



MICROFICHE N°

07983

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

C.N. 017983

**DIRECTION GENERALE
DES RESSOURCES EN EAU**

**ETUDE HYDROGEOLOGIQUE PRELIMINAIRE
DE LA CUVETTE D'ALIN DAKHLA**

FEVRIER 1993

L. MOURNI

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION GENERALE
DES RESSOURCES EN EAU

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE PRELIMINAIRE
DE LA CUVETTE D'ALIM DANGLA

FEVRIER 1993

L. MOUNI

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE ET CLIMATIQUE

1- CADRE GEOGRAPHIQUE

2- CADRE CLIMATIQUE

2-1 Pluviométrie

2-2 Température

2-3 Les vents

3- RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET RUISSELLEMENT

3-1 Réseau hydrographique

3-2 Caractéristiques morphologiques

4- PEDOLOGIE

CHAPITRE II : GEOLOGIE

1- STRATIGRAPHIE

1-1 Le Crétacé inférieur

1-2 Le Crétacé supérieur

2- PALEOGEOGRAPHIE

3- TECTONIQUE

3-1 Les plis

3-2 Les failles

CHAPITRE III : HYDROGEOLOGIE

1- FORMATIONS AQUIFERES

2- NAPPES PROFONDES

2-1 Nappes du Crétacé inférieur

2-2 Nappes du Tertiaire inférieur

3- NAPPE PHREATIQUE

3-1 Formations aquifères

3-2 Points d'eau et réseau de surveillance

3-3 Profondeur du plan d'eau

3-4 Piézométrie

3-5 Caractéristiques hydrodynamiques

3-6 Débit des puits

3-7 Hydrochimie des eaux

3-8 Exploitation de la nappe

3-9 Evaluation des ressources exploitables

4- CONCLUSION GENERALE

- 1- La nappe phréatique
- 2- Nappe du Sebha inférieur
- 3- Aquifères du Crétacé inférieur

INTRODUCTION

La région d'Alim Dakhla fait partie du bassin de Gafsa Nord qui se situe à cheval entre la Tunisie centrale et la plateforme saharienne. Le climat de cette région se caractérise par l'irrégularité de la pluviométrie d'une part et les amplitudes thermiques entre les saisons et entre le jour et la nuit d'autre part.

Cette zone se présente comme une cuvette bordée par un ensemble d'anticlinaux à cœur crétacé. La population y est rurale et dispersée. On y a dénombré en 1984, 2000 habitants et 2000 hab. en 1992. L'agglomération la plus importante de cette zone est celle de Sidi Haini dont l'alimentation en eau potable est assurée à partir de puits publics. L'agriculture principale activité économique de la région, se limite à l'arbori-culture et à la céréalo-culture. L'agriculture est complétée par l'élevage qui constitue une spécificité de la région.

Depuis 1985, un effort renforcé a été déployé pour la mise en valeur agricole de cette zone à l'aide de plusieurs actions réalisées dans le cadre du programme de développement rural intégré. Ainsi, on a vu se concrétiser l'aménagement et l'équipement de puits de surface, le développement de forage et l'installation d'un réseau d'adduction en eau potable. Ceci a dynamisé le secteur agricole et plus particulièrement le développement de parcelles irriguées à partir des puits de surface.

Soucieux d'améliorer la productivité de son puits l'agriculteur au niveau d'Alim Dakhla, procède à l'exécution de certaines opérations en comptant sur ses propres moyens (curage, perforation...) mais généralement, il se heurte aux difficultés de l'exploitation (éboulement, variation de la qualité chimique...).

Les besoins en eau potable et agricole de cette région n'ont cessé de s'accroître au fil des années, les eaux de surface y constituent un potentiel non négligeable mais demandent à être maîtrisées par des travaux de petite hydraulique.

Les nappes d'eau souterraine de plus en plus sollicitées, fournissent l'essentiel des ressources en eau de cette cuvette. Ainsi, il devient indispensable de procéder à l'évaluation des ressources en eau de cette structure ce qui permettra d'arrêter une politique pour leur développement.

Cette étude est conçue en trois parties qui sont :

- première partie : cadre physique et géographique,
- deuxième partie : géologie de la région,
- troisième partie : hydrogéologie de la zone étudiée.

Une conclusion générale tente de dégager les principales orientations proposées pour le développement des ressources en eau de cette zone.

CHAPITRE I : CADRE PHYSIQUE ET CLIMATIQUE

1- CADRE GEOGRAPHIQUE :

La région d'Alim Dakhla fait partie du bassin de Gafsa Nord (Fig.n° 1). Elle se présente sous forme de deux petites cuvettes séparées par une crête constituée de calcaires et calcaires marneux du Cénomanién. Cette région est bordée par une série de montagnes à coeur crétacé et qui sont :

- Au Sud, Djebel Majoura (874 m)
- Au Nord, Ross Driss et Oulad Ouhiba (618 m),
- A l'Est, les affleurements calcaires de Kef Mongar Tir (524 m),
- A l'Ouest, la plaine de Krouma du bassin de Maknassy.

Les montagnes dénudées de cette région sont soumises à l'érosion et donnent naissance à un réseau hydrographique dont les principaux axes sont Oued Defla, au Nord-Ouest et Oued Reten, au Sud Est. La pente topographique y est généralement assez forte et atteint par endroits, 10 m/km.

2- CADRE CLIMATIQUE :

D'après la carte des étages bioclimatiques rectifiée en 1985, (M.N. le Meorou, 1958), cette zone se classe dans l'étape aride inférieur. Ses caractéristiques climatiques sont étudiées à travers sa pluviométrie, les températures de l'air et la vitesse du vent.

2-1 Pluviométrie :

La région d'Alim Dakhla ne comporte pas de stations pluviométriques. La station la plus proche se situe à Majoura. D'autres stations qui se couvrent qu'une période d'observation très courte sont localisées dans les régions limitrophes.

Néanmoins, l'étude de la pluviométrie est faite à l'aide des données des stations limitrophes qui sont : Maknassy (N° 84087), Sidi Aich (N° 86004) et Gafsa S.M. (N° 82800).

Ces stations réalisées au cours de ces dernières années (N. FERSI 1985, 1987, 1988), permettent d'en tirer les principales caractéristiques de la pluviométrie de cette région.

La pluviométrie annuelle rapportée au nombre d'années d'observations continues au niveau de chaque station, est donnée dans le tableau suivant :

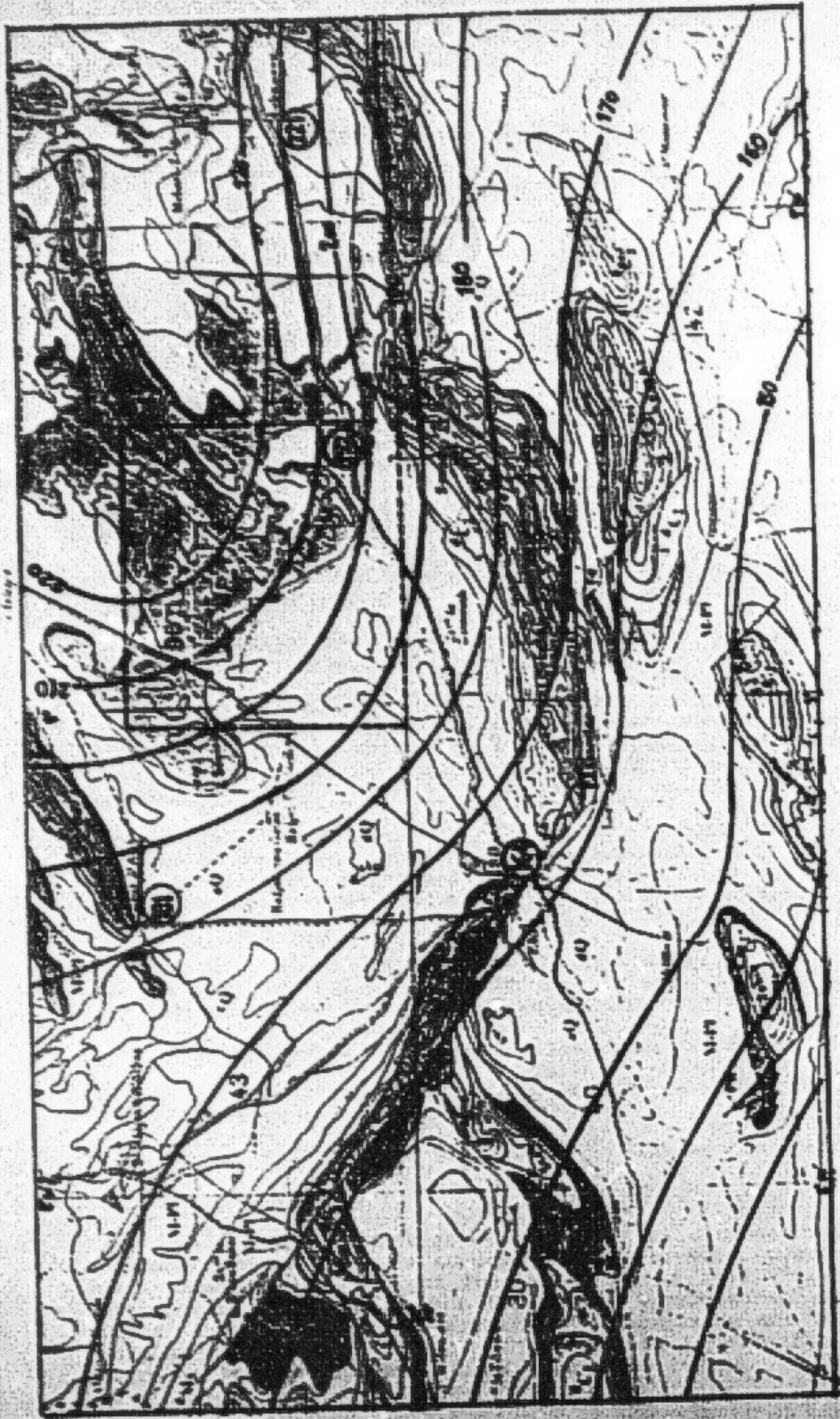


Figure No 1: Situation de la région de Alix Dekhla

□ Délémitation de la région étudiée -No-Courbe d'isohyète inter-annuelle.

Tableau n° 1 : Pluviométrie annuelle

Stations	Code	Moyenne (mm/an)	Période	Période d'observations continues
Maknassy Lovy	84087	221,6	1927-1966	-
Sened délégation	85684	192,3	1969-1991	1982-1991
Sened Majoura	85860	145,6	1969-1991	1982-1991
Sidi Aïch	86004	181,2	1961-1982	Sans l'année 69-70
Sidi Aïch	"	225	1961-1982	L'année 69-70 comprise
Abdassadok	80009	169,6	1980-1991	1980-1991
Gafsa S.M.	82800	164,7	1985-1978	-

Des lacunes d'observations fréquentes intéressent notamment la station de Sened Majoura et se rapportent aux années 1984-85 et 1986-1987.

A l'exception des stations de Maknassy, Sened et Sidi Aïch, les périodes d'observations continues sur les autres stations sont relativement courtes.

L'homogénéisation des données pluviométriques des trois stations principales qui sont celle de Maknassy Lovy, Sidi Aïch et Gafsa S.M. a permis d'avoir à l'échelle de la région, la pluviométrie moyenne annuelle rapportée à des séries d'années d'observations complètes.

En se référant à la pluviométrie moyenne des stations de Maknassy de Sidi Aïch et de Gafsa respectivement situées à l'Est, à l'Ouest et au Sud de la zone d'étude, la pluviométrie annuelle moyenne de la région d'Alim Dakhla est estimée à 180 mm.

L'année hydrologique 1989-1990 s'est caractérisée au mois de Janvier 1990, par des pluies exceptionnelles dont le cumul du 21 au 23/1/90, a largement dépassé la moyenne annuelle de la région qui est de 160 à 180 mm. Ainsi, on a enregistré à Sened, 418 mm.

L'exploitation des renseignements fournis par la station de Maknassy en ce qui concerne les relevés pluviométriques mensuels permet de faire les remarques suivantes :

- le régime des pluies mensuelles varie entre 0 et 571 mm,
- les mois d'Octobre, Novembre et Mars sont les plus pluvieux de l'année,
- le mois de Juillet est le mois le plus sec de l'année.

2-2 Températures :

Les quelques renseignements dont on dispose sur les températures de l'air de la région de Gafsa-Mord, proviennent de la station de Gafsa qui fonctionne depuis 1934. Des écarts thermiques inter-saisonniers importants apparaissent ainsi à Gafsa. Le maximum de température est enregistré aux mois de Juillet et d'Août et atteint 55°C. Le mois le plus froid est celui de Janvier avec des minima atteignant (-5°C).

La grêle est très peu fréquente dans cette région. Par contre, les gelées sont plus communes en hiver et se produisent plus particulièrement entre les mois de Mars et Novembre. On a ainsi enregistré une moyenne annuelle de 35 jours de gelées.

2-3 Les vents :

La région d'Alim Dakhia est soumise à l'influence des vents soufflant de toutes les directions. La proximité des reliefs en a fait un couloir venté. Les vents dominants sont soit ceux de l'Ouest, soit ceux du Nord-Ouest.

3- RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET RUISSELLEMENT :

Comme les pluies qui tombent dans cette région sont caractérisées par l'irrégularité et la violence, les oueds y sont du type torrentiel. Ces oueds qui ne coulent que durant quelques heures après la pluie, sont à crues violentes et rapides. Ceci s'explique par la structure du réseau hydrographique et la prédominance des pluies orageuses dans cette zone.

3-1 Réseau hydrographique :

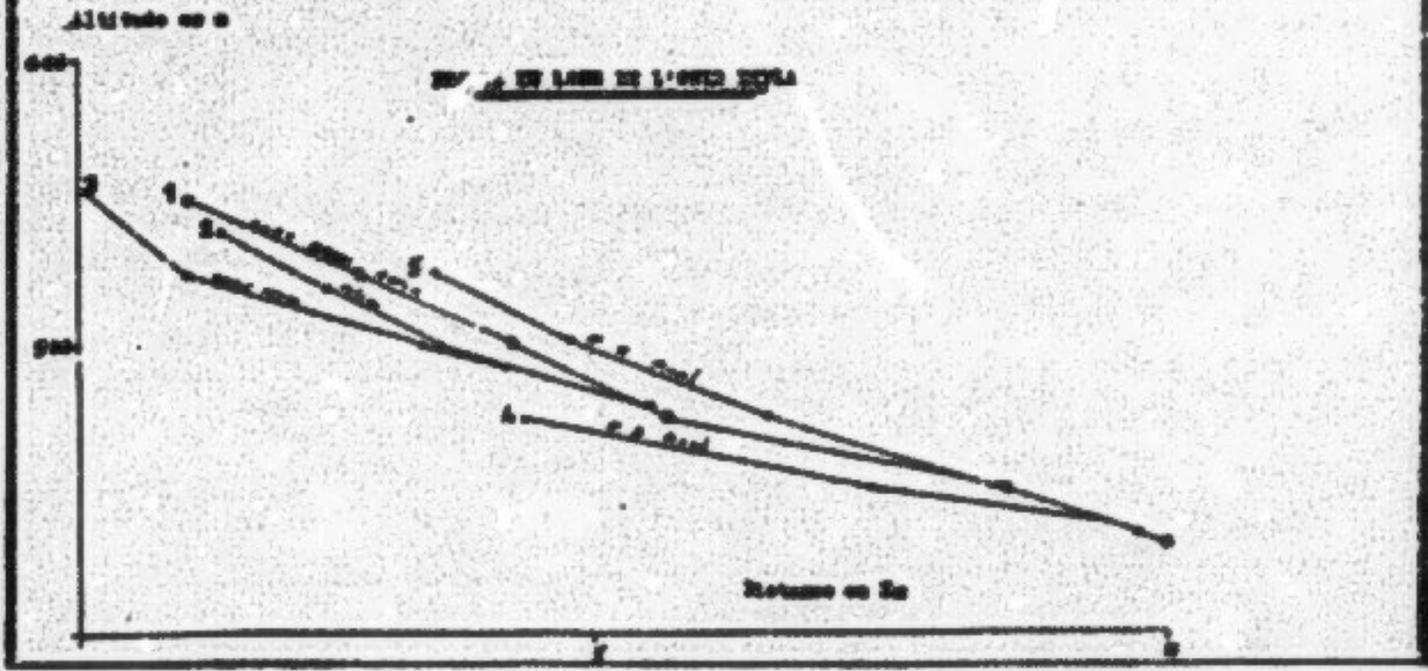
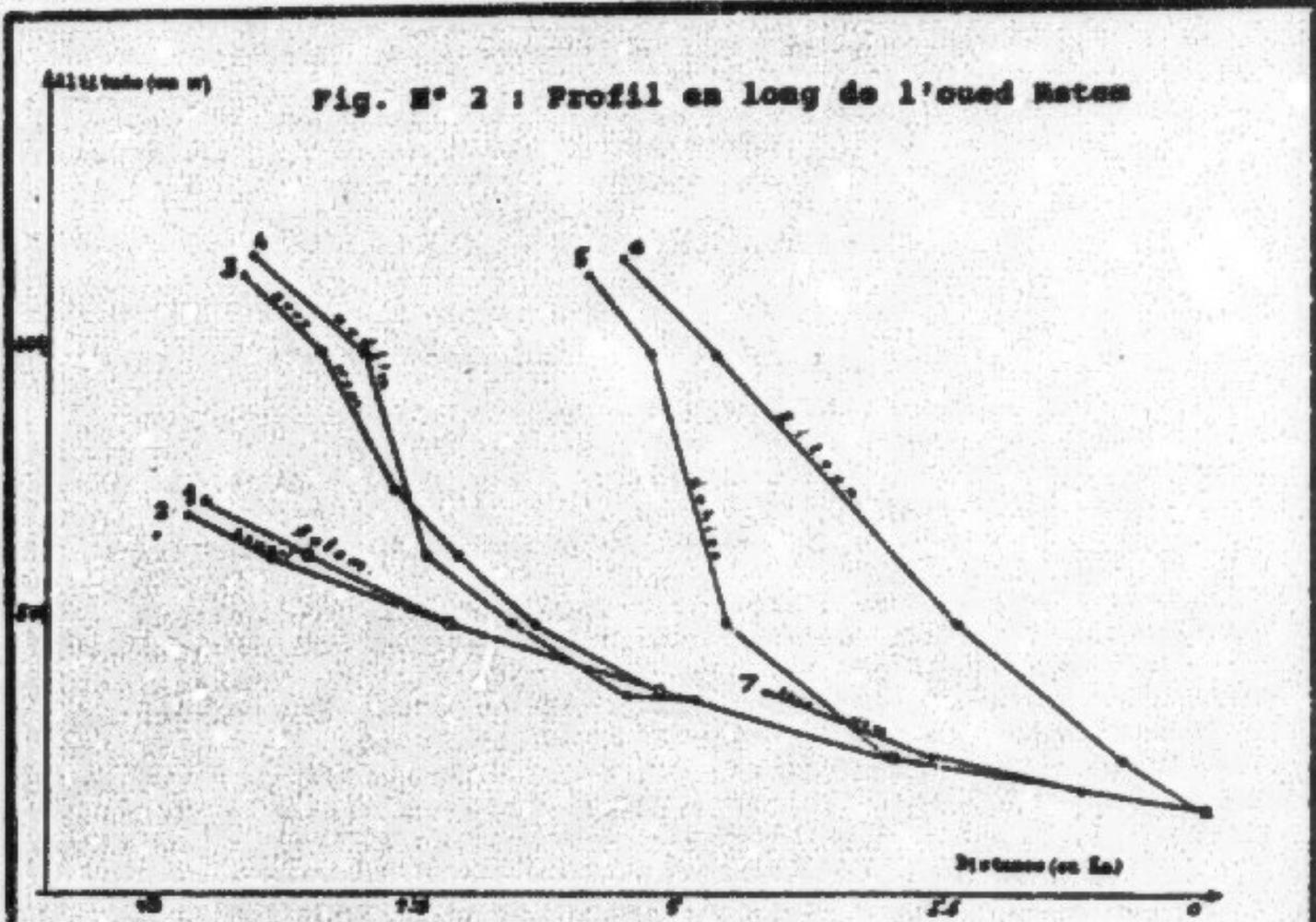
La région d'Alim Dakhia est intéressée par un réseau hydrographique dense qui est formé par plusieurs ravins descendant des reliefs localisés sur les bordures. On y distingue deux sous-bassins qui sont ceux des Oueds Retem et Gelia.

3-1-1 Bassin d'Oued Retem :

Il représente une petite étendue de 43 km² de superficie dont le cours d'eau principal est Oued Retem. Cet oued est bien individualisé dans sa partie aval (Sidi Zaïni-Brahmia).

En amont du bassin, cet oued se ramifie en plusieurs affluents qui descendent surtout de la bordure nord du Djebel Majoura (Fig.n° 2). Ces principaux affluents sont formés d'amont en aval, par les cours d'eau suivants :

- Oued es Souari collectant en partie les eaux de ruissellement de Bled Maeken,
- les oueds Mohamed, Ouidjin et Bahir descendant du versant nord de Djebel Majoura,
- oued Itoua collectant à l'aide de ses trois affluents les eaux de l'extrémité occidentale de Djebel Bou Fasse.



Le profil en long de l'ensemble de ce réseau hydrographique atteint près de 32900 m. Ceci permet de définir la densité de drainage (D_d) de ce réseau comme étant le rapport de la longueur des cours d'eau (L_e) à la superficie du bassin (S).

$$D_d = L_e/S = 32900/43 = 765 \text{ m/km}^2$$

3-1-2 Bassin d'Oued Dafia :

Ce bassin couvre une superficie de 40 km². Il est axé sur Oued Dafia qui constitue le cours d'eau principal. Cet oued prend naissance sur l'affleurement calcaire de Rouss-Driss sous l'appellation d'Oued Driss. Il draine les eaux de ruissellement de Bled Mseken et Garaet Jiouch.

Plusieurs ravins sous forme d'un dense chevelu, intéressent la partie amont du bassin et fournissent un ruissellement appréciable. L'ensemble de ces apports est acheminé vers l'exutoire du bassin par l'intermédiaire de l'un des trois principaux affluents : Oued el Alima, Oued Jiouch et Oued Henchir Aib. La longueur totale du réseau hydrographique de ce sous bassin atteint 27100 m ce qui donne une densité de drainage qui est d'environ 678 m/km².

3-2 Caractéristiques morphologiques :

La délimitation des deux sous bassins d'Alim Dakhla est faite à partir de la carte topographique de Sened au 1/100.000 (Fig. n° 3).

L'étude de la forme physique et des caractéristiques morphologiques du bassin de Alim Dakhla est faite sur la base de traçage des courbes hysométriques. On y distingue ainsi (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Caractéristiques physiques du bassin

Nom de l'oued	A km ²	P km	H max (m)	H min (m)	H MO (m)	L_e km	L km	l (m)	D (m)	D_d (m/km ²)	Ig (mm)	P moy
Er Sotou	43	30	761	429	486	1,28	11,12	3,86	171	100,78	15,37	180
Dafia	40	36	454	430	480	1,15	7,96	5,02	120	95,31	15,07	180

A : Superficie du bassin en km²
 P : Périmètre du bassin (m)
 H max : Altitude max (m)
 H min : Altitude min (m)
 H MO : Altitude moyenne (m)
 L_e : Coefficient de forme de Goussier

L : Longueur de rectangle équivalent (m)
 l : Longueur de rectangle équivalent (m)
 D : Densité totale en (m)
 Ig : Indice de pente globale m/m.
 P moy : Pluviométrie moyenne en mm

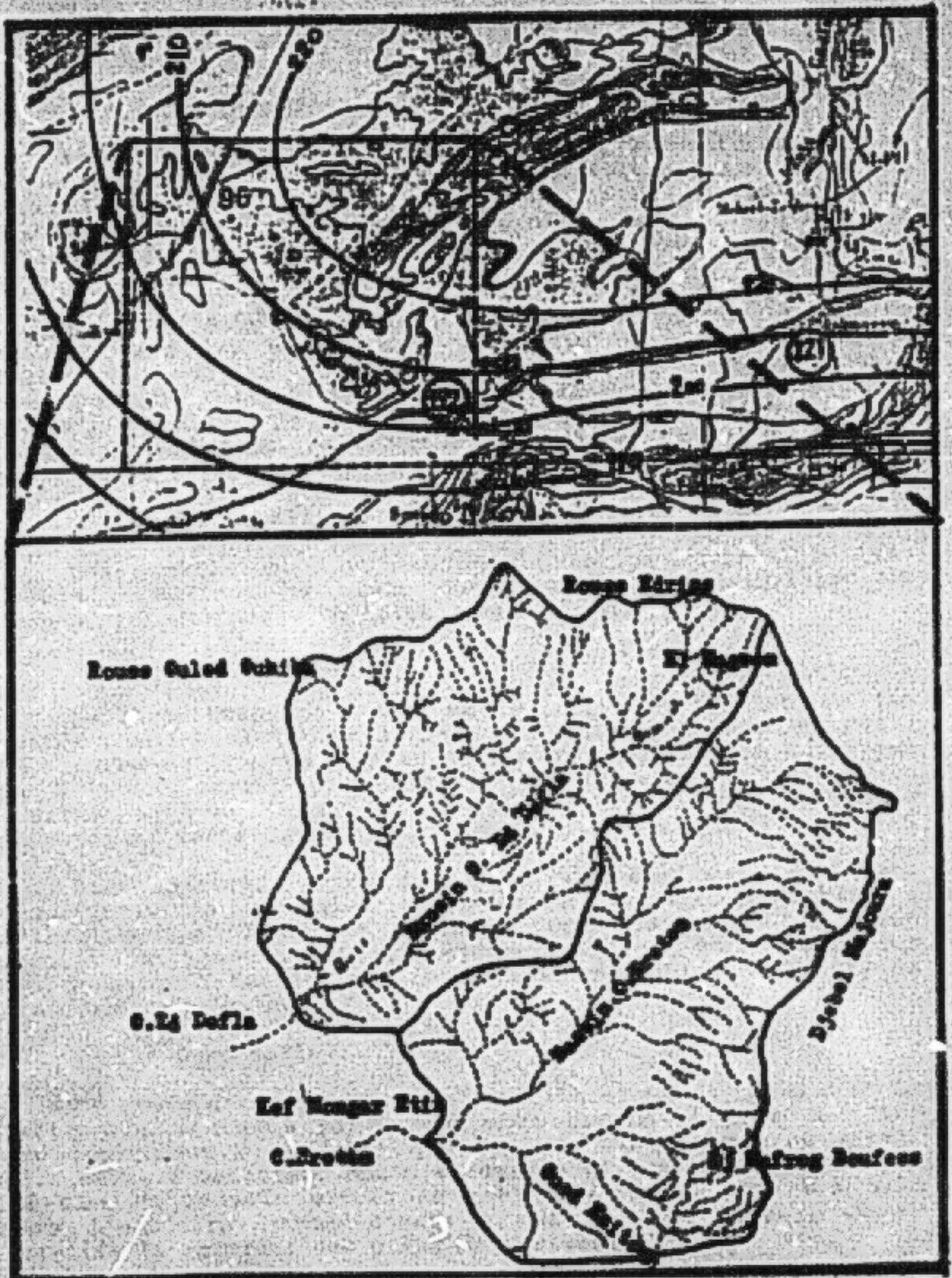


Fig. N° 3 : Basin hydrographique du bassin d'Ain Dahbia

3-2-1 Hypsométrie du bassin :

La pente des reliefs et la perméabilité des formations en affleurement, influencent nettement le ruissellement d'où la nécessité de bien analyser l'hypsométrie du bassin de Alin Dakhla. La carte hypsométrique (Fig. n° 4) met en évidence une hypsométrie graduelle du SW vers le NE qui varie entre 450 m et plus de 600 m d'altitude.

Pour les deux sous-bassins, les pentes sont relativement faibles vers les plus basses altitudes et elles deviennent fortes au milieu et vers l'amont du bassin. Cette configuration traduit celle d'un plateau drainé par deux oueds qui sont encaissés en aval. En effet, chacun des deux oueds en taille son lit dans les formations calcaires de Kaf Nongar Tir avant de se verser dans la plaine de Gafsa Nord.

3-2-2 Profils en long des oueds Retem et Dafia :

Les profils en long des deux principaux oueds de Alin Dakhla permettent de mieux comprendre la structuration du réseau hydrographique de cette zone.

• Oued Retem :

Le cours principal de 11 km de long, est rejoint par les autres oueds avant H^r Aib. La pente diminue d'amont en aval. Elle passe de 19 m/km dans la partie haute à 12 m/km au niveau de H^r Sidi Zaïni pour baisser à 6,5 m/km au niveau la confluence avec Oued Zitoun où se développe la nappé phréatique (forte concentration des puits de surface).

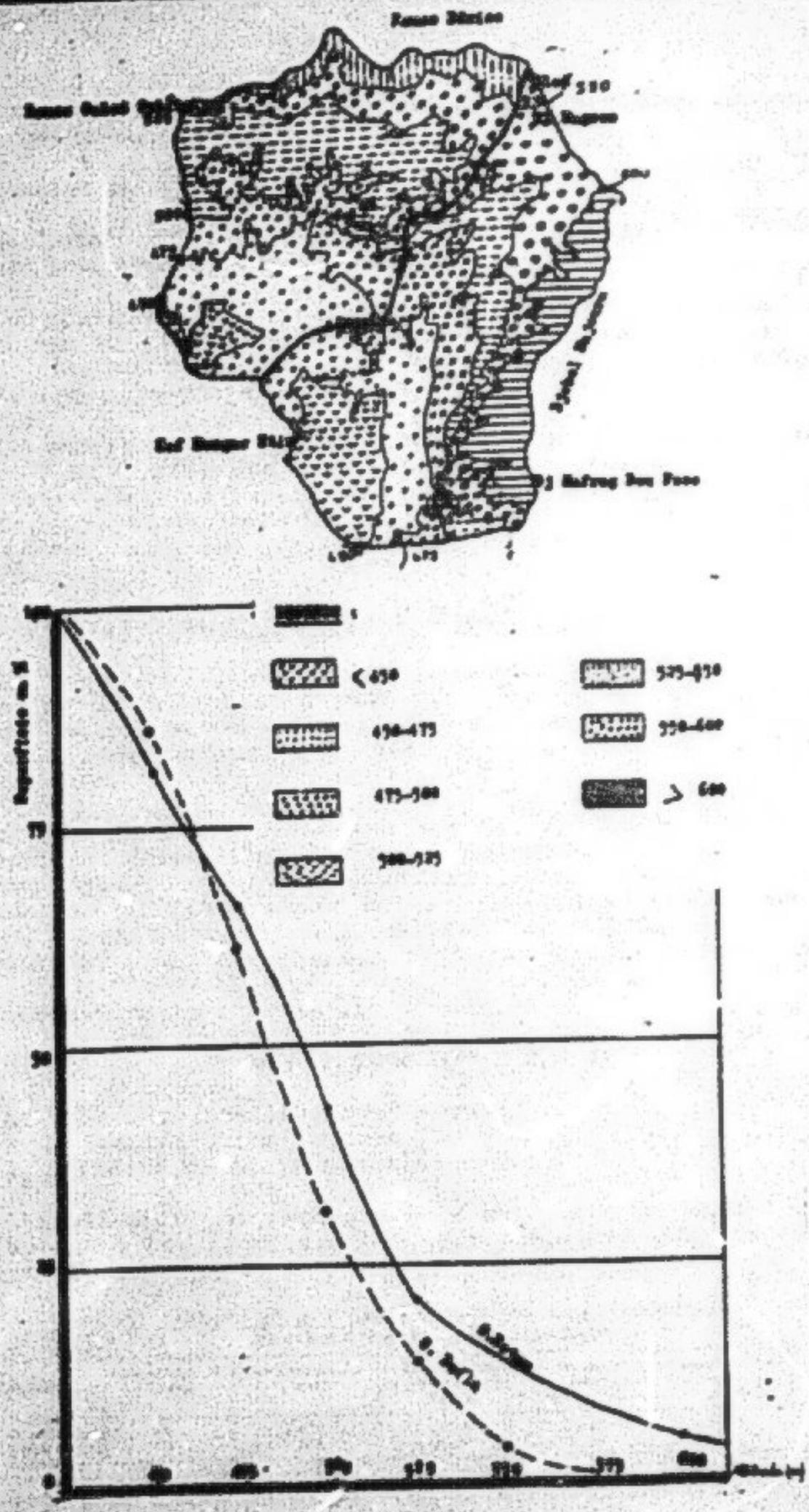
Dans la partie amont du bassin, cet oued est encre dans des formations calcaires à calcaires marneux favorables à l'infiltration. Avant de déboucher dans la plaine de Gafsa Nord, au niveau de Sidi Zaïni-Brahania, l'oued Retem coule sur des formations détritiques constituées de sables argileux, de graviers et de galets.

• Oued Dafia :

Ce cours d'eau présente un profil en long de 10 km dont la pente dans toute la partie haute du bassin (à plus de 475m) est légèrement plus forte que celle d'Oued Retem (20 m/km). Elle devient nettement moins accentuée (8,5 m/km) tout près de la zone de Masria située en aval et atteint même 6,5 m/km vers l'exutoire (comme c'est le cas de Oued Retem), où se localise la majorité des puits de surface.

Tout comme Oued Retem, l'Oued Dafia coule dans la partie amont du bassin sur des terrains calcaires à calcaires marneux. Vers l'exutoire, le lit de cet oued est surcreusé dans un complexe détritique du Plio-Quaternaire.

Fig. n° 4 : Hypsométrie du bassin d'Alin Dohla



La pente des autres affluents est aussi élevée surtout dans la partie haute du bassin.

Conclusion :

Le bassin de l'Oued Reten relativement allongé ($Kc = 1,28$), présente une hypsométrie assez forte.

Le cours d'eau principal y est caractérisé dans la partie amont, par une forte pente (19 m/km) qui diminue en aval ($6,5 \text{ m/km}$). Cet oued coule sur des calcaires marneux puis sur du remplissage plio-Quaternaire.

Le bassin d'Oued Debla moins allongé que celui d'Oued Reten ($Kc = 1,15$) présente une hypsométrie moins accusée. Il se caractérise dans la partie amont par une forte pente (20 m/km) qui devient en aval du même ordre de grandeur que celle d'Oued Reten ($6,5 \text{ m/km}$). Cet oued coule sur des calcaires marneux puis sur un complexe tertiaire.

3-3 Ruissellement et apport annuel moyen :

Le manque de stations de jaugeages sur les oueds du bassin versant de Alim Dakhla, a fait que l'étude du ruissellement et de l'apport annuel moyen ne peut être abordée qu'à l'aide de formules empiriques permettant d'évaluer l'écoulement à partir de la pluviométrie.

Compte tenu du caractère torrentiel des précipitations, du pourcentage élevé des terrains imperméables et de la pente topographique, la formule du ruissellement dans le Sud tunisien établie par M. FERSI après une étude expérimentale basée sur des résultats d'observation détaillées (M. FERSI, 1978), semble s'adapter au mieux à ce bassin de petite taille ($A 200 \text{ km}^2$).

Cette formule s'écrit comme suit :

$$L = 1,64 \times 10^{-3} \times P \sqrt{I_g}$$

- L : Lane ruissellée moyenne (mm)
 P : Précipitation moyenne (mm)
 I_g : Indice de pente globale (m/km)

L'application de cette formule aux oueds du bassin d'Alim Dakhla, donne les résultats qui sont consignés dans le tableau suivant (Tableau n° 3) :

Tableau n° 3 : Caractéristiques hydrologiques des sous bassins d'Alim Dakhla

Bassin	Superficie (km ²)	élevation (m)	Indice global de pente (m/km)	Longueur moyenne (km) (10 ³ m)	Apport annuel moyen (mm)	Observations
Oued Reten	41	290	12,17	11,28	200	
Oued Debla	20	220	12,07	11,27	200	

4- PEDOLOGIE :

Les sols de la région d'Alim Dakhla sont caractérisés par une pédogenèse influencée par la nature et l'âge du dépôt (R. GADDAB, 1967). La pente du relief relativement forte, a particulièrement favorisé le ruissellement. On y différencie (Fig. n°5) :

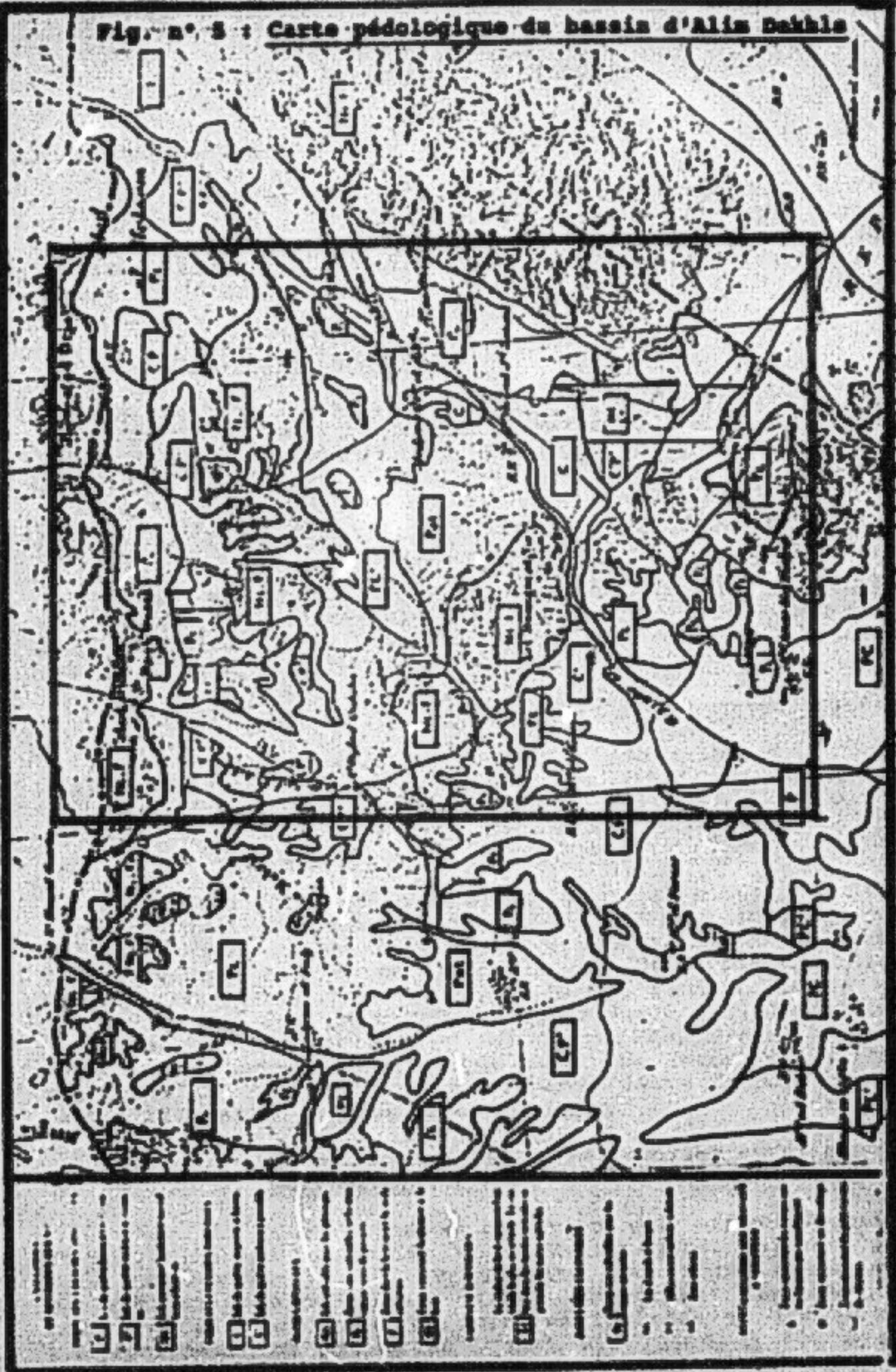
- des sols calcimagnésiques sous forme de croûtes et d'encroûtements situés sous un dépôt alluvial d'épaisseur n'excédant pas 50 cm. Ces sols se rencontrent surtout, en bordure des reliefs. Ils seraient destinés aux parcours.

- des sols isohumiques : Ce sont des sols profonds à texture légère à moyenne qui sont susceptibles d'être utilisés pour l'arboriculture moyennant des travaux d'aménagement (CES).

- des sols peu évolués : Ce sont des sols profonds à texture moyennne résultant d'un dépôt alluvial. Ces sols sont indiqués pour les céréalo-cultures et par endroits, au pâturage.

- des sols non évolués constitués d'affleurements calcaires ; ils s'adaptent à la spéculation forestière.

Fig. n° 3 : Carte pédologique du bassin d'Alim Bahla



CHAPITRE II : GÉOLOGIE

1- STRATIGRAPHIE :

Les formations qui affleurent ou qui sont recoupées par des forages dans la région d'Alim Dakhla, se limitent à celles du Crétacé supérieur essentiellement représenté par le Zebbag. Un remplissage plio-quadernaire de faible épaisseur s'est déposé en discordance sur les différentes séries du membre moyen du Zebbag (Fig. n°6).

1-1 Le Crétacé inférieur :

Le Crétacé inférieur n'affleure de cette région qu'à Djebel Majoura. Dans le bassin de Maknassy, il forme le cœur des anticlinaux des Djebels Meloussi et Bou Hedma. On y distingue les formations suivantes :

1-1-1 Formation Sidi Khelef (Tithecaïque supérieur-Harrézien, Valanginien) :

C'est une série d'argiles ou de marnes gris-foncées contenant des intercalations calcaires ou gréseuses. L'épaisseur de cette formation au niveau de Djebel Meloussi, est de 100 m.

1-1-2 Formation Meloussi (Valanginien-Hautérivien) :

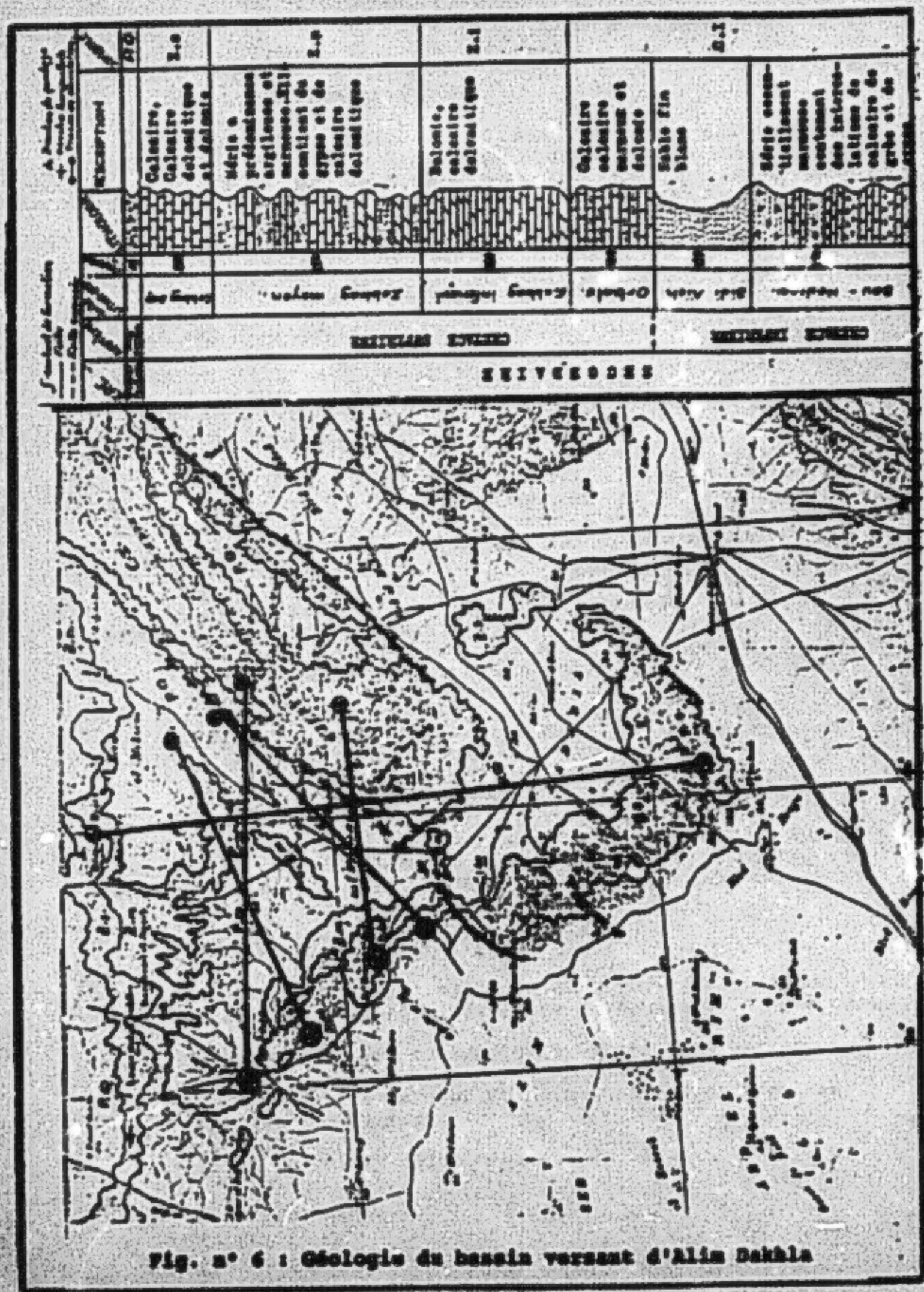
Elle comprend essentiellement des sables blancs, fins et des dolomies ou calcaires dolomitiques ainsi que des argiles vertes. Son épaisseur s'élève au Djebel Meloussi, à 450 m.

1-1-3 Formation Bou Djar (Hautérivien) :

Il s'agit d'une série de sables azoïques blancs, jaunes ou roses qui sont généralement mal consolidés et riches en dragés de quartz. Son épaisseur au niveau de Djebel Bou Hedma, est de 350 m. De part et d'autre d'Alim Dakhla, deux forages profonds ont atteint cette formation. Le forage Scuinia CI (N° IRH 19319/5) situé dans le bassin de Gafsa Nord, a rencontré cette formation à -1414 m. Elle y débute par des sables avec des marnes et du gypse. Au niveau du bassin de Maknassy, le forage Kharrouba CI (N° 19373/5) a traversé cette formation entre -870 à 1270 m sur une épaisseur de 400 m.

1-1-4 Formation Bou Hedma (Hautérivien supérieur Harrézien) :

C'est la plus ancienne formation qui affleure dans la région. Elle est identifiée au niveau de Djebel Majoura. Quand elle est complète, elle se présente sous forme d'une série épaisse de sables blancs fins, d'argiles bariolées, de calcaires bioclastiques, de dolomies laminées et d'anhydrite. Son épaisseur est estimée au Djebel Sidi Aïch, à 730 m et à 180m au Djebel Bou Hedma.



1-1-5 Formation Sidi Aïch :

La formation Sidi Aïch constitue une unité monotone représentée par des sables blancs très fins avec parfois des intercalations de calcaires gréseux. Son épaisseur est de 120 m au niveau de Djebel Orbata. Dans le bassin de Maknassy et au niveau du forage Kharrouba CI (N° 19373/5), elle est de 160 m.

1-1-6 Formation Orbata (Gargasien-Bedoulien) :

C'est une série essentiellement carbonatée (calcaire et dolomie) qui présente parfois, des intercalations de grès, de marnes et de gypses. Au Djebel Orbata, son épaisseur est de 255 m. Elle passe à 90 m au niveau de Djebel Bou Hedma.

1-2 Le Crétacé supérieur :

Le Crétacé supérieur est représenté dans la région d'Alim Dakhla, par le Zebbag. Le Sénonien (Aleg et Abiod) n'y affleure nulle part. Ce phénomène résulte de l'émergence de cette région durant cette période géologique (île de Kasserine).

Dans les coeurs des anticlinaux des Dj. Majoura et el Goussa, la partie supérieure du Zebbag est érodée et un remplissage plio-quaternaire surmonte les séries crétacées constituées de calcaires, de marnes d'argiles et de gypse.

Vu l'intérêt qu'acquiert le Zebbag dans cette région, une attention particulière est accordée à la description de ses faciès.

1-2-1 Formation Zebbag :

Cette formation affleure aux Djebels Majoura, Goussa et Souinia. Sa coupe type est décrite à Khanquet Zebbag au Djebel Meloussi (P.F. BUROLLET, 1958). On y distingue de bas en haut, la succession suivante en trois membres :

• Zebbag inférieur :

Le Zebbag inférieur affleure au Djebel Majoura et forme une falaise dite corniche inférieure du Zebbag. On y reconnaît :

- 60 m de calcaire dolomitiques cristallins massifs.
- 20 m calcaires marneux et marnes riches en fossiles surtout des huîtres.
- 115 m calcaires dolomitiques.

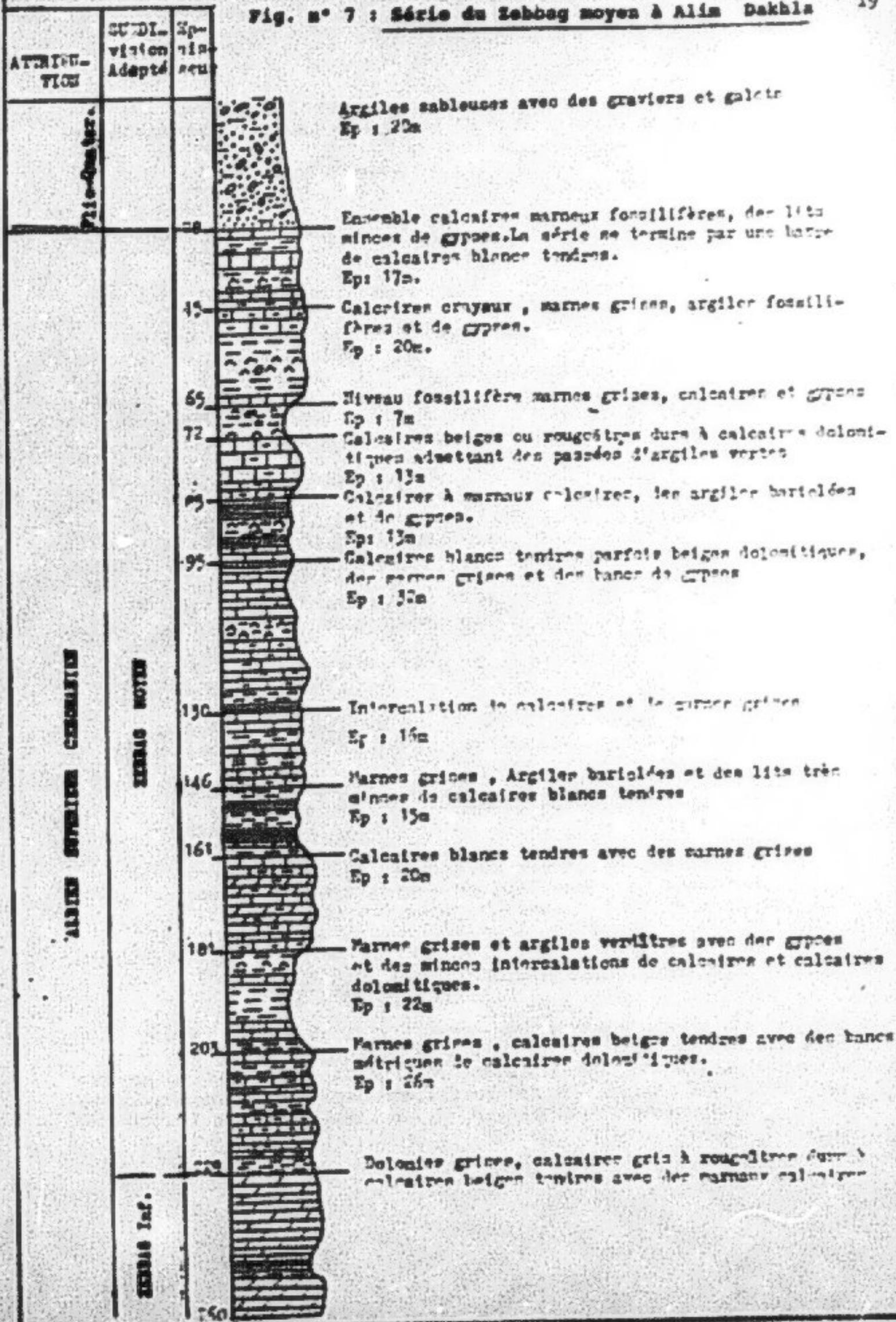
Les trois forages de Majoura (N° IRH 19553/5), Redadia (N° IRH 19552/5) et Alim Dakhla (N° IRH 19463/5) ont rencontré une série essentiellement calcaire et dolomitique attribuée au Zebbag inférieur. Elle s'y situe respectivement à -152 m, à -156 m et à -225 m.

• Zebbag moyen :

La coupe type du Zebbag moyen (P.F. BUROLLET, 1958) décrit une série de 150 m d'épaisseur constituée de gypse, de dolomies, d'argiles et de calcaires marneux (Fig.n° 7). On y distingue un banc de calcaire blanc situé dans la partie supérieure de cette série et qui se trouve intercalé dans des argiles.

Le sondage Alim Dakhla (N° IRH 19463/5) ayant recoupé cette formation, a traversé du bas vers le haut, la succession suivante :

- dolomie grise calcaire gris à rougeâtre dure avec calcaires beiges tendres et marno-calcaires,
- marnes grises et calcaires beiges tendres avec des bancs métriques de calcaires dolomitiques (Ep = 26 m),
- marnes grises et argiles verdâtres avec gypse et minces intercalations de calcaires et de calcaires dolomitiques (Ep : 22 m),
- calcaire blanc tendre avec des marnes grises (Ep : 20m),
- marnes grises, argiles bariolées et lits très minces de calcaires blancs tendres (Ep : 15 m),
- intercalations de calcaires et de marnes grises (Ep:16m)
- calcaires blancs tendres parfois beiges et dolomitiques avec des marnes grises et des bancs de gypse (Ep: 32 m),
- calcaires à marno-calcaires avec argiles bariolées et gypse (Ep : 13 m),
- calcaire beige ou rougeâtre dur et calcaire dolomitique admettant des passées d'argiles vertes (Ep : 13 m).
- niveau fossilifère dans des marnes grises avec calcaires et gypse (Ep : 7 m),
- calcaire crayeux avec marnes grises, argiles fossilifères et gypse (Ep : 20 m),
- ensemble calcaire marneux fossilifère avec des lits minces de gypse,
- barre de calcaire blanc tendre (Ep : 17 m),
- argiles sableuses avec graviers et galets (Ep : 28 m),



En se basant sur les faciès des différents niveaux précédemment décrits, on adopte la subdivision suivante :

- calcaires et dolomies de base : Membre inférieur de la formation Zebbag.
- marnes et calcaires du milieu : Membre moyen de la formation Zebbag.
- argiles sableuses du sommet : Plio-Quaternaire.

On rencontre un peu partout dans la cuvette d'Alim Dakhla, un banc de calcaire blanc qui a été traversé par la majorité des puits de la région. Il se situe parfois directement sous le remplissage plio-quaternaire. Dans d'autres cas, ce banc calcaire est surmonté par une intercalation de calcaire jaune à grains fins et par des argiles bariolées.

• Zebbag supérieur :

Le Zebbag supérieur affleure aux Djebels Goussa, Souinia, Rousa Driss et à Kef Mengar Tir. Dans la cuvette d'Alim Dakhla, ce membre est érodé.

Décrite à Khanquet Zebbag (PF. BURROLET, 1958), la série du Zebbag supérieur se présente comme suit :

- calcaires blancs à grain fin avec des moules de fossiles (75 m),
- corniche supérieure de la formation correspondant à des dolomies et de calcaires dolomitiques (60 m),
- calcaires massifs à grains fins, jaunâtres, blancs vers la base, brun clair au sommet, rarement dolomitiques (150 m),
- calcaires massifs parfois un peu dolomitiques, organogènes détritiques grossièrement ou moyennement cristallins souvent saccharoïdes, beiges, blancs ou roses avec partie blanchâtre (155 m).

1-2-2 Formation Aleg (Santonien inférieur-Cenomanien-Turonien supérieur) :

Cette formation n'affleure nulle part dans la région d'Alim Dakhla et ne semble pas y être non déposée. Quand elle est complète, cette formation comprend des calcaires marneux, des argiles grises, des calcaires et du gypse. Son épaisseur est de 257 m à Oum Aleg dans le bassin de Gaïsa Nord.

Toutes les autres séries crétacées et tertiaires reconnues plus au Sud de Gafsa, sont absentes dans cette région qui a évolué depuis le crétacé supérieur en "île de Kasserine". Seule le Quaternaire y est représenté par une faible sédimentation continentale associée à l'activité des oueds. Au niveau d'Alim Dakhla, on ne rencontre que des dépôts plio-quaternaires constitués par des sables argileux des graviers et des galets déposés dans les vallées des Oueds.

2- PALEOGEOGRAPHIE :

Le Crétacé inférieur commence par des dépôts de régression qui se poursuivent jusqu'au Barrémien supérieur. L'influence des apports continentaux est très nette surtout à l'Hautévrien. Dès le début de l'Aptien, le cycle sédimentaire est plutôt transgressif. Durant le Cénomaniens et le Turonien. La région d'Alim Dakhla a connu au départ, la transgression cénomaniens généralisée puis est s'installé dans la région un milieu pénealin donnant des dolomies. Une nouvelle fermeture de la mer accompagnée de conditions de sédimentation lagunaires et d'une subsidence a donné lieu à des dépôts gypseux. Le membre supérieur de la formation Zebbag est caractérisé à sa base, par des conditions épinéritiques et par des conditions plus marines vers le sommet.

On conclue donc que l'émersion de cette zone comme celle du bassin de Maknassy, s'est généralisée à la fin du Zebbag.

3- TECTONIQUE :

3-1 Les plis :

La région d'Alim Dakhla se situe sur la bordure occidentale de l'anticlinal de Djebel Majoura qui présente une orientation SW-NE. Ce pli est dissymétrique avec un flanc occidental qui semble avoir subi un fort renversement allant jusqu'à la déjection.

Les affleurements calcaires du Zebbag supérieur de Djebel Goussa assurent au Sud et à l'Ouest sa fermeture périclinale. Ceux du Rouss Driss permettent le passage vers le Nord, aux structures limitrophes.

3-2 Les failles :

Des failles semblent délimiter à l'Est et à l'Ouest, la région d'Alim Dakhla. Les principales failles observables ou celles dont la présence est supposée, sont celles qui bordent l'anticlinal de Dj. Majoura. Ces accidents sont d'une orientation SW-NE correspondant aux plissements atlasiques.

CHAPITRE III : HYDROGEOLOGIE

1- FORMATIONS AQUIFERES :

Les formations susceptibles de constituer des réservoirs aquifères dans cette région sont :

- Formations crétacées :
- les sables de Bou Dinar
- les sables de Sidi Aïch
- les calcaires du Zebbag.
- Formations quaternaires :
- les alluvions
- les undeflows d'oueds

2- Nappes profondes :

Les renseignements dont on dispose sur les nappes profondes de la région d'Alim Dakhla sont rares et incomplets, ils se limitent aux résultats des profils sismiques et aux données des sondages profonds réalisés plus particulièrement dans les régions limitrophes. On y distingue les nappes du Crétacé inférieur de celle du Zebbag inférieur.

2-1 Nappes du Crétacé inférieur :

Les données hydrogéologiques se rapportant au Crétacé inférieur de cette région, se limitent aux résultats de certains profils sismiques. Il s'agit de deux cartes en isobathes du toit des formations Sidi Aïch et Sidi Khelif (A. AZOUZ, 1986).

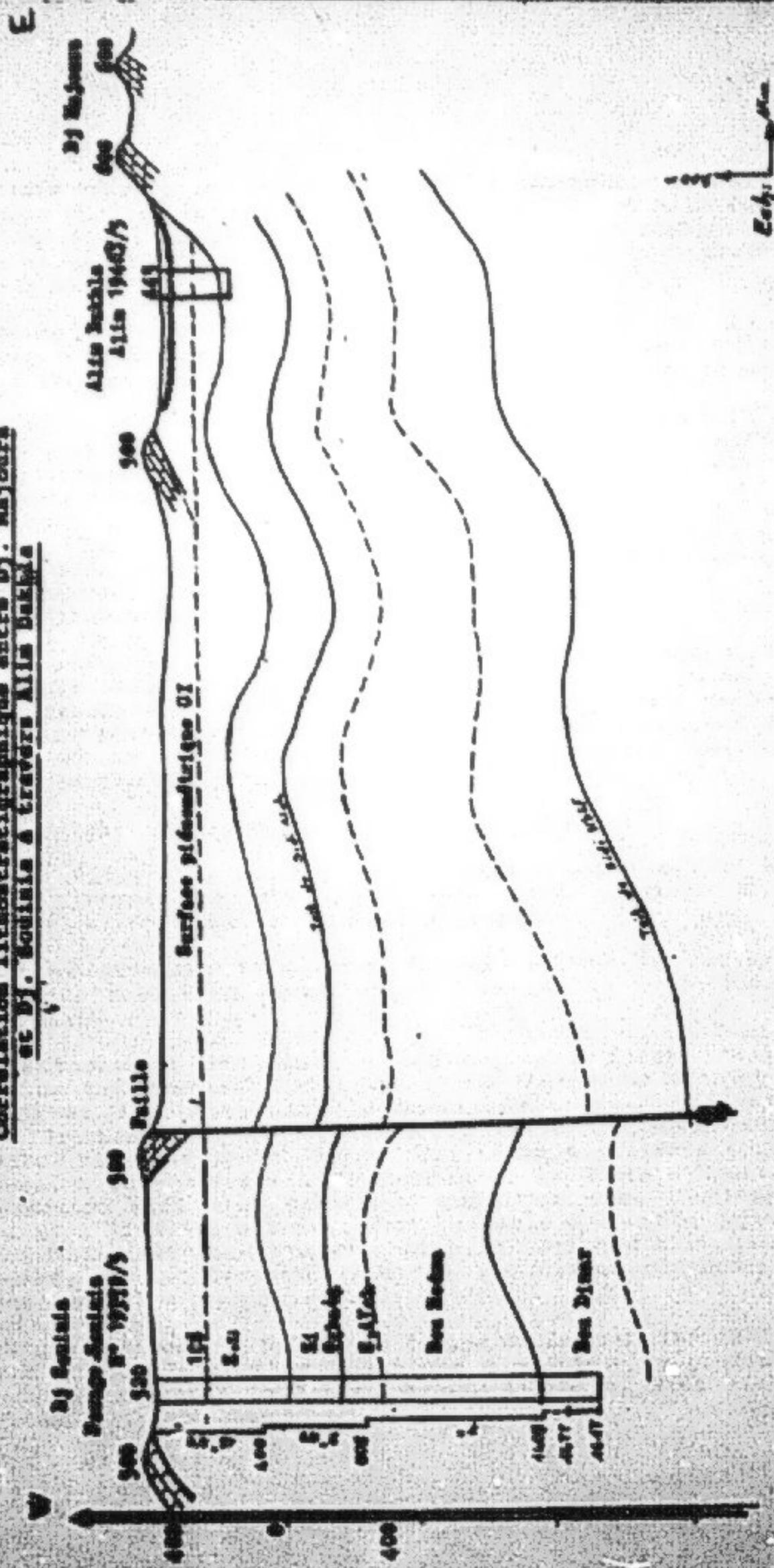
A l'Est et à l'Ouest, la région d'Alim Dakhla est cadrée par les deux forages profonds de Souinia et Kharrouba.

Les deux formations susceptibles de constituer un réservoir aquifère dans cette région au sein du Crétacé inférieur sont :

- les sables de Sidi Aïch
- les sables de Bou Dinar

Une corrélation lithostratigraphique entre Djebel Majoura et le forage de Souinia CI (N°19319/5) permet de mieux comprendre la structure de ces aquifères dans cette zone (Fig. N° 8).

Corrélation lithostratigraphique entre Dj. Majoura
et Dj. Souinia à travers Aïn Bekka



Cette corrélation orientée NW-SE, se réfère aux formations recoupées par les forages Souinia CI (N° 19319) et Alim Dakhla (N° 19463/5) ainsi qu'aux résultats des profils sismiques au niveau de la structure d'Alim Dakhla en plus des affleurements géologiques de Djebel Majoura.

Cette corrélation montre que les Djebels Souinia et Majoura se présentent sous forme de deux anticlinaux à cœur crétacé et dont les calcaires du Iabbag supérieur sont érodés.

Les formations recoupées par le forage Souinia CI (N° 19319/5) et particulièrement celle de Bou Hedma, montrent un amincissement remarquable en allant d'Alim Dakhla vers le bassin de Maknassy. En effet, les données des points sismiques, indiquent que le toit de la formation Sidi Aïch passe de -700 m juste à l'Est de Djebel Souinia, à -400 m au niveau d'Alim Dakhla à l'Ouest. Le toit de la formation Sidi Khelif beaucoup plus profond, varie aux mêmes endroits de -2000 à -1200 m/TW.

Le rôle de la tectonique dans la compartimentation hydraulique semble être réduit et la communication hydraulique semble être assurée entre Djebel Majoura et le bassin de Gafsa Nord à travers la structure d'Alim Dakhla. La formation Sidi Aïch affleurant à Dj. Majoura semble ainsi recevoir dans cette zone une partie de son alimentation.

1-2-1 Aquifère des sables de Bou Dinar :

Cet aquifère se situant généralement à plus de 1000 m en Tunisie Centrale, a été capté dans cette région, à Dj. Souinia, à el Kharrouba et à Hassi el Ferid.

Il se présente sous forme de sables dont le faciès et l'épaisseur sont très variables du fait que la formation est continentale.

La formation Bou Dinar a été captée à l'Est, dans le bassin de Maknassy au niveau du forage Kharrouba CI (N° IRN 19373/5) et à l'Ouest dans le bassin de Gafsa Nord avec le forage Souinia CI (N° IRN 19319/5). Cette formation semble contenir la principale nappe du Crétacé inférieur dont l'extension est générale à l'ensemble de la Tunisie Centrale. La formation Sidi Aïch constitue une nappe très localisée à Djebel Sidi Aïch. Il est donc fort probable que cette nappe du Crétacé inférieur soit présente sous la région d'Alim Dakhla. Cependant, il est vraisemblable que son niveau piézométrique dépasse les 120 m sous le sol.

D'une altitude de 520 m, le forage Souinia CI (N° 19319/5) a rencontré les sables de Bou Dinar à -1409 m de profondeur après avoir traversé le Iabbag moyen, l'Orbata, Sidi Aïch et Bou Hedma.

La profondeur totale de ce forage a atteint 1617 m et son captage n'a porté que sur la partie supérieure de la formation entre 1409-1470 m. Le niveau piézométrique de la nappe s'est établie à -186 m/TH rendant son exploitation non économique. A ceci s'ajoute une mauvaise qualité chimique de l'eau dont le résidu sec est de 8,96 g/l. Vu la surface réduite en affleurement de cette formation, l'alimentation actuelle de cette nappe semble être limitée.

Le Forage Kharrouba (N° 19373/5) situé à l'Est d'Alim Dakhla dans le bassin de Maknassy a touché les séries du Crétacé inférieur à partir de -557 m. La reconnaissance s'est poursuivie jusqu'à -1296 m. La formation de Bou Dinar a été rencontrée à partir de -870 m. Son épaisseur s'élève à environ 400 m. Son captage fût réalisé entre -920 et 1083 m. Du fait que ce forage est à une altitude de 386 m, la nappe s'est révélée jaillissante avec un niveau statique de +9,77 m/TH. La salinité de l'eau y est de 3,4 g/l. Le débit spécifique de ce forage est de 6,8 l/s/m.

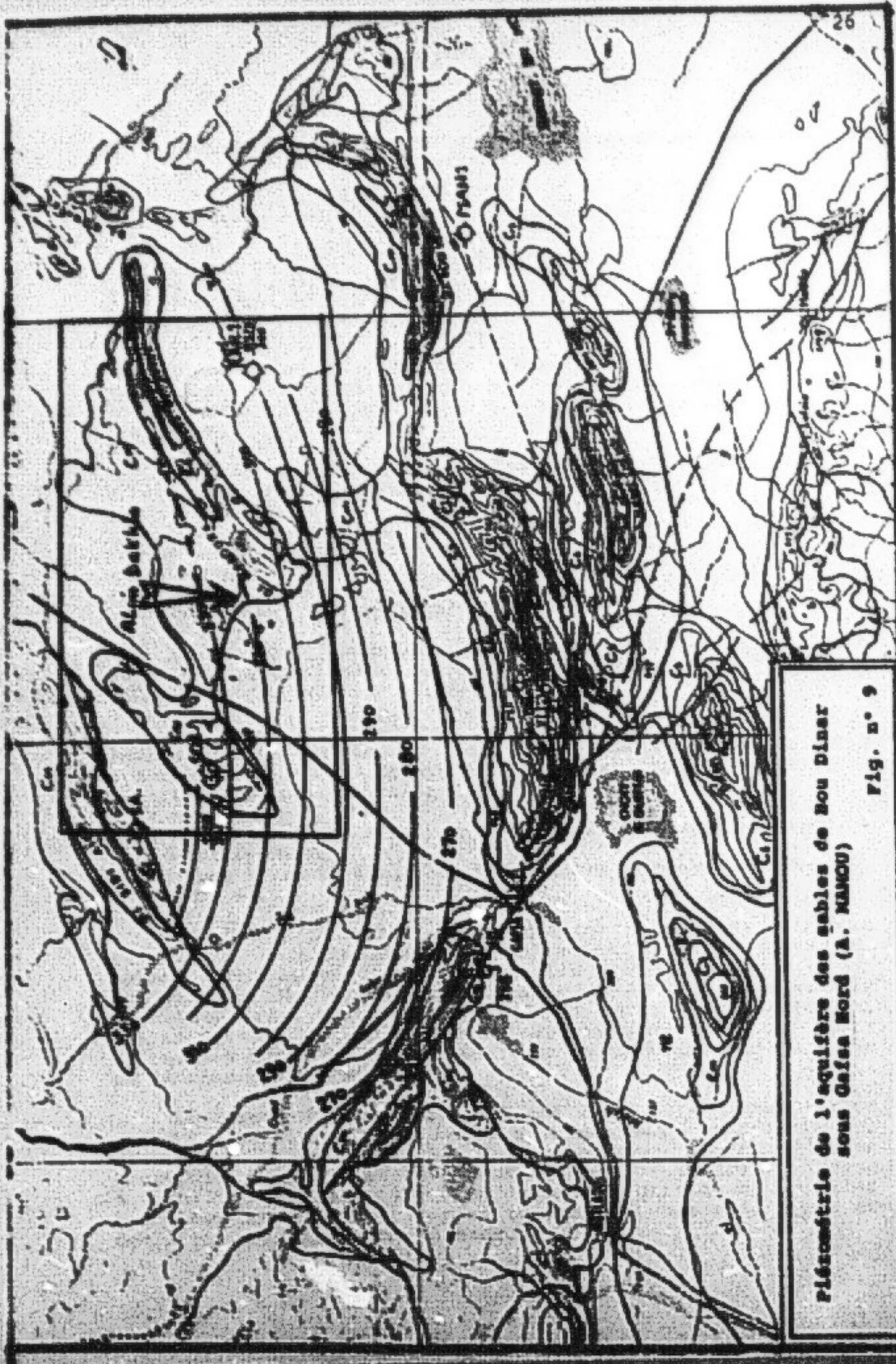
Dans la région d'Alim Dakhla, les sables de Bou Dinar devraient correspondre à un aquifère dont le toit se situerait à une profondeur allant de -1000 à -1300 et leur sur entre -1500 et -1700 m/TH. En se référant à la carte piézométrique établie sur la base des données des deux précédents forages, (A. MANOU, 1989) l'écoulement de la nappe s'effectue du Nord vers le Sud avec au niveau d'Alim Dakhla, une altitude piézométrique qui est de l'ordre de 310 à 300 m. Cette piézométrie fait que le niveau statique serait dans les forages, entre -120 et -150 m/TH (Fig.n° 9).

Compte tenu des données des deux forages Kharrouba CI et Souinia CI, la qualité chimique de l'eau reste le paramètre le moins certain. L'eau du premier étant la moins salée (3,6g/l), devait correspondre à un environnement hydrogéologique qui est autre que celui du forage de Dj. Souinia dont l'eau de cette nappe est plus proche de celle de Dj. Souinia que de celle de Kharrouba. Tenant compte de cet aspect et du fait que la profondeur du plan d'eau y est relativement élevée, la réalisation d'un forage à Alim Dakhla pour la mise en valeur agricole serait compromise par la qualité chimique médiocre de l'eau et par le coût excessif du mètre cube.

1-2-2 Nappe des sables de Sidi Aïch :

Au niveau de la fracture anticlinale de Djebel Sidi Aïch, les sables de Sidi Aïch font suite à la formation Bou Hedma. Cependant dans la partie Est, les calcaires de l'Orbata reposent tantôt sur la formation de Bou Hedma tantôt sur les sables de Sidi Aïch. Une faille perpendiculaire à l'axe du pli, est à l'origine de cette disposition anormale.

Les sables de Sidi Aïch se sont révélés aquifères dans le secteur à Sidi Aïch et constituent une nappe très localisée qui a été reconnue par plusieurs forages dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :



Piècémètrie de l'aquifère des sables de Bou Dinar
 sous Gafsa Nord (A. MANOU)

Fig. n° 9

Tableau n° 4 : Caractéristiques hydrogéologiques des forages captant les sables de Sidi Aïch

Désignation	N° IHM	P (m)	Cote captage (m)	N.0. (m)	Q max (l/s)	Q min (m)	Q captif. (l/s/m)	N.0. g/l	Observation
Sidi Aïch 1	65488	47	76,1-66,6	-20,5	4,3	2,3	1,0	5,3	
Sidi Aïch 2	6577	207	195-207	-22,6	12,3	1,2	10,1	0,7	
Sidi Aïch 3	18843	220	167-209	-123	-	-	-	1,4	
Sidi Aïch 4	18859	253	203-253	-26	19	22,4	0,7	0,6	
Sidi Aïch 5	19163	78	68-70,3	-5,0	26	19	1,4	1,06	
Sidi Aïch 7	-	100	38,4-78,4	-7	17	24	0,7	1,8	

Ces forages captent des sables blancs fins qui sont parfois en continuité hydrogéologique avec les calcaires de la formation Orbata. L'épaisseur de ces sables ne dépasse guère les 100 m.

L'alimentation de cette entité est essentiellement assurée à partir de l'infiltration directe des eaux de pluies.

La qualité chimique des eaux est bonne ce qui s'explique par le mode d'alimentation de la nappe. Le résidu sec de l'eau varie en général, de 0,7 à 2 g/l.

2-3 Nappes du Jebbag inférieur :

Les couches géologiques du Crétacé supérieur rencontrées dans la région d'Alim Dakhla appartiennent à la formation Jebbag dont le membre supérieur est érodé.

En somme, les niveaux compétents au sein de cette formation et qui sont susceptibles de constituer un objectif hydrogéologique (perméabilité en grand et alimentation à partir de la surface), sont :

- la barre des calcaires et dolomies du membre inférieur du Jebbag,
- les niveaux calcaires et calcaires marneux du Jebbag moyen.

On admet à la lumière des autres reconnaissances réalisées par forage dans le bassin de Gafsa-Nord que les séries du Jebbag moyen ne sont pas susceptibles d'être aquifères vu la prédominance des couches argilo-marneuses et gypseuses au sein de cette série. Toutefois, et dans le cadre bien particulier d'Alim Dakhla, le premier niveau carbonaté rencontré par puits de surface correspond à un réservoir aquifère dont l'épaisseur ne dépasse guère 5 m.

Le forage d'Alim Dakhla (N° IHM 19463/5) a traversé sur un dépôt détritique sec de 28 m d'épaisseur, une série qui débute par une couche de 5 m d'épaisseur essentiellement constituée de calcaire beige dur à blanc et tendre qui passe ensuite, à des intercalations de marnes grises et d'argiles bariolées fossilifères avec au sommet, des bancs de gypse et des niveaux de calcaires marneux.

De -229 m à -260 m s'étendent deux barres de calcaires à calcaires dolomitiques séparées par un niveau marno-calcaire.

Les séries allant de -28 m à -229 m sont attribuées au Zebbag moyen. Quant à la partie située plus bas, elle est attribuée au Zebbag inférieur.

C'est cette formation calcaire qui a été captée dans ce forage entre -232 à -255 m de profondeur. Les résultats obtenus à son niveau, sont les suivants :

- niveau statique = -101 m
- débit maximum = 22,4 l/s
- rabattement = 34 m
- résidu sec = 1,7 g/l

Ces résultats confirment le rôle hydrogéologique du Zebbag inférieur dans cette région. Les séries du Zebbag moyen surmontant ces calcaires sont de moindre importance hydrogéologique. Seul le premier niveau calcaire capté par puits de surface dans cette région est de nature à abriter une nappe phréatique dont les ressources sont limitées.

Le forage d'Alim Dakhia (N° IRH 19463/5), capte la partie supérieure des calcaires dolomitiques du Zebbag inférieur. Deux autres forages (Majoura, N° IRH 19553 et Goussa, N° IRH 19552/5) situés dans les régions limitrophes, captent aussi, le même niveau. Les résultats obtenus par ces forages sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau n° 5 : Caractéristiques hydrogéologiques des forages captant le Zebbag inférieur d'Alim Dakhia

Désignation	N° IRH	Y (m)	Cote captée	N.S. (m)	Q (l/s)	Q (m³)	Q (spécif.)	R.S. (g/l)	Observations
Alim Dakhia	19463	240	232-235	101	22,4	34	0,45	1,7	zone d'étude
Majoura	19553	200,5	171-200,9	104	9	3	3	2,6	Dj. Majoura
Goussa	19552	171	137-167	101	9,2	9,6	1	1,9	Dj. Goussa

Il en résulte que les calcaires dolomitiques du Zebbag inférieur constituent dans la région d'Alim Dakhia, un réservoir aquifère dont l'épaisseur atteint au forage Souinia CI (N° IRH 19319/5), 35 m. Elle augmente plus à l'Est et atteint au forage Kharrouba CI (N° IRH 19373/5), les 100 m.

• Piézométrie :

La piézométrie des forages Alim Dakhia (+344 m), Majoura (+354 m) et Redaïda (+329 m) montre que l'écoulement général de cette nappe se fait du Nord vers le Sud, avec un gradient hydraulique qui semble varier de 1,5 à 2 ‰. Compte tenu de cette configuration piézométrique, le niveau hydrostatique de la nappe du Zebbag inférieur dans la région d'Alim se situe entre 100 et -150 m/TH.

• Chimie des eaux :

Les analyses chimiques des eaux des forages captant le Zebbag inférieur dans la région d'Alim Dakhla montrent des salinités variant entre 1,7 et 2,6 g/l. Le pH de l'eau est relativement basique (8 à 8,2).

Tableau n° 6 : Caractéristiques hydrochimiques des forages captant le Zebbag inférieur d'Alim Dakhla

Dénomination	N° IRN	Date	Résultats en mg/l								PH	Cond
			Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl	CO ₃	R.S.		
Alim Dakhla	19463	14/10/87	140	123	211	5	720	355	198	1700	8,22	2,5
Redaïda	19552	10/7/87	144	115	285	7	614	426	154	1920	8,04	2,12
Majoura	19553	20/6/87	147	172	400	4	1099	426	143	2620	8,23	3,15

La composition ionique est en relation directe avec l'alimentation de la nappe à partir de l'infiltration. Elle montre un faciès chimique homogène qui est chloruré calcique (Fig.n°10). La qualité de l'eau se détériore en s'éloignant des zones d'alimentation. L'augmentation de la salinité avec l'écoulement de la nappe est liée au cheminement des eaux et au temps de contact avec la roche réservoir qui est relativement long. Ceci explique la salinité relativement élevée de l'eau au sein du Zebbag inférieur de Dj. Souinia (4,9 g/l).

• Exploitation-ressource :

L'exploitation de la nappe du Zebbag inférieur se fait actuellement à partir de quatre forages dont les prélèvements s'élevaient en 1991 à 64,6 l/s. L'essentiel de cette exploitation se situe dans le bassin de Maknassy (le forage Kharrouba II n° 19261/5 débite 60 l/s). Au niveau de la structure d'Alim Dakhla les prélèvements ne dépassent pas les 4 l/s ce qui est dû à la grande hauteur d'aspiration (N.S.>100m) faisant que l'exploitation s'y trouve limitée à l'alimentation en eau potable.

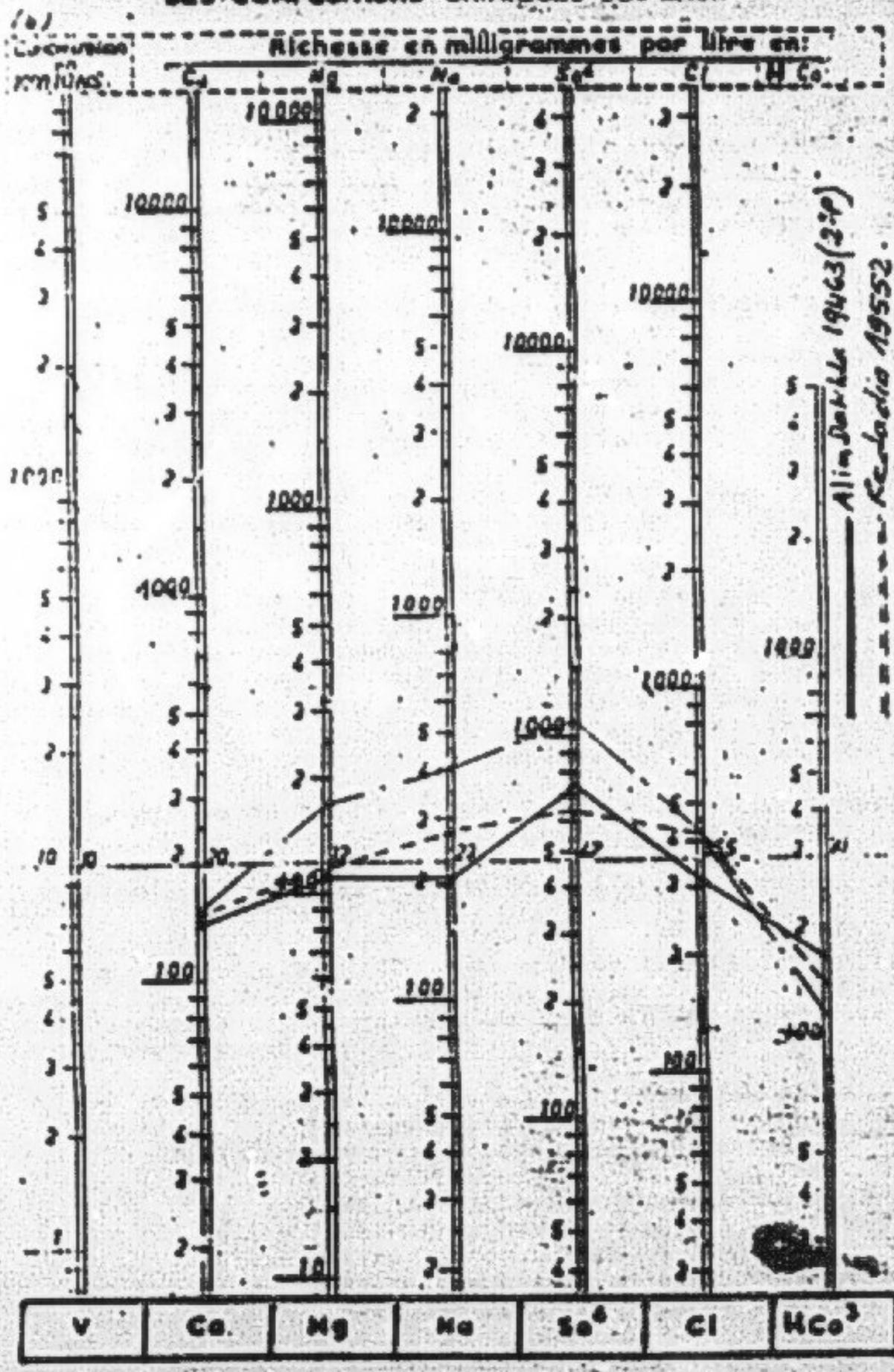
Il en résulte que la nappe du Zebbag inférieur du bassin de Maknassy se prête mieux que la région d'Alim Dakhla à une exploitation destinée à la mise en valeur agricole en raison de ces bonnes caractéristiques hydrodynamiques. La cuvette d'Alim Dakhla est plus appropriée à l'alimentation en eau potable et à l'arrosage d'appoint des arboriculture.

Les ressources exploitables à partir de cette nappe ne peuvent être déterminées que dans le cadre d'une étude d'ensemble de la nappe du Zebbag inférieur intéressant la totalité de la zone de Gafsa-Maknassy. Toutefois, à l'état actuel de nos connaissances, les ouvrages captant cette nappe dans la région d'Alim Dakhla, présentent des débits spécifiques de l'ordre de 0,5 l/s/m moyennant des immersions allant de 130 à 170 m.

DIAGRAMMES LOGARITHMIQUES

Fig. n° 10

DES COMPOSITIONS CHIMIQUES DES EAUX



3- Nappe phréatique :

3-1 Formations aquifères :

Sur la base des données du forages Alim Dakhia (N° IRH 19463/5) et des couches traversées par plusieurs puits, il s'avère que la nappe phréatique qui est exploitée par des puits de surface d'Alim Dakhia est logée dans un niveau calcaire du Zebbag moyen et par endroit dans les formations alluvionnaires du Quaternaire essentiellement constituées de sable argileux, de graviers et de galets.

L'épaisseur de ces alluvions ne dépasse les 10-15 m que sur la bordure Nord-Ouest de Dj. Majoura (28 m). Sous la cuvette d'Alim Dakhia, ces alluvions sont généralement dans une situation topographique plus élevée que le niveau de la nappe dans les puits ce qui explique qu'elles soient sèches sur la majeure partie de la cuvette (Fig.n° 11).

Seule le secteur de Sidi Zaïnia-Branbia présente des alluvions détritiques (sable fins et galets avec graviers) dont l'épaisseur est de l'ordre de 15 m.

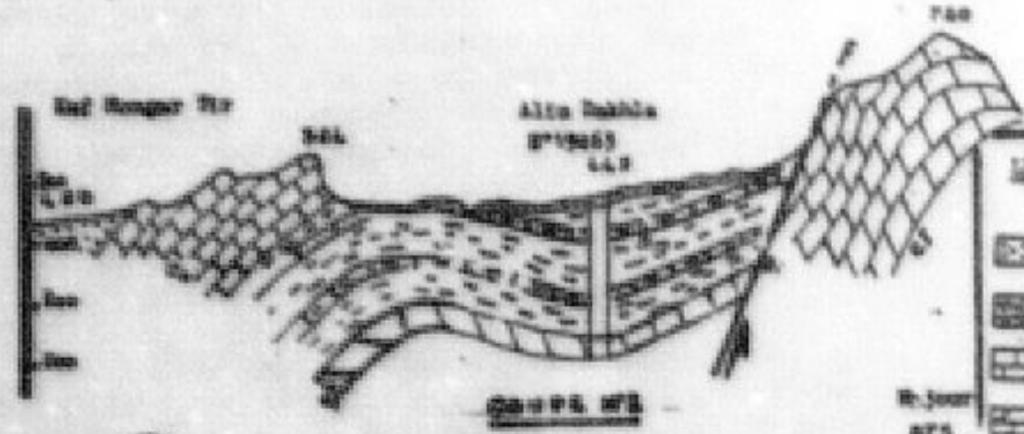
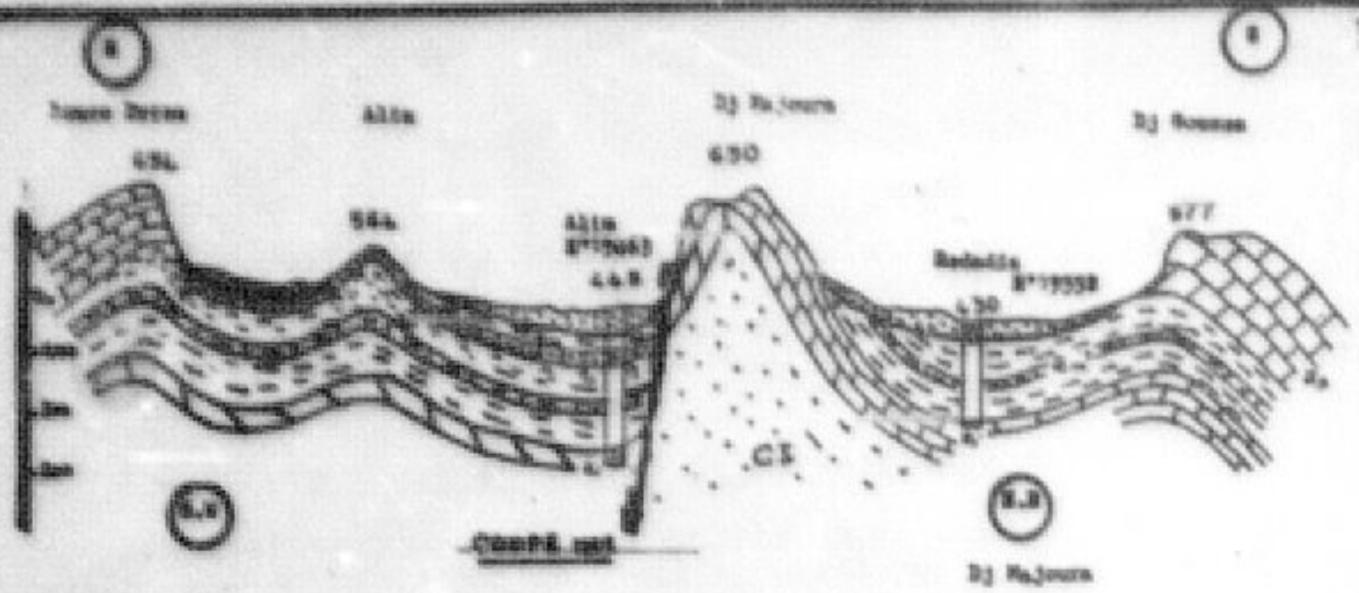
La barre des calcaires Zebbag captée par les puits de surface est surmontée par un niveau de calcaire marneux. L'épaisseur de ces marnes augmente en allant du secteur de Sidi Zaïni vers Guedir Safia. Le puits n° 97 a rencontré ces calcaires à -45m. Vers l'aval, le puits n° 20 capte la même formation à -23 m. A l'Est de Fedj Sarraguia, le puits n° 15 capte le même horizon à une profondeur ne dépassant pas 5 m.

Au niveau du bassin d'Oued Defla, le complexe détritique quaternaire repose sur des alternances à prédominance calcaire dont l'épaisseur varie entre 3 et 5 m. L'épaisseur de la formation argileuse sus-jacente semble ne pas excéder les 10 m.

Le réservoir aquifère est dans ce cas un niveau calcaire blanc à jaunâtre. Le puits de Hir Arsaat d'une profondeur de 50 m, a permis d'y distinguer de haut en bas la succession des formations suivantes :

- | | | |
|------|----------|---|
| 0 | - 10 m | : sable fin argileux avec des niveaux minces de graviers (10 m), |
| 10 | - 13 m | : marnes grises, argiles bariolées fossilifères et des calcaires jaunes tendres (3 m), |
| 13 | - 16,5 m | : calcaires beiges durs à blancs tendres et très peu de marnes (3,5 m)? |
| 16,5 | - 23 m | : calcaires blancs à jaunâtres à grain fin avec des lits très minces d'argile jaune (6,5m), |
| 23 | - 50 m | : intercalations d'argile jaunes, de marne grise à verdâtre avec peu de gypse et de calcaire jaune tendre à blanc beige, dur parfois dolomitisé (27 m). |

Structure profonde du Bassin versant
de l'Alia au Sahel.



	Pli-quaternaire
	les sables rouges
	les sables supérieurs

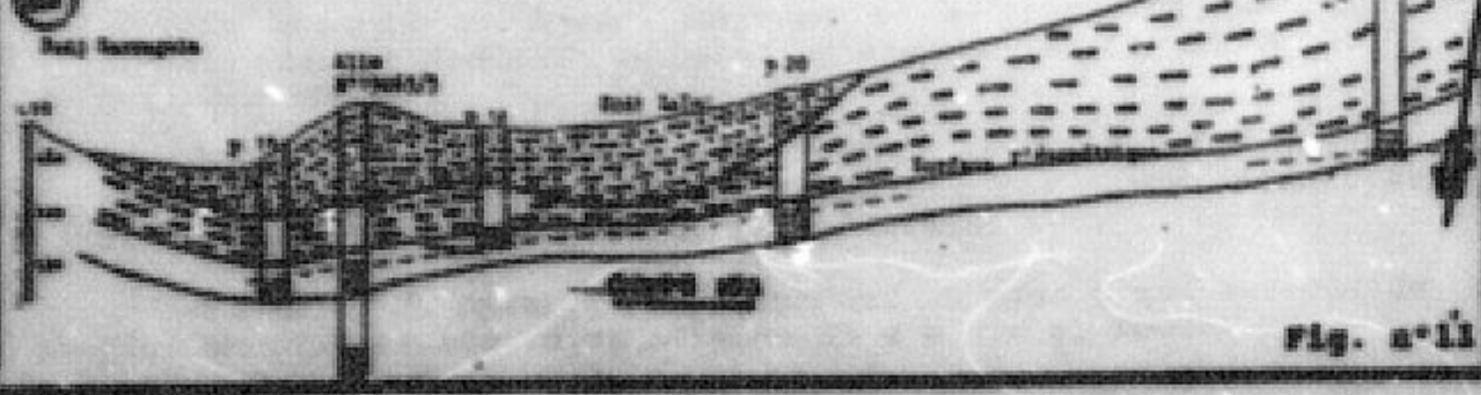
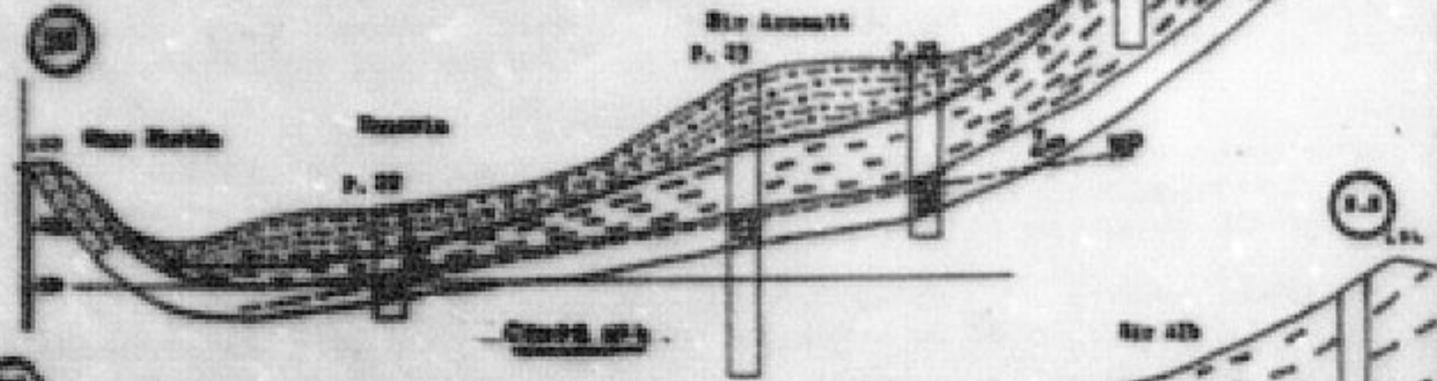
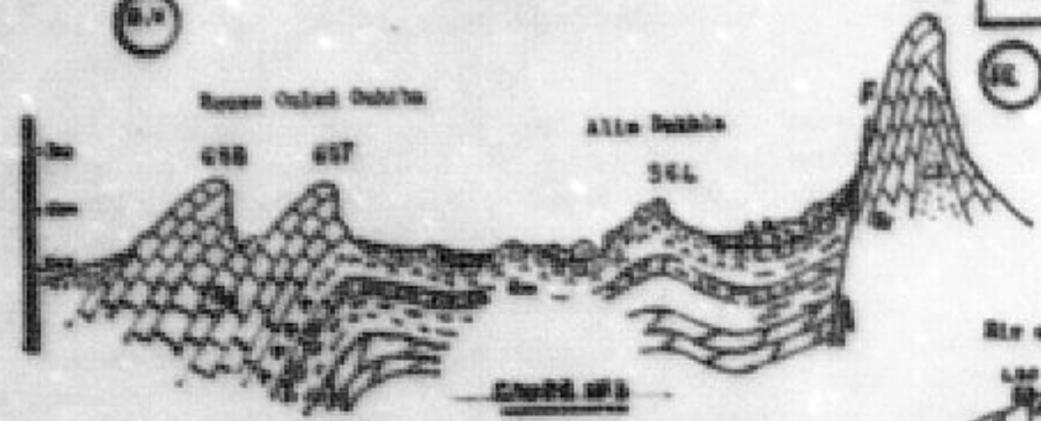


Fig. n°11

Le captage de ce puits a essentiellement porté sur le niveau allant de -16 à -23 m. Le puits n° 23 situé un peu en aval et à proximité de la rive gauche de l'Oued Souari, a rencontré la même série calcaire aquifère à -14 m. Cet horizon s'est poursuivi jusqu'à -18 m.

3-2 Points d'eau et réseau de surveillance :

L'actualisation de l'inventaire des points d'eau d'Alim Dakhla a été réalisée en Juillet 1992 ce qui a permis de recenser dans cette région, 69 puits (Fig. n°13) dont 19 puits équipés, 14 puits exploités par Balou et 8 puits comblés ou abandonnés. Comparée à situation de 1984 le nombre total des puits n'a pas beaucoup changé. Il n'a progressé que de 14 puits. Cette nappe surveillée depuis 1984, montre :

- des variations notables du niveau statique de certains puits,
- un gradient géochimique vertical.

Ces deux phénomènes ne semblent pas résulter d'une éventuelle surexploitation de la nappe mais plutôt de l'approfondissement des puits par leurs propriétaires jusqu'au delà du mur des calcaires aquifères dans l'espoir d'augmenter leur productivité.

Ce phénomène entraîne généralement une augmentation de la salinité de l'eau suite à une contamination à partir d'eau plus chargée localisée dans des horizons situés plus profondément que le mur des calcaires aquifères.

3-3 Profondeur du plan d'eau :

Dans la région d'Alim Dakhla, les puits sont généralement à moins de 450 m d'altitude. Cette localisation permet d'avoir des profondeurs du plan d'eau inférieure à 25 m (Fig. n° 13). C'est pour cette raison qu'on rencontre la plus forte concentration des puits dans les secteurs de Sidi Iaini et de Mnasria.

La profondeur du plan d'eau varie dans les sous-bassins de Retem et Defla de 16 à 25 m. En général, et à proximité du lit de l'oued, la profondeur du plan d'eau est de moins de 20 m.

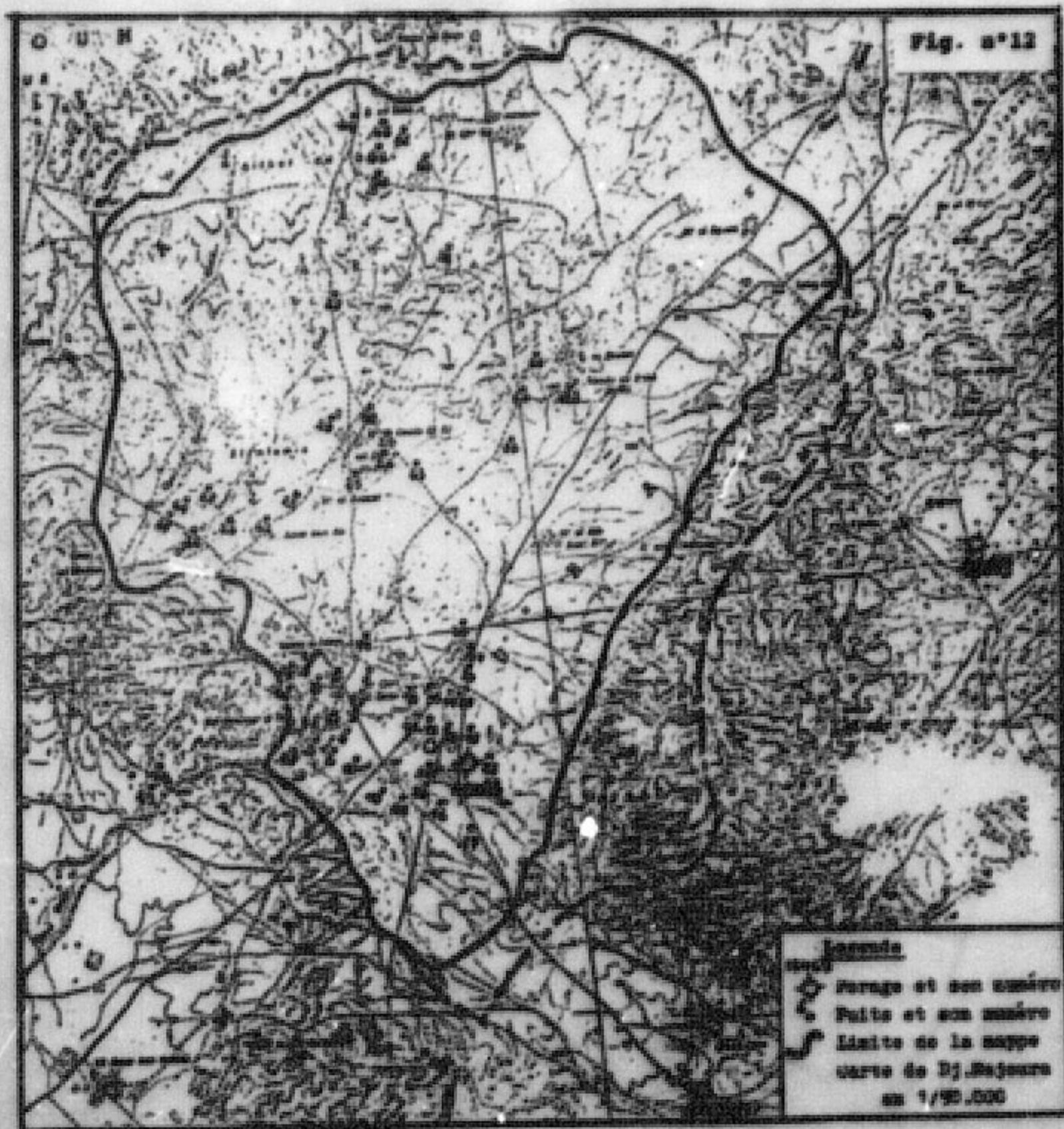
Vers l'amont du sous-bassin de Retem, le niveau statique devient de plus en plus profond et atteint 46 m (puits n° 37).

En bordure de Djebel Najoura et à proximité de l'oued Zitoun, la profondeur du plan d'eau varie de 25 à 35 m (secteur Brahmia).

Dans le sous-bassin de Oued Defla, le niveau statique des puits passe de 15 m aux abords immédiats des oueds (Souari et el Garra) à 35 m à El Almia, Hir el Aresset etc...

En amont du bassin, la profondeur du plan d'eau devient de plus en plus excessive et atteint 35 m à Hir el Kouch.

CARTE DES POINTS D'EAU DES AQUIFERES
DE LA STRUCTURE D'ALIN DARRELA



ETUDE HYDROGÉOLOGIQUE 35
 DES AQUIFERES DE LA STRUCTURE
 D'ALIM DAKHLA

CARTE DE NIVEAUX STATIQUES SOUS LE SOL

35 MÈTRES Cote du 00 sous le sol

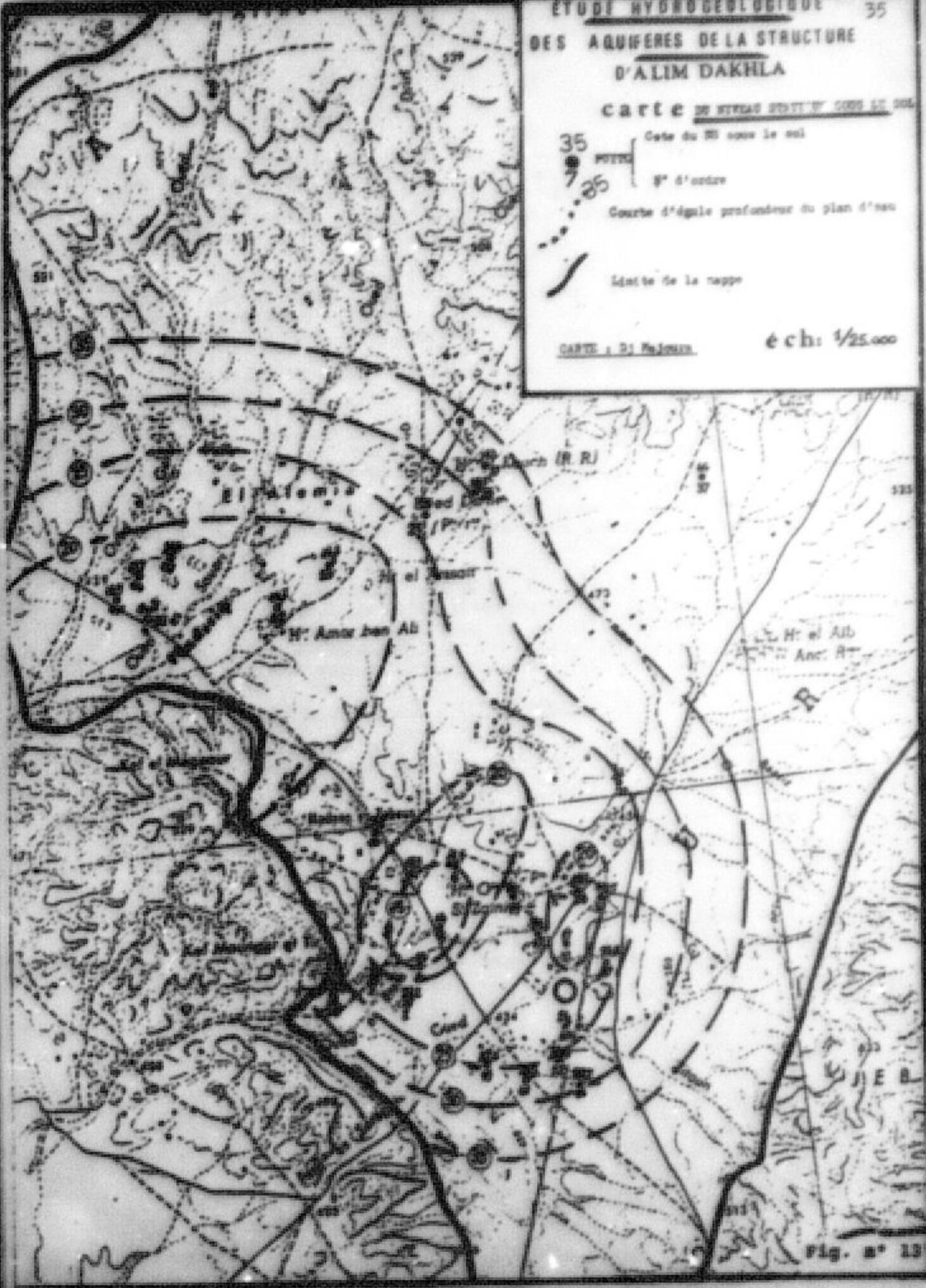
7 25 N° d'ordre

Courbe d'égale profondeur du plan d'eau

Limite de la nappe

CARTE J. R. RAJMAN

éch: 1/25.000



3-4 Piezométrie :

La nappe d'Alim Dakhla est surveillée depuis 1981 suite à la campagne de nivellement de certains puits réalisés en Juillet 1992 (17 puits). Une carte piézométrique correspondant à la situation 1992 (Fig. n°14), permet de faire les observations suivantes :

- les oueds Retem et les deux affluents de l'Oued Defla apparaissent comme des zones d'alimentation. L'essentiel de l'infiltration s'effectue à travers le complexe détritique au niveau de Hir Sidi Saïni-Brahma et Mnasria.

- L'infiltration efficace directe semble être réduite sur les affleurements.

- La disposition des isopièzes en amont du bassin et à proximité de la bordure des reliefs, indique un apport souterrain en provenance de ces zones.

L'écoulement général de la nappe se fait du Nord vers le Sud et des bordures de Djebel Majoura vers le secteur de Sidi Saïni-Brahma.

Entre les isopièzes 430 m et 435 m ainsi que le long de la bordure Nord-Ouest de Djebel Majoura, le gradient hydraulique varie de 1 à $3 \cdot 10^{-3}$. Au niveau de Mnasria, il est de 1×10^{-3} . Sur le reste du bassin, la variation de la perméabilité se traduit par une variation du gradient hydraulique.

3-5 Caractéristiques hydrodynamiques :

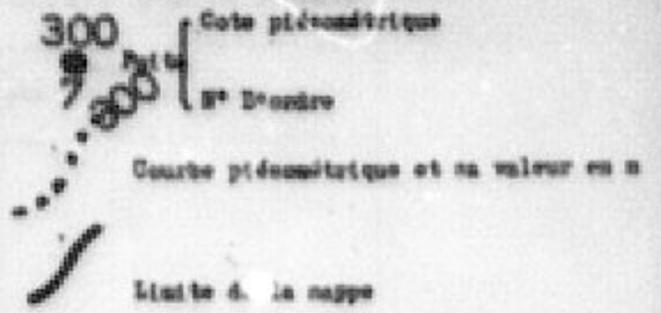
Les essais de pompage du type Porchet réalisés sur les puits ont permis d'estimer les valeurs de la transmissivité de $1,1$ à $6 \cdot 10^{-4}$ m²/s.

Lors de ces essais, le temps d'abaissement a été très court bien que le débit pompé n'a pas dépassé, les 4 l/s. La remontée qui a suivi cet abaissement, a été très lente dépassant souvent, les 24 heures.

Ceci dénote des caractéristiques hydrodynamiques médiocres dont l'explication est donnée par la nature lithologique de la formation aquifère (calcaire marneux) et son épaisseur (moins de 5 m).

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE 37
 DES AQUIFERES DE LA STRUCTURE
 D'ALIM DAKHLA

Carte Hydrogéologique



CARTE de M. F. L. J. J. J.

échelle 1/25.000

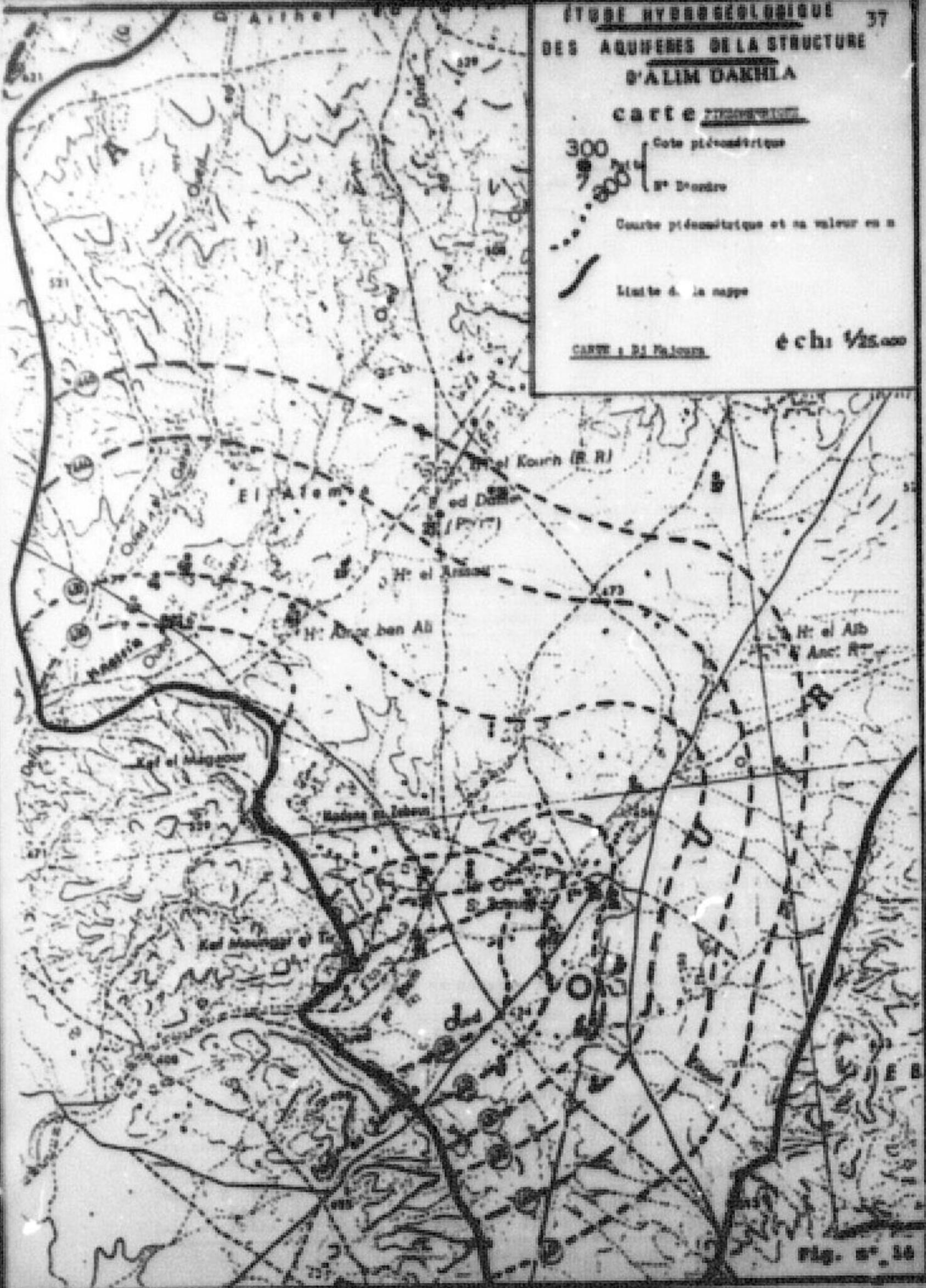


Tableau n° 7 : Points d'eau nivelé à Alim Bahla

Dénomination	N° du puits	Altitude Marpille (m)	Niveau étatique (m)	Niveau géométrique (m)	Observateur
Ali Bahli B. Med	39	454 552	23,8	432,7	
Kafak Ali B. Ahmed	14	448 717	19,5	429,2	
Mahmoud Ali عثمان	40	450 312	24,2	426,11	
Med Lashar Farah	15	448 602	22,6	426	
Ali B. Sayani	12	445 944	20,9	426	
Bir el Moked	38	447 000	18,3	420,7	
Salem Souvira Souss	37	454 179	44	440,2	
Chikani Med Saidi	24	471 502	28,5	443,1	
Mosbah B. Khediri	23	454 492	14,5	430,2	
Med Sghaler Mediri	42	449 002	14,3	432,7	
Mosbah Souss Sghaler	44	450 452	21,2	428,7	
Mosbah B. Anani	44	450 062	15,7	434,3	
Sidi Sayani	19	445 542	24,2	426,3	
Med Hassan Saled	4	447 102	15,5	430,4	
Ahmed Tlili B. Slimane	7	445 122	15,5	429,4	
Farhat Mahmoud Salah	56	437 112	14,8	424,3	
Med Anwar Saloum	1	438 199	22,3	419,9	
Ahmed عثمان B. Med	22	449 000	14,2	430,8	Côte estimée
Mosbah B. Med Saidi	47	449 000	13,5	431,5	"
Ali Bahli B. Med Salah	20	449 000	23	432	"

Tableau n° 8 : Valeurs des transmissivités déduites des essais de pompage

Dénomination	N° du puits	Transmissivité 10 ⁻⁴ m ² /s		Secteur
		Abaissement	Remontée	
Med Anwar	1	1,4	-	Brahmia
Ahmed Mahmoud	4	-	1,1	"
Ahmed Tlili	7	2,5	6	"
Ali Sayani	12	8	6	"
Ahmed عثمان	22	2,3	2	Mnasria
Ali Bahli	39	3,8	-	"
Mahmoud Ali	40	-	6	"
Med Sghaler	42	2,9	-	"
Mosbah Ouni	44	1,3	1,6	"

3-6 Rébit des puits :

Deux campagnes d'essais de pompage du type Porchet ont été réalisées sur certains puits de la région. La première s'est déroulée en Mai 1984 et la deuxième en Août 1992. Les résultats obtenus à partir de ces essais, sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau n° 9 : Essais de pompage sur les puits d'Alim Bahla

Dénomination	Numero	Date de l'essai	Rébit de pompage (l/s)	Rébit du puits (l/s)	S (m)	s spécifiques (l/s/m)
Med B. Anwar	1	8/92	3,42	3,25	9,40	0,6
Ahmed B. Mahmoud	4	"	4,2	0,8	2	0,4
Ahmed عثمان	22	"	4	2,2	1,7	1,3
Mahmoud B. Ali	40	"	4,4	0,6	3	0,2
Med Sghaler Mediri	42	"	4	2,3	2,5	0,92
Mosbah B. El Ouni	44	"	4	1,9	2,25	0,85
Ahmed B. Tlili	7	5/84	3,31	0,3	0,9	0,3
Ali B. Sayani	12	"	3,76	0,8	0,4	2
Ali El Bahli	39	5/84	2,7	0,2	0,93	0,2

Le débit de pompage a varié entre 2,5 et 4,5 l/s, les rabattements correspondant oscillent entre 0,5 et 5,5 m. Les meilleures valeurs du débit spécifique sont obtenues au niveau des puits situés à proximité des oueds Retem, Souari et Garâa.

Les valeurs du débit de nappe déterminées à partir de la méthode Forchet, varient entre 0,2 à 4,4 l/s.

Les plus fortes valeurs de ce débit sont données par des puits situés dans les secteurs de Sidi Taini, Brahmia et Haaria et à proximité des oueds.

Le débit moyen de nappe est de 1,5 l/s pour un rabattement moyen de 3 m ; soit un débit spécifique moyen de 0,75 l/s/m.

3-7 Hydrochimie des eaux :

La salinité de l'eau de la nappe d'Alim Dakhla est relativement médiocre puisqu'elle varie dans la majeure partie du bassin, entre 2 à 5 g/l. Elle dépasse même les 7 g/l dans la partie amont (Fig. n° 15).

L'écoulement général de la nappe montre une anomalie dans la minéralisation totale des eaux. Ainsi, les eaux les plus douces se rencontrent vers l'aval de la nappe. Ce phénomène semble être dû aux caractéristiques physico-chimiques du réservoir et à celles de son substratum ainsi qu'à l'effet de l'infiltration locale des eaux de crues des oueds Retem, Souari, Garâa.

Afin de mieux élucider cet aspect hydrochimique, nous avons essayé de dégager les familles ioniques et d'étudier certains rapports caractéristiques.

* Faciès chimiques de l'eau :

Les résultats des analyses chimiques des eaux d'Alim Dakhla exprimés en quantités en réaction pour cent et classés par ordre décroissant suivant les groupes d'anions et de cations, permettent d'établir les faciès chimiques suivants :

Tableau n° 16 : Faciès chimiques des eaux d'Alim Dakhla

Dénomination	N°	Formules ioniques
Hed B. Hassan	6	$SO_4 > Cl > HCO_3 - Na > Ca > Mg$
Othman B. Messoud	15	$SO_4 > Cl > HCO_3 - Na > Mg > Ca$
Ali Salah B. Salah	20	$SO_4 > Cl > HCO_3 - Na > Ca > Mg$
Ahmed B. Othman	22	$SO_4 > Cl > HCO_3 - Ca > Mg > Na$
Chikroui B. Hed	24	$SO_4 > Cl > HCO_3 - Na > Mg > Ca$
Saled B. Boucine	17	$SO_4 > Cl > HCO_3 - Na > Mg > Ca$
Bir Meker	16	$SO_4 > Cl > HCO_3 - Ca > Mg > Na$

ETUDE HYDROGÉOLOGIQUE
DES AQUIFÈRES DE LA STRUCTURE
D'ALIM DAKHLA

carte DES RESSOURCES EN

R.S. (g/l)

25

7

N° D'ordre

Courbe d'égalité salinité

limite de la carte

CARTE 1 D1 Paloua

éch: 1/25.000

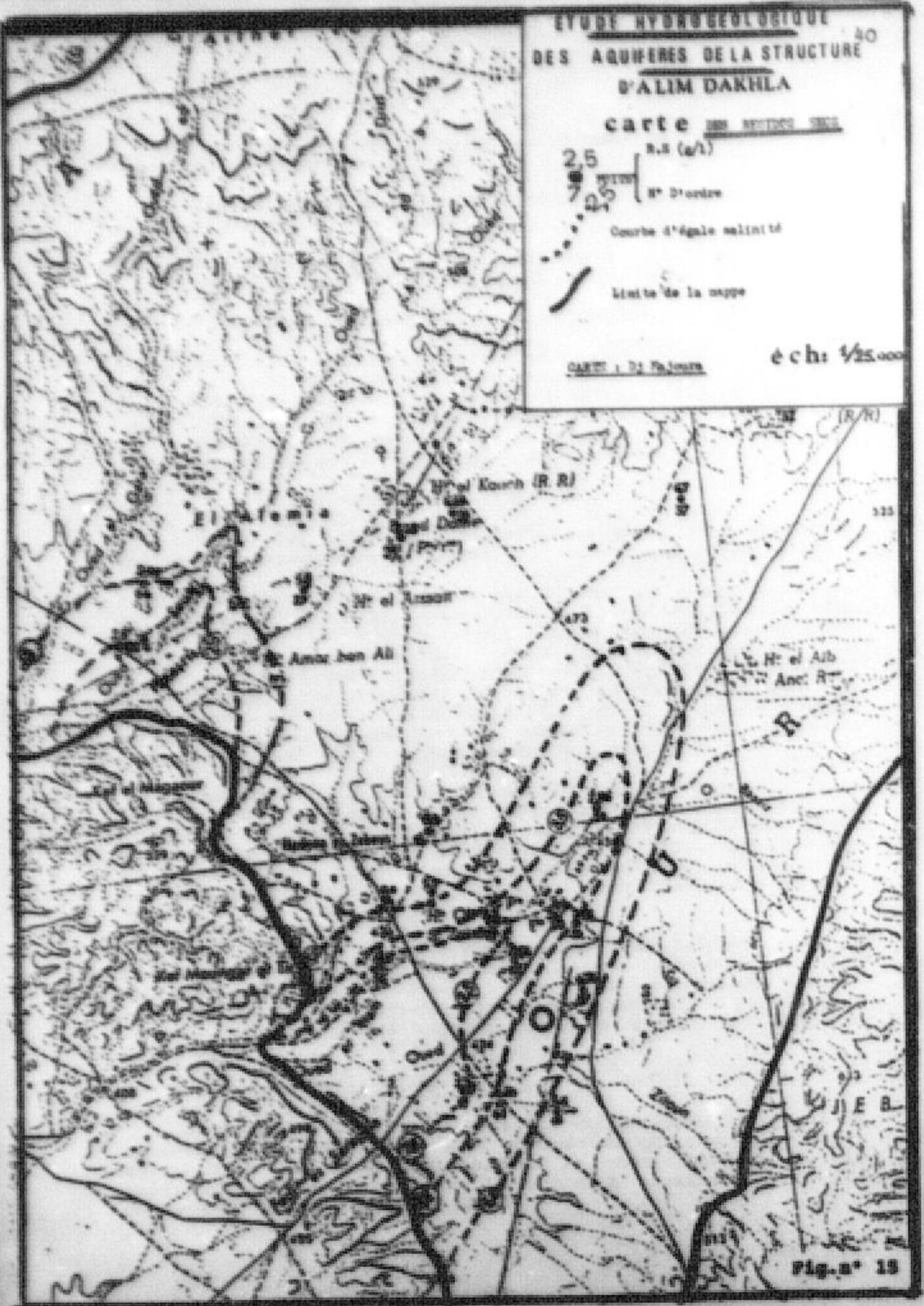


Fig. n° 19

A partir de ces faciès chimiques se dégagent les observations suivantes :

- une dominance des eaux sulfatées à l'échelle de l'ensemble de la nappe,
- un faciès chimique caractérisé par : $SO_4 < Cl < HCO_3$ et $Na < Mg < Ca$ dans le secteur amont de la nappe.

Ce phénomène serait lié à la précipitation du gypse,

- un faciès chimique caractérisé par $SO_4 < Cl < HCO_3$ et $Ca < Mg < Na$ dans la partie en aval de la nappe. Les quantités en réaction de Cl^- et Na^+ ne croissent pas et restent inférieures à 10. Les eaux sont nettement moins chargées dans cette partie qu'en amont (apports d'eau moins chargée à partir de l'infiltration).

* Rapports caractéristiques :

L'étude des rapports caractéristiques exprimés en meq/L, montre la prédominance du faciès sulfaté-sodique (Tabl. n°11).

Le rapport SO_4^{--}/Cl^- augmente d'amont en aval, alors que le résidu sec des eaux accuse une nette baisse dans le même sens. Ce rapport semble dépendre plus particulièrement de l'alimentation préférentielle dans les zones avalées. Le rapport $r_{Mg^{++}} / r_{Ca^{++}}$ présente des valeurs qui sont proches de l'unité malgré une concentration élevée en HCO_3 (5300 mg/l) au niveau des eaux de certains puits. Ce rapport augmente d'amont en aval ce qui semble résulter essentiellement du temps du contact de l'eau avec les couches géologiques.

En amont du bassin, les formations encaissantes localisées au toit de la nappe sont particulièrement marneuses et gypseuses avec des épaisseurs qui dépassent parfois les 15 m. Le temps de transfert des eaux à partir de la surface jusqu'à la nappe devient dans ce cas, relativement long. Au cours de son cheminement vers l'aval, l'eau se charge davantage en sels dissous.

Néanmoins, dans les secteurs de Hir Sidi Zaïni-Brahmia et Mnasria, la pente topographique diminue nettement et les apports des crues s'étendent sur des formations sablo-argileuses avec des niveaux grossiers relativement perméables, ce qui favorise l'infiltration locale à travers ce complexe détritique.

1-8 Exploitation de la nappe :

Le dernier réinventaire effectué en Août 1992, a permis de recenser 69 puits dont 19 sont équipés de groupes moto-pompes et 14 sont exploités par Dalous. La quasi-totalité de ces puits se situe en aval de la nappe à proximité des lits d'oueds et se caractérisent par :

- une faible profondeur du plan d'eau (N.S. \leq 25 m),
- .. une eau à salinité acceptable ($2 < R.S. < 4$ g/l).

Les prélèvements à partir de ces puits sont estimés à 190.000 m³/an correspondant ainsi, à un débit fictif continu de 6 l/s.

Tableau n° 11 : Rapports chimiques caractéristiques des eaux d'Aliz Dakhla

Rapports Caractéristiques	Puits N° 6	Puits N°15	Puits N°16	Puits N°20	Puits N°22	Puits N°26	Puits N°37	Puits N°38	Puits N°56
$\frac{SO_4}{Cl}$	1,87	1,95	2,5	3,36	9,47	3,45	2,04	2,60	2,55
$\frac{Na}{Mg}$	8,85	0,98	1,36	6,52	0,46	0,01	1,16	0,70	0,08
$\frac{Na}{Ca}$	1,68	0,78	1,88	1,15	0,16	1,69	1,23	0,50	1,16
$\frac{Mg}{Ca}$	0,07	1,5	1,43	0,17	0,97	1,08	1,05	0,71	1,37

3-9 Evaluation des ressources exploitables :

Cette évaluation ne considère comme exploitables que les ressources dynamiques. Pour cette évaluation, on adopte deux méthodes :

* Méthode des isopièzes (loi de Darcy) :

Le débit de la nappe (Q) est évalué à partir de l'écoulement transistant à travers deux sections représentées par l'isopièze 420 m dans le secteur de Mnasria.

Ce débit (Q) est traduit par la loi de Darcy :

$$Q = T.I.L.$$

avec

- T : Transmissivité m²/s
- I : Gradient hydraulique
- L : Front de nappe

Le choix de sections appropriées sur les deux isopièzes 420 et 430 m, permet d'évaluer le débit d'écoulement de la nappe à :

a) Isopièze 430 :

Isopièze	Section	L (m)	T.10 ⁻⁴ (m ² /s)	I 10 ⁻²	Q (l/s)
430	AB	1125	3,5	2	5,6
	BC	250	6	1	1,5
	CD	1375	4	1,6	8,8
430	EF	2750	3,5	5	3,4
Total					19,5

* Méthode de bilan d'infiltration :

L'infiltration jusqu'à la nappe d'une partie de la pluviométrie annuelle est estimée à partir de la formule suivante :

$$Q = (P \cdot E_c \cdot S) / t$$

- Q : Débit en (m³/s)
 P : Pluviométrie moyenne en mm
 S : Surface de l'aquifère en m²
 t : temps en seconde
 E_c : Coefficient d'infiltration

Les deux paramètres (P) et (S) sont estimés à partir des mesures. Le coefficient d'infiltration reste par contre, une inconnue qui est variable en fonction de la lithologie et du type de pluie. En se référant à la lithologie du réservoir aquifère, ce paramètre devrait être faible. En effet, la nappe est renfermée dans des calcaires tendres à grains fins admettant rarement de minces lits d'argiles. Cette composition lithologique est loin de présenter un coefficient d'infiltration proche de celui admis pour les formations cohérentes (20 à 30 %). Le coefficient d'infiltration retenu est de 5.10⁻². Ceci permet d'estimer le débit d'alimentation annuelle de la nappe à :

$$Q = (P \cdot E_c \cdot S) / t = (180 \cdot 10^{-1} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 83 \cdot 10^6 \cdot 10^3) / (3,157 \cdot 10^7) = 23,61/s$$

$$Q = 23,6 \text{ l/s}$$

Les deux méthodes adoptées pour l'estimation des ressources renouvelables de la nappe, donnent des valeurs qui sont comparables. Il en résulte que la valeur de ces ressources est de l'ordre de 20 l/s.

L'exploitation actuelle étant de 6 l/s, elle laisse ainsi une disponibilité de 14 l/s dont le prélèvement peut être fait à partir de 14 à 20 puits moyennant un débit unitaire de nappe qui est de 0,7 à 1 l/s.

Une telle exploitation n'est réalisable avec un débit de pompage variant entre 2,5 à 4 l/s que dans les zones où la profondeur du plan d'eau est inférieure à 30 m/TE . De telles zones apparaissent dans les secteurs de Sidi Zaïni-Brahmia (bassin d'Oued Retas) et de Mnasria (bassin d'Oued Defla). Les sites favorables au creusage de tels puits devraient être choisis à proximité des lits des oueds. L'approfondissement des puits au delà du sur de l'aquifère, est de nature à entraîner la contamination des eaux de la nappe avec des eaux chargées en sels qui se localisent dans les alternances sous-jacentes.

CONCLUSION GENERALE

La région d'Ain Bahla située sur la bordure septentrionale du bassin versant de Gafsa Nord, correspond à une petite cuvette dont la configuration est largement influencée par la tectonique. La formation Lebbaq est la plus étendue en affleurement dans cette région. Sa partie supérieure essentiellement calcaire, y est érodée. Le remplissage plio-quadernaire d'une épaisseur réduite s'est déposé en discordance sur les différentes séries du Lebbaq moyen. De ce fait, les formations susceptibles d'être aquifères sont soit réduites, soit de mauvaises caractéristiques hydrogéologiques. On y distingue les nappes suivantes :

1) La nappe phréatique :

Cette nappe est renfermée dans un petit niveau calcaire (5 m) du Lebbaq moyen qui est en continuité hydraulique par endroits, avec les alluvions.

L'alimentation de cette nappe se fait par les apports des crues des oueds Reten et Deffa. La profondeur du plan d'eau variant entre 5 m en aval et 35 m en amont, fait que le nombre de puits qui l'exploitent est plus dense là où elle est à faible profondeur. La qualité chimique moyenne de son eau est de 2 à 3 g/l. Les débits de pompage ont varié entre 2,5 et 4,5 l/s. A la lumière des données piézométriques et hydrochimiques, se dégagent deux secteurs favorables à l'exploitation de cette nappe qui sont Sidi Zaïni-Brahmia et Mnasria.

Avec des ressources exploitables qui sont de l'ordre de 20 l/s, cette nappe n'est actuellement exploitée qu'à raison de 6 l/s, ce qui laisse une disponibilité de l'ordre de 14 l/s de telles ressources permettent la création de 20 nouveaux puits.

2) Nappe du Lebbaq inférieur :

Cette unité reconnue par forages, s'avère renfermée dans des séries calcaires et dolomitiques dont la profondeur moyenne est de 300 m. La nappe qui y est logée se caractérise par un niveau piézométrique profonde (plus de 100 m) et une salinité de l'eau de l'ordre de 3 g/l. L'exploitation de cet aquifère est à envisager dans le cadre de l'alimentation en eau potable et l'arrosage d'appoint des arborico-cultures.

3) Aquifères du Crétacé inférieur :

Les aquifères du Crétacé inférieur susceptibles d'être exploités par sondages sont renfermés soit dans les sables de Sidi Aïch, soit dans les sables de Ben Mâsar. Sous Ain Bahla, le toit de Sidi Aïch se situe à -400 m.

Dans les régions limitrophes, les sables de Bou Dinar ont été captés par forages à Souinia à l'Ouest et à Kharrouba à l'Est. Le niveau hydrostatique de l'aquifère des sables de Bou Dinar serait à Atim Dakhla à plus de 100 m de profondeur. Il est fort probable que la salinité de l'eau y dépasse les 3g/l. Seul un sondage de reconnaissance permettrait dans cette zone de préciser les possibilités de cette nappe. La profondeur prévisionnelle d'un tel forage, serait de 1500 m. Le site proposé répondrait aux coordonnées géographiques suivantes (Carte Sened au 1/100.000) :

X = 38G 49' 25"
Y = 7G 58' 30"
Z = 490 m

L. MOURI

BIBLIOGRAPHIE

P.F. BUNELLET, 1954 : Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie Centrale.

H. GARRAS, 1967 : Etude pédologique de la zone locale de Gafsa Maknassy.

H. FERRAT, 1978 : Contribution à l'étude hydrogéologique de la cuvette de Maknassy.

A. AÏDOU, 1988 : Reconnaissance du crétacé inférieur dans la région de Sened en Tunisie Centrale.

H. FERRAT, L. MOUNI, A. SEHLI, 1987 : Note sur le forage de Souinia CI N° 19319/5

H. FERRAT, A. MEHASSI, 1988 : Compte rendu de fin de travaux de forage :

- Majoura N° 19553
- Badadia N° 19552/5
- Alim N° 19463/5

A. MAMOU, 1989 : La reconnaissance hydrogéologique de la nappe du Crétacé inférieur dans la région d'el Guettar-Gafsa.

L. MOUNI, H. FERRAT, 1989 : Etude hydrogéologique du bassin de Gafsa Nord.

ANNEXES

- 1- INVENTAIRE DES POINTS D'EAU
- 2- RESEAU DE SURVEILLANCE
- 3- RESULTATS D'ANALYSES
- 4- ESSAIS PORCNET (de A.4 à A.19)
- 5- COUPES DES FORAGES (de A.20 à A.22)

Annex 2

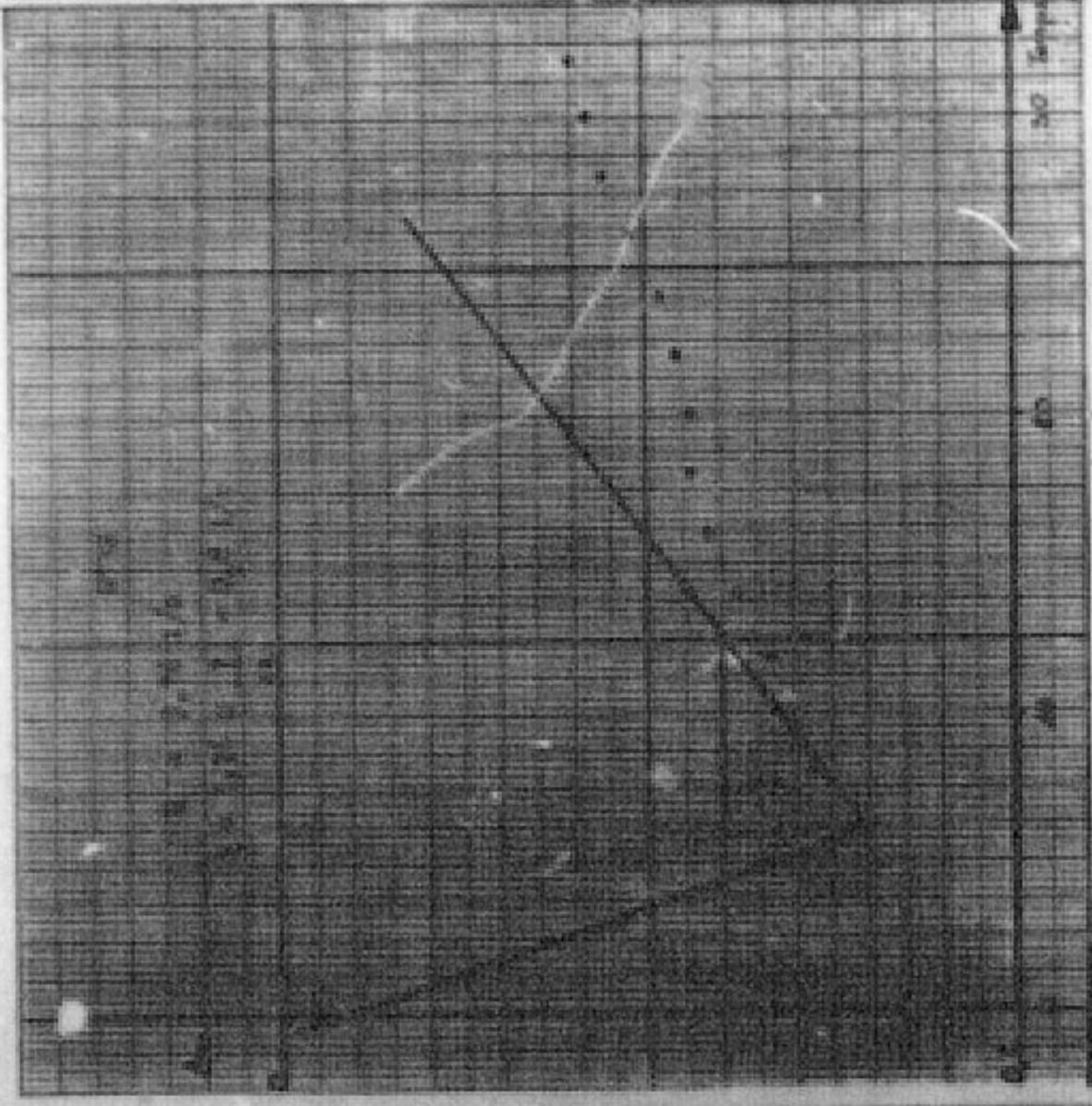
No Project	Description	No Unit	Section	Budget (a)					
				1966	1967	1968	1969	1970	1971
1	Med & Amer & Hassan	1	Research	20	26,05	27,0		27,10	22,60
2	Researcher & Ali	2	"	25		26,9		25,2	
3	Samir & Ali & Ahmed	3	"	25,3	26,8	28		25,1	
4	Ahmed & Mahmoud & Salah	4	"	18,5	17,8	15,5		14,7	14,00
5	Hassan & Aguti & Hassan	5	"	18	18	15,10		13,9	
6	Med & Hassan & Is'ed	6	"	16,95	17,5	17,0		15,5	14,10
7	Ahmed & Hili & Hissam	7	"	10,9	20,4	18,10		15,5	1
8	Med & Ali & Elmasri	8	"	9	Compl'd	comple	comple	comple	
9	Amer & Salem & Farah	9	"	38		45,3			
10	Lashar & Med Touni	10	"	22	21,8	26,5	See		
11	Amer & Abdallah & Ali	11	"	19,4	17,4	18		16,8	
12	Ali & Hupant	12	"	21,8	20,35	22		20,9	
13	Med & Ahmed & Salah	13	"	21,2		18,3		17,1	
14	Salah & Ali & Ahmed	14	"		19,9	19,25		19,5	
15	Med Lashar & Farah	15	"	21,5	23,25	22,5	22,25	22,4	19,70
16	Othman & Mahmoud	16	"	28,6	29,5	28,5	29,00	28,7	27,30
19	Dir Sidr Hupant	19	"	25,3	20,4	25		24,7	17,3
20	Ali Salah & Med Salah	20	"	26,4	27,35	25,7	29,57	28,0	
21	Lashar & Ali & Elmasri	21	"	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	
22	Ahmed & Othman & Med	22	Research	15,1	15,6	15,5		14,22	14,60
23	Salah & Haddad	23	"	25,6	25,8	22,6		16,5	
25	Dir Ednan	25	"	25,4	24,4	29	29,35	27,9	
26	Chairman & Med Hadd	26	"	29,5	29,5	29		27,5	
27	Dir Ghalib	27	"	29,4	-	-	-	Compl'd	
32	Dir Hameida	32	"	36,65	37,08				
37	Is'ed & Houssein & Hassan	37	"		45,6			45,9	42,70
38	Dir el Fakhri	38	Research	20,9	25,5	18		18,3	
39	Ali el Haddi & Med Akromi	39	"	26,95	26,9	25		23,8	
40	Fahmoud & Ali & Othman	40	"	25	23,8	25,8	25,05	24,2	19,70
41	Medj Salah & Hassan	41	"	29,4	28,9	29,5		28,5	
44	Dir Brian 1	44	Dir Brian	3,6	4,3	4,05		3,7	
45	Dir Brian 2	45	"	3,3	4,0	3,9	4,35	3,8	
46	Le'fa & Hassan & Med	46	Research	4,0	5,4			6,5	
48	Med Lashar & Housli	48	"	6,5	4,8	7,5		8	
49	Dir Fay el Hassan	49	"	25,01	25,95	37	26,4	31,5	
50	Line & el Haddi & Med		"						
51	Med & Abdallah Turki	51	Dir Brian		8,0			7,0	
52	Med & Mahmoud & Salah	52	Research		23,7	25	-	23,4	
56	Farhat & Houssein & Salah	56	"		17,2	16,95	16,8	16,8	14,15
57	Amer & Houssein	57	"						
58	Ahmed & Ali & Ahmed Larka	58	"		24,7	29,5		27,3	
62	Med Ghalib & Haddad	62	Research		18,46		18,4	16,3	17,5
68	Husain & El Gadi	68	"			18,8		13,7	16,85
67	Research & Med Is'ed	67	"					15,5	
68	Research & Hassan & Ghalib	68	"					21,5	

IDENTIFICATION	N° I.L.B	DATE Prod	Co	Pg	RE CLASSE				C1	B203	B.B	P.B	Comd	OBT (MONT. P.C.T.)
					Ma	C. A	CO1	P.C/1						
Fad b Ammar	1					1650	362,5	54		3,355	8,20		MO= 4,4 MO= 14	
Abmed b Fakhroud	4					233,23	200,0	39		2,079	8,30		MO= 4,9 MO= 7,	
Mad b Ezzaman b SaYed	6	18/5/04	674	2		25,0	994	31		5940	11,5			
"	6	25/9/92	470	48		134,2	976,3	91,5		5620	7,6	5,47		
Amor Abdallah A11	11	18/5/04	448	475		1300	4385	268		8400	7,95			
A11 b SaYed	12	17/5/04	320	217		449	476	215		3960	7,95			
Fahab b A11	14	"	440	180		333	320	231		3760	7,8.			
harfar b Farah	15	25/9/92	250	120		225,4	305,3	285,7		2000	7,8	2,7		
Othman b Housseoud	16		356	308		750	701	231		5600	7,95			
"	16	25/9/92	372	307,2		605	701	396,5		6230	7,8	6,1		
Mir B111 Zafani	19	14/4/04	208	215		353	114	366		2660	7,7	2,7		
"	19	3/5/92	250	120		25,4	335,3	206,7		2000	7,0			
11 Snlah Jed Galah	20	13/5/04	348	37		462	255	46		2860	8,5			
Abmed b Othman Fed	22	16/5/04	576	122		103	144	135		3400	7,6			
"	22	"	216,70	4,50		111,5	207,5			2,514	8,25		MO= 2,95 MO= 11,	
Mir Ed Dem	25	16/5/04	200	198		427	533	261		3260	7,9			
Dushim Fed Safdi	26	"	456	374		803	781	169		6860	8,0			
Mir Ed Daffa	32	18/5/04	162	89		101	71	538		1140	8,05			

FD-101 (Rev. 11-1-58)

Appendix 4

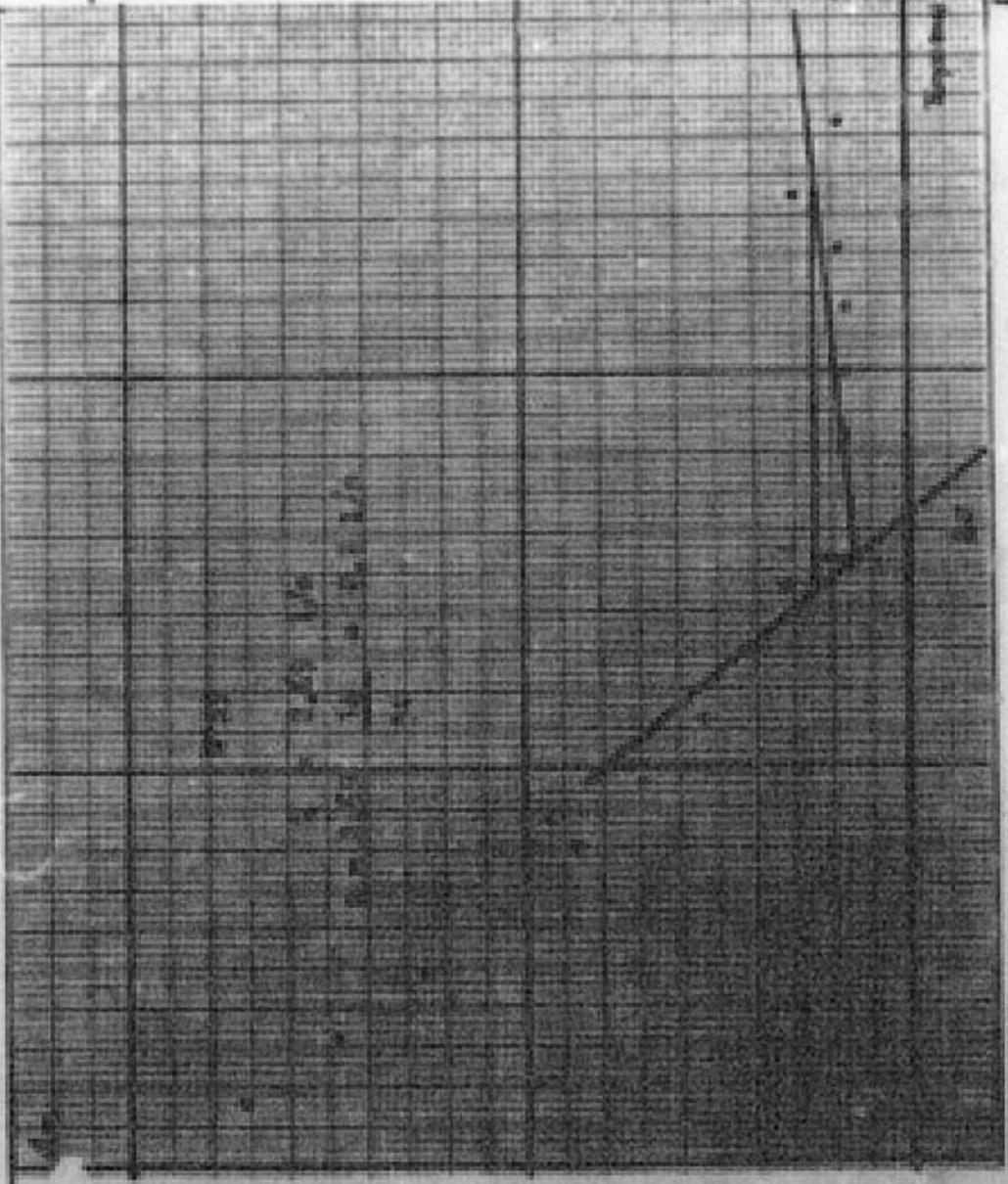
ADJUSTMENT				RESULTS	
DATE	TURNS (n)	RAJAY (m)	DIFFERS (1/m)	TURNS (n)	RESULT VALUE
20/5/65	60	00	00	60	0,40
	120	0,15	3,76	120	0,36
	240	0,30	"	240	0,34
	360	0,40		360	0,33
				480	0,31
				600	0,29
				720	0,28
				840	0,28
				960	0,27
				1080	0,26
				1200	0,24
				1320	0,22
				1440	0,21
				1560	0,20
				1680	0,19
				1800	0,18
				1920	0,17
				2040	0,16
				2160	0,16
				2280	0,15
				2400	0,15
				2520	0,15

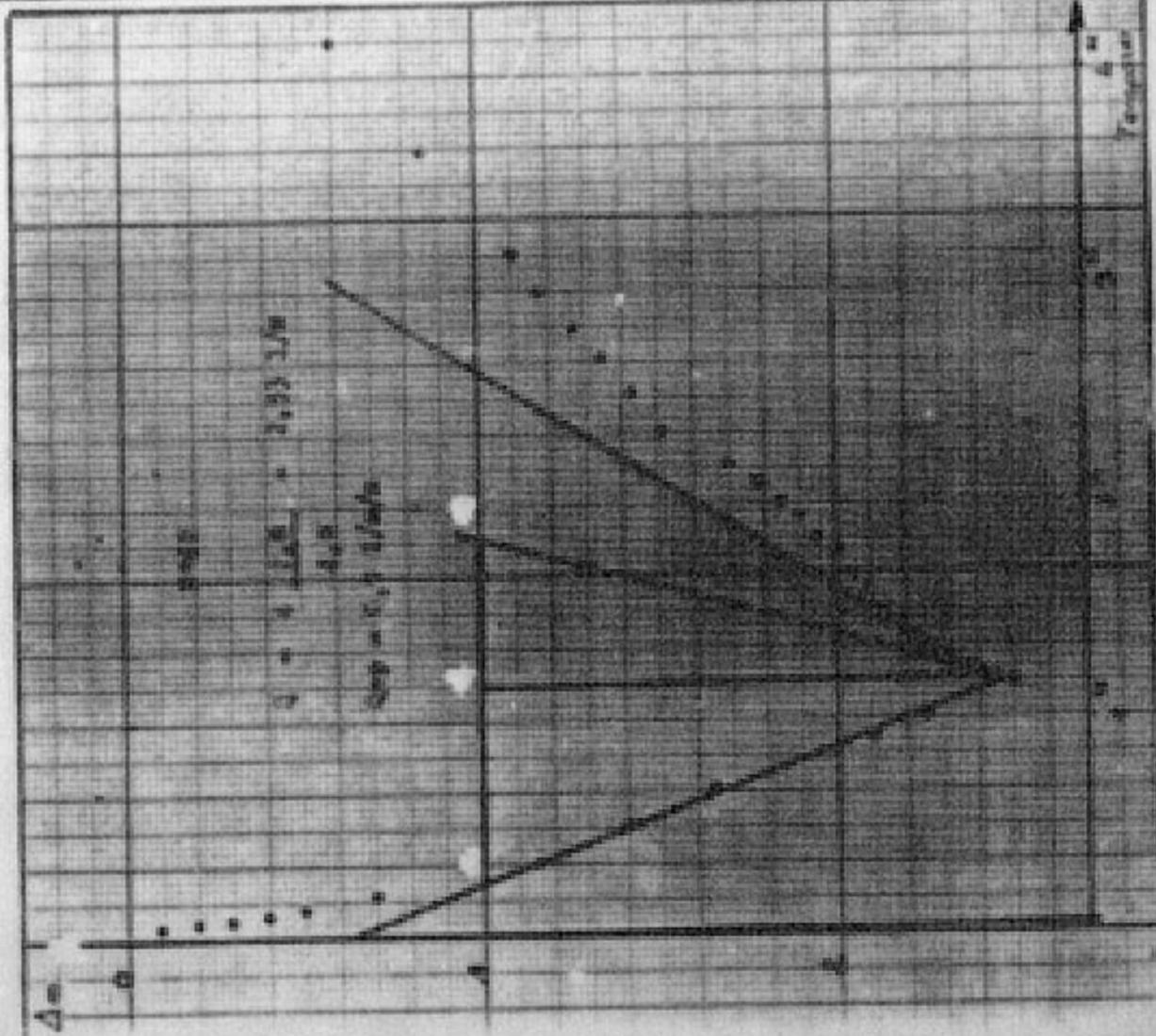


70

Annexe 1 5

AMALGAMÉMENT					REINJECTION		
DATE	TZPTS (s)	RABAT (m)	DEBITS (1/s)	TZPTS (s)	REINJECTION	$\frac{T}{t^2} + 1$	
28/5/64	000	0,000		000	0,93		
	120	0,14	2,69	120	0,92	6,75	
	240	0,26	"	240	0,92	5,16	
	360	0,37	"	360	0,92	4,37	
	480	0,47	"	480	0,91	3,9	
	600	0,56	"	600			
	720	0,65	"	640	0,91	3,35	
	840	0,73	"				
	960	0,80	"	1080	0,91	3,05	
	1080	0,87	"	1140	0,91	2,79	
	1140	0,93	"	1800	0,91	2,63	
				2100	0,90	2,54	
				2400	0,90	2,47	
				2700	0,90	2,42	
				3000	0,90	2,38	
				3300	0,90	2,34	
				3600	0,90	2,31	





AMALSSCHRIJF				RECHTTOEGE		
DATE	TUFS (s)	BABIT (s)	DEBITS (1/s)	TUFS (s)	RECHTTOEGE	$\frac{T}{t} + 1$
5/8/92	000	000		000	2,50	72
	60	0,10		60	2,45	57
	120	0,20		120	2,40	53,3
	180	0,30		180	2,35	19,5
	240	0,40	4 1/8	240	2,30	16,0
	300	0,50	"	300	2,25	9,0
	600	0,70	"	600	2,20	6,66
	900	0,90	"	900	2,15	5,50
	1200	1,15	"	1200	2,10	4,80
	1500	1,30	"	1500	2,05	4,33
	1800	1,40	"	1800	2,00	4,00
	2100	1,52	"	2100	1,95	3,75
	2400	1,65	"	2400	1,90	3,55
	2700	1,80	"	2700	1,84	3,40
	3000	1,95	"	3000	1,78	3,27
	3300	2,10	"	3300	1,70	3,16
	3600	2,25	"	3600	1,50	3,00
	4200	2,50	"	4200	1,44	2,87
				4800	1,35	2,77
				5400	1,25	2,70
				6000	1,18	2,63
				7200	1,1	2,58
				9000	0,85	2,46
				10800	0,60	2,38
				12600	0,35	2,33
				14400	0,15	2,29
				15750	000	2,26



SUITE EN

F 2



MICROFICHE N°

07983

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

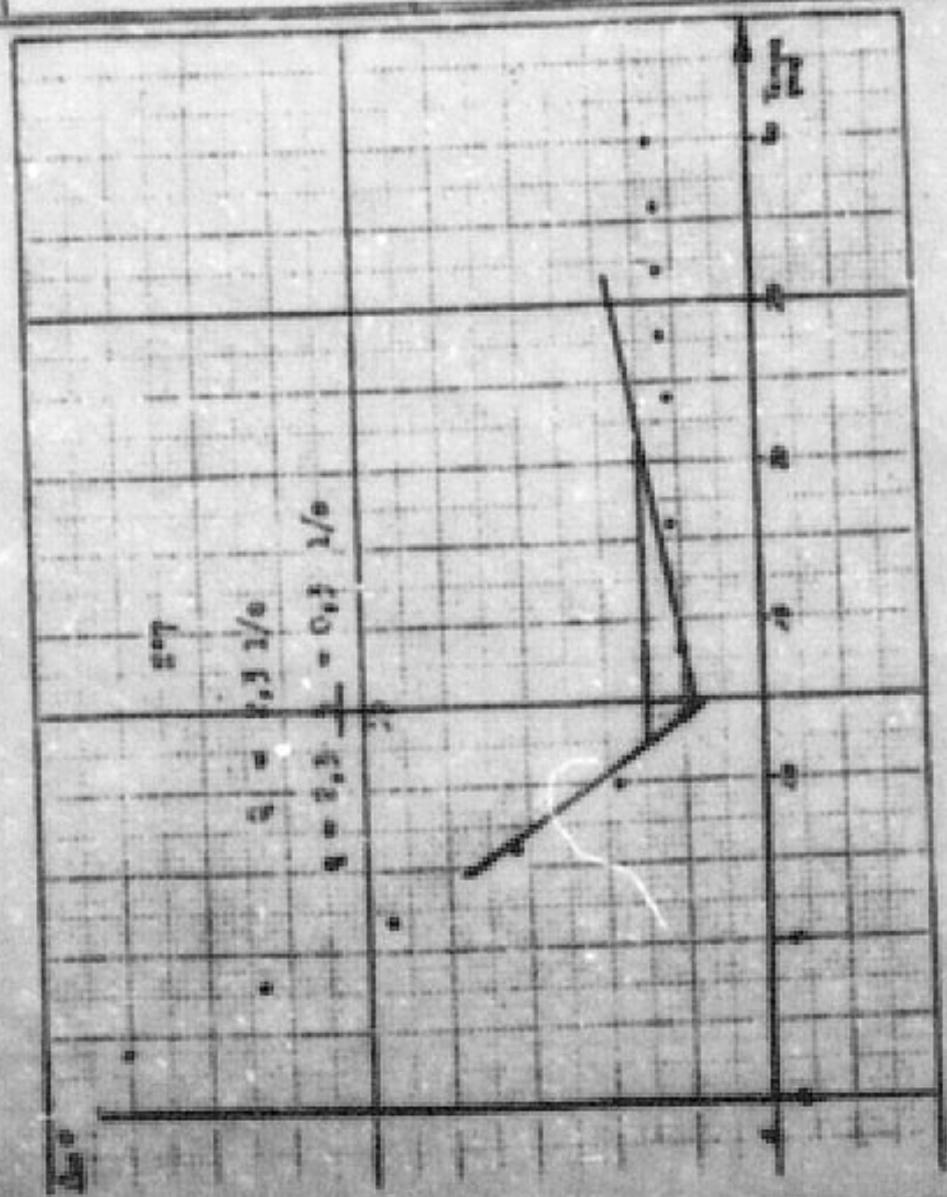
الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 2

20/5/04

Annex 17



ALIGNMENT				REQUIRE	
DATE	TIME (s)	DEPTH (m)	DIGITS (1/m)	TIME (s)	REQUIRE
20/5/04	00	0.20	2.31	00	0.9
	120	0.37		120	0.9
	240	0.53		240	0.9
	360	0.68		360	0.89
	480	0.81		480	"
	600	0.90		600	"
	720			720	0.88
	840			840	"
	960			960	"
	1080			1080	0.87
	1200			1200	"
	1500			1500	0.86
	1800			1800	"
	2100			2100	0.85
	2400			2400	0.85
	2700			2700	0.84
	3000			3000	0.84
	3300			3300	0.83
	3600			3600	0.82



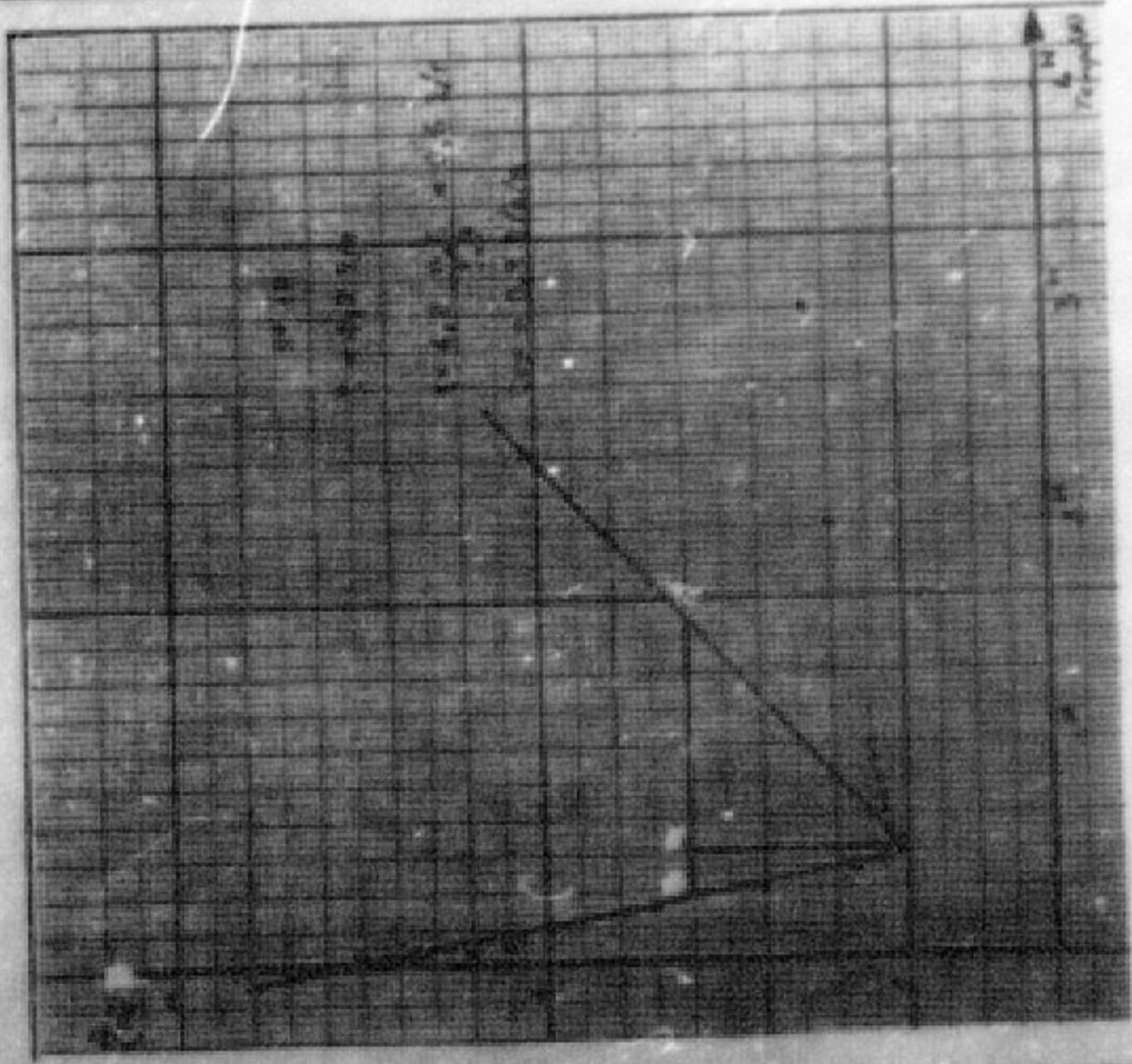
AMISSEMENT

REMARKS

DATE	AMISSEMENT			REMARKS		
	TURNS (n)	PABIT (m)	DIBITS (1/n)	TURNS (n)	REMARK- TIME	$\frac{T}{U} \pm 1$
1/8/92	00	00		000	5,6	162
	60	0,15		60	5,4	92
	120	0,30		120	5,3	62
	180	0,45		180	5,2	48
	240	0,65		240	5,1	38
	300	0,90		300	5,0	28
	600	1,10		600	4,8	20
	900	1,35		900	4,4	14
	1200	1,60		1200	4,2	11
	1500	1,90		1500	3,8	9,2
	1800	2,20		1800	3,5	8,0
	2100	2,45		2100	3,3	7,14
	2400	2,65		2400	3,15	6,50
	2700	2,85		2700	3,0	6,0
	3000	3,00		3000	2,70	6,60
	3300	3,20		3300	2,55	5,27
	3600	3,45		3600	2,30	5,0
	4200	3,70		4200	1,90	4,37
	4800	3,85		4800	1,65	4,25
	5400	3,95		5400	1,30	4,0
	6000	4,20		6000	1,00	3,80
	6600	4,40		6600	0,65	3,63
	7200	4,65	3,42	7200	0,40	3,50
	8100	5,00	"	8100	0,20	3,33
	9000	5,32	"	9000	0,10	3,20
	9900	5,50	"	10800	0,05	3,00
	10800	5,60	"	14400	0,00	2,75

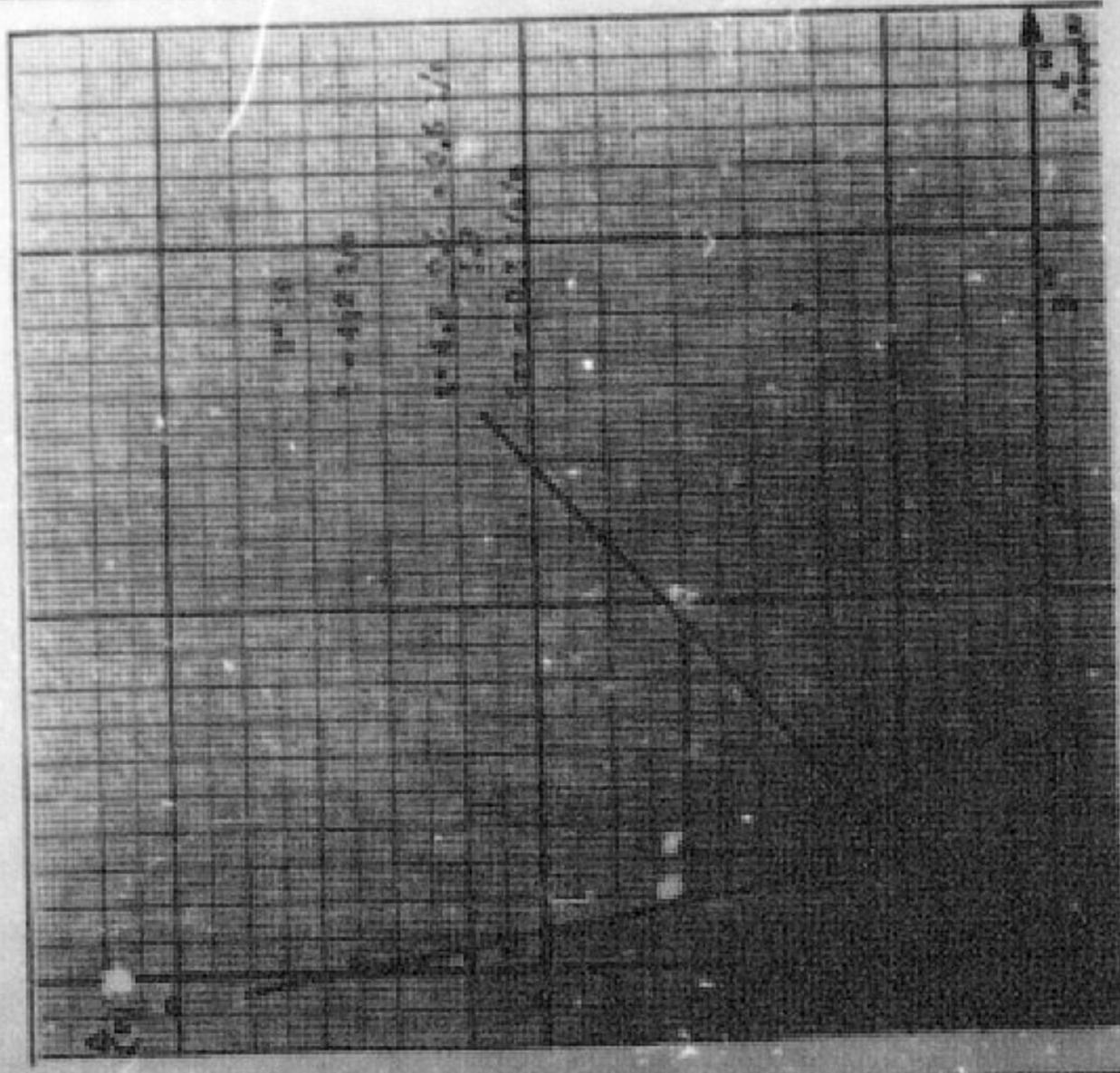

 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

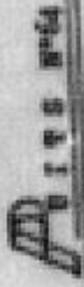
ADMISSEMENT					RECOUVRE	
DATE	T. L. P. B. (m)	RAJANT (m)	RAJANTS (1/m)	T. L. P. B. (m)	RECH. TRES	$\frac{P}{L} \pm 1$
5/8/92	000	000		000	3,00	100
	60	0,10		60	2,90	92
	120	0,25		120	2,85	62
	180	0,35		180	2,75	41
	240	0,50		240	2,70	32
	300	0,55		300	2,65	20
	600	0,65	4,4 1/m	600	2,55	14
	900	0,75		900	2,46	11
	1200	0,85		1200	2,30	9,2
	1500	0,90		1500	2,10	8,0
	1800	0,95		1800	1,90	6,5
	2100	1,00		2400	1,75	5,60
	2400	1,10		3000	1,40	5,0
	3600	1,15		3600	1,30	4,4
	4200	1,20		4500	1,20	4,0
	4800	1,25		5400	1,10	3,7
	5400	1,40		6300	1,00	3,5
	6000	1,60		7200	1,00	3,0
	6600	1,80		10800	0,90	
	7200	2,00		9/8/92		
	8100	2,25		000		
	9000	2,50		00		
	9900	2,80				
	10800	3,00				



DATE N° 10

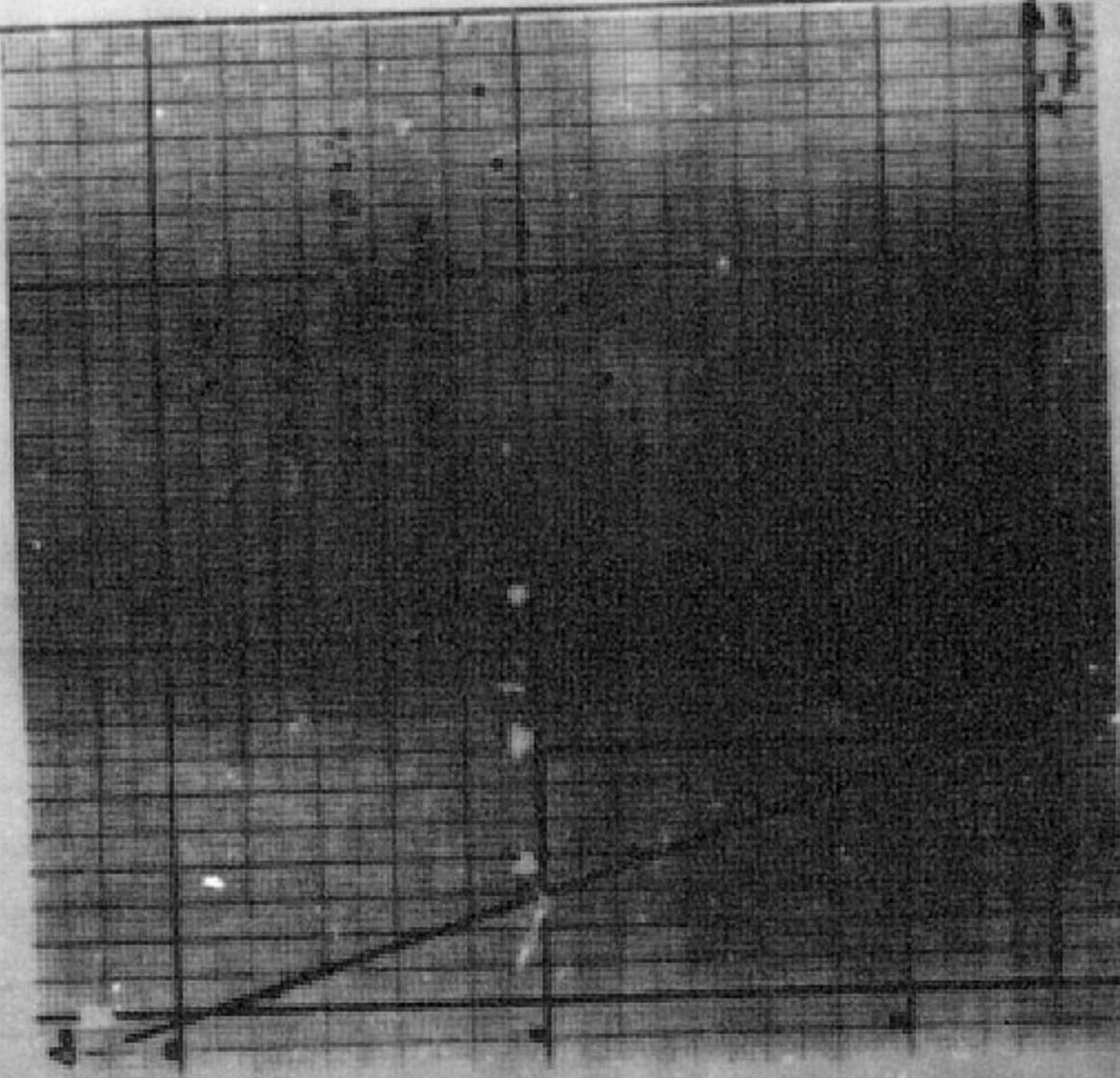
AMASSEMENT				REGOUTTE	
DATE	TUFS (n)	HABIT (m)	DEBITS (l/m)	TUFS (n)	REGOUTTE
5/8/92	000	0,00		000	3,00
	60	0,10		60	2,90
	120	0,25		120	2,85
	180	0,35		180	2,75
	240	0,50		240	2,70
	300	0,55		300	2,65
	600	0,65	4,4 l/m	600	2,55
	900	0,75		900	2,46
	1200	0,85		1200	2,30
	1500	0,90		1500	2,10
	1800	0,95		1800	1,90
	2100	1,00		2400	1,75
	2400	1,10		3000	1,60
	3600	1,15		3600	1,40
	4200	1,20		4500	1,30
	4800	1,25		5400	1,20
	5400	1,40		6300	1,10
	6000	1,60		7200	1,00
	6600	1,80		10800	0,90
	7200	2,00		9/8/92	
	8100	2,25		000	
	9000	2,50		950	
	9500	2,80		64800	
	10800	3,00			2,16



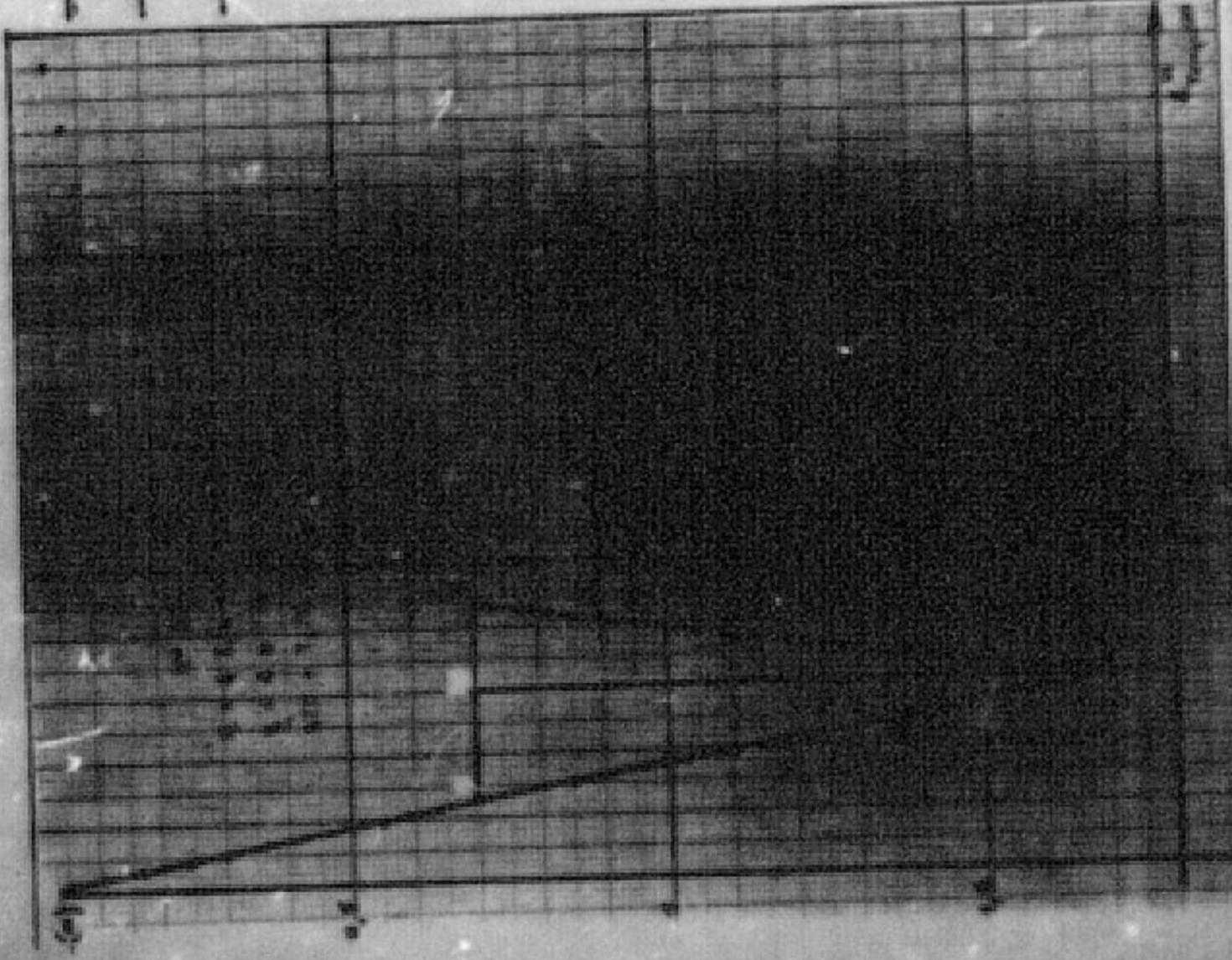


U.S. NAVY

ANNEX 1 16



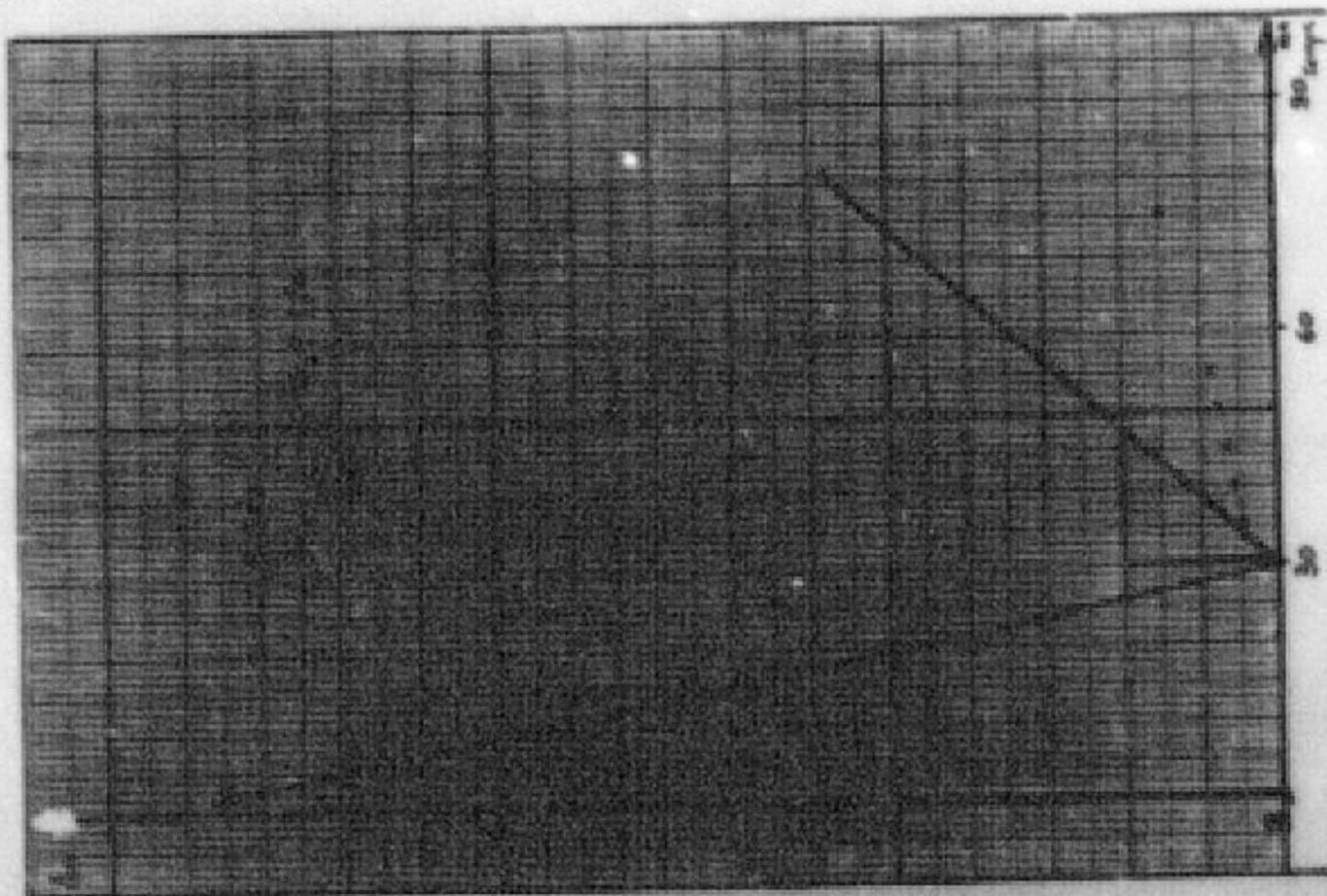
ASPIRATION					REQUIREMENTS	
DATE	TRIPS (a)	RAMPT (a)	RENTS (1/a)	TRIPS (a)	RENTS-YEAR	$\frac{R}{Y}$
7/8/92	00	0,00	-	00	2,25	37
	60	0,15	4	60	2,20	19,3
	120	0,25	-	120	2,15	12,6
	180	0,30	-	180	2,07	10,75
	240	0,35	-	240	1,95	9,5
	300	0,40	-	300	1,85	5,3
	600	0,65	-	600	1,75	4,33
	900	0,95	-	900	1,65	3,75
	1200	1,25	-	1200	1,57	3,40
	1500	1,55	-	1500	1,50	3,16
	1800	1,95	-	1800	1,41	3,0
	2100	2,25	4	2100	1,32	2,87
				2400	1,27	2,77
				2700	1,22	2,70
				3000	1,17	2,63
				3500	1,10	2,50
				4200	1,01	2,50
				4800	0,95	2,42
				5400	0,90	2,38
				6000	0,85	2,35
				6600	0,80	2,31
				7200	0,75	2,27
				8100	0,65	2,25
				9000	0,55	2,23
				10,800	0,35	2,19
				12,600	0,15	2,16
				14,400	0,05	2,14
				15,300	0,00	2,13



L'AMALGAMÉ				RECOSTAGE		
DATE	TIEMPS (s)	HAUTEUR (m)	INCRITS (1/s)	TIEMPS (s)	DEVIATION (mm)	$\frac{1}{T} + 1$
6/10/92	00	00		00	1,70	32
	60	0,05	4 1/a	60	1,60	18
	120	0,10	-	120	1,50	12
	180	0,17	-	180	1,40	9,5
	240	0,24	-	240	1,30	9,0
	300	0,30	-	300	1,20	6,0
	600	0,55	-	600	1,25	5,0
	900	0,65	-	900	0,90	5,5
	1200	1,10	-	1200	0,75	3,2
	1500	1,43	-	1500	0,65	3,0
	1800	1,70	-	1800	0,55	2,85
				2100	0,45	2,75
				2400	0,37	2,65
				2700	0,30	2,60
				3000	0,20	2,54
				3300	0,18	2,50
				3600	0,16	2,42
				4200	0,12	2,37
				4800	0,10	2,35
				5400	0,07	2,30
				6000	0,05	2,27
				6600	0,04	2,25
				7200	0,03	2,20
				9000	0,00	

FD-100 (Rev. 11-1-68)

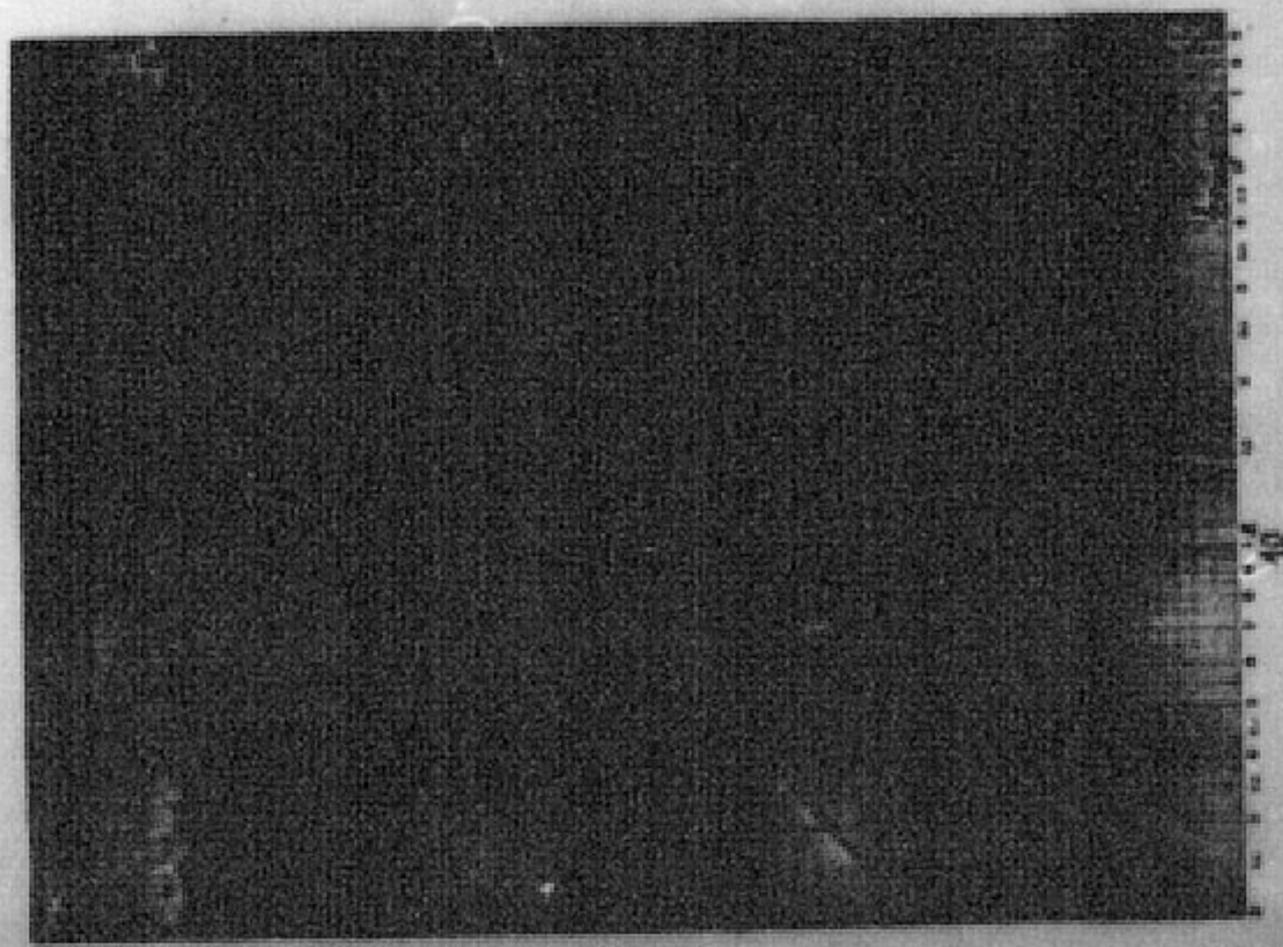
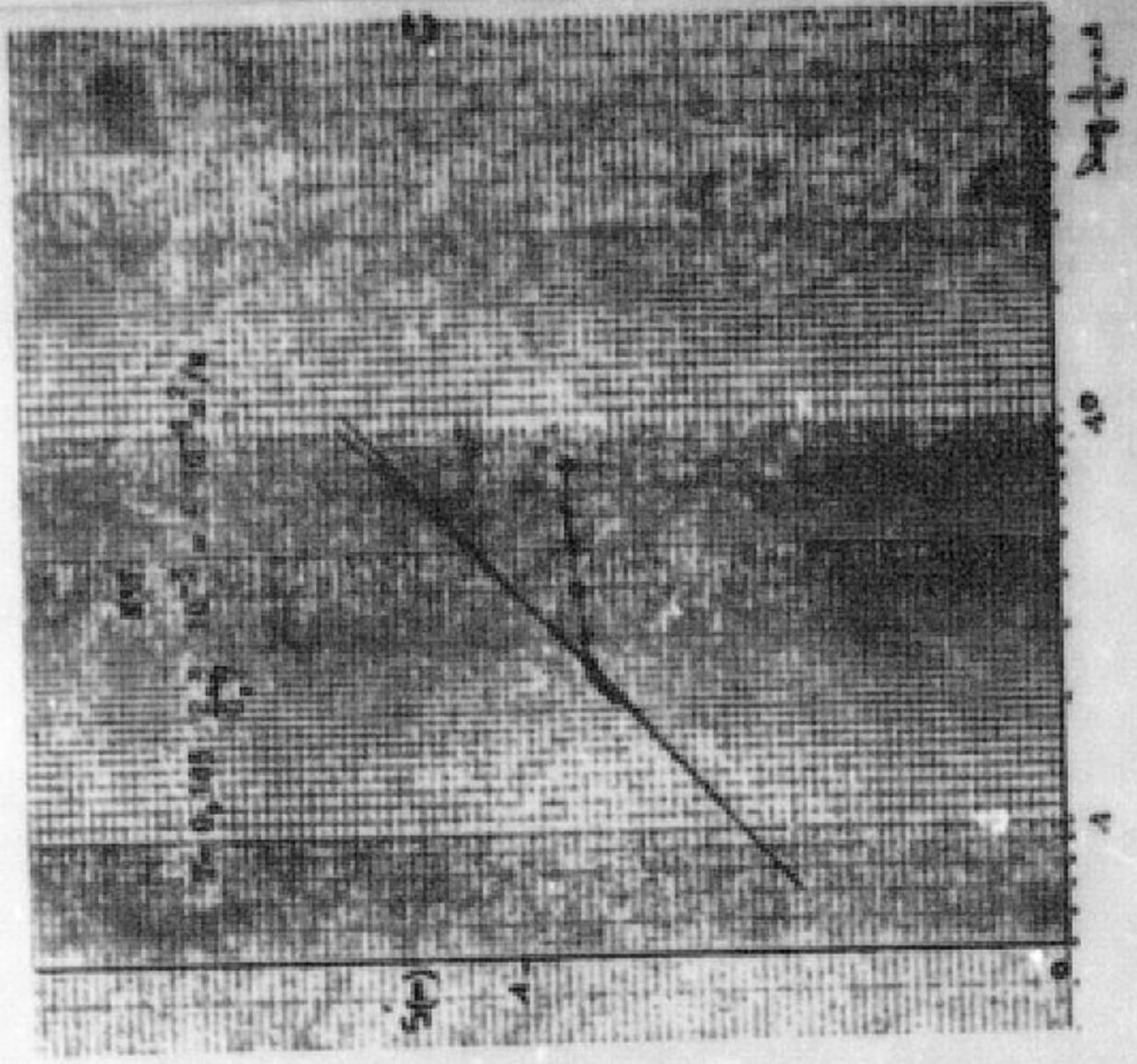
Appendix 12



DATE	ABSORBANCE				RECOVERY		
	TIME (s)	RADAT (m)	DEBITS (1/s)	TIME (s)	RECOVERY (%)	$\frac{T}{T_0} + 1$	
4/8/92	000	000	4.8	000	2.00	32	
	60	0.30		60	1.98	18	
	120	0.50		120	1.97	12	
	180	0.65		180	1.96	9.5	
	240	0.80		140	1.95	9.0	
	300	0.90		200	1.95	6.0	
	600	1.05		600	1.94	5.0	
	900	1.30		900	1.93	3.5	
	1200	1.60		1200	1.92	3.20	
	1500	1.85		1500	1.91	3.00	
	1800	2.00		1800	1.90	2.50	
				3600	1.85	2.35	
				5400	1.80	2.20	
				9000	1.75	2.10	
				18000	1.60	2.01	
			97200	0.70			

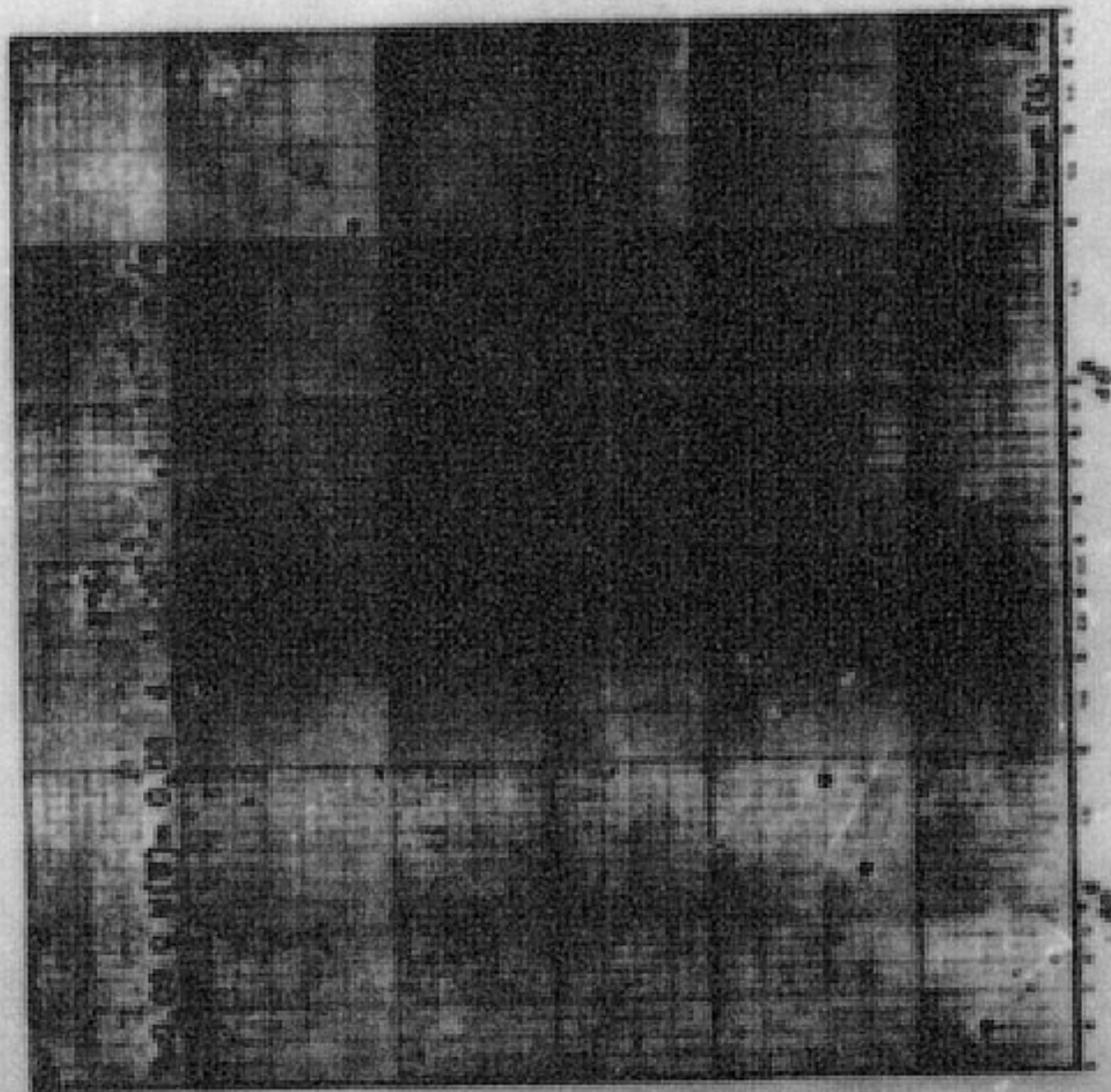
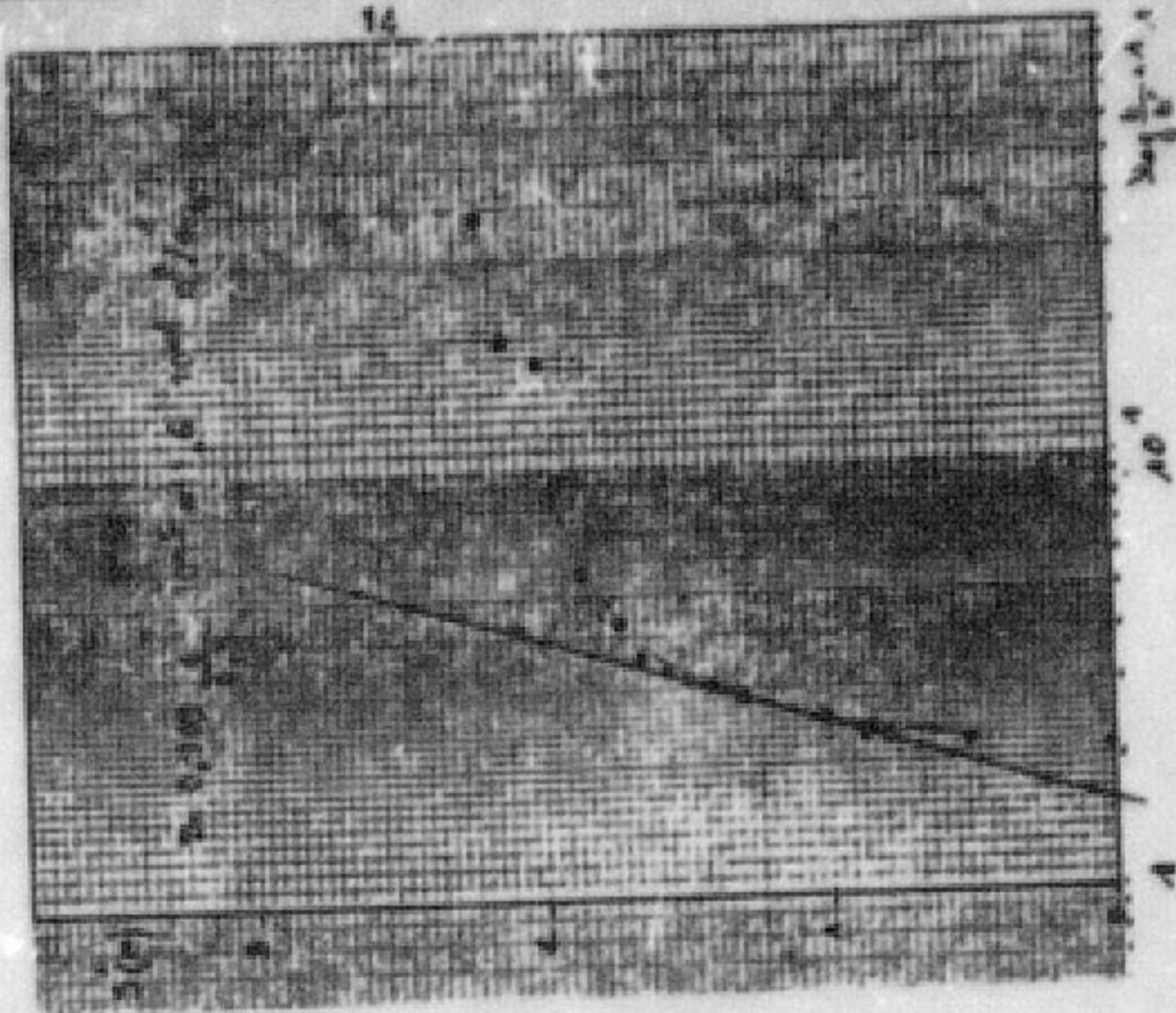
AD "TIT" 1107

Annexo 13



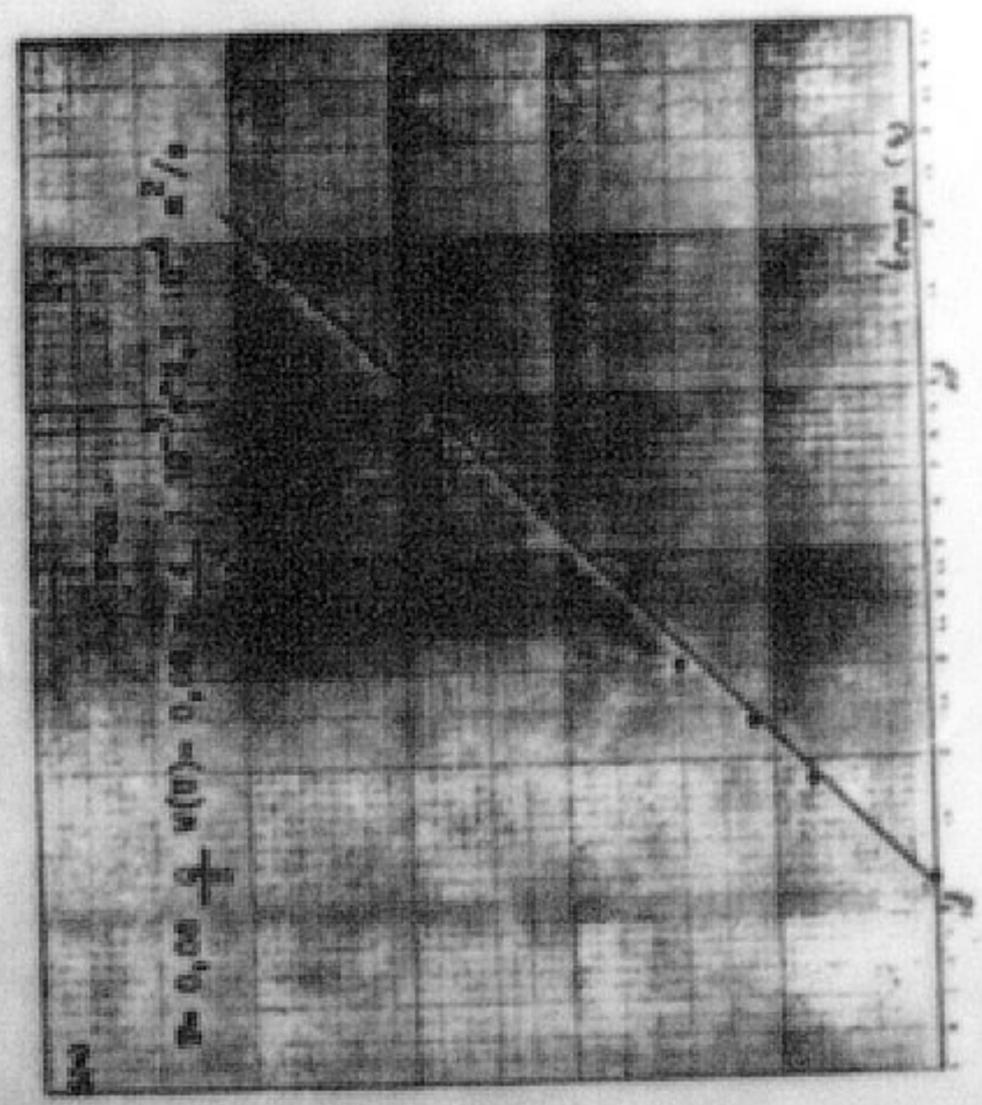
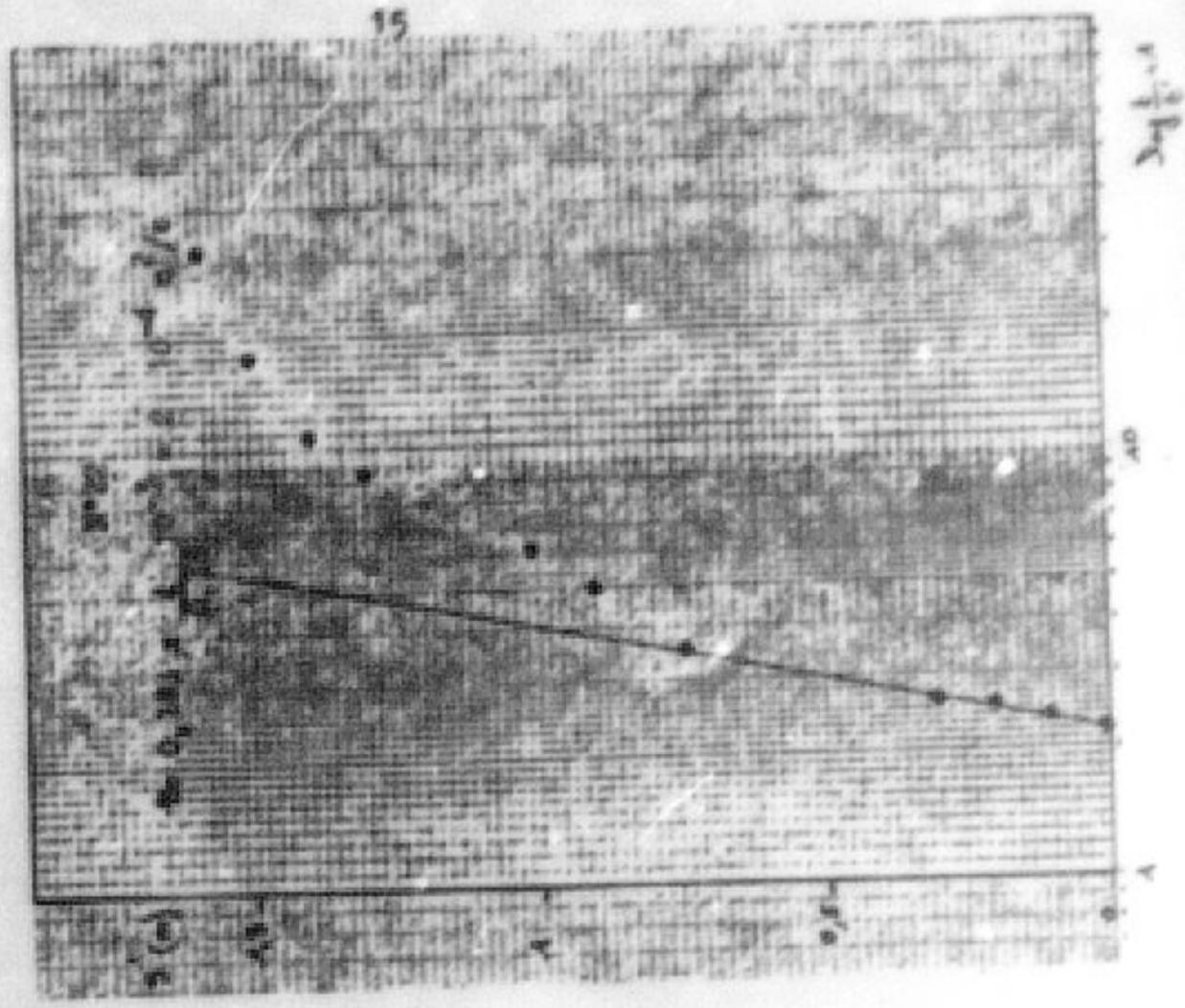
WITTC 10 64

Figure 14



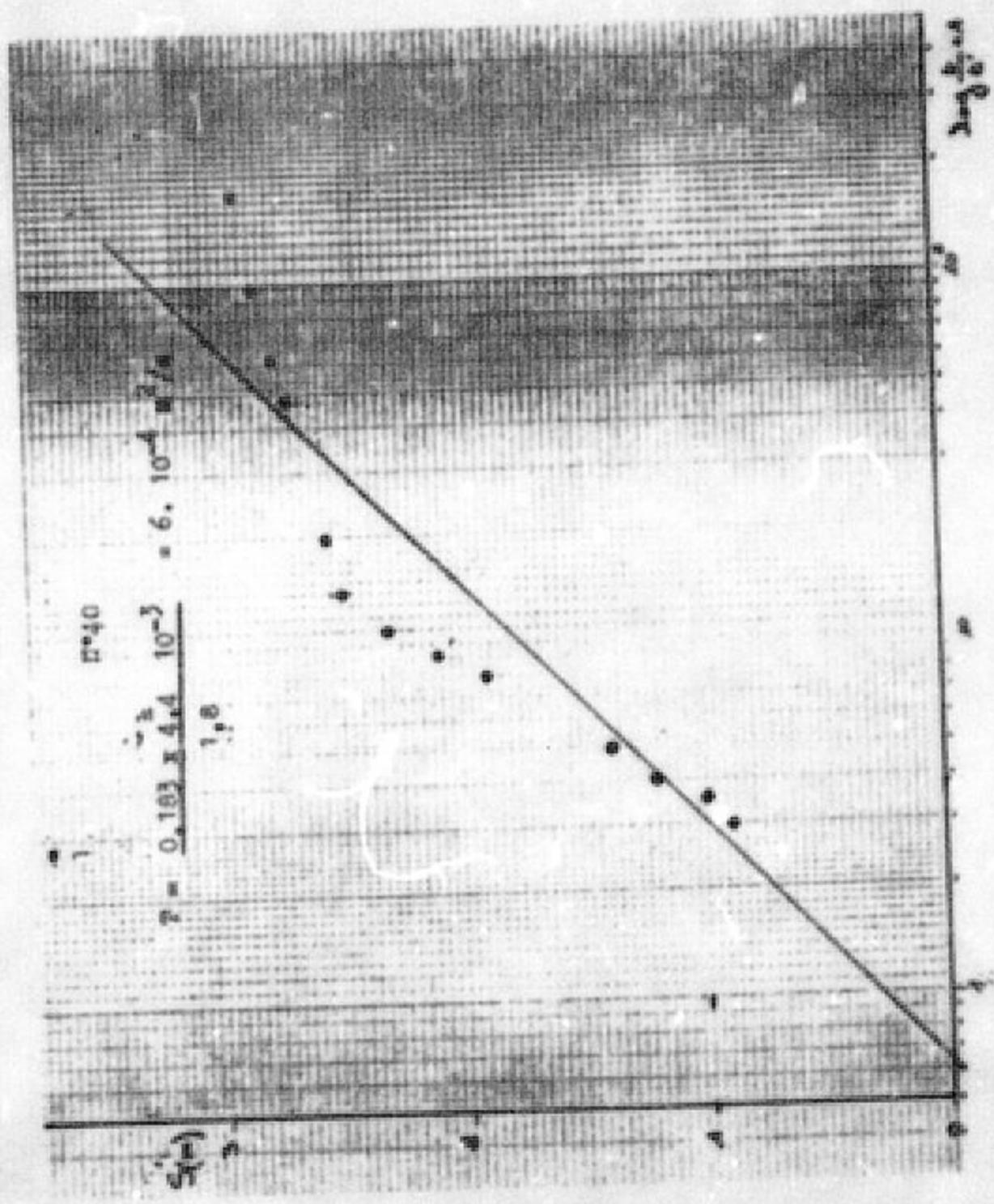

 UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

Figure 15



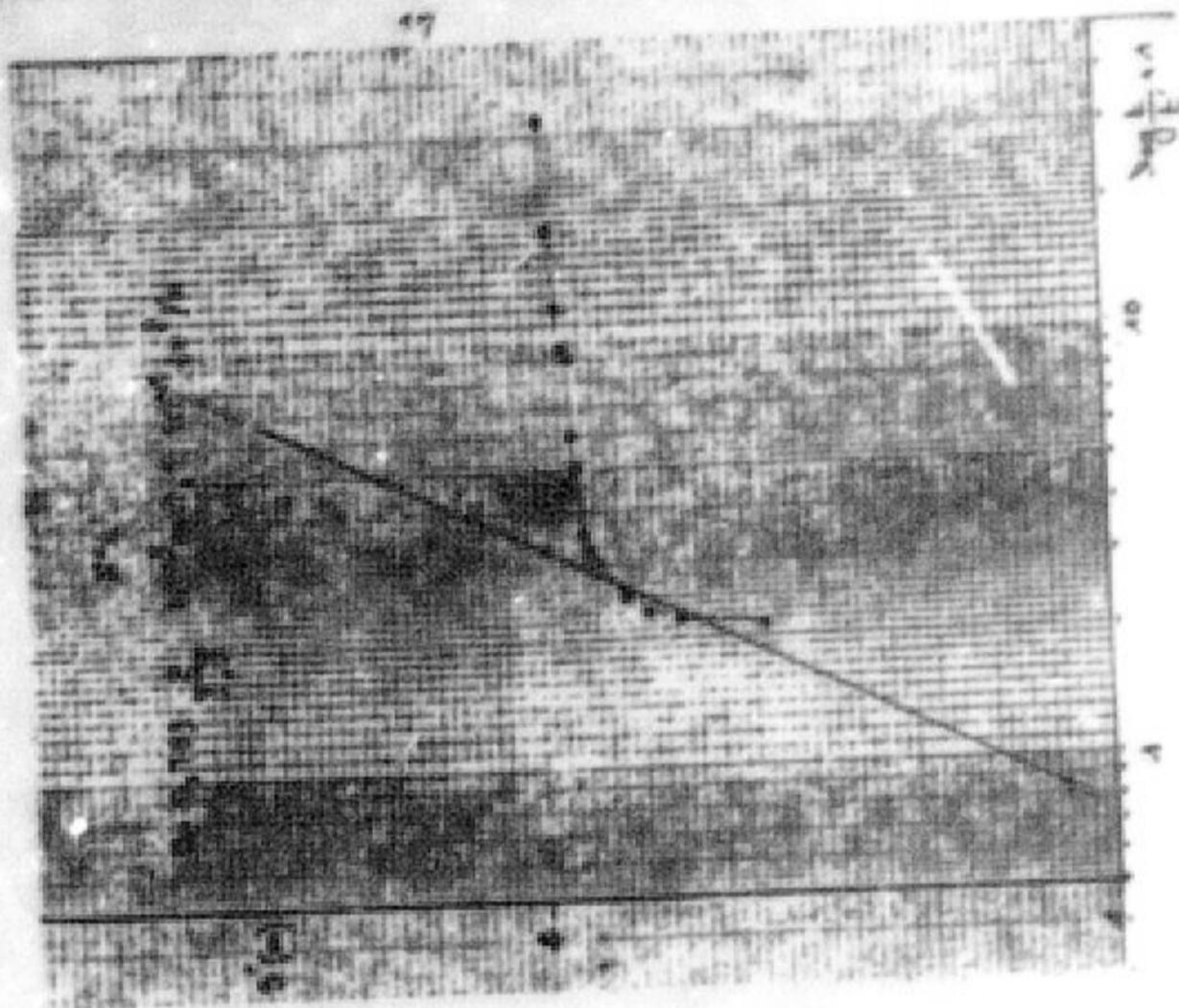
UITS N. 20

Amplitude : 16

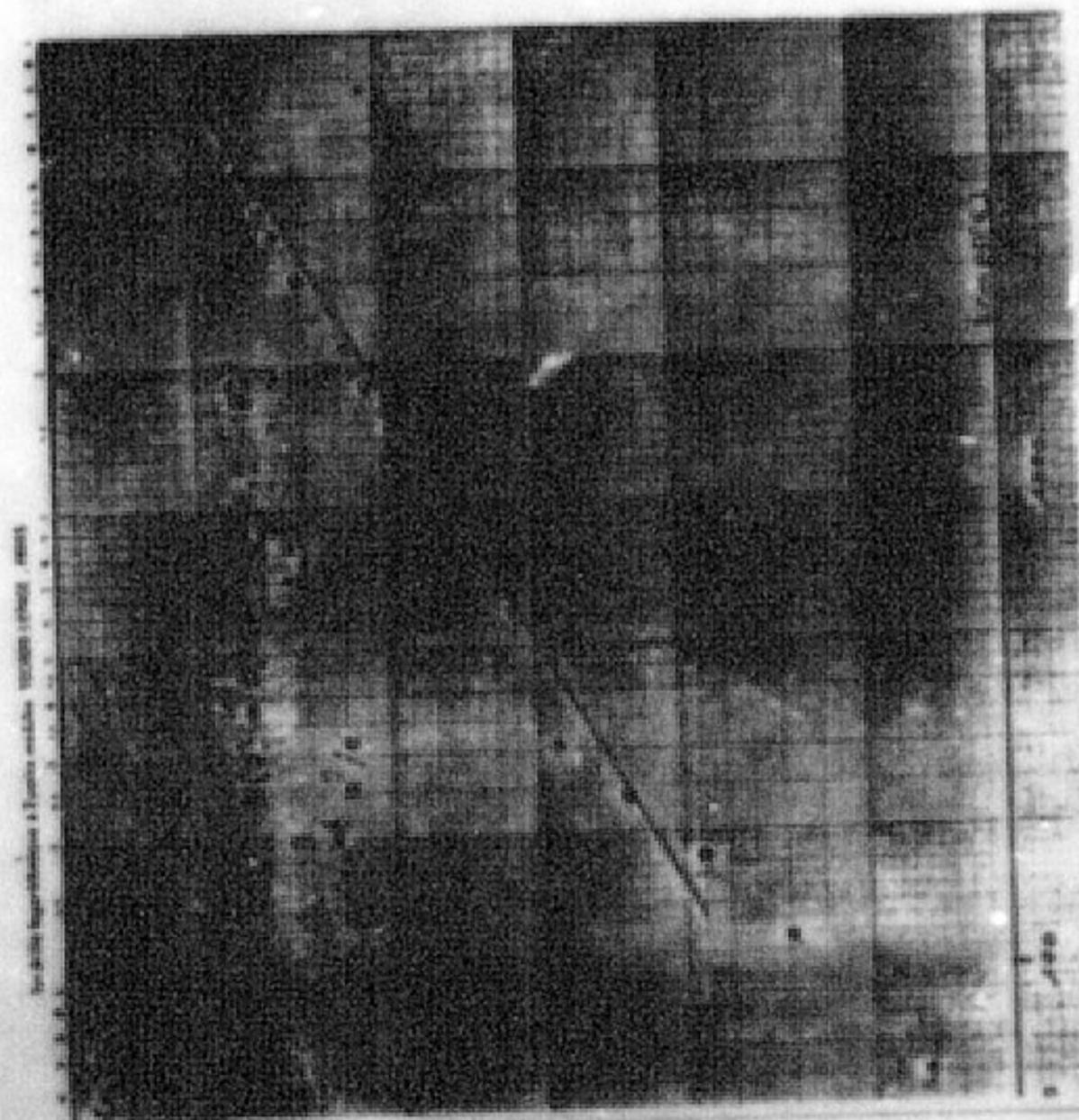


AB T.T.S. 11-1

Annexo 17

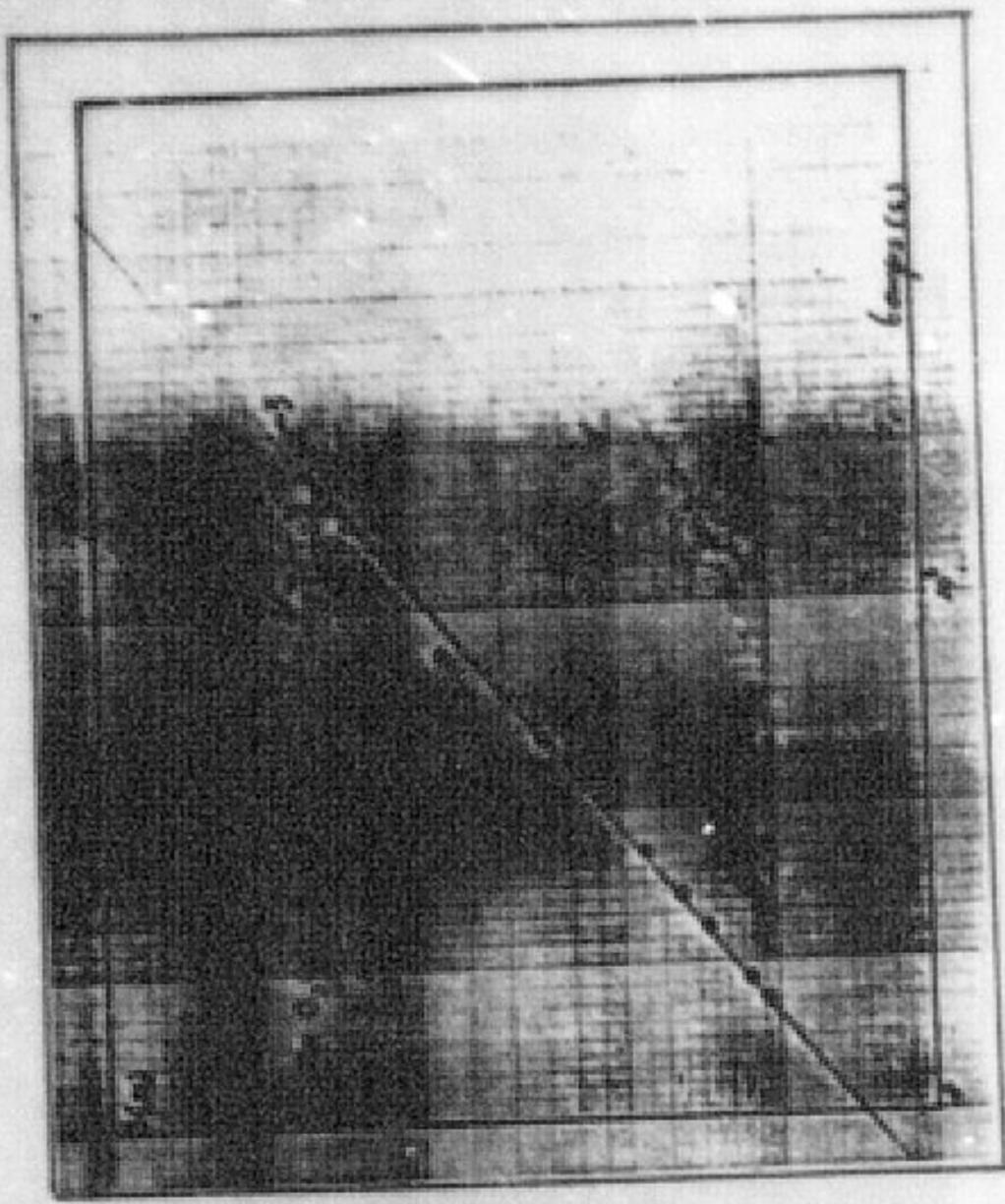


AB T.T.S. 11-1

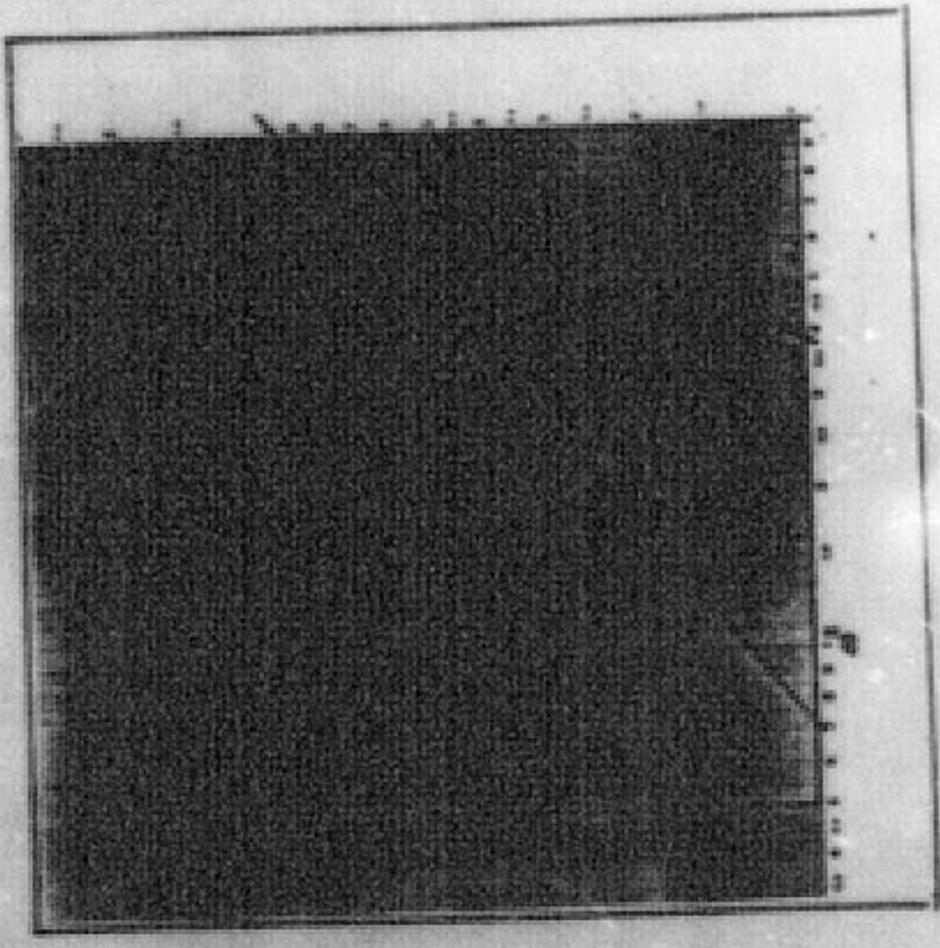


AD 176 N° 39

Amesbury 18

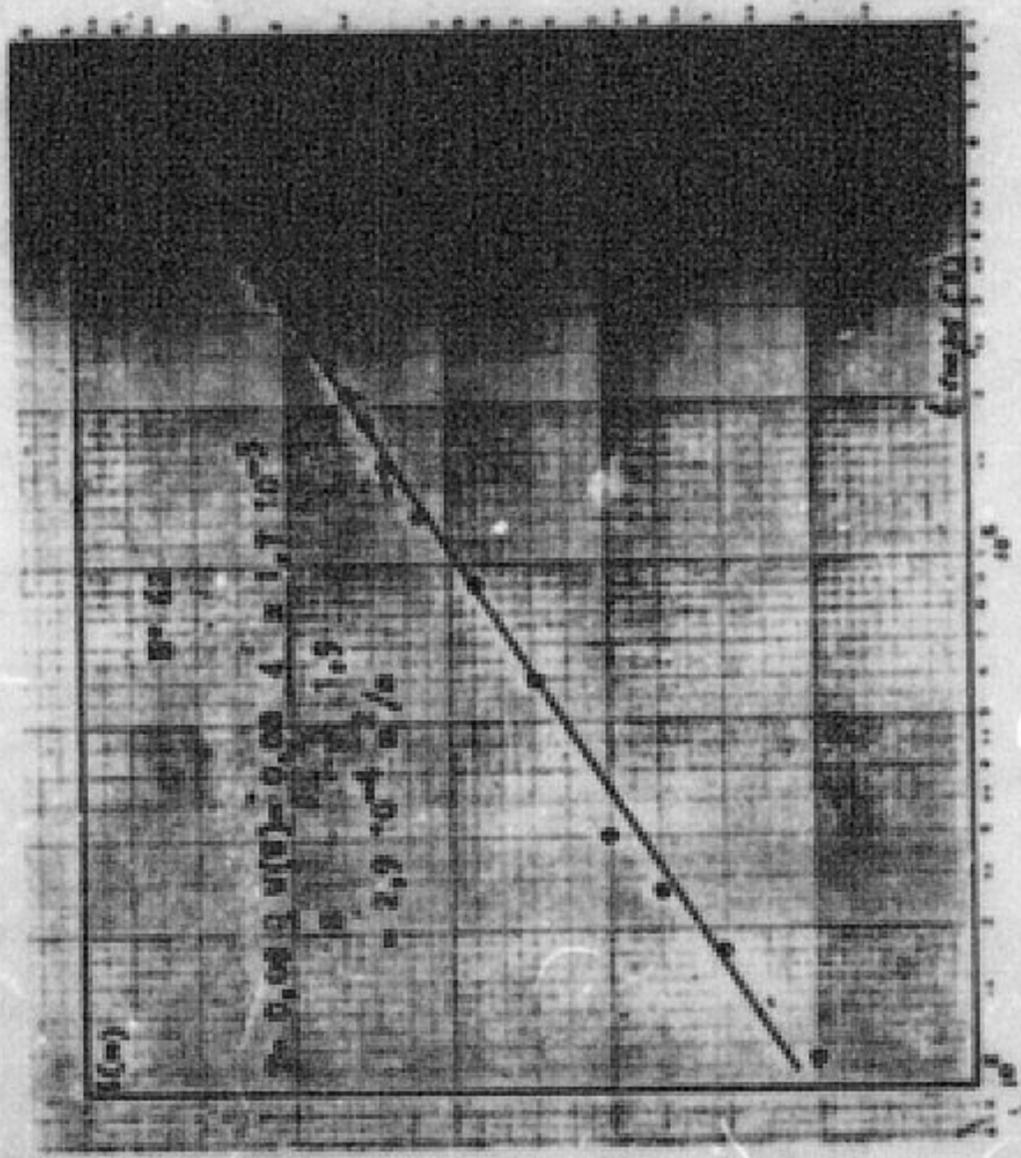


AD 176 N° 39



AD
V I T O R I O

Annexo 1 19



DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES EN EAU	FORAGE BENADIA	Louane 120 n° L.R.M. 19553/5
---	---------------------------	---------------------------------

SITUATION

Latitude : 38° 43' 10"
 Longitude : 7° 62' 00"
 Altitude :
 Carte n° 61-1 au 1/100.000

TRAVAIL

Entreprise de forage : E-Hydr.
 Début des travaux : Juin 1987
 Fin des travaux : 10-7-87

CONSTRUCTIF

MS.M. -101	MS.G ^h 1,92
Profondeur	
Coût 1/6	9,2
Rebattement (m)	9,6

Cotes	Nature du terrain	Ecoups	Etat du puits	
12	Sable fin argileux + P			20
22	Argile rouge sableuse avec gravier			- 12
29	Calcaire + Argile			
37	Argile et calcaire			
42	Calcaire beige			
51	Marne grise			
51	Calcaire			9" 5/8
71	Argile et marne			
76	Alternance marne et calcaire			
92				
	Calcaire dolomitique			
141	Marne grise et argile			
152	Calcaire + Grès			-157,5
156	Dolomie			T.L 12" 1/4
161	Marne + Grès			-167 S.C 8" 1/2
166	Sans Cote			-171
171				

**DIRECTION GENERALE
DES RESSOURCES EN EAU**

FORAGE

N/1 AJOURNA

Annexe : 21

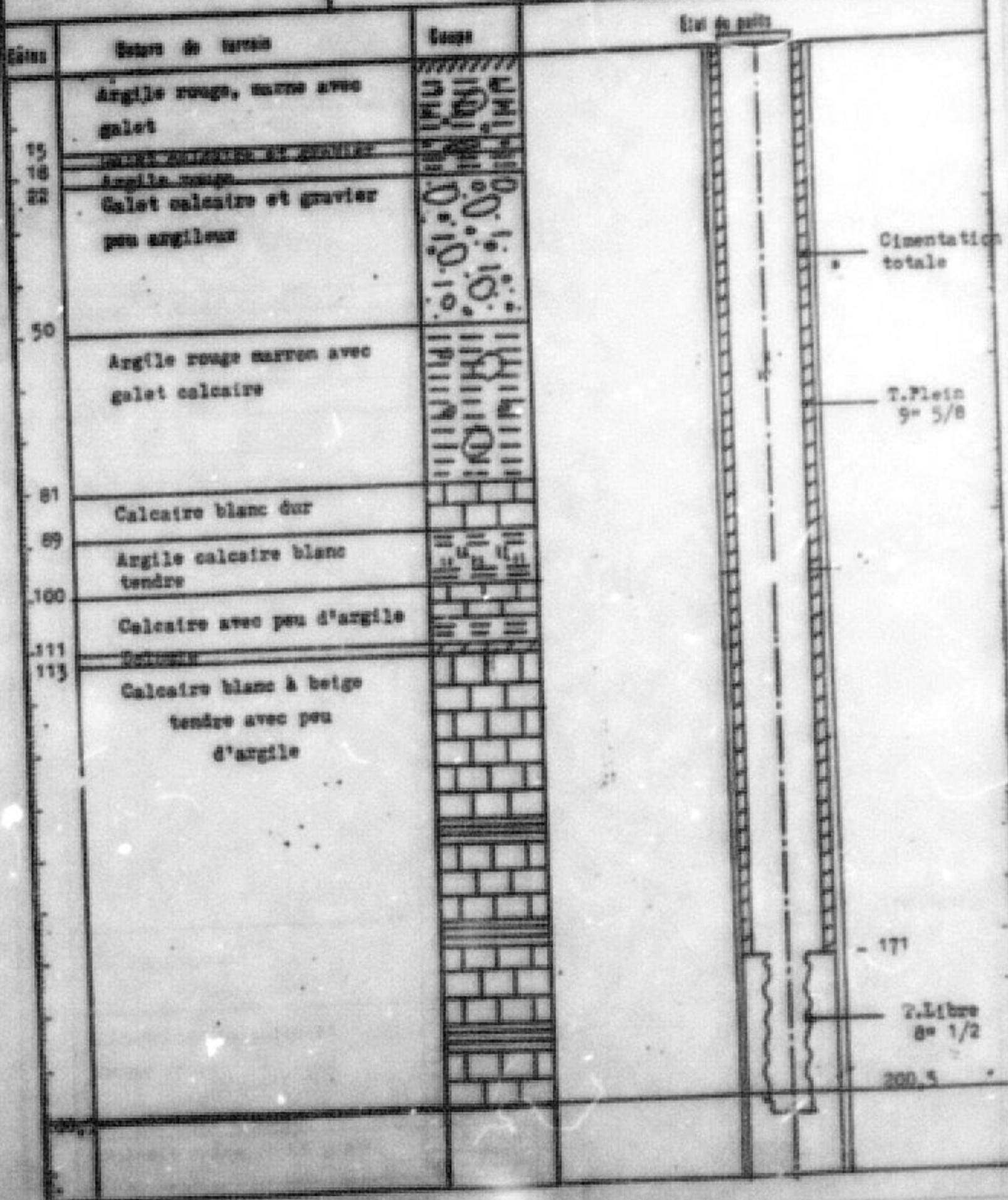
n° I.R.H. 19553/5

COORDONNEES
Latitude : 34° 50' 25"
Longitude : 7° 57' 05"
Altitude :
Carte n° 61-2 au 1/100.000

TITRE
Entreprise de forage : R.G.B
Début des travaux : 5/5/1987
Fin des travaux : 20/6/1987

CARACTERISTIQUES

N.S.M. -106	N.S.g/l. 2,6
Profondeurs	1 2 3
Débit l/s	9
Rabotement (m)	3



**DIRECTION GENERALE
DES RESSOURCES EN EAU**

FORAGE  **LIM. BAZELA**

Année : 82

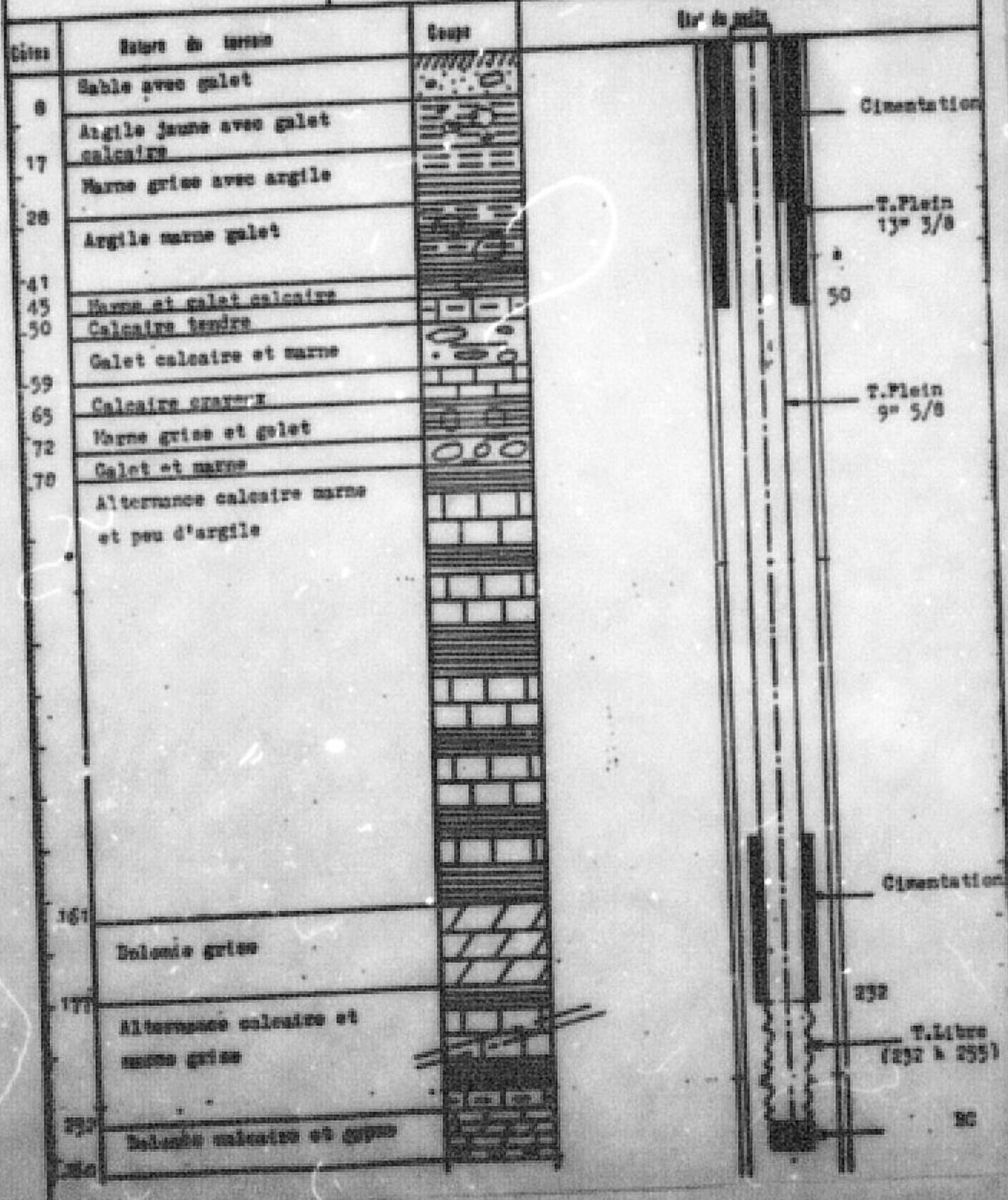
N° L.R.M. 1963/5

ADRESSE
Latitude : 38° 49' 25"
Longitude : 7° 58' 10"
Altitude :
Carte n° 61/1 au 1/100.000

TRAVAI
Entreprise de forage : R.G.E.
Début des travaux : 13-8-67
Fin des travaux : 14-10-67

CARACTERISTIQUES

N.S.M.	-101	N.S.M. ³	2,4
Paliers	1	2	3
Debit l/s	9,86	22,38	
Rebattement (m)	14,49	33,95	



FIN

74

VUHO