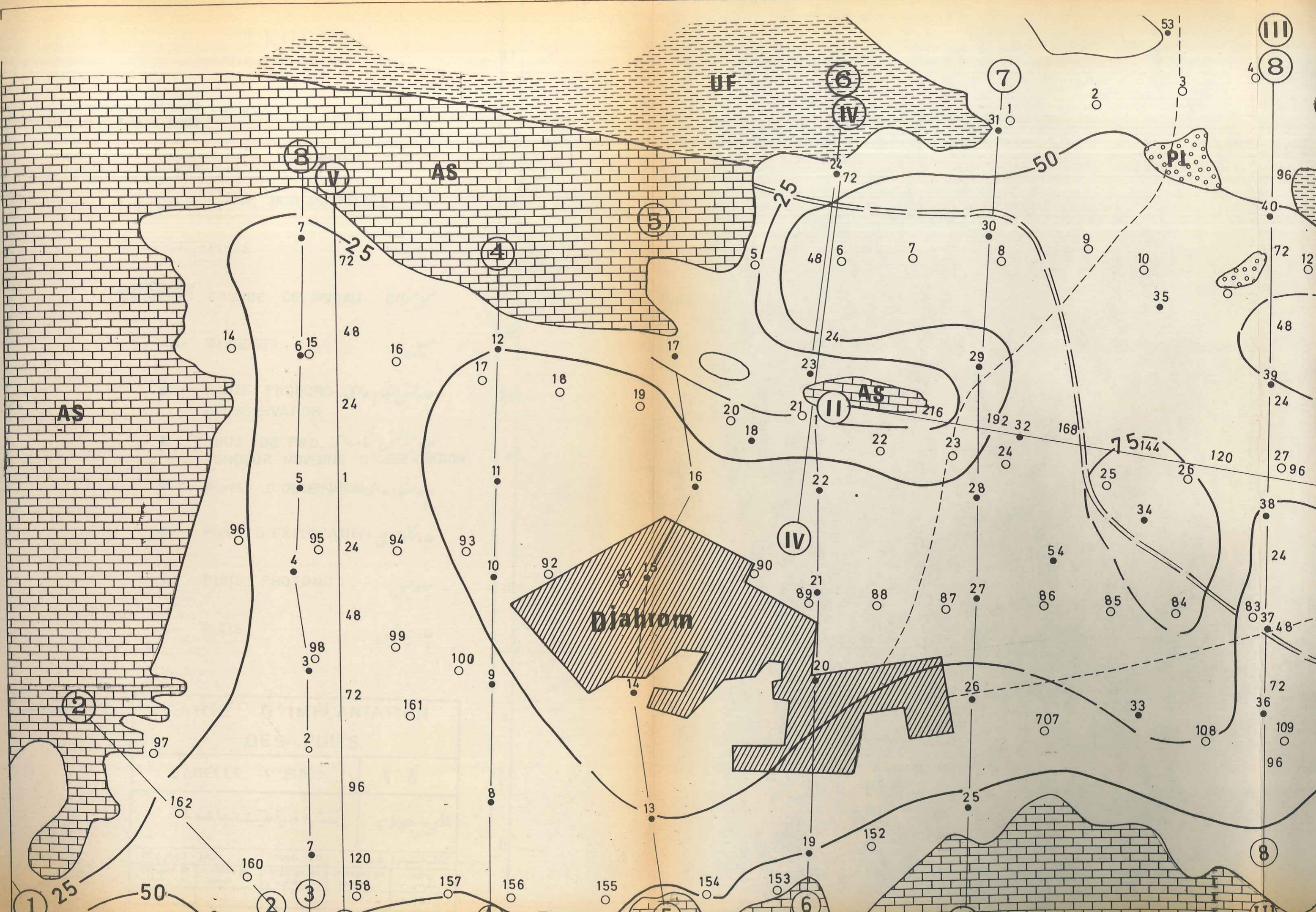


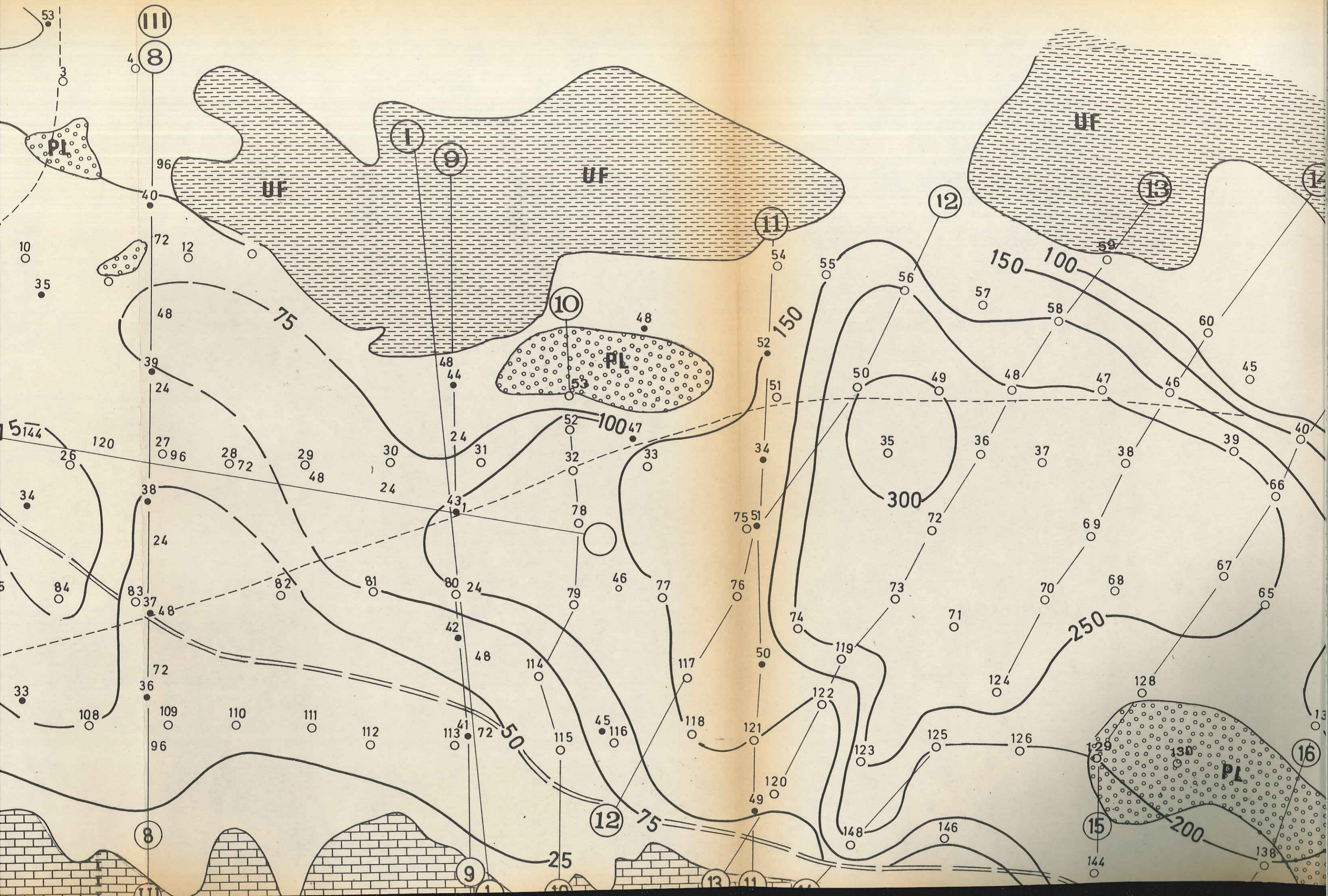
15

A 6.8



A6.9





ETUDE GEOPHYSIQUE DANS LA REGION DE DJAHROM

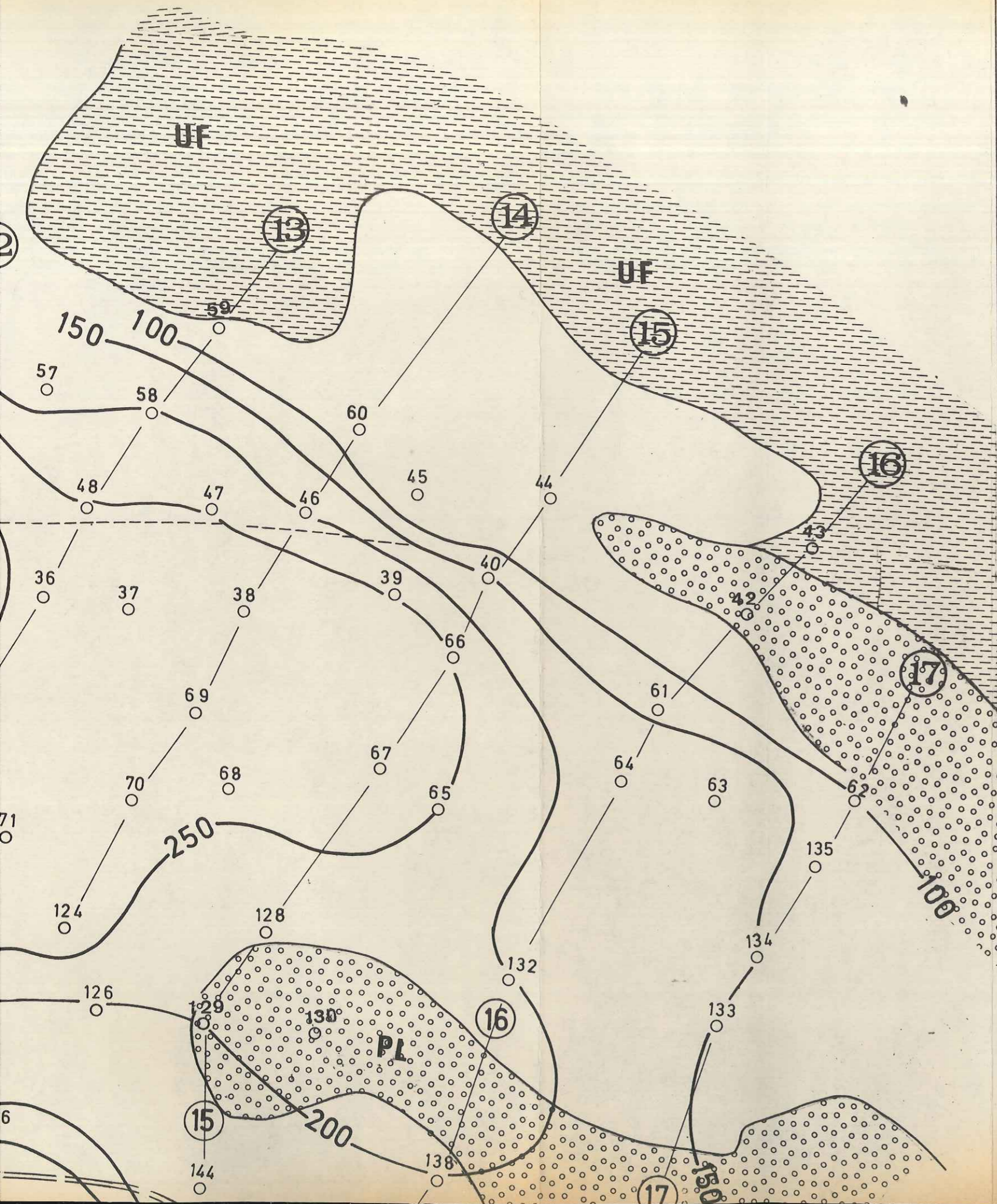
CARTE DE LE PAISSEUR DE RECOUVREMENT RESISTANT (ALLUVION CONGLOMERAT DE BAKHTIARI)

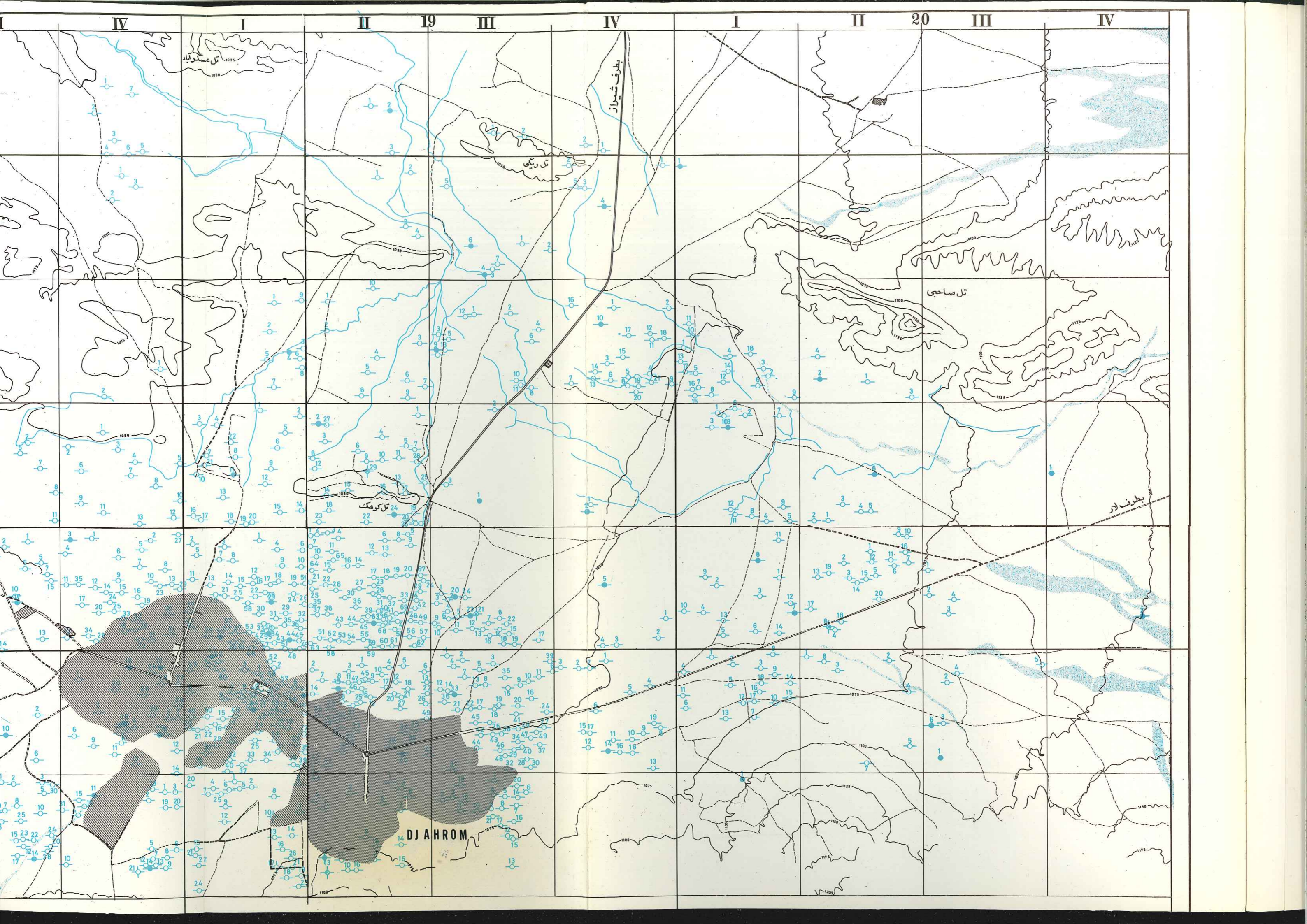
ECHELLE 1:20.000

- SONDAGE ELECTRIQUE ET SON NUMERO EXECUTE EN 1971 ● 45
- SONDAGE ELECTRIQUE ET SON NUMERO EXECUTE EN 1974 ○ 35
- VALEUR DE L EPAISSEUR DE RECOUVREMENT EN METRES ○ 150
- COURBE DE GALE PROFONDEUR EN METRES ————— 25
- LIMITE ENTRE SUBSTRATUM RESITAN RAPIDE ET SUBSTRATUM = = =
- CONDUTEUR

GEOLOGIE

- QUATERNAIRE □ Q
- CONGLOMERAT DE BAKHTIARI □ PL
- MIOCENE (FOR ROUGE SUPEREUR) □
- OLIGOMIOLENE (FOR ASMARI FOR DJAHROM) □ AS DJ





تل کوهک

تل ریگی













بطرف شیراز

تل صاحبی

بطرف لار

DJAHROM

LEGENDE

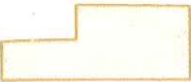








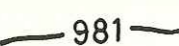

-  VILLES شهر و آبادی
-  ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
-  ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  PISTE راه چپ و
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
-  RIVIERES میل
-  PUIITS PROFOND D'OBSERVATION چاه عمیق مشاهده ای
-  PUIITS DE PRO-FONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION چاه نیمه عمیق مشاهده ای
-  PUIITS D'OBSERVATION چاه مشاهده ای
-  PUIITS D'EXPLORATION چاه اکتشافی
-  PUIITS PROFOND چاه عمیق
-  PUIITS چاه نیمه عمیق



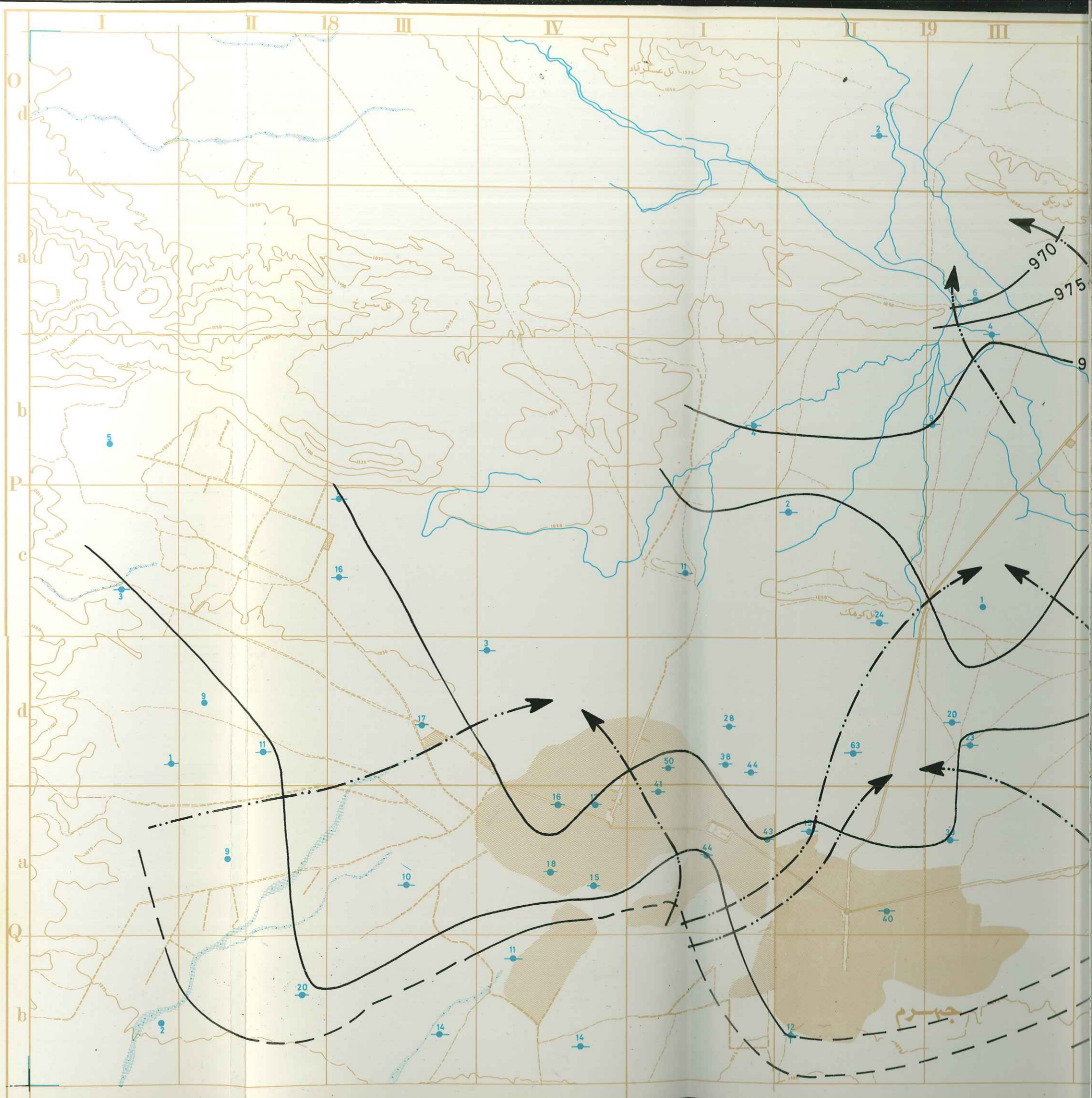
CARTE D'IMPLANTATION DES PUIITS				
ECHELLE 1: 25000		A-8		
نقشه موقعیت چاهها		طرح جهرم		
PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۵-۱۰		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس
				۱:۲۵,۰۰۰

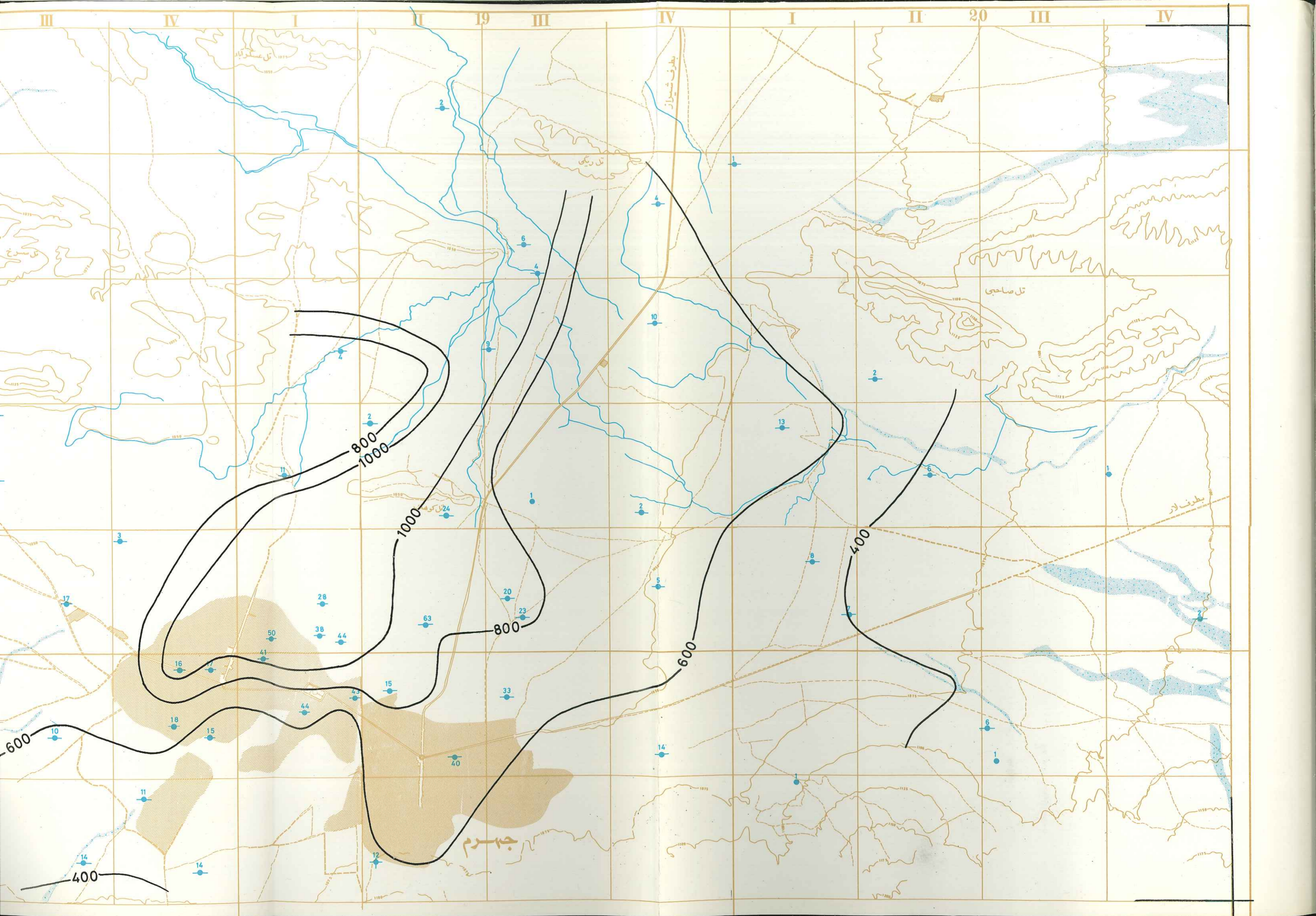
DJAHROM

LEGENDE

-  VILLES شهرآبادی
-  ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
-  ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  PISTE راه چپ‌رو
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
-  RIVIERES میل
-  PUIS PROFOND چاه عمیق مشاهده‌ای
D'OBSERVATION
-  PUIS DE PRO_ چاه نیمه عمیق مشاهده‌ای
FONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION
-  PUIS D'OBSERVATION چاه مشاهده‌ای
-  981 — ارتفاع سطح آب زیرزمینی بر حسب متر
COURBE DE NIVEAU
-  —> جهت جریان آب زیرزمینی
DIRECTION DE L'ECOULEMENT SOUTERRAIN

CARTE ISOPIEZE				
OCTOBRE 1974				
ECHELLE 1:25000			A-9	
نقشه خطوط تراز آب زیرزمینی در اول آبان ۵۳			طرح چهارم	
PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۳-۵		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس
				1:25,000

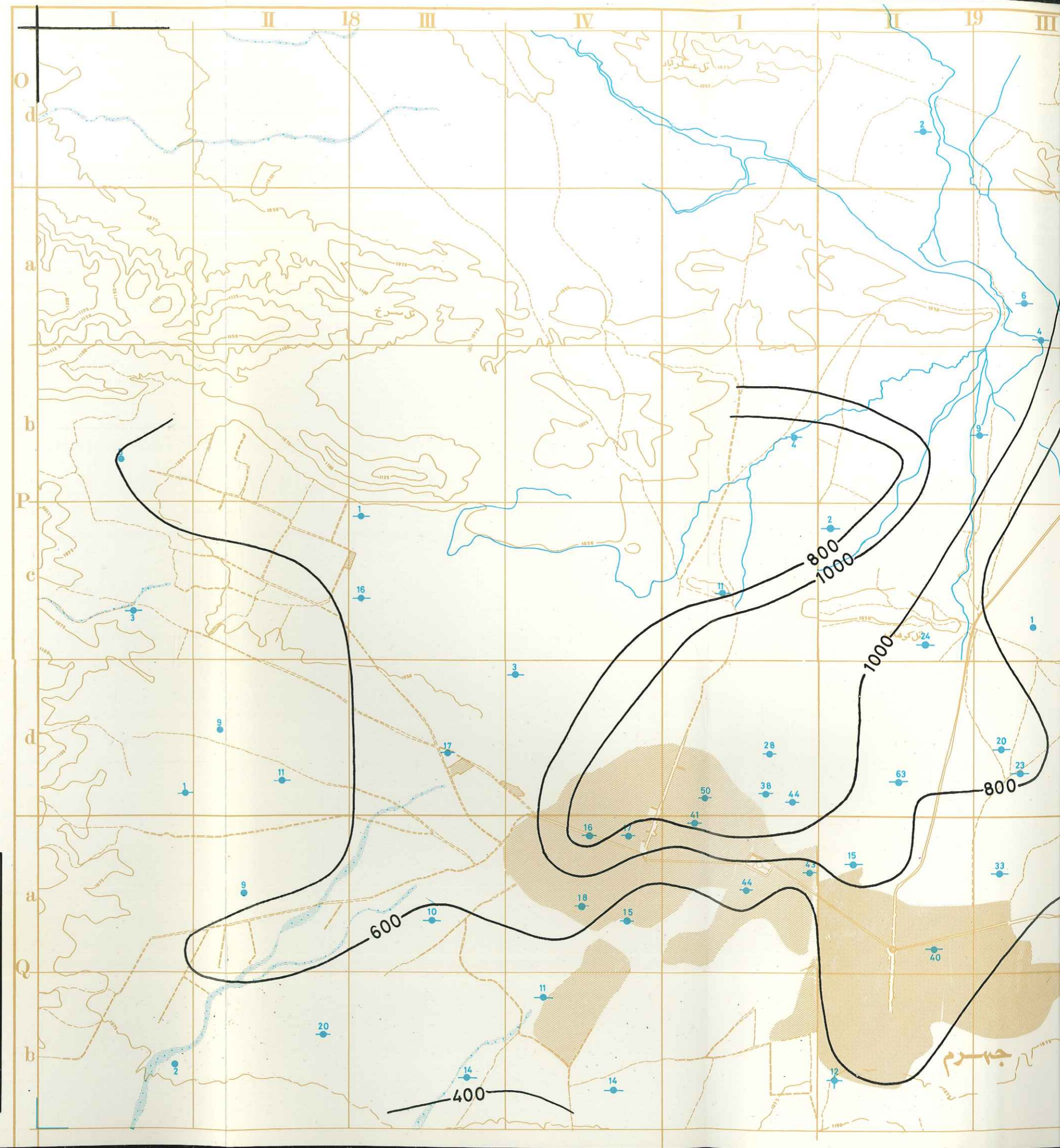


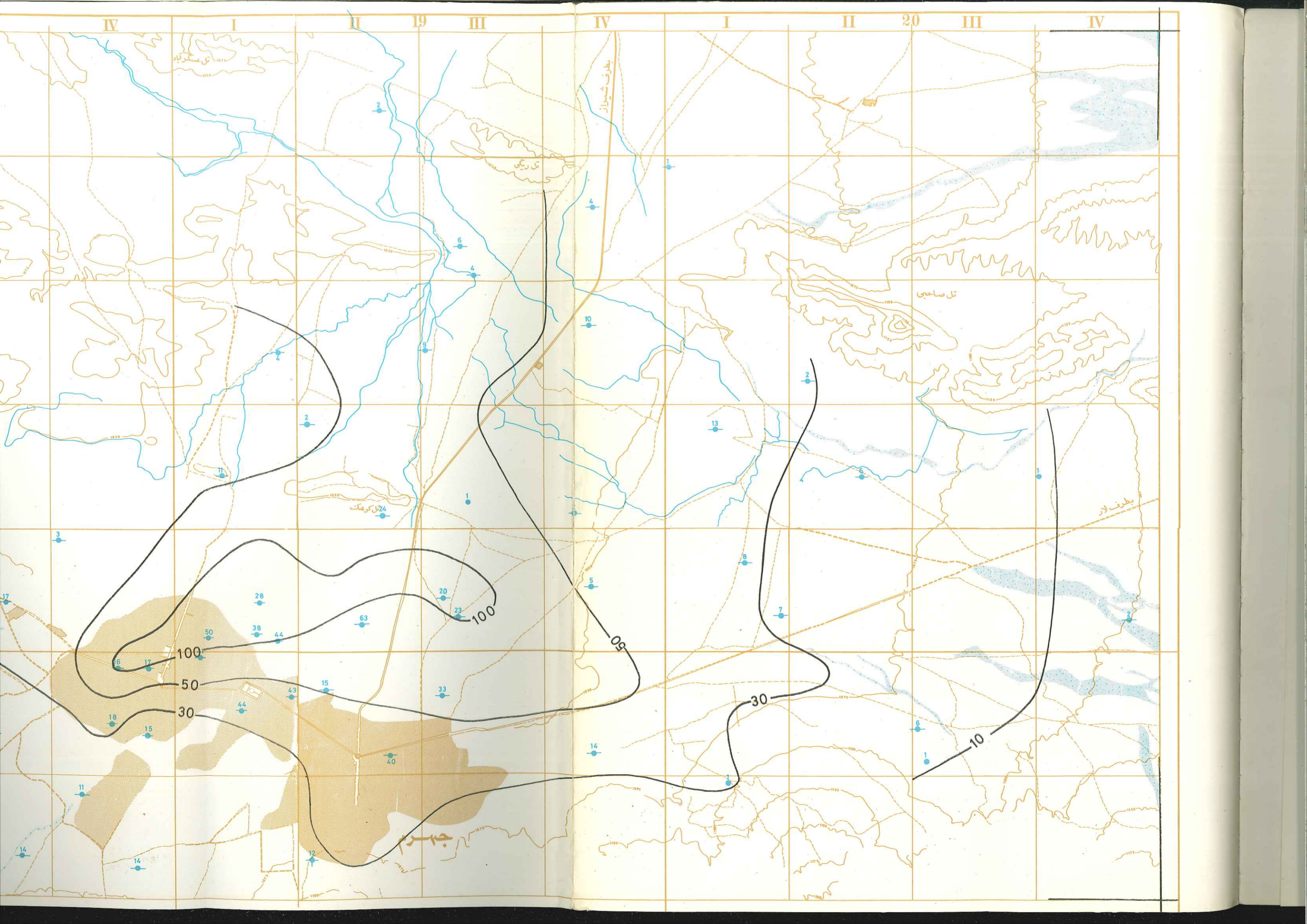


LEGENDE

-  VILLES شهر و آبادی
-  ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
-  ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  PISTE راه جیب رو
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
-  RIVIERES میل
-  PUIIS PROFOND D'OBSERVATION چاه عمیق مشاهده ای
-  PUIIS DE PRO-FONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION چاه نیم عمیق مشاهده ای
-  PUIIS D'OBSERVATION چاه مشاهده ای
-  هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس بر سانتیمتر
CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

CARTE DES CONDUCTIVITES ELECTRIQUES				
ECHELLE 1: 25000			A-10	
نقشه هدایت الکتریکی آب زیر زمینی			طرح جهرم	
PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۵-۵		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰





LEGENDE

- VILLES شهر و آبادی
- ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
- ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
- PISTE راه چپ‌رو
- COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
- RIVIERES میل
- PUIS PROFOND D'OBSERVATION چاه عمیق مشاهده‌ای
- PUIS DE PROFONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION چاه نیم عمیق مشاهده‌ای
- PUIS D'OBSERVATION چاه مشاهده‌ای
- 50 مقدار کلر بر حسب میلیگرم در لیتر
ISOTENEURS EN ION CHLORE

CARTE DES ISOTENEURS EN ION CHLORE

ECHELLE 1:25000

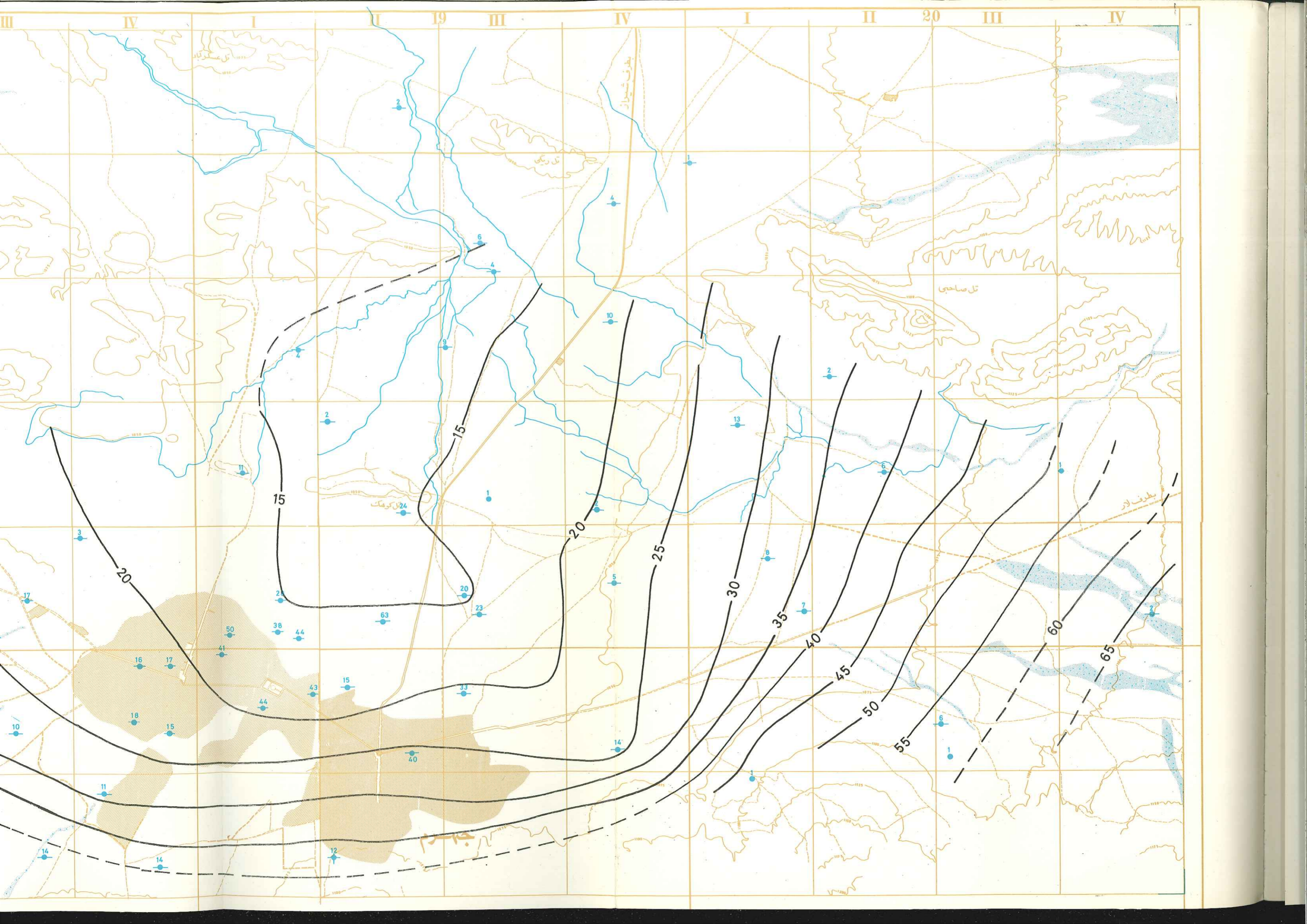
A-11

نقشه کلر آب زیرزمینی

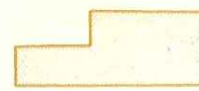









طرح جهرم

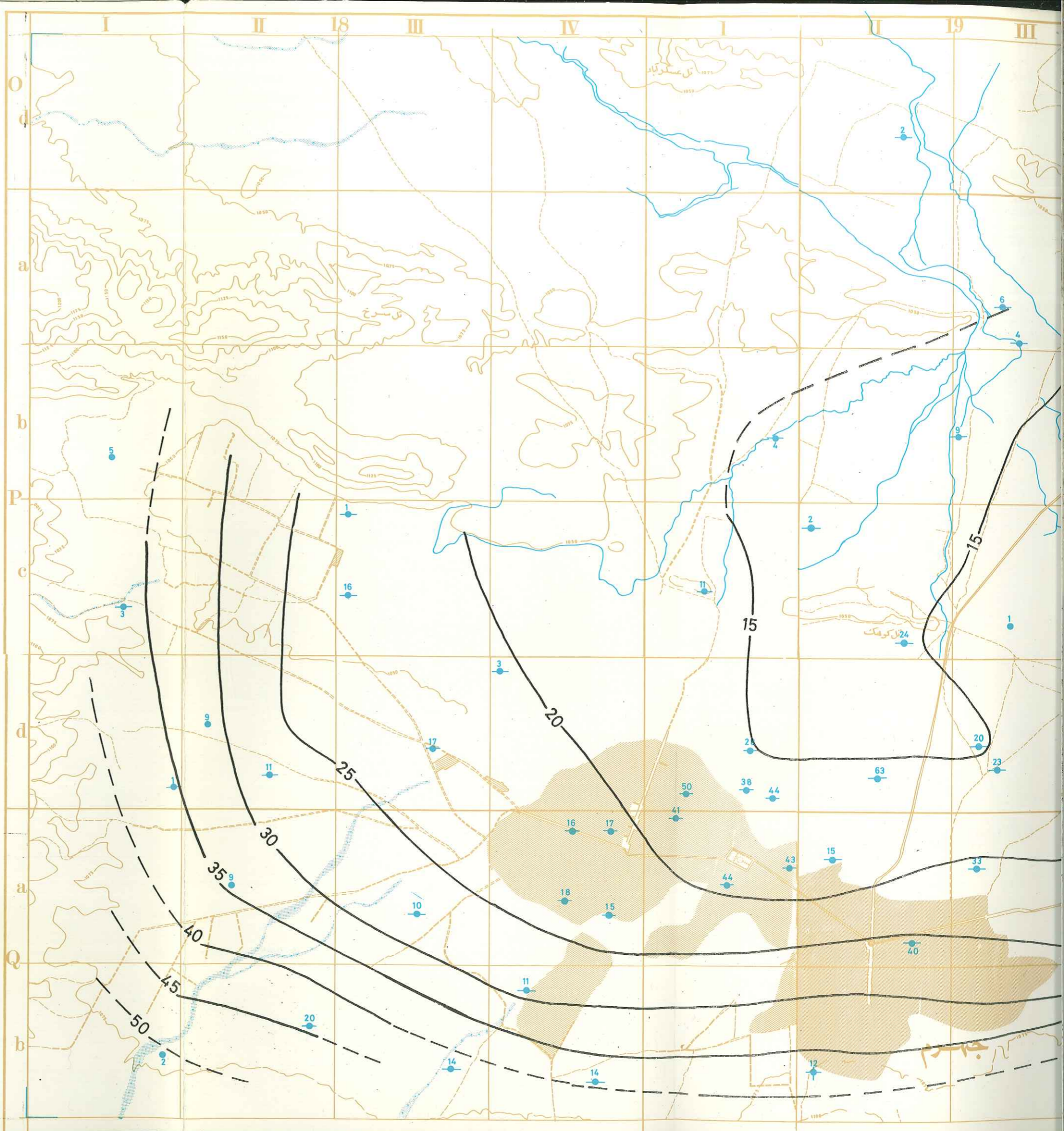
PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۷-۵		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰





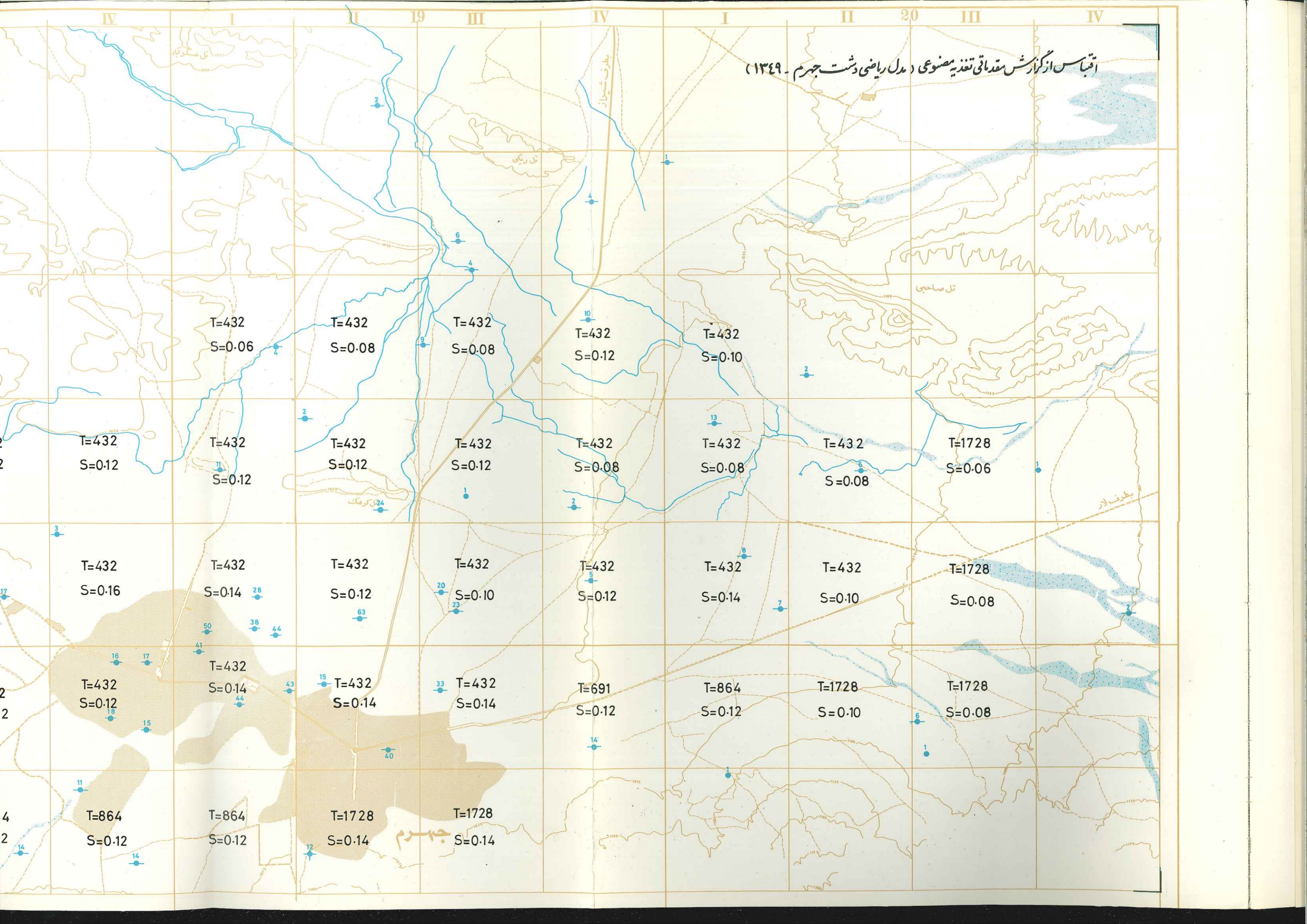
LEGENDE

-  VILLES شهر و آبادی
-  ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
-  ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  PISTE راه جیپ رو
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
-  RIVIERES میل
-  PUIS PROFOND چاه عمیق مشاهده ای D'OBSERVATION
-  PUIS DE PRO. چاه نیمه عمیق مشاهده ای FONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION
-  PUIS D'OBSERVATION چاه مشاهده ای
-  35 عمق آب زیرزمینی بر حسب متر ISOPROFONDEUR



CARTES DES COURBES D'ISOPROFONDEURS				
ECHELLE 1: 25 000			A - 12	
SEPTEMBRE 1974			طرح چهارم	
نقشه نقاط هم عمق در شهر یور ۱۳۵۳				
PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۲-۵		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰

اقباس از گزارش مقدماتی تغذیه مصنوعی (مدل ریاضی دشت جهرم - ۱۳۴۹)



T=432
S=0.06

T=432
S=0.08

T=432
S=0.08

T=432
S=0.12

T=432
S=0.10

T=432
S=0.12

T=432
S=0.12

T=432
S=0.12

T=432
S=0.12

T=432
S=0.08

T=432
S=0.08

T=432
S=0.08

T=1728
S=0.06

T=432
S=0.16

T=432
S=0.14

T=432
S=0.12

T=432
S=0.10

T=432
S=0.12

T=432
S=0.14

T=432
S=0.10

T=1728
S=0.08

T=432
S=0.12

T=432
S=0.14

T=432
S=0.14

T=432
S=0.14

T=691
S=0.12

T=864
S=0.12

T=1728
S=0.10

T=1728
S=0.08

T=864
S=0.12

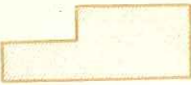




T=864
S=0.12

T=1728
S=0.14

T=1728
S=0.14

جهرم

LEGENDE

-  VILLES شهرآبادی
-  ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
-  ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  PISTE راه چپ‌رو
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان

 RIVIERES سیل

 PUIS PROFOND چاه عمیق مشاهده‌ای
D'OBSERVATION

 PUIS DE PRO- چاه نیمه عمیق مشاهده‌ای
FONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION

 PUIS D'OBSERVATION چاه مشاهده‌ای

T=432 قابلیت انتقال طبقه آبدار بر حسب مترمربع در روز
TRANSMISSIVITE ($m^2/jour$)

S=0.12 ضریب ذخیره طبقه آبدار
D'EMMAGASINEMENT

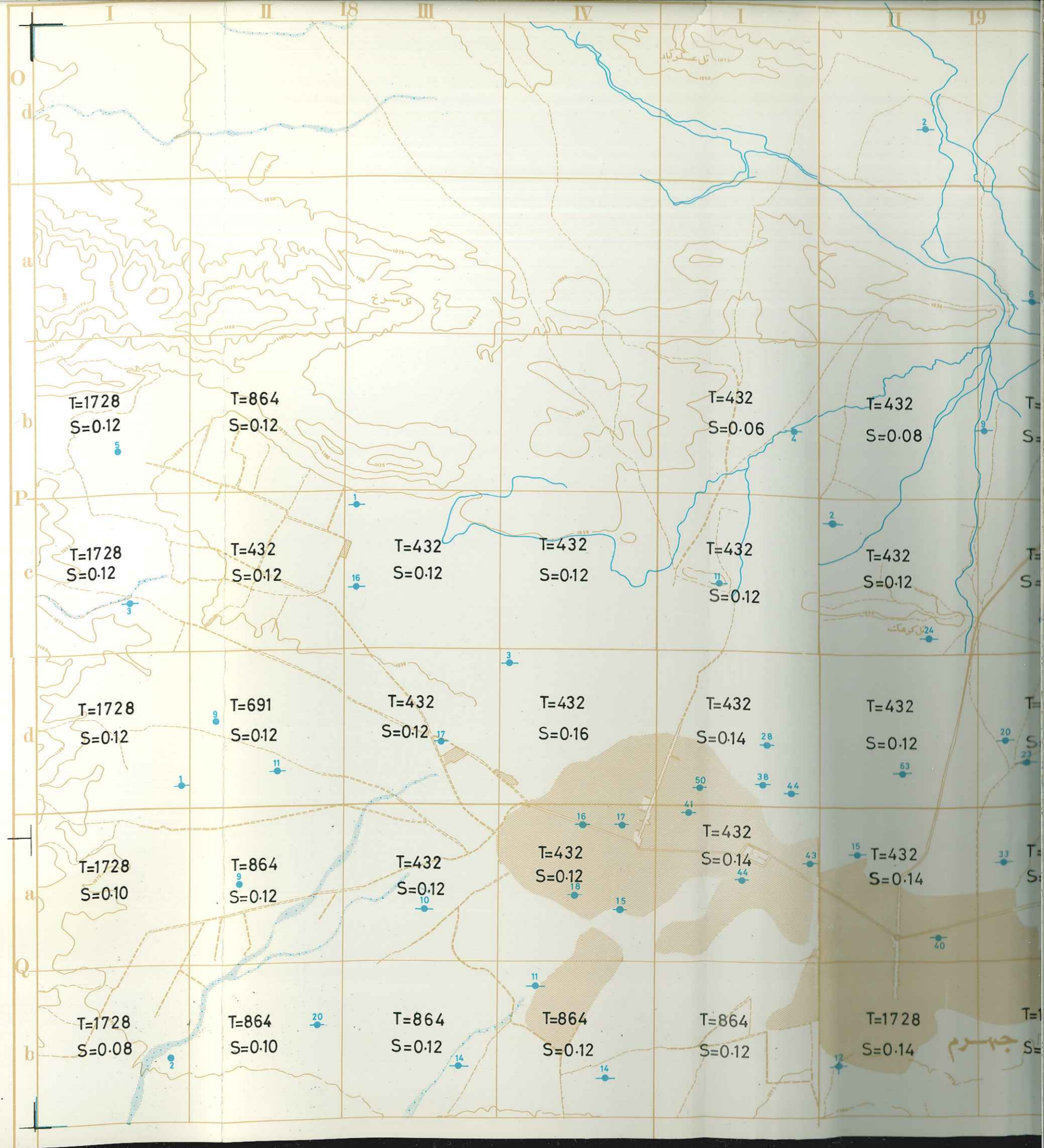
COEFFICIENT HYDRODYNAMIQUE

ECHELLE 1: 25000










A-13

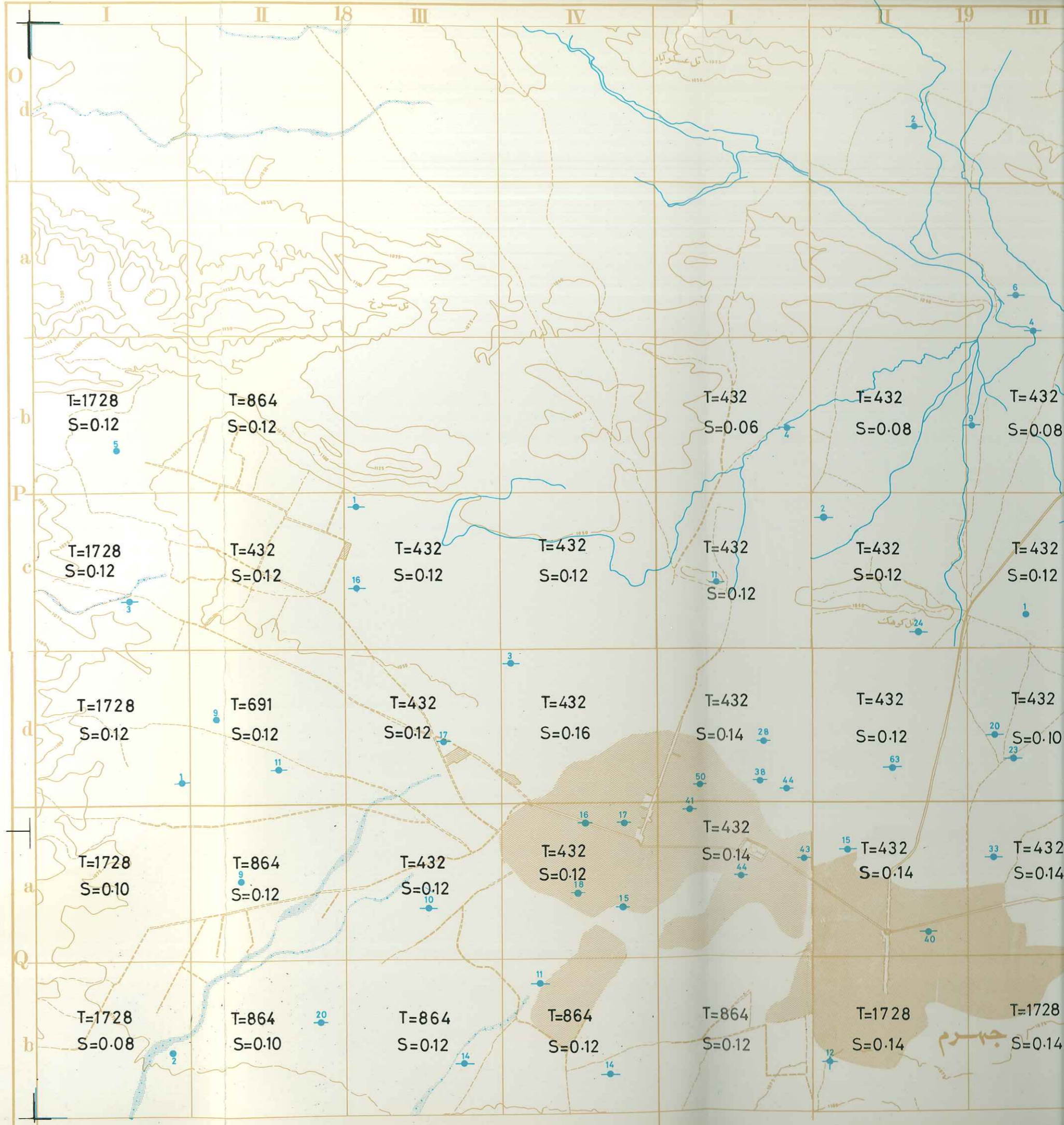
طرح جهرم نقشه مشخصات هیدرولیکی سفره آب
زیرزمینی

PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۵-۴		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس
				1:25,000

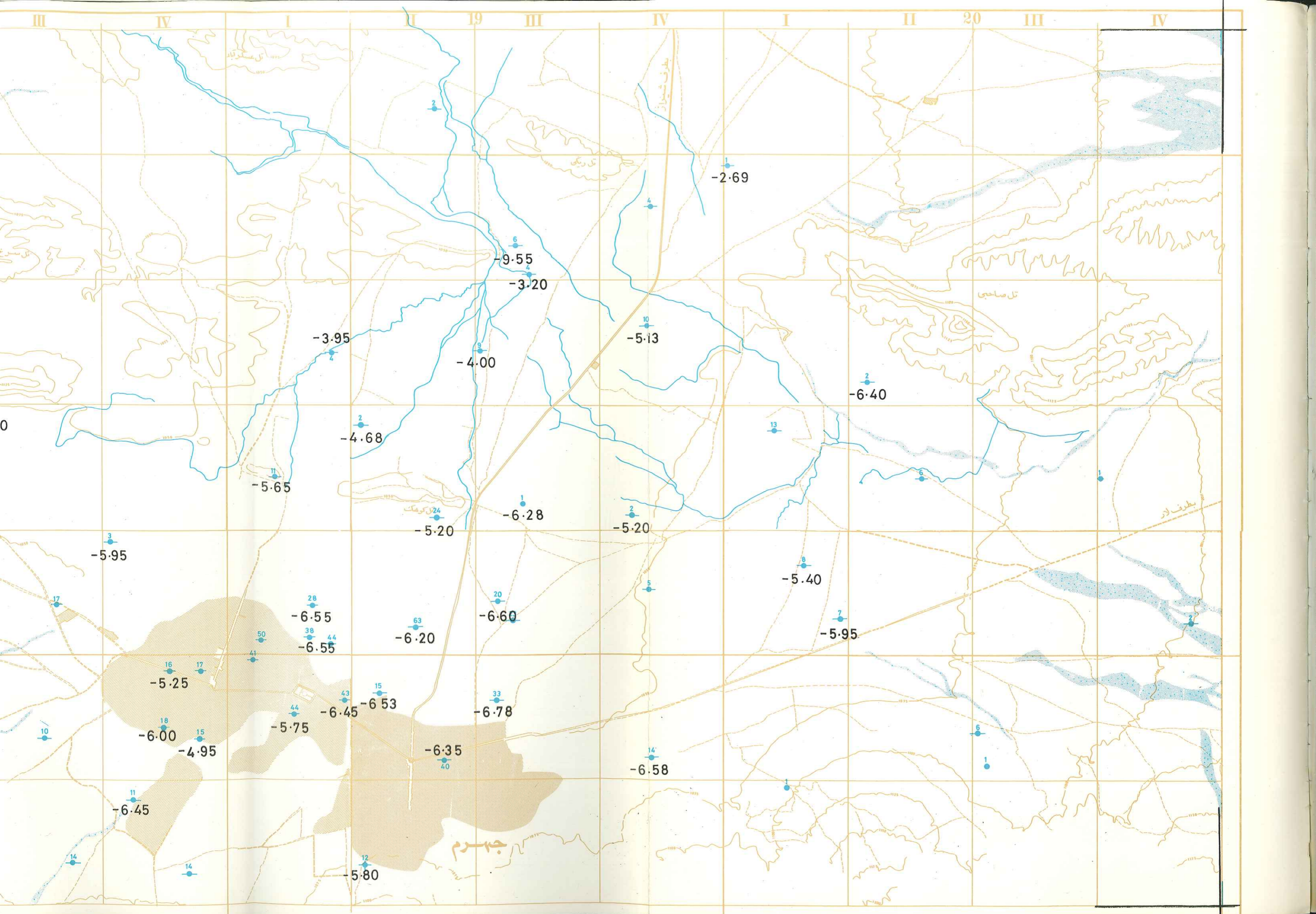


LEGENDE

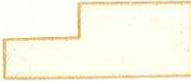









-  VILLES شهر و آبادی
-  ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
-  ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  PISTE راه جیب رو
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
-  RIVIERES میل
-  PUIIS PROFOND D'OBSERVATION چاه عمیق مشاهده ای
-  PUIIS DE PRO-FONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION چاه نیمه عمیق مشاهده ای
-  PUIIS D'OBSERVATION چاه مشاهده ای
- $T=432$ قابلیت انتقال طبقه آبدار بر حسب متر مربع در روز
TRANSMISSIVITE ($m^2 / jour$)
- $S=0.12$ ضریب ذخیره طبقه آبدار
D'EMMAGASINEMENT



COEFFICIENT HYDRODYNAMIQUE				
ECHELLE 1: 25000			A-13	
طرح جهرم نقشه مشخصات هیدرولیکی سفره آب زیرزمینی				
PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۵-۲		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس
				1:25,000



LEGENDE

-  VILLES شهر و آبادی
-  ROUTE ASPHALTEE راه آسفالت
-  ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  PISTE راه چپ‌رو
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
-  RIVIERES میل
-  PUIITS PROFOND D'OBSERVATION چاه عمیق مشاهده ای
-  PUIITS DE PROFONDEUR MOYENNE D'OBSERVATION چاه نیمه عمیق مشاهده ای
-  PUIITS D'OBSERVATION چاه مشاهده ای
-  افت سطح آب زیر زمینی بر حسب متر
ABAISSSEMENT DE LA NAPPE

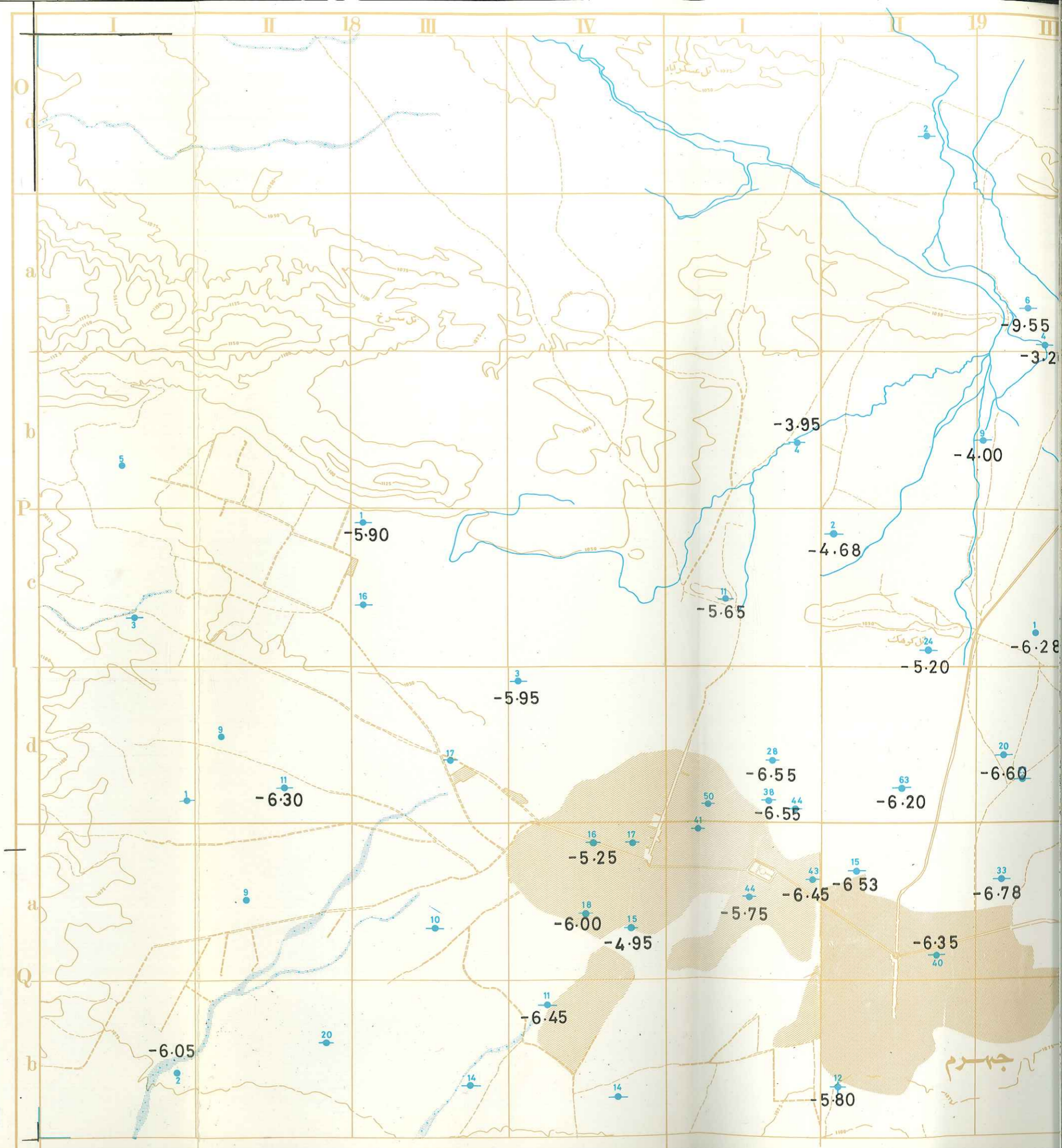
ABAISSSEMENT DE LA NAPPE
ENTRE 1964 ET 1974

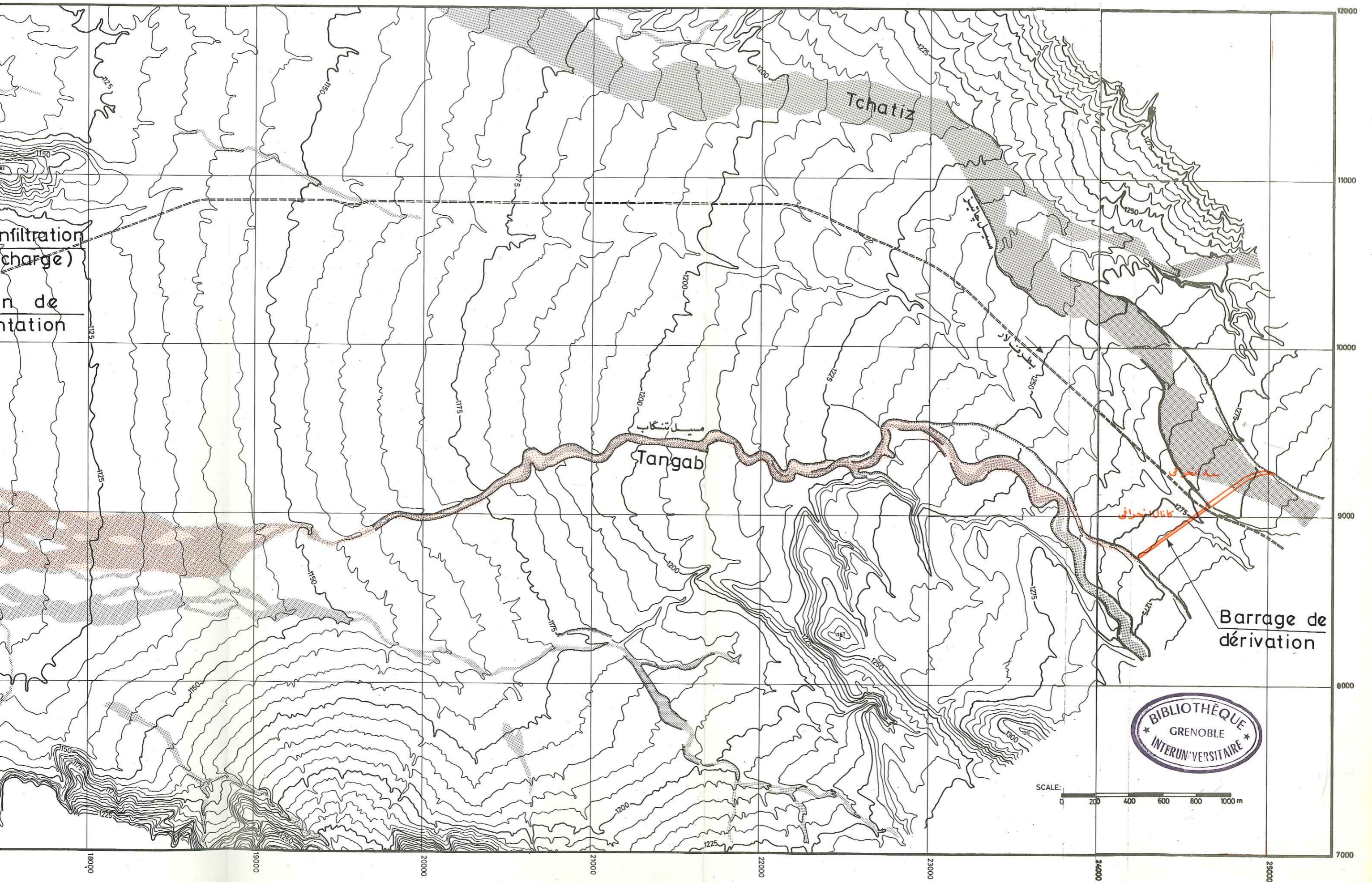
ECHELLE 1: 25000

A - 14

طرح جهرم
نقشه افت سطح آب زیر زمینی از
سال ۱۳۴۳ تا ۱۳۵۳

PROJECT NO.		DWG. NO. ۱۱-۵		نقشه شماره ۱۱-۵	
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰	





infiltration
(charge)
n. de
ntation

Tchatiz

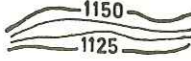

مسيل تنگاب
Tangab

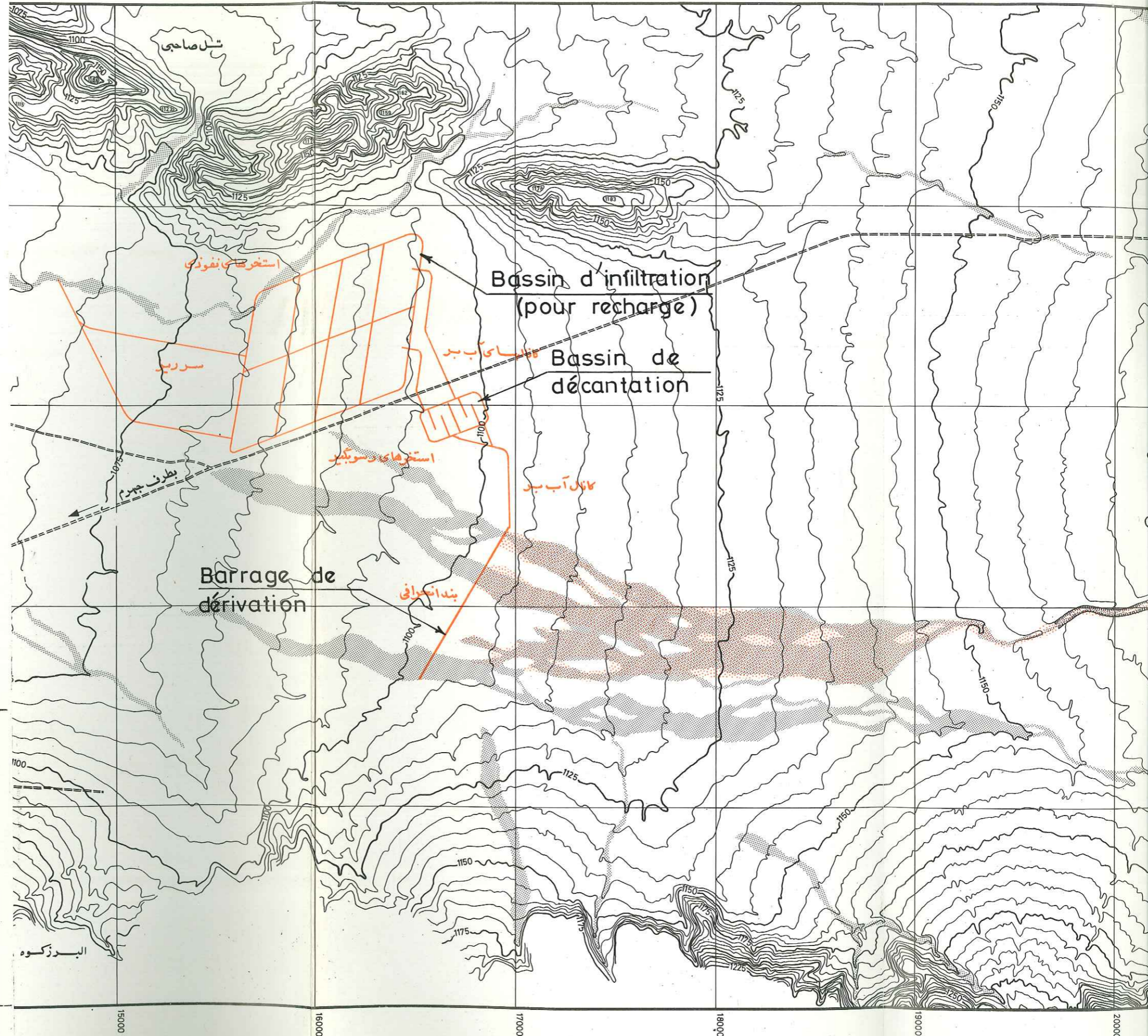
Barrage de
dérivation



SCALE: 0 200 400 600 800 1000 m

LEGENDE

- ==== PISTE راه چپ رو
-  COURBE DE NIVEAU منحنی میزان
- ==== ROUTE NON ASPHALTEE راه شوسه
-  RIVIERES سپیل



CARTE DE SITUATION DES AMENAGEMENTS				
EHELLE 1: 20 000			A -15	
طرح جهرم			طرح کلی تأسیسات تغذیه مصنوعی	
PROJECT NO.		DWG. NO. نقشه شماره ۱۲-۶		
DESIGNED BY طرح	DROWN BY ترسیم	CHECKED BY کنترل	APPROVED BY تصویب	SCALE مقیاس ~ 1:20,000