

THESE

présentée

à L'UNIVERSITE D'ORAN

pour obtenir

le grade de Docteur de troisième cycle

par

SIDI MOHAMMED HAYANE

CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK (REGION DE TLEMCEM)

Soutenue le 4 juin 1983 devant la commission d'examen

MM. P. GEVIN _____ *Président*
P. VERDEIL _____ *Rapporteur*
S. ELMI _____ }
J. SARROT REYNAULD _____ } *Examineurs*
B. SEMROUD _____ }

- S O M M A I R E -

	Page
<u>AVANT PROPOS</u>	6
<u>RESUME</u>	8
<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	9

CHAPITRE I -- CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE	11
2 - CARACTERISTIQUES DE FORME	
2 - 1 - Coefficient de compacité de Gravelius	11
2 - 2 - Rectangle équivalent	13
2 - 3 - Indice de pente	13
3 - ETUDE DU RELIEF	13
4 - HYDROGRAPHIE	
4 - 1 - Introduction	18
4 - 2 - Etude du réseau hydrographique	20
5 - VEGETATION ET CULTURES	25
6 - CONCLUSION	25

CHAPITRE II - CLIMATOLOGIE

1 - CONSIDERATIONS GENERALES	26
2 - PRECIPITATIONS SUR LE BASSIN	
2 - 1 - Etude de l'homogénéité des mesures	27
2 - 2 - Précipitations annuelles	29
2 - 3 - Précipitations mensuelles	29
2 - 4 - Précipitations saisonnières	31
2 - 5 - Précipitations nivales	33
2 - 6 - Etude statistique des précipitations	33
2 - 7 - Détermination de la lame d'eau moyenne tombée sur le bassin versant	
- Méthode de Thiessen	38

	- Méthode du gradient altimétrique	38
	- Méthode des isohyètes	42
3 - TEMPERATURES SUR LE BASSIN		
	3 - 1 - Températures mensuelles et annuelles	44
	3 - 2 - Relation température - altitude	47
	3 - 3 - Régime thermique	47
4 - EVAPORATION		51
5 - DEFICIT D'ECOULEMENT		
	5 - 1 - Formule de Turc	52
	5 - 2 - Formule de Coutagne	53
	5 - 3 - Méthode de Wundt	53
	5 - 4 - Méthode pluviothermique	55
	5 - 5 - Méthode de Thornthwaite	57
6 - BILAN		
	6 - 1 - Calcul du ruissellement par la méthode de Tixeront - Berkaloff	63
	6 - 2 - Détermination de l'infiltration	63
7 - CONCLUSION		64

CHAPITRE III - LITHOSTRATIGRAPHIE ET STRUCTURE

1 - CADRE GEOLOGIQUE		
	1 - 1 - de l'Oranie	66
	1 - 2 - du secteur d'étude	68
2 - ANALYSE LITHOSTRATIGRAPHIQUE		
	2 - 1 - Historique des études	
	2 - 2 - La série lithostratigraphique	
	- Le Secondaire	69
	- Le Tertiaire	72
	- Le Quaternaire	76
3 - ANALYSE STRUCTURALE		
	3 - 1 - Introduction	79
	3 - 2 - Les principales phases tectoniques	80
	3 - 3 - Les unités structurales	81
4 - CONCLUSION		83

CHAPITRE IV - HYDROLOGIE DE SURFACE

1 - INTRODUCTION	84
2 - ETUDE DE L'OUED MEFFROUCH	
2 - 1 - Apports annuels	84
2 - 2 - Apports mensuels	88
2 - 3 - Etude des crues	89
2 - 4 - Relation pluie - débit	94
2 - 5 - Détermination du ruissellement	97
3 - ETUDE DE L'OUED SIKKAK (SANS L'OUED MEFFROUCH)	
3 - 1 - Introduction	97
3 - 2 - Les débits annuels	99
3 - 3 - Les débits mensuels	99
3 - 4 - Les débits classés	102
3 - 5 - Courbe de Tarissement de l'oued Sikkak	102
4 - CONCLUSION	105

CHAPITRE V - HYDROGEOLOGIE DU KARST

1 - POSITION GEOGRAPHIQUE	106
2 - CONSEQUENCES HYDROGEOLOGIQUES	
2 - 1 - de la lithologie	106
2 - 2 - de la tectonique	109
3 - KARSTIFICATION ET FRACTURATION	
3 - 1 - Introduction	111
3 - 2 - Etude des fissures	111
3 - 3 - Etude des failles	112
3 - 4 - Relation fracturation - karstification	113
4 - LE KARST DE SURFACE	120
5 - LE KARST PROFOND	120
6 - LES EMERGENCES	
6 - 1 - des dolomies de Tlemcen et des calcaires associés ..	122
6 - 2 - des dolomies de Terny	126
7 - HYDRODYNAMIQUE SOUTERRAINE	
7 - 1 - Etude du tarissement	
- d'Ain Meharas	127
- d'Ain Fouara	131

7 - 2 - Calcul de l'indice d'emmagasinement	132
7 - 3 - Essai de détermination du coefficient d'infiltration	
- à partir de la méthode du Chlore	132
- à partir des débits moyens	133
7 - 4 - Essais de pompage	134
8 - CONCLUSION	141

CHAPITRE VI - HYDROGEOLOGIE DE LA PLAINE D'HENNAYA

1 - STRUCTURE HYDROGEOLOGIQUE	142
2 - LES EMERGENCES	144
3 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE LA NAPPE	
3 - 1 - Etude piezométrique.....	145
3 - 2 - Profondeur de la nappe	147
4 - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE LA NAPPE	
4 - 1 - Introduction	147
4 - 2 - Essais de pompage	148
5 - ESSAI DE BILAN DE LA NAPPE	154
6 - CONCLUSION	157

CHAPITRE VII - PHYSICO - CHIMIE DES EAUX

1 - INTRODUCTION	158
2 - CHIMIE DES EAUX DES GRES DE BOU MEDINE	160
3 - CHIMIE DES EAUX DES DOLOMIES DE TLEMEN ET DES CALCAIRES ASSOCIES	164
4 - CHIMIE DES EAUX DES DOLOMIES DE TERNY	169
5 - CHIMIE DES EAUX DES GRES TORTONIENS	170
6 - CHIMIE DES EAUX DES SOURCES THERMALES	176
7 - CHIMIE DES EAUX DE LA PLAINE D'HENNAYA	181
8 - CONCLUSION	192
<u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	201
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	205
<u>LISTE DES FIGURES</u>	209

<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	213
<u>LISTE DES CARTES</u>	215
<u>ANNEXES</u>	216
<u>PHOTOGRAPHIES</u>	

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

Le travail, qui fait l'objet de cette thèse, a été réalisé au laboratoire de géologie de l'université d'Oran. Il entre dans le cadre du projet de recherches O.N.R.S (Organisme national de la recherche scientifique) n° 80 B 0501.

Avant d'exposer ce travail, je tiens à remercier tous les enseignants qui m'ont initié à la géologie. Ma reconnaissance va également à Monsieur le Recteur de l'université d'Oran, au vice - Recteur chargé de la post - graduation, au directeur de l'I.S.T.B, aux responsables de L'O.N.R.S en particulier Monsieur le professeur Taleb ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Tout d'abord, j'exprime ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur P. Gevin qui m'a bien accueilli dans son laboratoire et qui a bien voulu présider le jury. Il m'a fait profiter de sa connaissance approfondie de la région étudiée et m'a donné les indispensables directives.

La direction scientifique de ce travail revient à Monsieur le Professeur P. Verdeil qui m'a fait bénéficier, tout au long de mon travail, de ses hautes compétences dans le domaine de l'hydrogéologie. C'est grâce à ses encouragements et à son dévouement que ce travail a pu être réalisé. Je tiens à lui exprimer toute ma reconnaissance. Monsieur le professeur S. Elmi, avec son amabilité coutumière, m'a reçu à plusieurs reprises dans son laboratoire et m'a fait bénéficier de sa haute compétence en géologie de la région de Tlemcen. Il m'a fait l'honneur d'accepter de siéger au Jury. Je lui renouvelle mes remerciements.

Je prie MM. les professeurs J. Sarrot Reynauld et B. Semroud d'accepter mes remerciements pour m'avoir fait l'honneur de constituer le jury.

Mes remerciements vont aussi à tous mes amis du département de géologie qui, tous, ont été mis à contribution pour la réalisation de ce mémoire. Je ne saurais oublier, tout particulièrement, MM. M. Benali, J.L. Lacas, L. Rouquet, M. Stamboul, A. Safa et M. Aneur qui a bien voulu m'intégrer dans son projet de recherches et m'a ainsi fait bénéficier de toutes les conditions de travail.

Je témoigne toute ma sympathie à Monsieur B. Bouchentouf, directeur de la D.H.W de Tlemcen, qui a bien voulu mettre à ma disposition la documentation et l'infrastructure d'hébergement.

J'ai du faire appel à des micropaléontologistes pour la détermination de microfossiles. C'est ainsi que j'ai bénéficié du travail de MM. A. Poignant pour la détermination des foraminifères benthiques, de H. Feinberg pour les foraminifères planctoniques et de C. Guernet pour les ostracodes. Je les prie d'accepter mes remerciements.

Mes remerciements s'adressent enfin à tous ceux qui m'ont apporté leur concours matériel : Mme A. Belkaïd, Mrs B. Feddag, M. Ghoulami, S. Benlebna, M. Medjdoub du C.E.R.D.R.O.

à la mémoire de mon père
à mon épouse
à mes enfants
à mes parents.

- R E S U M E -

L'oued Sikkak, affluent de rive gauche de l'oued Isser, prend naissance sur la plateau de Terny au Sud de Tlemcen. Le bassin versant de cet oued, d'une superficie de 463 km^2 , est formé au Sud et à l'Est par des massifs calcaréo - dolomitiques et au Nord, par des dépressions comblées de sédiments tertiaires et quaternaires où seuls les grés tortoniens et les conglomérats de la plaine d'Hennaya sont perméables.

Cette région est en cours d'industrialisation. Pour cela, il est nécessaire de connaître la quantité d'eau disponible.

Cette étude répond à ces questions en précisant d'une part la géologie et la structure et en définissant d'autre part les caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques du karst et de la plaine d'Hennaya.

Dans les régions montagneuses, caractérisées par une pluviométrie relativement importante (770 mm/an pour le plateau de Terny) ainsi que par des formations carbonatées fissurées d'épaisseur **élevée**, les ressources en eau sont importantes. Dans ces massifs, la tectonique dont la phase cassante majeure est post - Tortonien joue un grand rôle dans l'hydrogéologie. Il existe de nombreuses émergences et certaines avec de forts débits. Dans cette région, les dépressions fermées et les surfaces lapiézeés conditionnent une infiltration maximale. L'infiltration des eaux de pluie, dans les calcaires et dolomies, est en moyenne de 60% des précipitations. Cette valeur a été obtenue par deux méthodes de calcul.

Sur la plaine d'Hennaya, les conglomérats très fissurés constituent le drain principal de la nappe . L'étude piézométrique , le calcul du bilan ainsi que l'étude hydrochimique nous a montré que l'alimentation de cette nappe se fait par les dolomies de Tlemcen affleurant à l'amont.

INTRODUCTION GENERALE :

C'est sur le plateau de Terny que prend naissance l'oued Sikkak qui est un affluent de rive gauche de l'oued Isser, lui même affluent rive droite de la Tafna.

C'est l'étude hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak qui fait l'objet de ce présent travail.

Un des traits les plus remarquables de la géologie de la région étudiée réside dans la présence de massifs carbonatés, d'âge jurassique, plus ou moins karstifiés qui dominent de plus de 400 mètres les plaines environnantes.

L'épaisseur assez importante des formations fissurées ainsi qu'une pluviométrie, relativement importante, accrue par des chutes de neige en font une région riche en eau.

C'est d'ailleurs, à cette région que les autorités ont fait appel pour la construction d'un barrage, sur l'oued Meffrouch, en vue de renforcer l'alimentation en eau potable et industrielle de l'agglomération oranaise.

L'oued Meffrouch, qui désigne le cours supérieur de l'oued Sikkak, s'appelle à l'amont oued En ' Nchef qui veut dire en arabe cours d'eau à sec. Cette absence d'eau de surface est due aux nombreuses pertes localisées dans le lit de l'oued.

Les premiers travaux intéressant l'oued Meffrouch datent de 1880. A cette date l'exécution d'un barrage, à environ 1500 mètres à l'amont des cascades, fut abandonnée lorsque les réalisateurs virent la première crue de Septembre s'engouffrer dans les fouilles du barrage.

Il faut attendre quelques décennies (1938) pour que, sous la pression démographique croissante, les études reprennent. Faisant imprudemment confiance à la carte géologique établie par F. Doumergue (1910), M. Gautier lance l'idée d'un captage bas. On veut ainsi suralimenter, par forages, les dolomies inférieures dont l'exutoire est l'Ain Fouara par les dolomies supérieures dont l'exutoire majeur est l'Ain Meharas. Pour ce faire, il était nécessaire de traverser les marno - calcaires intermédiaires par forages. Ce forage, au lieu de traverser une épaisseur de marno - calcaires estimée à 30 m., en rencontra une épaisseur beaucoup plus grande (supérieure à 80 m.). Devant cette grande épaisseur, le captage bas fut abandonné.

Les études sont reprises de nouveau en 1948. Des levés géologiques précis à l'échelle du 1/5000 sont exécutés par P. Gevin. Ceux - ci mettent en évidence la

nature particulièrement faillée de la région et la présence d'une grande faille à environ 200 m. en amont de la rupture des cascades, qui relève les marno - calcaires rendant ainsi possible la fermeture de la vallée sur des terrains suffisamment imperméables.

La construction du barrage pouvait donc être envisagée.

Notre contribution à la connaissance de la région étudiée, venant après les travaux sus - cités, va nous permettre d'aborder un certain nombre de problèmes entre autres la relation système karstique - plaine.

Après un aperçu sur les caractéristiques physiques du bassin, nous examinerons en détail les données climatologiques qui commandent le milieu et limitent les apports aux réservoirs souterrains.

En conclusion à cette étude climatologique, nous essaierons d'établir un premier bilan et de définir le déficit d'écoulement.

La troisième partie de notre travail est réservée à l'analyse lithostratigraphique et structurale qui nous permettra de préciser les conditions d'existence et de réactions des aquifères souterrains qui seront étudiés dans la cinquième et sixième partie de notre étude.

La quatrième partie est réservée à l'étude hydrologique qui nous permettra de caractériser le régime des oueds et de calculer les débits maxima.

L'étude physico - chimique des eaux, traitée dans la septième partie, nous permettra de préciser nos conclusions.

— // — H A P I T R E P R E M I E R —

C A R A C T E R I S T I Q U E S P H Y S I Q U E S D U B A S S I N V E R S A N T

- 1) - SITUATION GEOGRAPHIQUE
- 2) - CARACTERISTIQUES DE FORME
- 3) - ETUDE DU RELIEF
- 4) - HYDROGRAPHIE
- 5) - VEGETATION ET CULTURES
- 6) - CONCLUSIONS

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE : (Fig. 1)

Le bassin versant de l'oued Sikkak, qui fait l'objet de notre étude, se situe sur les cartes topographiques au 1/50.000 de Terny, Tlemcen, Bensekrane et d'Ouled Mimoun publiées par l'I.G.N. en 1949, selon les latitudes et longitudes suivantes :

Latitude : 34° 45' à 34° 64' Nord

Longitude : 1° 07' à 1° 25' Ouest

Ce bassin, d'une superficie de 463 km², est limité :

- au Sud, par les djebels Nador et Boulaadour
- à l'Est, par les djebels Er - Ramlya, Ouakrif et Tabeldaout
- à l'Ouest, par le djebel Tefatisset et le plateau des Zenata
- au Nord, par le djebel Fout Haït.

Administrativement, la région étudiée fait partie de la wilaya de Tlemcen.

2 - CARACTERISTIQUES DE FORME :

Climatologie, hydrologie de surface et souterraine sont sous l'étroite dépendance des caractéristiques physiques des bassins versants. Il convient donc de préciser les plus importants de ces paramètres dès le début de notre étude.

2 - 1 - COEFFICIENT DE COMPACTITE DE GRAVELIUS :

Ce coefficient représente le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre d'un cercle occupant une aire équivalente.

Si P représente le périmètre du bassin et A, la superficie du bassin, le coefficient de compacité de Gravelius est égal au rapport :

$$Kc = \frac{P}{2 \sqrt{3.14 \cdot A}} = \frac{P}{\sqrt{A}} \cdot 0.28$$

Pour l'oued Sikkak, nous avons :

$$P = 116 \text{ km}$$

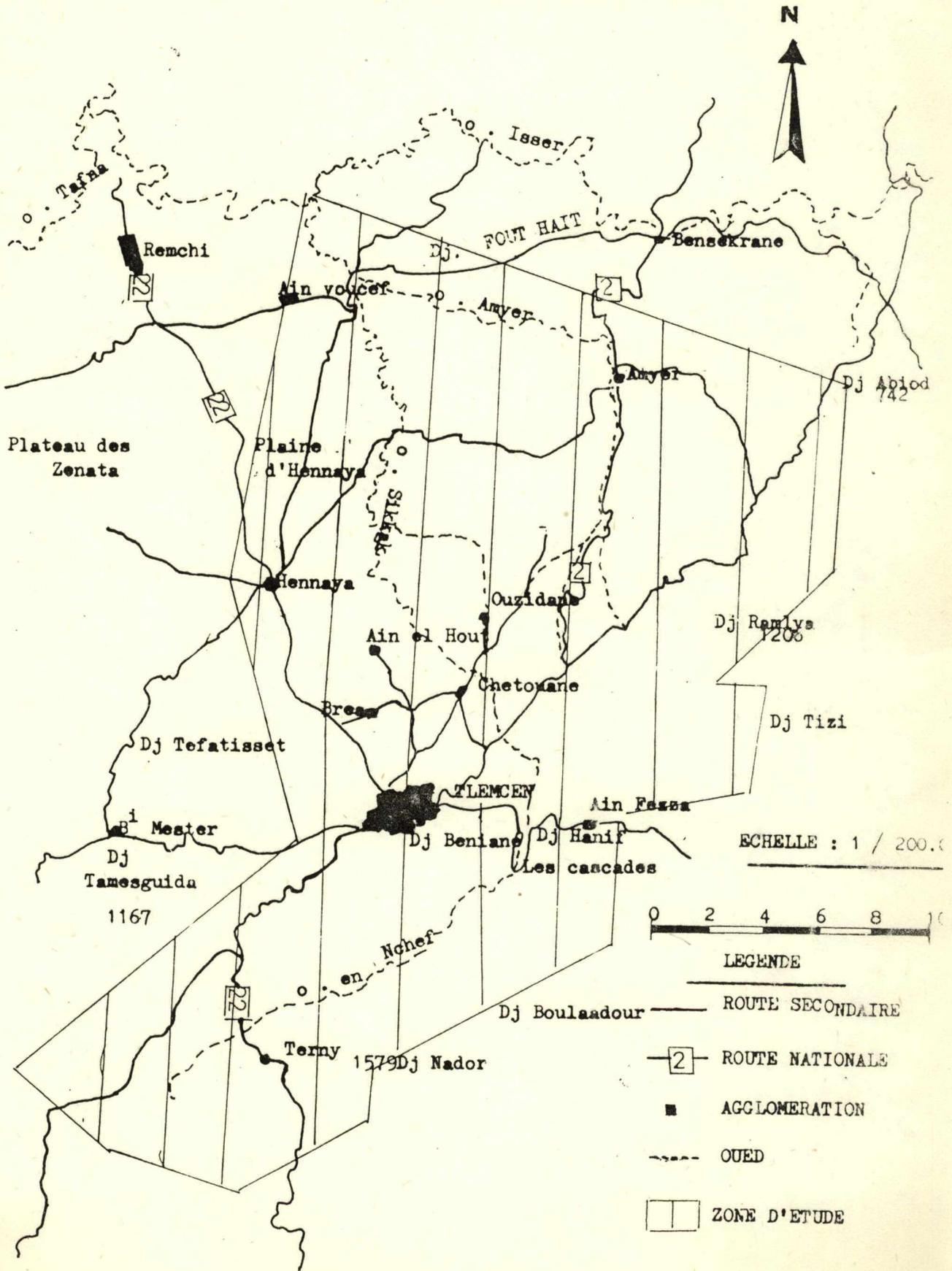
$$A = 463 \text{ km}^2$$

$$Kc = 1.51$$

Pour l'oued Amyer, nous avons :

$$P = 47 \text{ km}$$

Fig. 1 - PLAN DE SITUATION DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK



$$A = 127 \text{ km}^2$$

$$Kc = 1.17$$

Ces valeurs traduisent un allongement du bassin et le développement d'une érosion linéaire.

2 - 2 - RECTANGLE EQUIVALENT :

Partant du coefficient de compacité de Gravelius, il est possible suivant la méthode de M. Roche d'établir un rectangle représentatif du bassin de l'oued Sikkak dont les paramètres respectifs seront :

$$\text{longueur } L = \frac{Kc \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right] = 48.49 \text{ km}$$

$$\text{largeur } l = \frac{P}{2} - L = 9.51 \text{ km}$$

2 - 3 - INDICE DE PENTE :

A partir du rectangle équivalent, M. Roche a introduit la notion d'indice de pente qui rend compte de l'influence de la pente sur le régime hydrologique.

Pour l'oued Sikkak, nous avons :

$$I_p = 1.524$$

Valeur, relativement élevée, qui traduit l'évolution de l'ensemble du bassin versant.

3 - ETUDE DU RELIEF :

La zone étudiée comprend deux secteurs bien distincts :

- au Sud et à l'Est, une zone montagneuse
- au Nord et au centre, des dépressions remplies de sédiments tertiaires et quaternaires.

La zone montagneuse comprend au Sud, le plateau de Terny entouré de plusieurs massifs élevés culminant au djebel Nador (1579 m). Au Nord - Est de ce plateau, les hautes falaises à pic du djebel Chouka (1154 m.) et du djebel Hanif (1073 m.) forment le cirque d'El Orit.

A l'Est, se développe un autre massif montagneux culminant au djebel Er - Ramlya (1206 m.).

Au Nord - Ouest de Tlemcen, un autre massif est constitué par les djebels Tefatisset (824 m.) et le Dhahar Mendjel (756 m.), relayé vers le Nord - Est par

trois petits massifs (Djebel Djelila, djebel Ain El Hout et djebel Sidi Yahia.)

Du pied de la région montagneuse, le relief s'abaisse en légères ondulations jusqu'à 150 mètres et présente l'aspect d'une plaine.

La notion de relief peut être considérée sous deux aspects :

- l'altitude liée à l'histoire orogénique du massif

- les pentes qui traduisent l'évolution morphologique et les conditions structuro - lithologiques du bassin.

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques étant fonction de l'altitude, il est intéressant de calculer la répartition du bassin versant (en km^2 et en % de la superficie totale) par tranches d'altitude.

La répartition altimétrique par tranches, pour le bassin versant de l'oued Sikkak, est donnée au tableau n° 1.

Tranches d'altitude	Surfaces (km^2)	Surfaces cumulées	% des surfaces	% des surfaces cumulées
145 - 200 m.	5.675	5.675	1.22	1.22
200 - 300	38.075	43.750	8.23	9.45
300 - 400	72.075	115.825	15.58	25.03
400 - 500	67.025	182.850	14.50	39.53
500 - 600	58.975	241.825	12.75	52.28
600 - 700	45.150	286.975	9.76	62.04
700 - 800	28	314.975	6.05	68.09
800 - 900	20.975	335.950	4.53	72.62
900 - 1000	12.650	348.600	2.73	75.35
1000 - 1100	10.750	359.350	2.20	77.55
1100 - 1200	63.250	422.600	13.67	91.22
1200 - 1300	20.950	443.550	4.53	95.75
1500 - 1400	11.750	455.300	2.54	98.29
1400 - 1500	7.675	462.975	1.66	99.95

Tableau n° 1 - REPARTITION ALTIMETRIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK.

Pour le bassin versant de l'oued Amyer, la répartition altimétrique est donnée au tableau n° 2 :

Tranches d'altitude	Surfaces (km ²)	Surfaces cumulées	% des surfaces	% des surfaces cumulées
100 - 200	0.72	0.72	0.57	0.57
200 - 300	10.20	10.92	8.03	8.60
300 - 400	18.25	29.17	14.37	22.97
400 - 500	30.15	59.32	23.74	46.71
500 - 600	31.95	91.27	25.15	71.86
600 - 700	18.60	109.87	14.64	86.50
700 - 800	8.40	118.27	6.61	93.11
800 - 900	4.85	123.12	3.81	96.92
900 - 1000	2.66	125.78	2.09	99.01
1000 - 1100	1.25	127.03	0.98	99.99

Tableau n° 2 - REPARTITION ALTIMETRIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AMYER.

Ces données permettent d'établir :

1) la courbe hypsométrique du bassin versant de l'oued Sikkak (Fig. 2) et celle du bassin versant de l'oued Amyer (Fig. 4).

2) le diagramme des fréquences altimétriques pour le bassin versant de l'oued Sikkak (Fig.3) et celui de l'oued Amyer (Fig.5).

Ces courbes permettent de déterminer les altitudes caractéristiques :

- altitude moyenne (ordonnée moyenne de la courbe hypsométrique)
 - altitude la plus fréquente (maximum du diagramme des fréquences altimétriques).

- altitude de fréquence $\frac{1}{2}$ (altitude correspondant au point d'abscisse $\frac{1}{2}$ du diagramme des fréquences altimétriques).

Pour le bassin versant de l'oued Sikkak, nous avons :

- altitude moyenne = 580 m.
 - altitude la plus fréquente = 1000 - 1100 m. pour le plateau de Terny et 300 - 400 m. pour le reste.

- altitude de fréquence $\frac{1}{2}$ = 580 m.

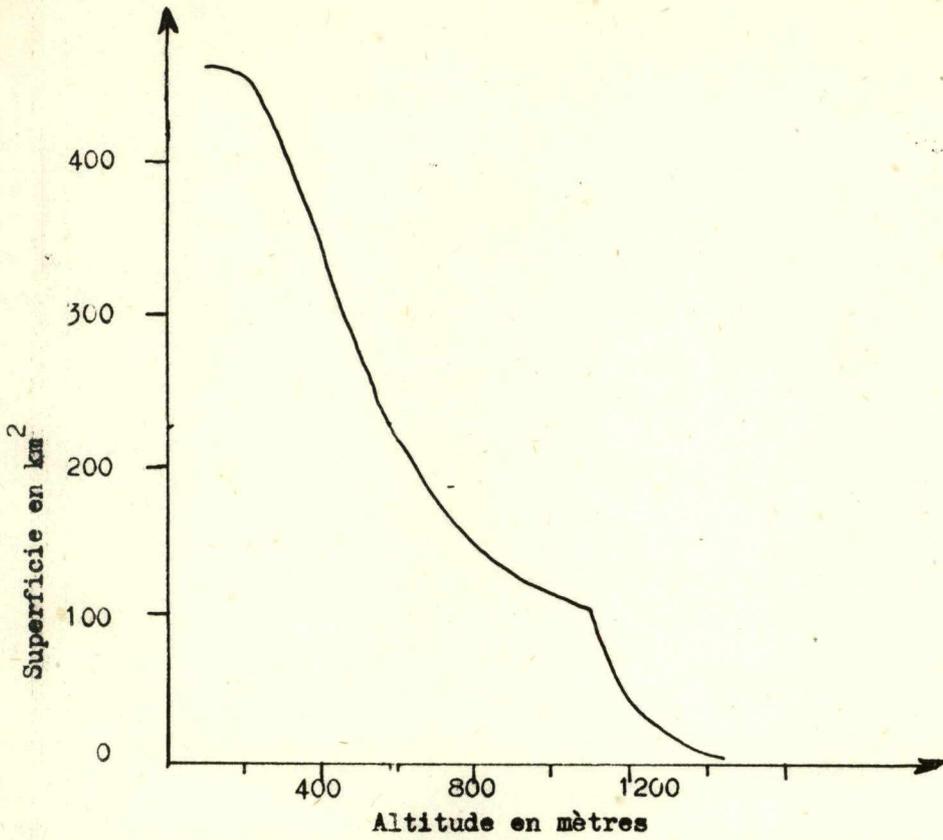


Fig. 2- COURBE HYSOMETRIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK.

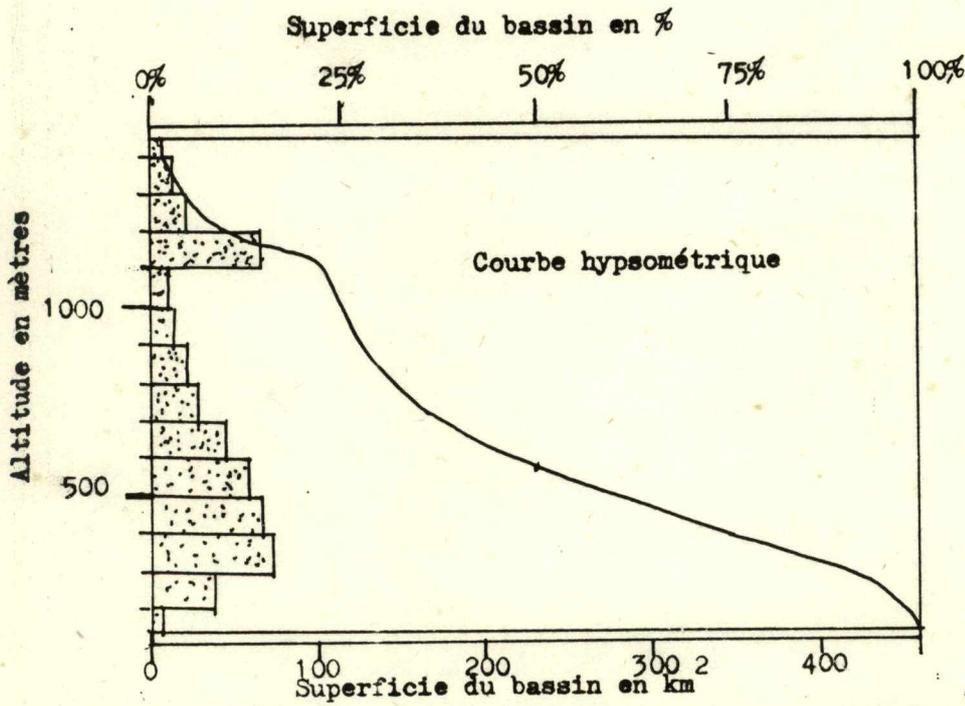


Fig. 3 - COURBE HYSOMETRIQUE ET DIAGRAMME DES FREQUENCES ALTIMETRIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK .

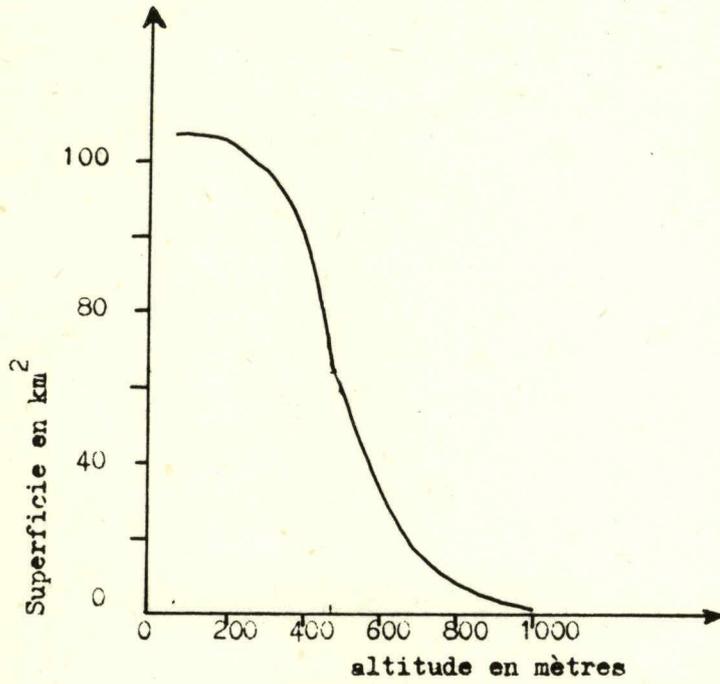


Fig. 4 - COURBE HYSOMETRIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AMYER.

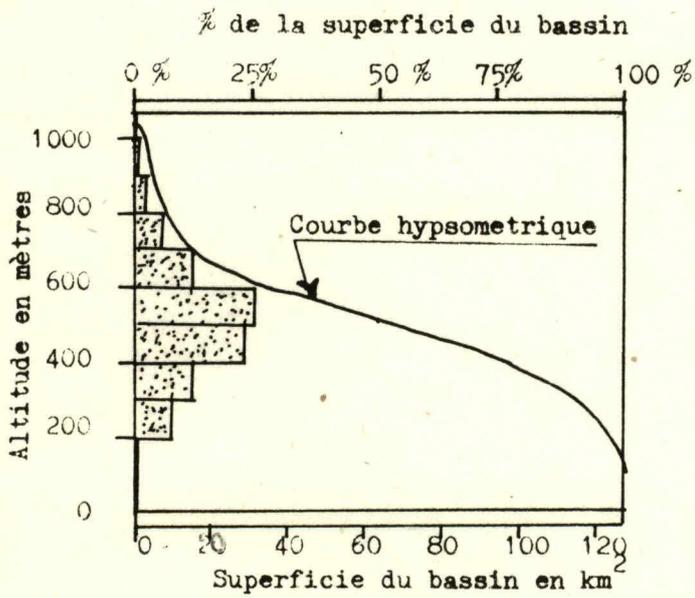


Fig. 5 - COURBE HYSOMETRIQUE ET DIAGRAMME DES FREQUENCES ALTIMETRIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AMYER.

Pour le bassin de l'oued Amyer, nous avons :

- altitude moyenne = 500 m.
- altitude la plus fréquente = 500 - 600 m.
- altitude de fréquence $\frac{1}{2}$ = 515 m.

Les deux courbes hypsométriques présentent une concavité orientée vers le bas, témoignant d'une érosion très active à l'époque actuelle ce qui laisse supposer un exhaussement de la région à une époque géologique très récente.

De plus, la courbe hypsométrique du bassin versant de l'oued Sikkak fait ressortir :

- la présence de pentes assez fortes en tête du bassin et au niveau du raccordement avec la partie aval.

- l'existence d'un plateau qui est celui de Terny.

Tout ceci est à relier à une néotectonique.

4 - HYDROGRAPHIE :

4 - 1 - INTRODUCTION :

Le bassin versant de la Tafna se situe à l'Ouest du territoire Algérien. Le cours de cet oued peut se subdiviser en trois parties : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna.

- La haute Tafna : L'oued prend naissance dans les Ouled Ouriach et se dessine après la jonction d'un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains jurassiques et descendant de crêtes atteignant 1500 mètres. Ces ramifications se réunissent aux environs de Sebdu à une altitude d'environ 900 mètres. A partir de cet endroit et jusqu'à Sidi Medjahed, l'oued suit un cours dans une vallée encaissée, creusé dans des terrains jurassiques. Dans cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued Bellac (Rive droite) et l'oued Taïre (Rive gauche)

- La moyenne Tafna : A partir de Sidi Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin tertiaire et coule dans une vallée peu profonde dans des terrains plus ou moins argileux. Dans cette région, la Tafna suit une direction N - S jusqu'à Bled Chaaba, puis se dirige vers le Nord - Est. Cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents, parmi lesquels quelques uns sont importants.

- Sur la rive gauche, les affluents sont moins importants que sur la rive droite. Seul l'oued Mouillah, qui prend naissance au Maroc, est remarquable par son parcours et son débit. Entre Bled Chaaba et les gorges de Tahouaret, la Tafna reçoit de nombreux affluents prenant naissance dans les Traras : oueds El Malha, Dick

Chétibia, El Habalet, Bekiou et Dahmane.

- Sur la rive droite, la Tafna reçoit les oueds Ksoub, Souf El Nirouf, Romana, Malah, Zitoun et enfin l'oued Isser, affluent le plus important tant par son long parcours que par son fort débit.

L'oued Isser prend naissance dans les terrains jurassiques sur le territoire des Beni Smiel et étend ainsi vers l'Est la région de la haute Tafna. A son entrée dans le bassin tertiaire, l'oued Isser qui suit une direction N - S est grossi, au Nord d'Ouled Mimoun, par l'oued Chouly (Rive gauche) et l'oued Ain Tellout (Rive droite). Au Nord de la plaine d'Ouled Mimoun, il change de direction et se dirige vers l'Ouest en contournant le promontoire jurassique des djebels Er - Ramlya et El Abiod, puis il traverse la petite plaine d'El Fehoul.

A l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur la gauche un cours d'eau assez important : l'oued Sikkak descendu du massif de la haute Tafna sous le nom d'oued Meffrouch et qui pénètre dans le bassin tertiaire sous le nom d'oued Saf - Saf.

- la basse Tafna : Le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis les gorges de Tahouaret jusqu'à la mer, sur une distance de 20 km et reçoit des affluents assez peu importants, de direction E - W : oueds Lemba et Fed El Ateuch sur la rive droite et oued ben Djelloul sur la rive gauche.

Notre étude porte sur l'oued Sikkak qui est un affluent de rive gauche de l'oued Isser avec lequel il conflue au Nord d'Ain Youcef.

L'oued Sikkak comporte lui-même deux branches principales :

- l'oued Sikkak proprement dit
- l'oued Amyer, affluent de rive droite, dont la confluence avec l'oued Sikkak se situe à l'Est d'Ain Youcef.

- L'OUED SIKKAK prend naissance sur le plateau de Terny à la source d'Ain Rhannous et prend des appellations diverses suivant les régions :

- de la source au barrage : oued En ' Nchef
- du barrage aux cascades d'El Orit : oued Meffrouch
- des cascades à Chétouane : oued Saf - Saf
- de Chétouane à l'exutoire : oued Sikkak

La direction d'écoulement de cet oued, long de 56 km, est variable :
- sur le plateau de Terny, sa direction WSW - ENE est sensiblement identique à celle du synclinal

- des cascades d'El Orit à Saf - Saf, la direction change et devient NNE - SSW -

- par la suite, jusqu'à Sidi Moussa, il a une direction N - S qui devient SSE - NNW vers la fin de son parcours.

Ces directions correspondent à celles des fractures.

Au niveau des cascades et de la région de Chétouane, il traverse en canyons la formation des dolomies de Tlemcen.

- l'OUED AMYER, qui a une longueur de 29 km, prend sa source au pied des massifs jurassiques du djebel Oum El Allou. La majeure partie de son lit est creusé dans les marnes helvétiques. De la source au Nord du village d'Amyer, la direction d'écoulement est grossièrement N - S. Par la suite, elle change et devient WNW - ESE jusqu'à la confluence avec le Sikkak, à l'Est d'Ain Youcef.

4 - 2 - ETUDE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE :

Nous avons utilisé la méthode mise au point par R.H Horton (1945) et modifiée par A.N. Strahler et S.A. Schumm (1954).

- CLASSIFICATION PAR ORDRES ET ETUDE DU CHEVELU HYDROGRAPHIQUE: (Carte n° 1)

Tout cours d'eau sans affluent est d'ordre 1. Pour Strahler et Schumm, tout tronçon de rivière, formé par la réunion de cours d'eau d'ordre x est d'ordre (x + 1).

Etant donné les documents cartographiques utilisés (cartes à l'échelle du 1/50.000), les thalwegs d'une longueur inférieure à 5 mm n'ont pas été pris en considération.

Les données sont rassemblées au tableau n° 3.

Ordre	Nombre	Longueur cumulée (km)	Longueur moyenne (km)	Aire (km ²)
1	608	365	0.60	243.2
2	128	171	1.33	108.8
3	24	84	3.50	48.9
4	6	25	4.16	34.2
5	2	50	25	23.7
6	1	6	6	3

Tableau n° 3 - CLASSIFICATION PAR ORDRES DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

- COEFFICIENT D'ALLONGEMENT : Il est donné par la relation :

$$E = \frac{2 \sqrt{A / 3.14}}{L_0}$$

A = Surface totale du bassin versant en km²

$$L_0 = \sum_{1}^{6} \frac{L}{n} = \frac{40.59}{6} = 6.76$$

L, représente la longueur moyenne des thalwegs au niveau de chaque ordre
n: nombre d'ordres retenus, égal à 6

Nous avons donc :

$$E = \frac{2 \sqrt{463 / 3.14}}{6.76} = 3.59$$

- DENSITE DE DRAINAGE , donnée par la relation :

$$D_d = \sum_{1}^{6} L / A = 1.51 \text{ km} / \text{km}^2$$

- FREQUENCE DES COURS D'EAU : Elle correspond au nombre de cours d'eau par unité de surface.

$$F_s = n / A = 1.66$$

- RAPPORT DE CONFLUENCE : Il représente le quotient du nombre de thalwegs d'ordre x par celui d'ordre supérieur.

Lorsque le réseau est bien organisé, les nombres des cours d'eau d'ordre successif croissant forment une série géométrique inverse.

Les points portés sur diagramme semi - logarithmique (Fig. 6) sont alignés sur une droite.

Le rapport de confluence moyen est égal à la pente de la droite ajustée à l'ensemble des points.

Pour le bassin versant de l'oued Sikkak, nous avons :

$$-\log R_c = 0.57508 \text{ et } R_c = 3.76.$$

Si l'on admet que, pour un bassin parfaitement organisé, $R_c = 2$, on constate que l'oued Sikkak présente une bonne organisation.

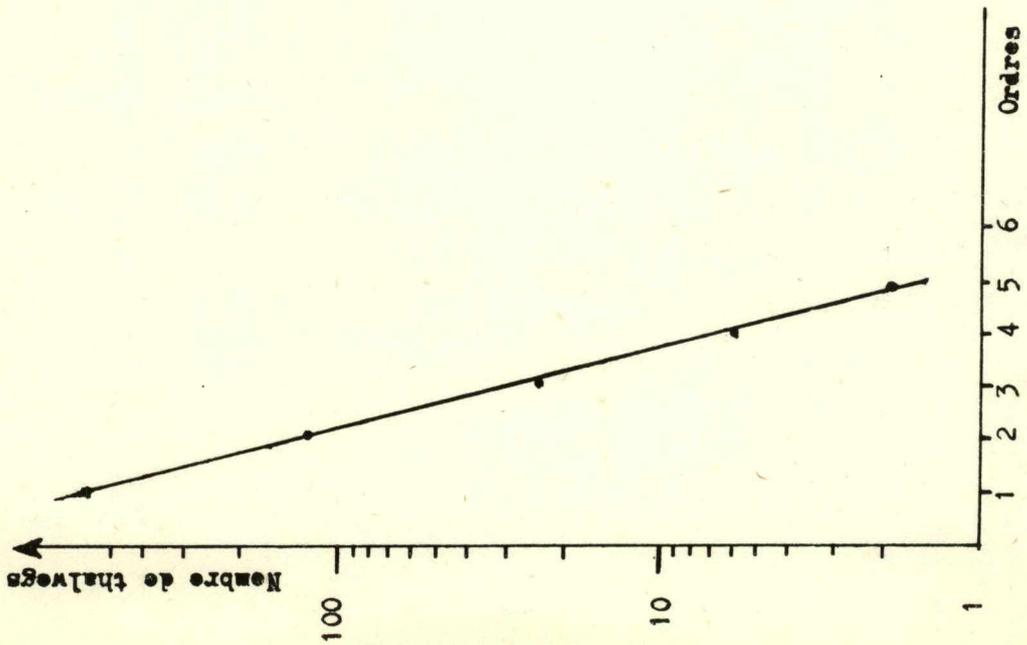


Fig. 6 - RAPPORT DE CONFLUENCE.

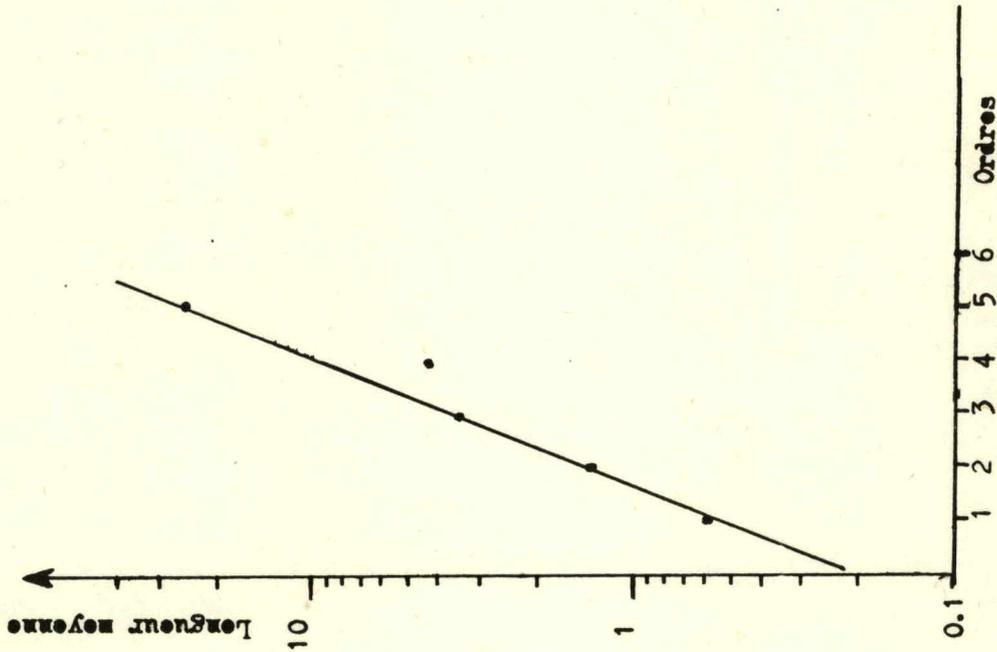


Fig. 7 - RAPPORT DE LONGUEUR.

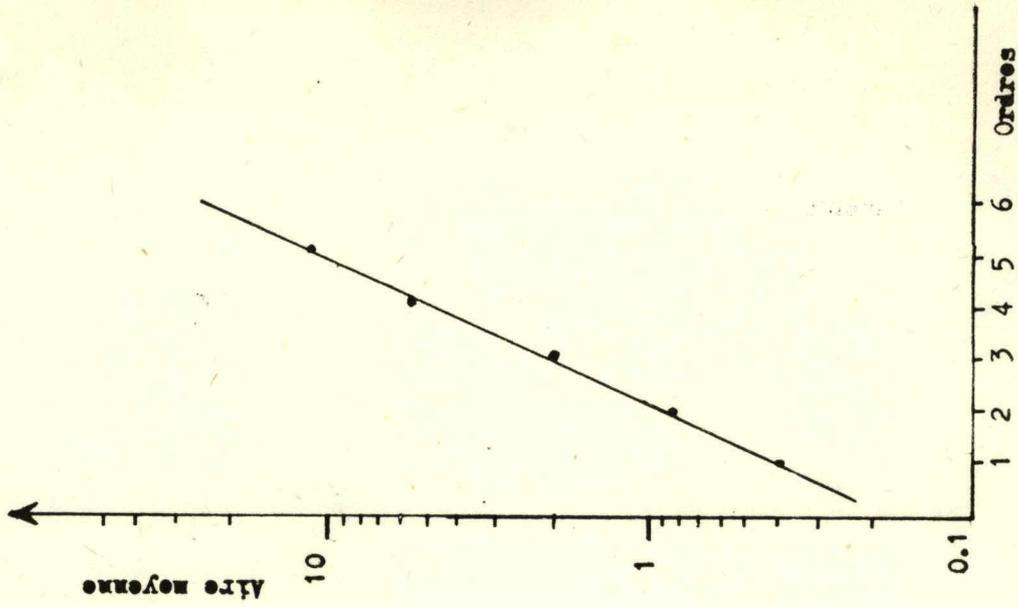


Fig. 8 - RAPPORT DES AIRES.

- RAPPORT DES LONGUEURS : Le rapport des longueurs représente le quotient de la longueur moyenne des thalwegs d'ordre (x + 1) par celle des thalwegs d'ordre x.

Dans un bassin bien organisé, les longueurs moyennes des thalwegs d'ordre successif croissant, forment une progression géométrique directe.

Sur le graphique semi - logarithmique (Fig. 7), on constate que l'alignement est presque parfait.

Nous avons, pour le rapport moyen du bassin :

$$\log R_l = 0.4201 \text{ et } R_l = 2.63$$

- RAPPORT DES AIRES : Le rapport des aires représente le quotient de l'aire moyenne des thalwegs d'ordre (x + 1) par l'aire moyenne des thalwegs d'ordre x.

Si le bassin est bien organisé, la progression géométrique est directe.

Sur le graphique semi - logarithmique (Fig. 8), on constate que les points sont alignés presque parfaitement sur la droite.

Le rapport d'aire moyen est égal à la pente de la droite ajustée à l'ensemble des points.

Nous avons pour le bassin de l'oued Sikkak :

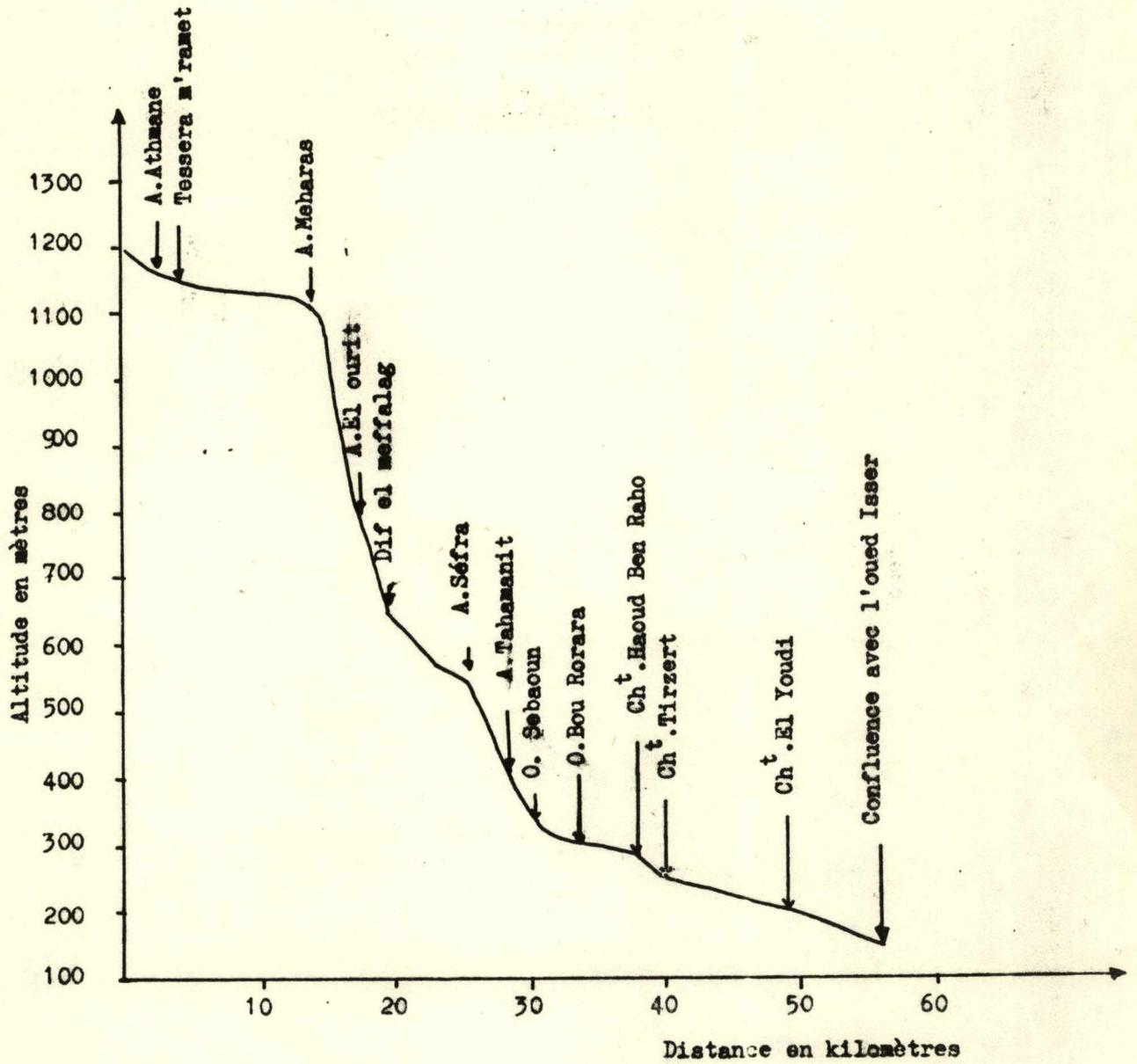
$$\log R_a = 0.349 \text{ et } R_a = 2.236$$

L'ensemble des paramètres morphométriques, calculés d'après la méthode de R.H. Horton peut se résumer dans le tableau n° 4.

Ordre	Nombre	Rapport de confluence	longueur cumulée	longueur moyenne	Rapport des longueurs	Aire	Aire moy.	Rapport aires
1	608	-	365	0.60	-	243.2	0.40	-
2	128	4.75	172	1.33	2.21	108.8	0.85	2.12
3	24	5.33	84	3.50	2.63	48.9	2.03	2.38
4	6	4	25	4.16	1.18	34.2	5.70	2.80
5	2	3	50	25	6	23.7	11.85	2.08
6	1	2	6	6	0.24	3	3	3.95

Tableau n° 4 - PARAMETRES MORPHOMETRIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK.

FIG. n° 9 - PROFIL EN LONG DE L'OUED SIKKAK



4 - 3 - PROFIL EN LONG DE L'OUED SIKKAK : (Fig. 9)

D'une longueur de 55.7 km, l'oued Sikkak présente des variations de pente assez importantes.

Le profil fait apparaître l'existence d'une pente faible sur le plateau de Terny, de l'ordre de 0.57 %. A partir d'Ain Meharas et jusqu'à Dif El Meffalag, la pente devient plus forte et atteint 10%.

Au niveau de Dif El Meffalag et jusqu'à Ain Sefra, la pente devient de nouveau plus faible et ne dépasse pas 1.8 %.

Au niveau d'Ain Sefra et jusqu'à l'oued Sebaoun, elle est de l'ordre de 5 %.

Par la suite, la pente est à peu près constante et faible, de l'ordre de 0.71 % jusqu'à la confluence avec l'oued Isser.

Nous pouvons remarquer qu'il y a rupture de pente au passage de failles, ce qui signifie que ces failles sont actives.

5 - VEGETATION ET CULTURES :

Les massifs jurassiques rocheux, calcaires et dolomitiques admettent une maigre couverture forestière, caractérisée par *Calitris quadrivalvis*, *Juniperus oxycedrus* et *Pinus halepensis*.

Les grés de Bou Médine sont caractérisés par l'abondance de *Cistus ladaniférus* et par *Quercus suber* qui constituent les belles forêts d'Hafir et des Zarifet.

Les marnes kimmeridgiennes et miocènes et les alluvions quaternaires sont occupés par les céréales et les prairies naturelles.

Une plantation d'oliviers couvre une partie de la plaine qui s'étend de Tlemcen à Hennaya, de Saf - Saf à Mansourah. A son abri, s'étagent en gradins les jardins irrigués qui produisent des légumes et des fruits.

6 - CONCLUSION :

L'étude de la courbe hypsométrique et du profil en long de l'oued Sikkak fait ressortir la présence de pentes assez fortes qui sont à relier à une néotectonique.

L'étude du réseau hydrographique montre que le bassin de l'oued Sikkak est bien organisé. La jeunesse de ce cours d'eau n'est pas en accord avec ceci. Il y aurait certainement un problème d'héritage.

L'altitude moyenne du bassin versant de l'oued Sikkak est de l'ordre de 580 mètres.



H A P I T R E D E U X I E M E

C L I M A T O L O G I E

- 1 - CONSIDERATIONS GENE RALES
- 2 - PRECIPITATIONS SUR LE BASSIN
- 3 - TEMPERATURES SUR LE BASSIN
- 4 - EVAPORATION
- 5 - DEFICIT D'ECOULEMENT
- 6 - BILAN PRELIMINAIRE
- 7 - CONCLUSION

1 - CONSIDERATIONS GENERALES :

Les mécanismes essentiels du climat algérien sont déterminés par deux groupes de facteurs :

- les facteurs géographiques : altitude, latitude, éloignement à la mer et orientation des versants.

- les facteurs météoriques qui conditionnent l'envahissement de l'Algérie par les masses d'air.

En ce qui concerne la région étudiée, les masses d'air équatoriales en s'affaissant entre le 30° et le 40° parallèle entraînent la présence :

- d'une ceinture des hautes pressions

- d'un important déficit d'humidité de l'air

L'air qui s'écoule des noyaux constituant la ceinture des hautes pressions va donner :

- au Sud, le système des Alizés

- au Nord, le flux des vents des Westerlies

Né de la rencontre du flux d'air tropical et de l'air froid polaire, le front polaire et le Jet Stream qui le surmonte occupent des positions variables entre le 30° et le 40° parallèle en hiver et le 50° parallèle en été, balayant ainsi l'ensemble du territoire algérien au cours de leur déplacement.

En raison d'importants contrastes thermiques entre continents et océans, la force du Jet Stream et la netteté du front polaire seront maximum en hiver et c'est durant cette période que les systèmes perturbés seront les plus actifs.

A côté du front polaire, des surfaces de discontinuité de moindre importance peuvent apparaître au niveau du territoire algérien :

- le front polaire dérivé qui intéresse surtout l'Est algérien

- le front méditerranéen II ou front saharien, entre l'air méditerranéen et l'air saharien, qui se localise sur les crêtes de l'Atlas Saharien

- le front des Alizés qui s'établit entre deux cellules des hautes pressions subtropicales, l'une chaude, l'autre froide sur l'Atlantique

- le front atlantico - méditerranéen qui apparaît entre l'air atlantique et l'air méditerranéen.

Des interférences peuvent se produire lorsque le front polaire, le front polaire dérivé ou le front atlantico - méditerranéen recoupent le front des

Alizés qui remonte le long de l'anticyclone Saharien. Nous avons la mise en présence :

- d'air subtropical très chaud et très humide
- d'air tropical
- d'air polaire

Cet état entraîne de très importantes précipitations.

2 - PRECIPITATIONS SUR LE BASSIN :

2 - 1 - ETUDE DE L'HOMOGENEITE DES MESURES :

Le but de cette étude est de vérifier si les mesures effectuées sur une station sont homogènes et s'il n'y a pas d'erreurs importantes dans les relevés. Par la suite, une station reconnue homogène pourra servir à calculer les données manquantes sur d'autres stations avec lesquelles elle se montre bien corrélée. Pour contrôler l'homogénéité de nos stations, nous avons calculé le coefficient de corrélation r .

$$r = \frac{C}{\sigma_x \sigma_y}$$
$$C = \frac{\sum x_i y_i}{n} - \bar{x} \bar{y}$$

n = nombre d'années

σ_x = écart type des précipitations à la station A

σ_y = écart type des précipitations à la station B

\bar{x} = moyenne des précipitations à la station A

\bar{y} = moyenne des précipitations à la station B

L'équation de la droite de régression, liant les stations A et B, est de la forme :

$$y = ax + b$$

On prend A = x

$$\text{On aura : } a = \frac{B = y \quad \sum x_i y_i - \bar{x} \sum y_i}{\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

2 - 1 - 1 - HOMOGENEITE DES MESURES AUX STATIONS DE TLEMCCEN ET DE

REMCHI :

La comparaison des mesures des deux stations, entre les années 1927 et 1967, nous a donné les résultats suivants :

$$\bar{x} = 656.9 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = 440.1 \text{ mm}$$

$$\sigma_x = 197$$

$$\sigma_y = 102.6$$

$$r = 0.62$$

L'équation de la droite de régression, liant les stations de Tlemccen et de Remchi, est :

$$y = 0.32 x + 228.5$$

La valeur du coefficient de corrélation r trouvée nous montre qu'il y a des erreurs importantes dans les relevés dans une des deux stations.

Comme nous ne pouvons pas calculer les données manquantes des précipitations à la station de Tlemccen agro à partir de celles de la station de Remchi, nous avons pris la station du Meffrouch.

2 - 1 - 2 - HOMOGENEITE DES MESURES AUX STATIONS DE TLEMCCEN ET DU

MEFFROUCH :

La comparaison des mesures de ces deux stations, entre les années 1947 et 1974, nous a donné les résultats suivants :

$$\bar{x} = 682.8 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = 789.5 \text{ mm}$$

$$\sigma_x = 213$$

$$\sigma_y = 229$$

$$r = 0.91$$

L'équation de la droite de régression, liant la station de Tlemccen agro à celle du Meffrouch, est :

$$y = 0.915 x + 119.8$$

La valeur du coefficient de corrélation trouvée ($r = 0.91$), nous montre qu'il y a homogénéité des mesures. De ce fait, nous pouvons calculer les données manquantes à la station de Tlemccen à partir de celles de la station du Meffrouch.

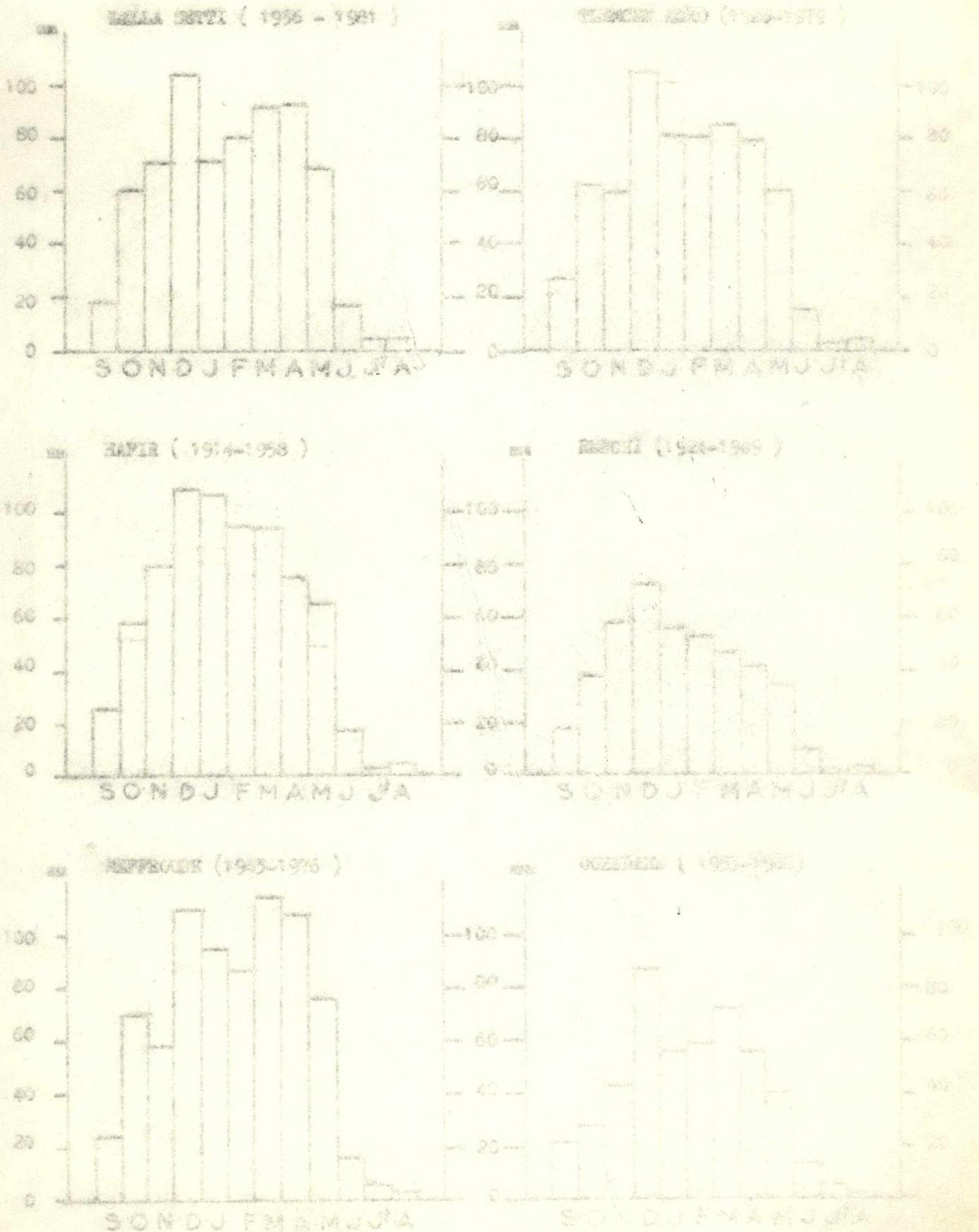


Fig. 10 -

Les histogrammes des précipitations mensuelles sont regroupés sur la fig. 10.

Nous pouvons remarquer que le mois de Décembre est le mois le plus humide pour l'ensemble des stations à l'exception de la station du Meffrouch où le maximum s'observe au mois de Mars. Le mois de Juillet est le plus sec pour les stations de Remchi, Bensekrane, Lalla Setti, Tlemcen agro et Hafir. Pour la station d'Ouzidane et du Meffrouch, Août correspond au mois le plus sec.

2 - 4 - PRECIPITATIONS SAISONNIERES :

Les quatre saisons de l'année correspondent à :

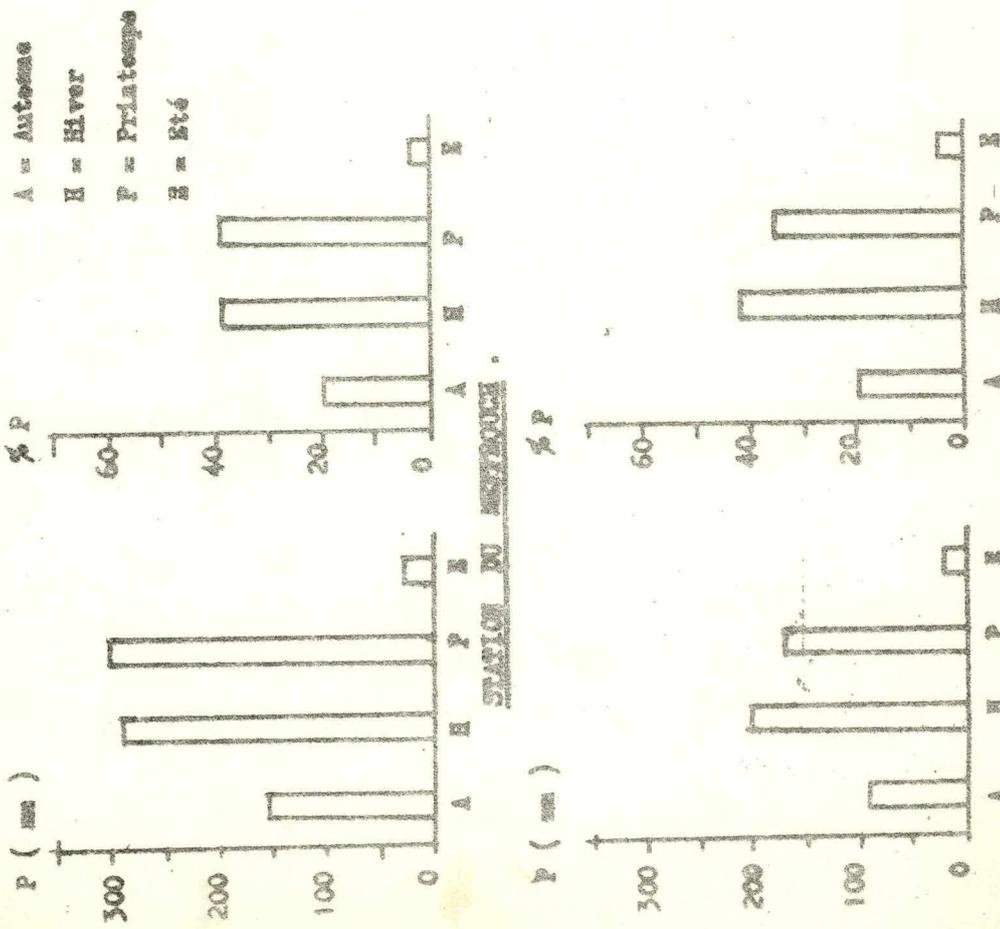
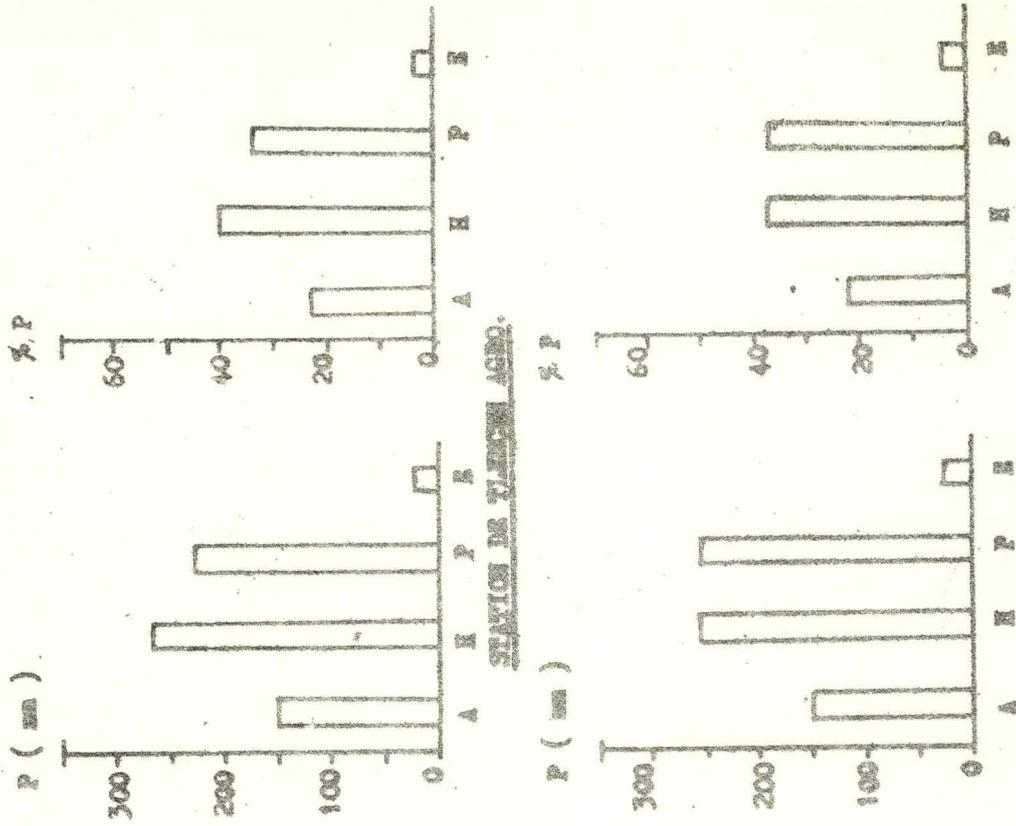
- l'hiver (Décembre, Janvier et Février)
- au printemps (Mars, Avril et Mai)
- à l'été (Juin, Juillet et Août)
- à l'automne (Septembre, Octobre et Novembre).

Les précipitations saisonnières, par stations, sont données au tableau n° 7.

Stations	Moyenne	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Tlemcen agro	Moy. saisonnière (mm)	150	267	224	21
	Moy. saisonnière (%)	22.65	40.33	33.83	3.17
Lalla Setti	(mm)	148	256	253	27
	(%)	21.75	37.37	36.93	3.94
Meffrouch	(mm)	153	292	299	26
	(%)	19.87	37.92	38.83	3.37
Ouzidane	(mm)	94	202	168	21
	(%)	19.38	41.64	34.63	4.32

Tableau n° 7 - REPARTITION SAISONNIERE DES PRECIPITATIONS .

Les distributions des précipitations saisonnières sont reportées sur la fig. 11.



A = Automne
 H = Hiver
 P = Printemps
 E = Eté

STATION DE LALLA SETHI.

STATION D'ORIGNY.

STATION D'ORIGNY.

STATION D'ORIGNY.

STATION D'ORIGNY.

Les résultats montrent que l'hiver, avec des pourcentages variant de 37.92 à 41.50 %, est la saison la plus pluvieuse. L'été correspond à la saison la plus pluvieuse. L'été correspond à la saison la plus sèche (3.18 à 4.39 %).

C'est ce que nous montre le tableau n° 7 Pour les stations de Tlemcen agro, Lalla Setti et Ouzidane. Pour la station du Meffrouch, le printemps est une saison plus pluvieuse.

2 - 5 - PRECIPITATIONS NIVALES :

Sur les plaines, les chutes de neige sont faibles. Par contre, au niveau des zones montagneuses, comme le plateau de Terny, l'enneigement est plus important et plus long.

En l'absence de station de mesure, dans ce secteur, nos renseignements se montrent limités et il ne nous a pas été possible de calculer l'équivalent en eau.

2 - 6 - ETUDE STATISTIQUE DES PRECIPITATIONS :

L'analyse statistique des différents relevés, tout en nous permettant de préciser les conditions du régime pluviométrique à Tlemcen, nous conduira également à estimer les précipitations extrêmes.

L'utilisation d'une loi de Gauss n'est pas possible (Sur le diagramme d'Henry, nous avons obtenu une courbe et non une droite) alors qu'une loi log - normale justifie la distribution.

2 - 6 - 1 - AJUSTEMENT DES PRECIPITATIONS ANNUELLES A LA LOI LOG NORMALE :

Les précipitations annuelles sont classées suivant une distribution ordonnée en termes décroissants. La probabilité P d'atteindre ou de dépasser chaque valeur sera calculée par la relation :

$$P = \frac{R}{N + 1}$$

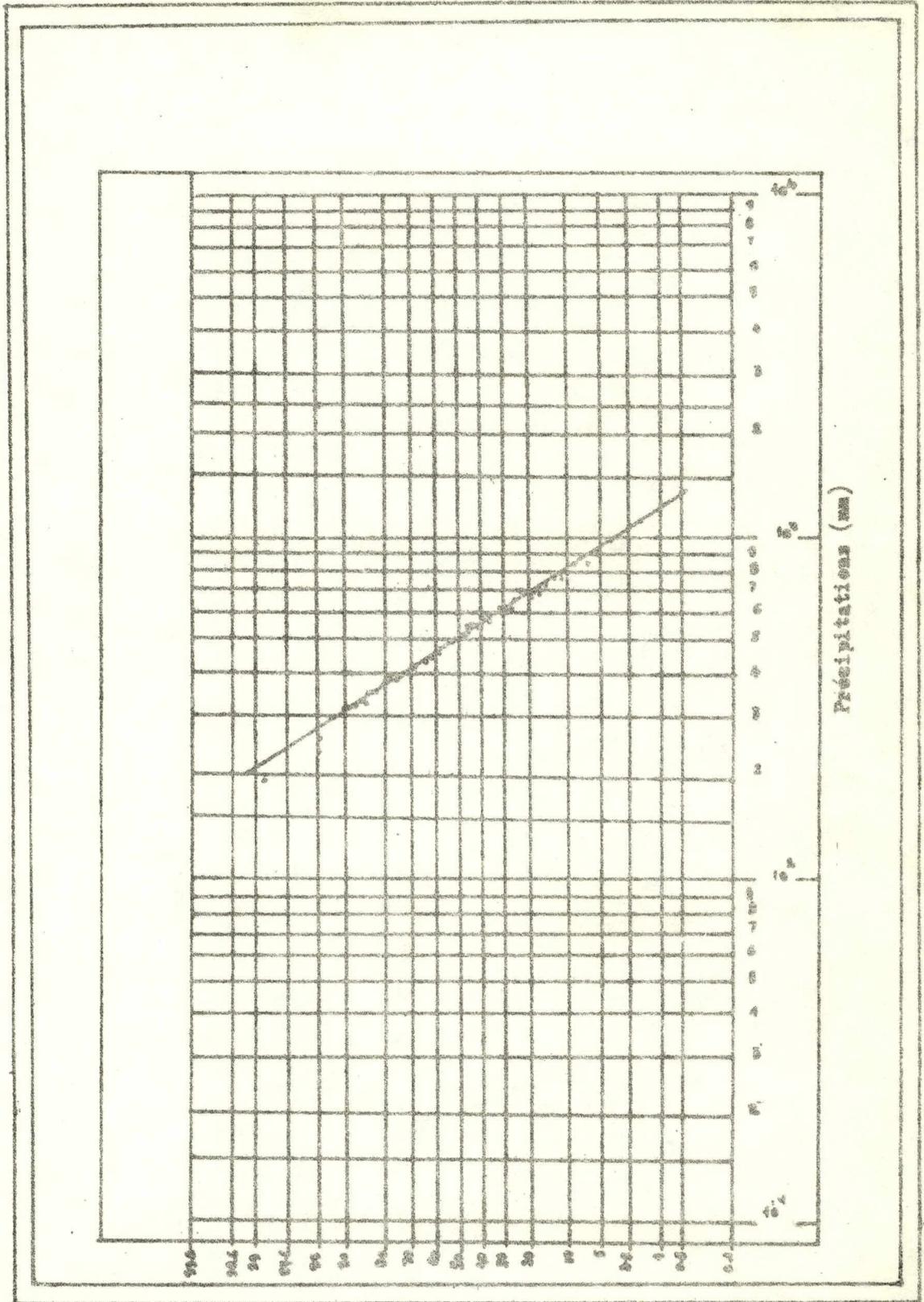
R = rang

N = période d'observation (nombre d'années)

Les résultats sont portés sur le tableau n° 8, donné en annexes.

On reporte sur papier fonctionnel, en valeurs et probabilités, chaque point représentatif de la distribution. Le graphe comporte sur l'axe des ordonnées, en échelle Gaussienne, les probabilités et sur l'axe des abscisses, en échelle logarithmique, la variable statistique c'est à dire les précipitations.

La distribution des précipitations, à Tlemcen agro, fournit un alignement de points acceptable (Fig. 12).



Probabilités

Fig. 12 - DISTRIBUTION EN LOI LOG NORMALE DES PRÉCIPITATIONS A LA STATION DE TLEMCEN AGRO (1926 - 1979).

Elle peut être normalement représentée par une loi log normale.

2 - 6 - 2 - TEST DU χ^2 :

Les paramètres caractérisant la distribution sont donnés au tableau n°

9.

Paramètres	Formules	Valeurs
Moyenne	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{1}^n x_i$	662.1
Variance	$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{1}^n (x_i - \bar{x})^2$	37 182
Ecart type	$\sigma = \sqrt{S^2}$	192.83
Coefficient de variation	$Cv = \frac{\sigma}{\bar{x}}$	0.29

Tableau n° 9 - PARAMETRES DE POSITION.

Test du χ^2 : Tester la valeur d'un ajustement revient à estimer si la loi de probabilité choisie, avec ses paramètres, a des chances raisonnables de représenter effectivement la distribution statistique de l'échantillon analysé.

L'échantillon est divisé en un certain nombre de classes k. Si N_i est le nombre expérimental contenu dans la classe i et N_i' , le nombre de valeurs, qui, sur un échantillon de grandeur N est affecté par la loi théorique proposée à la classe i, le χ^2 est défini par la relation :

$$\chi^2 = \sum_{1}^k \frac{(N_i - N_i')^2}{N_i}$$

Le calcul du χ^2 , pour la station de Tlemcen agro, est donné au tableau n° 10.

N° de classes	Limites de classes	Bornes standardisées	Fréq. cum. à la borne sup.	Fréq. simple théor.	Effec. théor.	Effec. observé	$\frac{(N_i - N_i')^2}{N_i}$
1	< 500	< -0.84	0.2005	0.2005	10.82	10	0.066
2	500-600	-0.84.-0.32	0.3745	0.1740	9.39	14	2.26
3	600-700	-0.32.-0.19	0.5753	0.2008	10.84	9	0.312
4	700-800	-0.19.+0.71	0.7611	1.1858	10.03	10	0.00009
5	800-900	+0.71.+1.23	0.8907	0.1296	6.99	6	0.140
6	> 900	> +1.23	1	0.1093	5.90	5	0.137

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 2.91.$$

Tableau n° 10 - CALCUL DU χ^2 POUR LA STATION DE TLEMCCEN.

Pour un degré de liberté de $6 - 4 = 2$ (4 = Valeurs introduites dans le calcul et 6, le nombre de classes) et pour une probabilité de 0.05, le χ^2 tabulé est de 5.991. Le χ^2 calculé étant inférieur au χ^2 tabulé, l'adéquation à la loi de Galton - Gibrat est bonne.

2 - 6 - 3 - CALCUL DES PRECIPITATIONS EXTREMES :

A partir de l'équation de Galton, nous pouvons calculer les valeurs des précipitations extrêmes. L'équation de Galton est de la forme :

$$u = a \log (P - P_0) + b$$

$$a = \frac{1.517}{\sqrt{\log 1 + \frac{S^2}{(\bar{P} - P_0)^2}}}$$

$$S^2 = \text{variance}$$

$$b = 1.513 / a - a \log (P - P_0)$$

P_0 , paramètre de position, n'est pas connu. On l'a calculé par la méthode analytique.

$$\frac{S^4}{\sqrt{3}} = \frac{(\bar{P} - P_0)^3}{S^2 + 3(\bar{P} - P_0)^2}$$

$$S^4 = \text{carré de la variance}$$

μ^3 = moment centré d'ordre 3, qui a pour expression :

$$\mu^3 = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \left[n \sum_{i=1}^n P_i^3 - 3 \sum_{i=1}^n P_i \cdot \sum_{i=1}^n P_i^2 + \frac{2}{n} \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^3 \right]$$

Pour la station de Tlemcen agro, l'équation est :

$$u = 9.7 \log (P + 139) - 28$$

A partir de cette équation, nous pouvons calculer les précipitations extrêmes en remplaçant u par sa valeur.

-Précipitations decennales : $P = 904.7 \text{ mm} (u = 1.28)$

-Précipitations centennales: $P = 1196.9 \text{ mm / an} (u = 2.32)$

-Précipitations millénales : $P = 1542.8 \text{ mm / an} (u = 3.29)$

Calcul de la période de retour des valeurs extrêmes :

- Période de retour du minimum observé ($P_m = 320.9 \text{ mm/an}$) :

Si on remplace P par sa valeur, dans l'équation de Galton à la station de Tlemcen agro, nous aurons :

$$u = - 2.17$$

$$Pr = 0.985 (Pr = \text{probabilité})$$

u étant négatif, la période de retour est :

$$T = \frac{1}{1 - Pr} = 66.66 \text{ ans}$$

- Période de retour du maximum observé ($P_M = 1257.2 \text{ mm/an}$) :

$$u = 2.506$$

$$Pr = 0.00604$$

u étant positif, la période de retour est de :

$$T = \frac{1}{Pr} = 165 \text{ ans}$$

2 - 6 - 4 - IRREGULARITE DU REGIME DES PRECIPITATIONS :

Le coefficient d'irrégularité du régime des précipitations annuelles, à la station de Tlemcen agro, concrétisé par le rapport du module de l'année la plus humide P_M à celui de l'année la plus sèche P_m , nous donne :

$$\frac{P_M}{P_m} = 3.91, \text{ valeur caractéristique d'un climat semi - aride.}$$

2 - 7 - DETERMINATION DE LA LAME D'EAU MOYENNE TOMBEE SUR LE BASSIN

2 - 7 - 1 - METHODE DE THIESSEN :

Les stations disponibles sont reportées sur une carte. On trace une série de droites reliant les stations et par la suite les médiatrices qui déterminent un système de polygones pour lesquels la hauteur moyenne des précipitations sera prise égale à celle relevée à la station qui commande le secteur.

Par la suite, on calcule la surface des polygones élémentaires en % de la surface totale du bassin; c'est ce pourcentage qui sert de coefficient de pondération propre à chaque station.

Les résultats obtenus sont donnés au tableau n° 11.

Stations	Superficie (km ²)	%	Précipitations (mm / an)	Volume d'eau tombée (10 ⁶ m ³ / an)
Bensekrane	29	6.26	462	13.39
Remchi	70.2	15.15	436	30.60
Ouzidane	179.2	38.69	485	86.91
Tlemcen agro	50.52	10.92	662	33.44
Meffrouch	67	14.46	770	51.55
Terny	59.4	12.83	731	43.42
Hafir	3	0.65	738	2.21

Total = 261.52 . 10⁶ m³ / an

Tableau n° 11 - CALCUL, PAR LA METHODE DE THIESSEN, DE LA LAME D'EAU MOYENNE TOMBEE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK.

La lame d'eau moyenne, tombée sur le bassin versant de l'oued Sikkak, serait de :

$$P_m = \frac{261.52 \cdot 10^6}{463 \cdot 10^6} = 0.564 \text{ m. / an soit } 564 \text{ mm / an.}$$

2 - 7 - 2 - METHODE DU GRADIENT ALTIMETRIQUE :

2 - 7 - 2 - 1 - Relation éloignement à la mer - précipitations :

En montagne, les précipitations sont plus importantes sur les versants

exposés aux vents soufflant de la mer que sur les versants opposés. Sur un versant déterminé, plus on s'élève en altitude, plus la hauteur des précipitations est importante. Pour des stations situées à des altitudes sensiblement identiques, plus la station est éloignée de la mer et plus les précipitations diminuent d'importance.

Nous avons vérifié l'action de l'éloignement de la mer. Pour cela, nous avons pris des stations situées à peu près à la même altitude.

Sur la fig. 13, nous avons reporté en ordonnées les précipitations et en abscisses, la distance à la mer des stations situées à peu près à la même altitude (850 mètres et 1100 mètres).

Nous obtenons deux courbes, l'une donnant les précipitations pour les stations dont l'altitude est voisine de 1100 mètres, l'autre pour des stations dont l'altitude est voisine de 850 mètres.

La fig. 13 nous montre que, plus on s'éloigne de la mer et plus les précipitations diminuent d'importance.

Stations	Altitude (m.)	Distance à la mer (km)	Précipitations (mm / an)
Meurbah	1100	65	492
Meffrouch	1106	48	770
Ain Es Souk	1082	57	580
Tlemcen agro	810	45	662
Ain Zelboum	850	47	541
Sebdou	920	67	298
Ghar Rouban	810	54	411

Tableau n° 12 -- RELATION ELOIGNEMENT A LA MER - PRECIPITATIONS .

2 - 7 - 2 - 2 - Relation précipitations - altitude :

Pour éliminer l'action d'éloignement à la mer, nous n'avons pris que des stations situées à peu près à la même distance à la mer.

Les résultats sont portés au tableau n° 13.

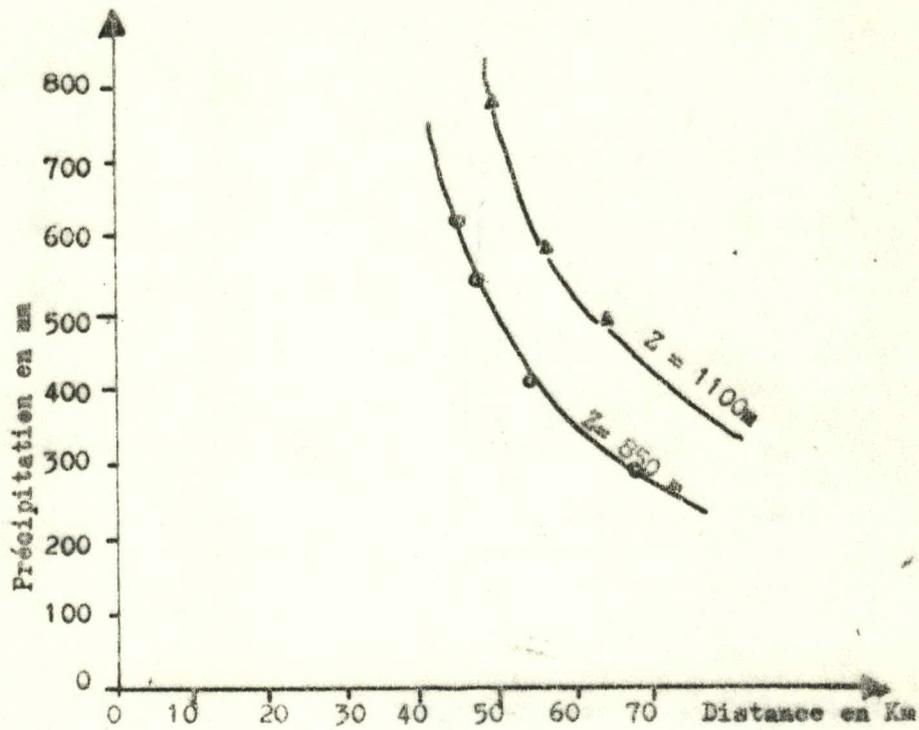


FIG. n° 13. RELATION PRECIPITATIONS - ELOIGNEMENT DE LA MER

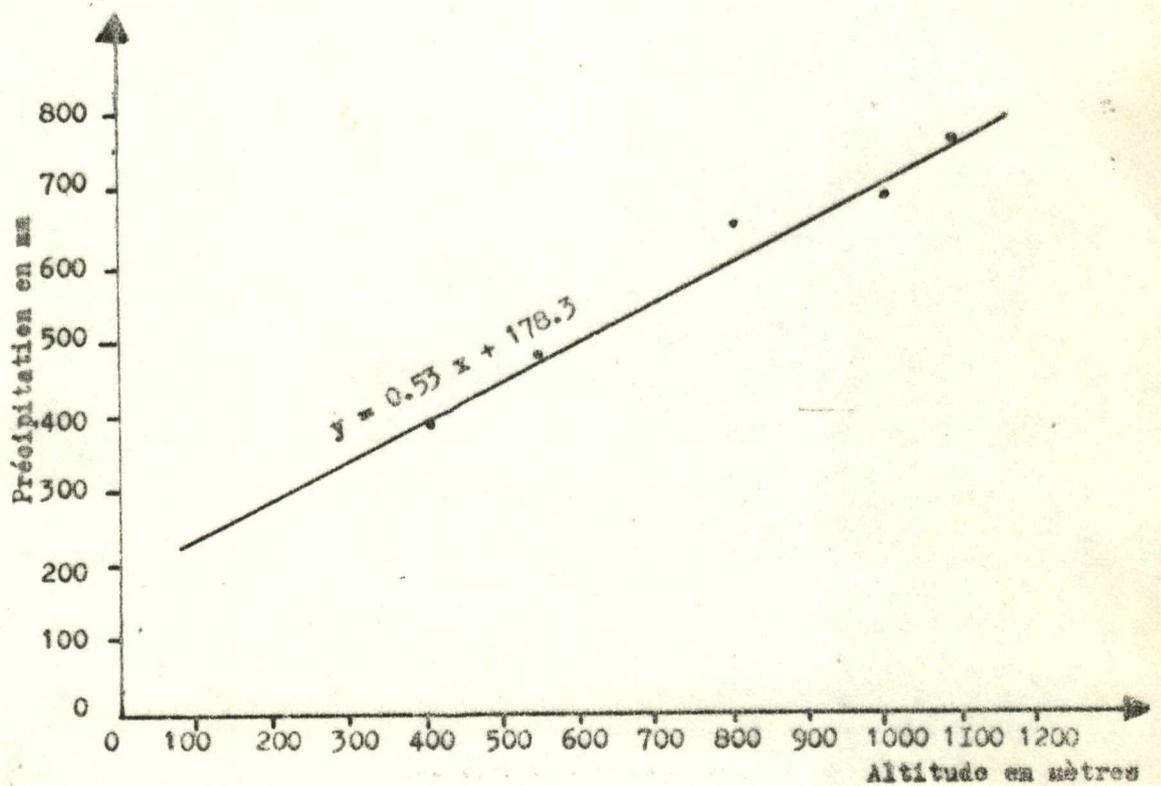


FIG. n° 14. RELATION PRECIPITATIONS - ALTITUDE

Stations	Eloignement de la mer (km)	Altitude (m)	Précipitations (mm / an)
Sidi Medjahed	42	425	391
Lalla Setti	45	1007	685
Ouzidane	42	555	485
Tlemcen agro	45	810	662
Meffrouch	48	1106	770

Tableau n° 13 - RELATION PRÉCIPITATIONS - ALTITUDE.

Sur la fig. 14, nous voyons qu'il existe une relation linéaire entre les précipitations et l'altitude.

La relation, calculée par la méthode des moindres carrés, reliant les précipitations à l'altitude pour la région étudiée est de la forme :

$$y = 0.53 x + 178.3$$

Le gradient altimétrique moyen est de 0.53 mm / m.

2 - 7 - 2 - 3 - Applications :

On peut donc calculer le volume des précipitations, par tranches d'altitude.

Les résultats sont donnés au tableau n° 14.

Altitude (m.)	Superficie (km ²)	Précipitations (mm)	Volume d'eau (x 10 ⁶ m ³ / an)
145 - 200	5.675	258	1.464
200 - 300	38.075	311	11.841
300 - 400	72.075	364	26.235
400 - 500	67.025	417	27.949
500 - 600	58.975	470	27.718
600 - 700	45.150	523	23.613
700 - 800	28	576	16.128
800 - 900	20.975	629	13.193

.../...

900 - 1000	12.650	682	8.627
1000 - 1100	10.750	735	7.901
1100 - 1200	63.230	788	49.841
1200 - 1300	20.950	841	17.618
1300 - 1400	11.750	894	10.504
1400 - 1500	7.675	947	7.268

Total = 249.900 . 10⁶ m³ / an

Tableau n° 14 - CALCUL, PAR LA METHODE DU GRADIENT ALTIMETRIQUE, DE LA LAME D'EAU MOYENNE TOMBEE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK.

La lame d'eau moyenne tombée sur le bassin versant de l'oued Sikkak, calculée par la méthode du gradient altimétrique, serait de :

$$P_m = \frac{249.9 \cdot 10^6}{463 \cdot 10^6} = 0.540 \text{ m / an soit } 540 \text{ mm / an.}$$

2 - 7 - 3 - METHODE DES ISOHYETES :

Cette méthode utilise des courbes d'égale précipitation tracées à partir des stations situées dans la région (Fig. 15).

On calcule la surface du bassin compris entre deux isohyètes consécutives et on admet que la hauteur des précipitations , sur cette surface élémentaire, est la moyenne entre deux isohyètes qui la limitent.

Les résultats obtenus sont portés au tableau n° 15.

Limites des isohyètes (mm)	Moyenne (mm)	Superficie (km ²)	Volume d'eau tombée (x 10 ⁶ m ³ / an)
400 - 500	450	193.35	87
500 - 600	550	65.62	36.09
600 - 700	650	88.66	57.62
700 - 800	750	120.30	90.22
800	800	10.15	8.12

Total = 279.05 x 10⁶ m³ / an

Tableau n° 15 - CALCUL, PAR LA METHODE DES ISOHYETES, DE LA LAME D'EAU TOMBEE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK.

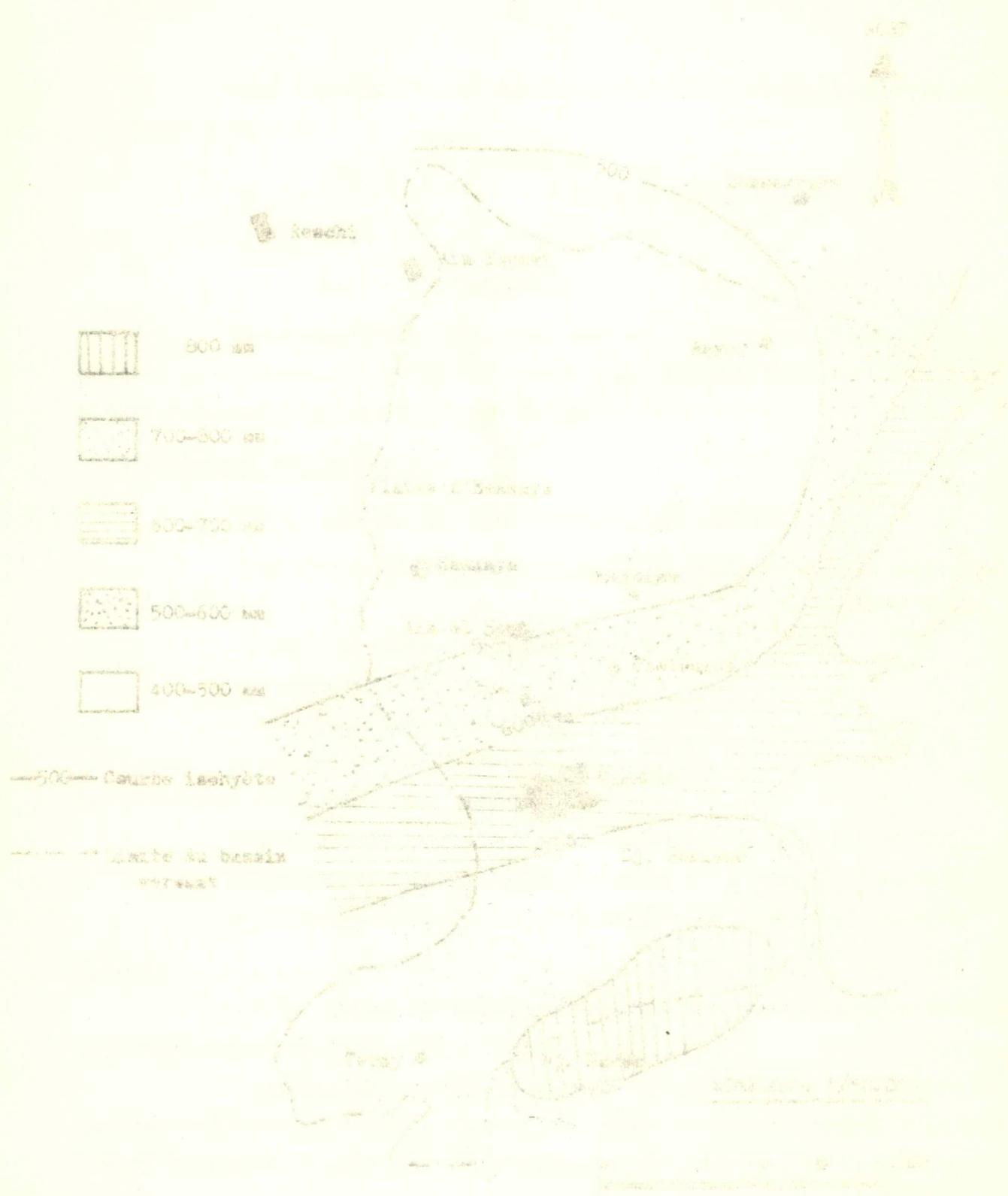
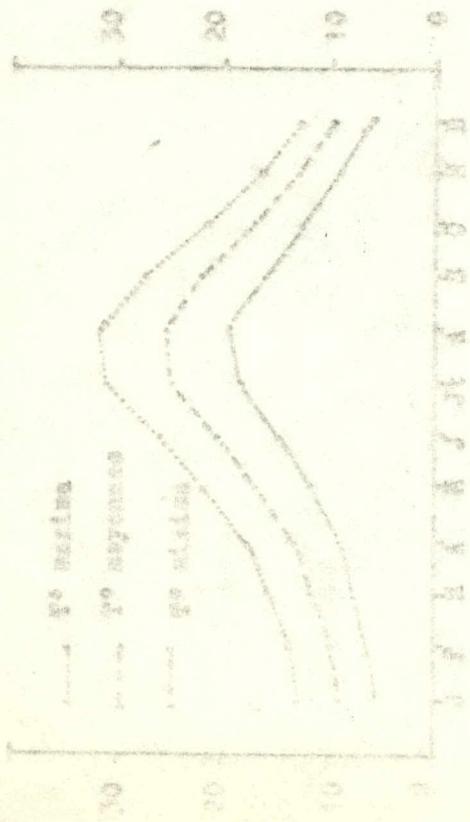


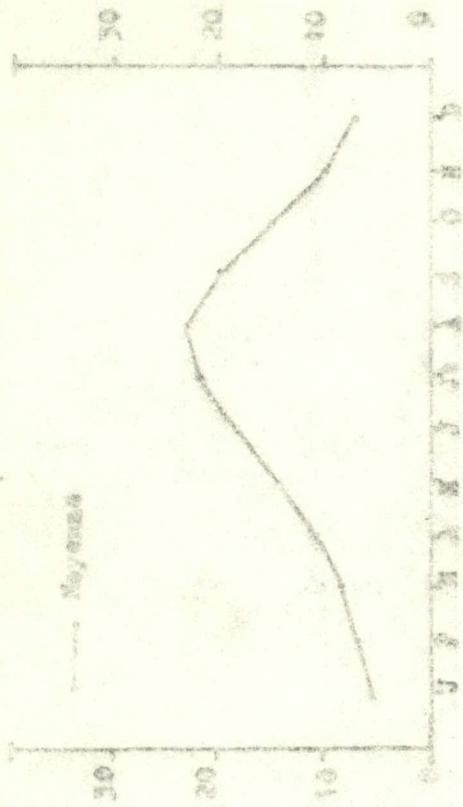
Fig. 1 - Carte de courbes isohyètes et de limites du bassin

Stations	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai.	Juin	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Annuel
Tlemcen agro	5.51	6.07	7.48	8.84	11.71	15.	18.65	19.33	16.46	12.75	9.06	6.36	11.31
(alt. 810 m)	12.65	13.71	15.98	17.86	21.86	25.96	30.90	31.30	27.41	21.87	16.82	13.41	20.74
	$\frac{M+m}{2}$												
Hafir	1.52	2.12	3.08	5.43	8.20	11.64	16.29	16.89	12.94	9.16	5.07	2.07	7.86
(alt. 1270 m)	9.36	10.68	12.64	15.66	19.50	24.40	30.50	30.89	25.65	19.71	12.92	10.65	18.54
	$\frac{M+m}{2}$												
Terny	5.44	6.40	7.86	10.54	13.85	18.01	23.39	23.89	19.29	14.43	8.99	6.36	13.20
(alt. 1200 m)	6.5	6.5	8.2	10.5	14.1	18	23.5	24	19.2	14.5	9.2	6.2	13.3
	$\frac{M+m}{2}$												
Meffrouch	5.8	7.2	8.5	11	14.5	18.3	21.7	23	20	15.1	10.1	7.3	13.7
(alt. 1106 m)	$\frac{M+m}{2}$												

Tableau n° 16 - MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES DES TEMPERATURES .



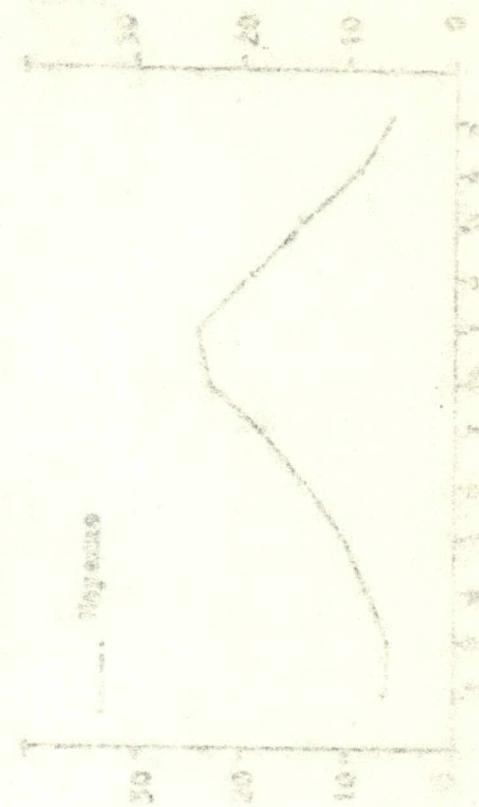
ESTACION DA LINDOIA (1926 - 1979)



ESTACION DE RIBEIRÃO (1942 - 1960)



ESTACION DE RIBEIRÃO (1973 - 1987)



ESTACION DE RIBEIRÃO (1994 - 1997)

Fonte: Dados coletados nos arquivos do INMET, Brasília, DF.

de Décembre à Mars, pour la station du Meffrouch, impliquant une période de repos pour la végétation.

Le minimum s'observe en Janvier sauf au niveau de la station de Terny où le minimum s'observe au mois de Décembre.

Pour l'ensemble des stations, le maximum apparait au mois d'Août.

3 - 2 - RELATION TEMPERATURE - ALTITUDE :

Pour déterminer la température annuelle moyenne, sur le bassin versant, nous avons établi la courbe de régression linéaire reliant la température à l'altitude (Fig. 17).

La relation, reliant la température à l'altitude, calculée par la méthode des moindres carrés, est la suivante :

$$y = - 0.0064 x + 21.07$$

Si nous prenons comme altitude moyenne du bassin versant une valeur de 560 mètres, la température moyenne serait de 17.48°C. le gradient thermique serait de - 0.64 °C pour 100 mètres.

3 - 3 - REGIME THERMIQUE :

3 - 3 - 1 - INDICE DE DE MARTONNE :

De Martonne (1923) a défini un indice d'aridité :

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

P = précipitations moyennes annuelles

T = température moyenne annuelle

Le calcul nous donne pour :

- station de Tlemcen agro : A = 25.44

- station du Meffrouch : A = 32.49

Ces valeurs traduisent un climat subhumide pour les deux stations.

L'indice de De Martonne ne permettant d'atteindre qu'une tendance globale de la station, il est intéressant de considérer également les variations mensuelles de l'indice d'aridité en utilisant la relation mise au point par les élèves de De Martonne:

$$a = \frac{12 p}{t + 10}$$

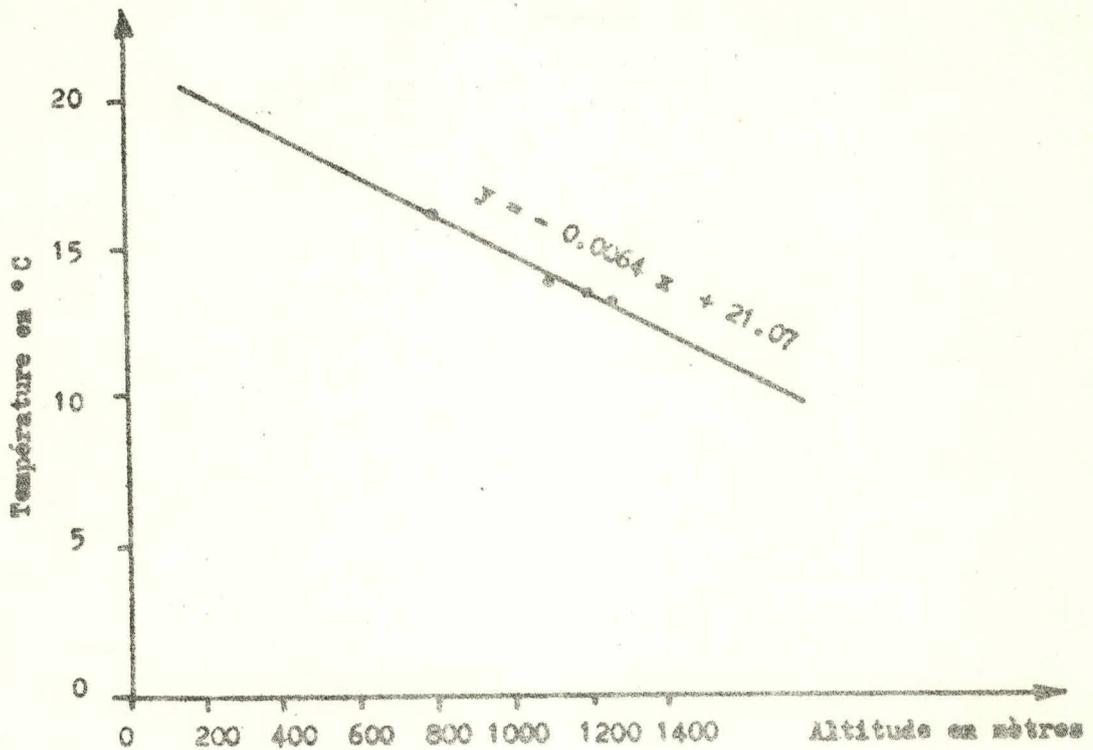


Fig. 17 - Relation température - altitude.

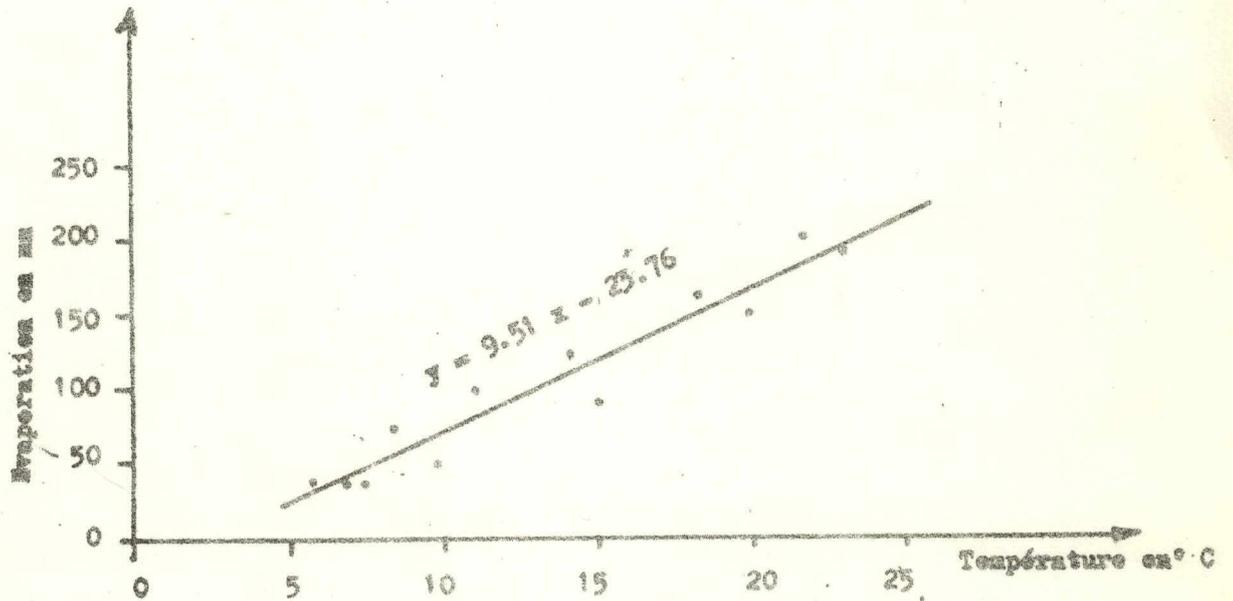


Fig. 19 - Relation évaporation - température à la station du Meffrouch.

Après calcul, on obtient les valeurs suivantes pour les stations de Tlemcen agro et du Meffrouch :

Stations	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Meffrouch	72.15	60.63	74.59	61.71	37.22	7.21	2.12	1.45	10	33.46	34.62	76.30
Tlemcen	50.95	31.49	38.08	40.59	26.88	5.51	1.03	1.36	10.5	27.68	30.86	64.47

Pour a inférieur à 10, nous avons un climat aride ce qui est le cas aux deux stations de Juin à Août. Le mois de Septembre est caractérisé par un climat semi - aride. Du mois d'Octobre au mois de Mai, nous avons un climat tempéré et même humide.

Cette variation de l'indice d'aridité caractérise parfaitement les deux stations où les influences sahariennes sont prédominantes en été alors qu'en hiver prédominent les influences méditerranéennes ou montagnardes.

3 - 3 - 2 - INDICE D'EMBERGER :

L'indice d'Emberger est donné par la formule :

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\frac{(M + m)}{2} (M - m)}$$

P = précipitations annuelles

M = moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degrés absolus

m = moyenne des températures minima du mois le plus froid en degrés absolus

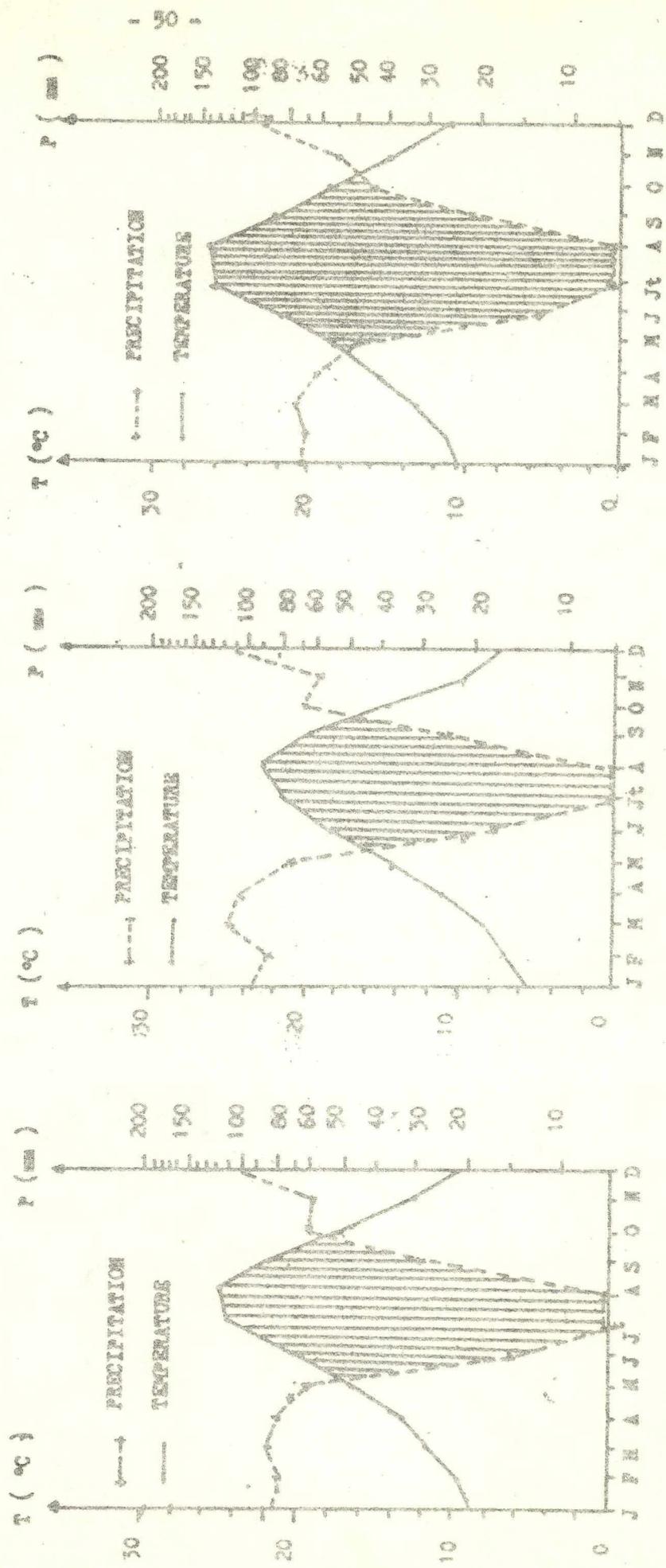
Après calcul, nous trouvons une valeur de Q_2 égale à 88.09 pour la station de Tlemcen agro.

Si on reporte cette valeur, sur le climagramme de L. Emberger, nous pouvons constater que cette station est caractérisée par un climat subhumide.

Vu que nous ne disposons pas des températures minima et maxima à la station du Meffrouch, le calcul de cet indice s'est limité à la seule station de Tlemcen agro.

3 - 3 - 3 - METHODE OMBROTHERMIQUE :

La fig.18 représente les diagrammes ombrothermiques pour les stations de Tlemcen agro, du Meffrouch et pour l'ensemble du bassin versant. Ces diagrammes comportent une échelle des températures en progression linéaire et une échelle des précipitations en échelle logarithmique.



Station de Flacou

Station du Macfrouch

Essemble du bassin versant

Fig. 16 - DIAGRAMMES METEOROLOGIQUES (Méthode d'Exverte).

Lorsque T passe au dessus de P, la période correspondante est déficitaire. C'est ce qui se produit de Juin à fin Septembre pour les stations de Tlemcen agro et du Meffrouch. Lorsque P passe au dessus de T, la période correspondante est excédentaire. Cela se produit pour les deux stations d'Octobre à fin Mai.

4 - EVAPORATION :

Dans ce domaine, nous ne disposons que des valeurs recueillies à la station du Meffrouch sur un bac Colorado de diamètre 91.4 cm et de profondeur 46.2 cm.

Les moyennes mensuelles de l'évaporation, à cette station, sont données au tableau n°17.

Mois	Evaporation (mm)	Précipitations (mm)	P > E	P < E
Janvier	37.80	95	57.20	
Février	37.80	87	49.20	
Mars	75.60	115	39.40	
Avril	100.80	108	7.20	
Mai	126	76		50
Juin	163.80	17		146.80
Juillet	201.60	5		196.60
Août	189	4		185
Septembre	151.20	25		126.20
Octobre	88.20	70		18.20
Novembre	50.40	58	7.60	
Décembre	37.80	110	72.20	
Annuel	1260	770		722.80

Tableau n° 17 - VALEURS MENSUELLES DE L'EVAPORATION A LA STATION DU MEFFROUCH.

Si nous comparons les valeurs de l'évaporation à celles des précipitations à la même station, nous remarquons que dès le mois de Mai, l'évaporation est supérieure aux précipitations et ce, jusqu'à la fin du mois d'Octobre.

Si nous reportons en abscisses, les températures mensuelles moyennes sur le barrage et l'évaporation correspondante en ordonnées; nous obtenons des points alignés

à peu près sur une droite (Fig. 19).

Nous pouvons conclure qu'il existe une corrélation linéaire entre l'évaporation et la température sur le barrage du Meffrouch.

L'équation de cette droite est de la forme :

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{\sum xy - \bar{x} \sum y}{\sum x^2 - \bar{x} \sum x} = 0.53$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} = 178.3$$

$$y = 0.53 x + 178.3 \text{ avec un coefficient de corrélation de } 0.957.$$

5 - DEFICIT D'ÉCOULEMENT :

Le déficit d'écoulement intègre les évaporations physiques et physiologiques, elles mêmes influencées par les caractéristiques topographiques, géologiques et la couverture végétale.

Des formules donnent la valeur de ce paramètre en fonction de quelques éléments météorologiques simples parmi lesquels les plus importants et les plus accessibles sont la température de l'air (T) et le module pluviométrique (P)

5 - 1 - FORMULE DE TURC :

Elle est établie à partir d'observations réalisées sur 254 bassins versants situés sous tous les climats du globe.

Elle fait intervenir la hauteur des précipitations annuelles et la température moyenne annuelle.

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

ETR = évapotranspiration réelle annuelle (en mm)

P = précipitations annuelles (en mm)

T = température moyenne annuelle (en mm)

L = 300 + 25 T + 0.05 T³

Nous avons appliqué cette formule aux stations de Tlemcen agro et du Meffrouch. Nous l'avons extrapolée à l'ensemble du bassin versant, en partant des valeurs de températures et de précipitations obtenues à partir du gradient thermique

et du gradient pluvial.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Tlemcen agro : ETR = 553 mm/an soit 83.53 % des précipitations
- Meffrouch : ETR = 535 mm/an soit 69.48 % des précipitations
- Bassin versant : ETR = 509 mm/an soit 90.89 % des précipitations.

5 -2- FORMULE DE COUTAGNE :

Le déficit d'écoulement (en mètre) se déduit de la hauteur moyenne annuelle des précipitations P (en m) et de la température moyenne annuelle T (en °C) par la formule :

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

D = déficit d'écoulement (en m / an)

P = pluviométrie moyenne annuelle (en m / an)

T = température moyenne annuelle (en °C)

Le paramètre λ a pour expression :

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14 T}$$

Cette formule n'est applicable que pour P compris entre $\frac{1}{8\lambda}$ et $\frac{1}{2\lambda}$, c'est à dire :

- entre 0.379 et 1.519 m. pour la station de Tlemcen agro
- entre 0.339 et 1.358 m. pour la station du Meffrouch
- entre 0.405 et 1.620 m. pour l'ensemble du bassin.

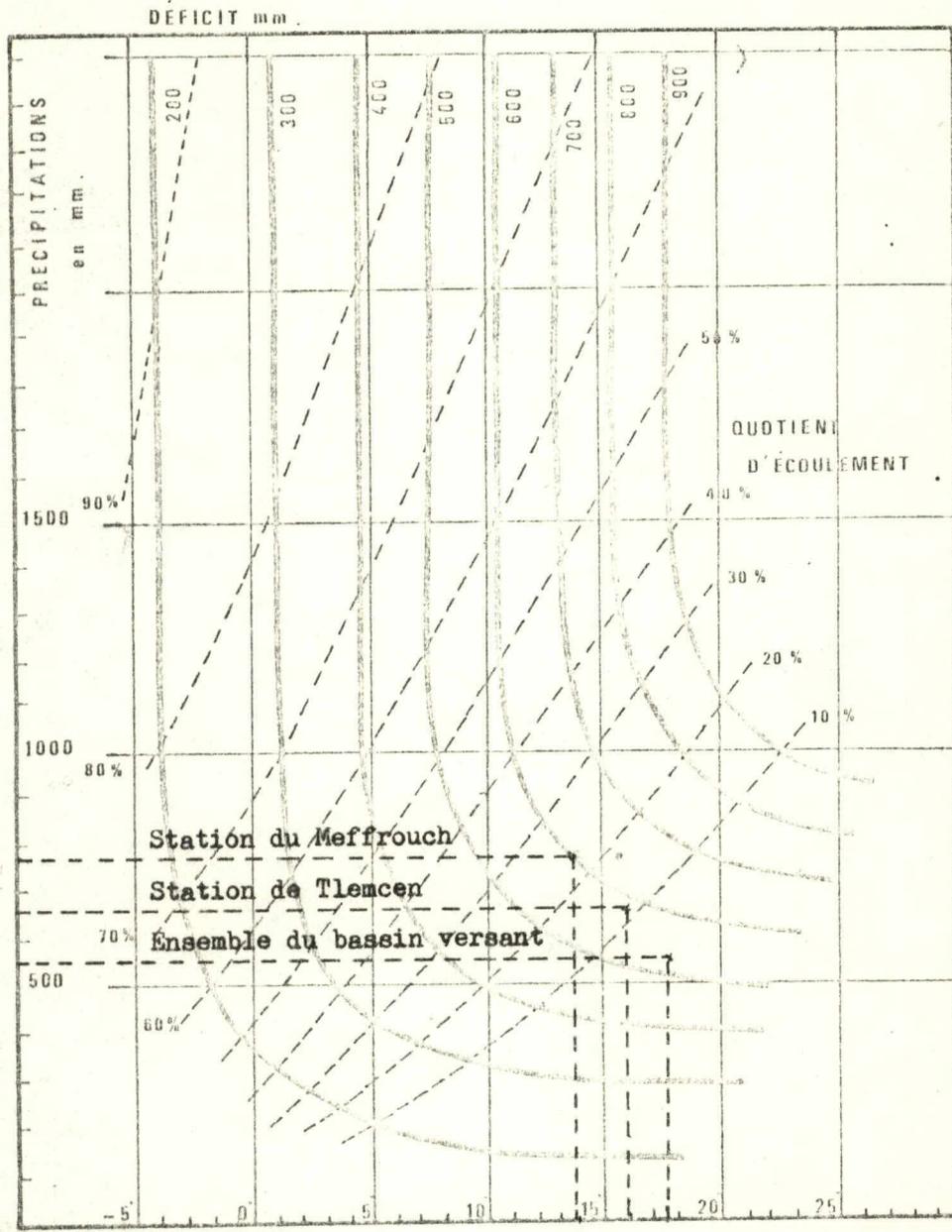
L'application de la formule de Coutagne nous a donné les valeurs suivantes :

- Tlemcen agro : D = 519 mm/an soit 78.38 % des précipitations
- Meffrouch : D = 552 mm/an soit 71.68 % des précipitations
- Ensemble du bassin : D = 463 mm/an soit 82.85 % des précipitations.

5 - 3 - METHODE DE WUNDT :

L'hydrologue Wundt a établi un abaque permettant d'obtenir une valeur du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations.

Son application (Fig. 20) nous a donné les résultats suivants :



Abaque de WUNDT
modifiée par COUTAGNE

Evaluation de l'écoulement et du déficit
en fonction
des Températures moyennes et des Précipitations.

Fig.20 - Détermination du déficit d'écoulement par la méthode de Wundt.

- Tlemcen agro : D = 580 mm/an soit 87.61 % des précipitations
- Meffrouch : D = 600 mm/an soit 77.92 % des précipitations
- Ensemble du bassin: D = 530 mm/an soit 94.64 % des précipitations

5 - 4 - METHODE PLUVIOTHERMIQUE :

Pour Gaussen et Bagnouls, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (en mm) est égal ou inférieur au double de la température moyenne :

$$P = 2T$$

Cette relation permet d'établir un diagramme pluviothermique dans lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations.

On constate ainsi, qu'à Tlemcen agro et au Meffrouch, les courbes des précipitations se situent au dessus des courbes thermiques d'Octobre à fin Mai (Fig. 21) (Période excédentaire) tandis que de Juin à Septembre, elles se situent au dessous de celles des courbes thermiques (Période déficitaire).

Le graphique nous permet également de préciser :

1). la période de végétation active ($T > 10^{\circ}\text{C}.$) qui va du mois de Décembre à Avril pour la station de Tlemcen et de Décembre à Mai pour la station du Meffrouch.

2). l'intensité des phénomènes de déficit et d'excédent:

- <u>station de Tlemcen</u>	:	Excédent = 290 mm/an
<u>agro</u>		Déficit = 128 mm/an
- <u>station du Meffrouch</u>	:	Excédent = 310 mm/an
		Déficit = 147 mm/an
- <u>ensemble du bassin</u>	:	Excédent = 244 mm/an
<u>versant</u>		Déficit = 170 mm/an

3). l'évolution de l'humidité du sol par le rapport $\frac{P}{T}$, établi mensuellement. Ce rapport nous permet de définir trois types de stations :

- stations très sèches " euméditerranéennes " où $\frac{P}{T} < 1$ en Juillet et parfois en Août

- stations sèches " subméditerranéennes " où $1 < \frac{P}{T} < 2$ en Juillet

- stations humides ou de montagne où $\frac{P}{T} > 3$

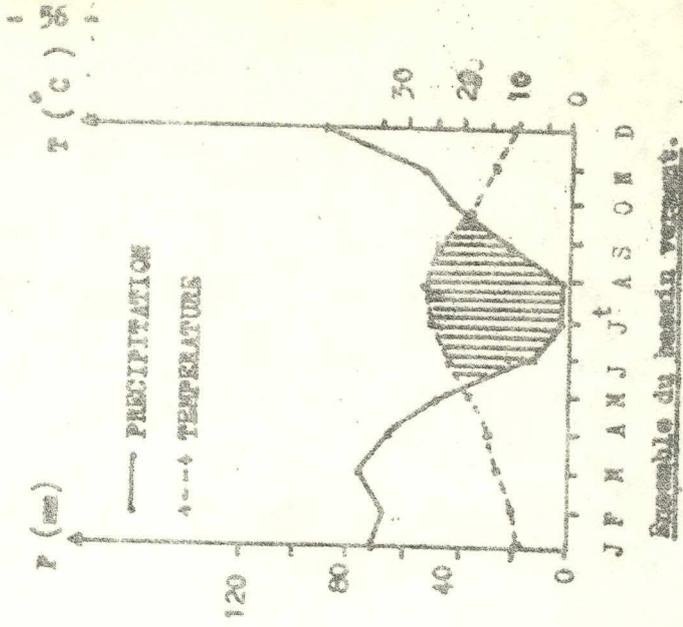
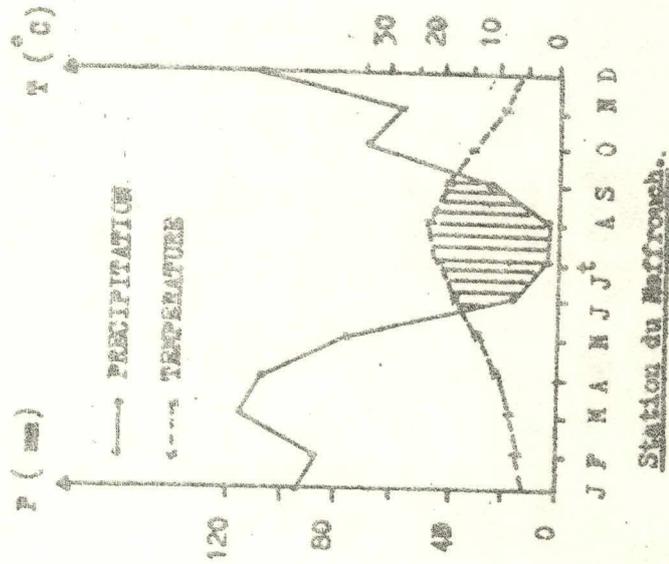
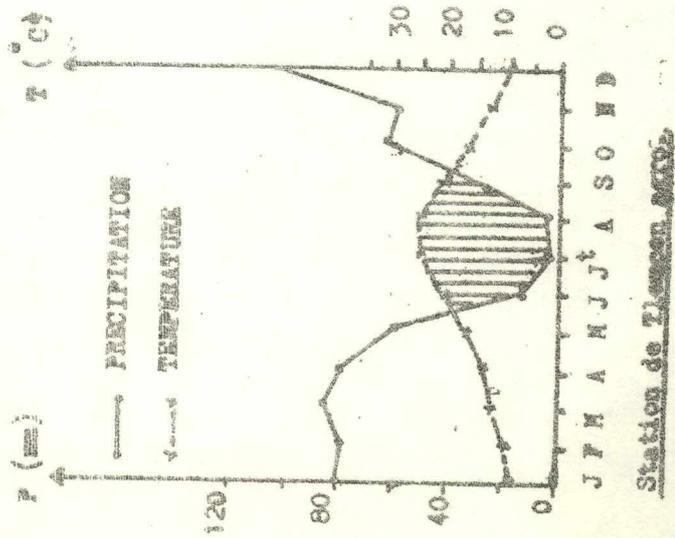


Fig. 21 - DIAGRAMMES PLUVIOTHERMIQUES.

Le calcul de $\frac{P}{T}$ est donné ci - dessous :

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Meffrouch	16.38	12.08	13.53	9.81	5.24	0.93	0.23	0.17	1.25	4.63	5.74	15.06
Tlemcen	8.92	8.09	7.24	5.91	3.57	0.68	0.12	0.16	1.27	3.64	4.56	10.89

Les valeurs de Juin, Juillet et Août traduisent bien l'influence saharienne.

5 - 5 - METHODE DE THORNTHWAITE :

5 - 5 - 1 - EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE :

On calcule tout d'abord, à l'aide de formules et d'abaques donnés par l'auteur, pour chaque mois, une évapotranspiration potentielle, liée à la température, après correction en fonction de la latitude et de la durée du jour.

Les résultats obtenus sont donnés au tableau n°18.

5 - 5 - 2 - EVAPOTRANSPIRATION REELLE :

L'évapotranspiration réelle étant liée aux réserves en eau disponibles, nous pouvons considérer deux situations :

- si les précipitations du mois sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle, l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle.
- si les précipitations mensuelles sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle, l'évapotranspiration réelle sera égale à l'évapotranspiration potentielle aussi longtemps que les réserves en eau du sol seront capables d'équilibrer la balance. Au delà, il y a déficit.

Calcul de la réserve en eau du sol:

Nous avons calculé la réserve en eau du sol par la formule de Hallaire :

$$R = \frac{C - f}{100} \cdot h \cdot D' + 30$$

R = réserve en eau

C = capacité au champ

f = point de flétrissement

D' = densité apparente

h = profondeur du sol

Les 30 mm correspondent à l'enracinement capillaire.

Stations	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Tlemcen	T (°C)	9.08	9.89	11.73	13.35	16.78	20.48	24.77	25.31	17.31	12.94	9.73	
	i	2.46	2.81	3.64	4.42	6.25	8.46	11.07	11.64	9.31	4.22	2.75	73.58
	ETP corrigée (cm)	2	2.21	3.60	4.79	7.44	10.44	14.51	14.26	9.78	3.69	2.27	81.39
Meffrouch	T (°C)	5.80	7.20	8.50	11	14.50	18.30	21.70	23	15.10	10.10	7.30	
	i	1.25	1.74	2.23	3.30	5.01	7.13	9.23	10.08	8.16	2.90	1.77	58.13
	ETP corrigée (cm)	1.50	2.04	2.98	4.57	7.20	9.84	12.20	12.76	9.78	3.25	2.10	74.43
Ensemble du bassin versant	T (°C)	10.55	11.32	13.18	14.80	18.21	21.92	26.21	26.72	18.72	14.38	11.17	
	i	3.10	3.45	4.32	5.17	7.07	9.37	12.58	12.65	10.32	4.95	3.37	83.67
	ETP corrigée (cm)	2.29	2.55	4.12	5.01	8.40	10.91	15.86	15.91	10.81	4	2.53	89.18

Tableau n° 18 - CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE .

L'expérience montre que l'on peut prendre pour C - f, les valeurs suivantes :

- sols limoneux : 10 - 15 %
- sols sableux ; 5 %
- sols argilo - limoneux : 20 %

S'il n'y a aucune difficulté pour effectuer les calculs au niveau de la station de Tlemcen où les formations sont à peu près homogènes, il n'en va plus de même pour le karst où les sols susceptibles d'emmagasiner la réserve d'eau utile ne constituent plus que des placages ou des remplissages de fissures.

Le calcul de l'évapotranspiration réelle, dans ce cas, demanderait une estimation de la surface occupée par les sols par rapport à la surface totale du karst.

Cette estimation n'ayant pas été faite, nous retiendrons pour la station du Meffrouch une valeur moyenne de la réserve d'eau de 150 mm et pour l'ensemble du bassin étudié, une valeur de 120 mm.

Calcul de la réserve d'eau utile pour la station de Tlemcen :

Nous avons sur la plaine de Tlemcen des sols limono - argileux ayant une profondeur moyenne de 80 cm.

$$\begin{aligned} \text{Si } h &= 80 \text{ cm} \\ D' &= 1 \\ C - f &= 15 \% \\ R &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Le calcul de l'évapotranspiration réelle, pour les stations de Tlemcen agro, du Meffrouch et pour l'ensemble du bassin versant, est donné aux tableaux n° 19, 20 et 21.

Par cette méthode, nous avons obtenu, pour l'évapotranspiration réelle et l'écoulement Q, les valeurs suivantes :

- <u>station de Tlemcen</u> :	ETR = 507.6 mm soit 76.67 % des précipitations
<u>agro</u>	Q = 156.6 mm soit 23.64 % des précipitations
- <u>station du Meffrouch</u> :	ETR = 499.5 mm soit 64.87 % des précipitations
	Q = 270.5 mm soit 35.13 % des précipitations
- <u>ensemble du bassin</u> :	ETR = 459.9 mm soit 82.12 % des précipitations
<u>versant</u>	Q = 100.1 mm soit 17.87 % des précipitations

	Nov.	Déc	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill ^t	Août	Sept.	Oct.	Annuel
Précipitations P (mm)	59	106	81	80	85	79	60	14	3	4	28	63	662
Evapotranspiration potentielle ETP (mm)	36.9	22.7	20	22.1	36	47.9	74.4	104.4	145.1	142.6	97.8	64	813.9
Variation de la réserve (mm)	+22.1	+83.3	+61	+60.1	+49	+31.1	-14.4	-90.4	-142.1	-138.6	-69.8	-1	
Réserve d'eau utile (150 mm)	22.1	105.4	150	150	150	150	135.6	45.2	0	0	0	0	
Evapotranspiration réelle ETR (mm)	36.9	22.7	20	22.1	36	47.9	74.4	104.4	48.2	4	28	63	507.6
Déficit (mm)									96.9	138.6	69.8	1	306.3
Excédent (mm)			16.5	60.1	49	31.1							156.6
Ecoulement (mm)	0.30	0.15	8.27	34.15	41.57	36.33	18.16	9.08	4.54	2.27	1.13	0.60	156.6
P - ETP	+22.1	+83.3	+61	+60.1	+49	+31.1	-14.4	-90.4	-142.1	-138.6	-69.8	-1	
Coefficient mensuel d'humidité	+0.60	+3.67	+3.05	+2.72	+1.36	+0.65	-0.19	-0.86	-0.98	-0.97	-0.71	-0.01	

Tableau n° 19 - ELEMENTS DU BILAN HYDROLOGIQUE MOYEN (année 1926 - 1979) CALCULES PAR LA METHODE DE THORNTHWAITE A LA STATION DE TLEMCEM AGRO.

Oct. Nov. Déc. Janv. Fév. Mars Avr. Mai Juin Juill^t Août Sept Annuel

	70	58	110	95	87	115	108	76	17	5	4	25	770
Précipitations P (mm)	62.1	32.5	21	15	20.4	29.8	45.7	72	98.4	122	127.6	97.8	744.3
Evapotranspiration potentielle (mm)	+7.9	+25.5	+89	+80	+66.6	+85.2	+62.3	+4	-81.4	-117	-123.6	-72.8	
Variation de la réserve (mm)	7.9	33.4	122.4	150	150	150	150	150	68.6	0	0	0	
Réserve d'eau utile (150 mm)	62.1	32.5	21	15	20.4	29.8	45.7	72	98.4	73.6	4	25	499.5
Evapotranspiration réelle ETR (mm)										48.4	123.6	72.8	244.8
Déficit (mm)				52.4	66.6	85.2	62.3	4					270.5
Excédent (mm)	1.06	0.53	0.26	26.20	46.40	65.80	64.05	34.02	17.01	8.50	4.25	2.12	270.5
P - ETP	+7.9	+25.5	+89	+80	+66.6	+85.2	+62.3	+4	-81.4	-117	-123.6	-72.8	
Coefficient mensuel d'humidité	+0.13	+0.78	+4.24	+5.33	+3.26	+2.86	+1.36	+0.05	-0.83	-0.96	-0.96	-0.74	

Tableau n° 20 - ELEMENTS DU BILAN HYDROLOGIQUE MENSUEL MOYEN (Année 1943 - 1976) CALCULES PAR LA METHODE DE THORNTWHAITE A LA STATION DU MEFFROUCH.

	Nov.	Dec.	Janv	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jul ^t	Août	Sept	Oct.	Annual
Précipitations P (mm)	54	92	70	68	76	65	49	13	4	3	22	44	560
Evapotranspiration potentielle ETP (mm)	40	25.3	22.9	25.5	41.2	50	84	102.2	158.6	159.1	108.1	67.9	891.9
Variation de la réserve (mm)	+14	+66.7	+47.1	+42.5	+34.8	+15	-35	-96.2	-154.6	-156.	-86.1	-23.9	
Reserve d'eau utile (120 mm)	14	80.7	120	120	120	120	85	0	0	0	0	0	
Evapotranspiration réelle ETR (mm)	40	25.3	22.5	25.5	41.2	50	84	98	4	3	22	44	459.9
Déficit (mm)								11.2	154.6	156.1	86.1	23.9	431.9
Excédent (mm)			7.88	42.50	34.80	15							100.1
Ecoulement (mm)	0.16	0.08	3.94	23.2	29	22	11	5.50	2.75	1.37	0.68	0.32	100.1
P - ETP	+14	+66.7	+47.1	+42.5	+34.8	+15	-33	-96.2	-154.6	-156.	-86.1	-23.9	
Coefficient mensuel d'humidité	+0.35	+2.63	+2.05	+1.66	+0.84	+0.30	-0.41	-0.68	-0.97	-0.98	-0.79	-0.35	

Tableau n° 21 - ELEMENTS DU BILAN HYDROLOGIQUE, CALCULES PAR LA METHODE DE THOMPSON A L'EGARDE DU
BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKAL .

De plus, nous pouvons constater que la reprise de l'écoulement se fait à partir de Décembre - Janvier et correspond à celle des sources.

6 - BILAN :

6 - 1 - CALCUL DU RUISSELLEMENT PAR LA METHODE DE TIXERONT - BERKALOFF :

Dans le cas de bassin de grande superficie, en zone aride, Tixeront et Berkaloff ont établi une formule permettant d'estimer le ruissellement moyen annuel :

$$R = \frac{P^3}{3 E^2} \quad \text{en m.}$$

P = précipitations moyennes annuelles (en m.)

E = évapotranspiration potentielle (en m.)

Pour la station de Tlemcen agro :

- P = 0.662 m. / an

- E = 0.814 m. / an

- R = 0.146 mm / an soit 22.05 % des précipitations

Pour la station du Meffrouch :

- P = 0.770 m. / an

- E = 0.744 m. / an

- R = 0.274 mm / an soit 35.58 % des précipitations

Pour l'ensemble du bassin versant :

- P = 0.560 m. / an

- E = 0.892 m. / an

- R = 0.074 mm / an soit 13.21 % des précipitations.

6 - 2 - DETERMINATION DE L'INFILTRATION :

L'équation générale du bilan est de la forme :

$$P = ETR + R + I$$

P = précipitations (en m.)

ETR = évapotranspiration réelle (en m.)

R = ruissellement (en m.)

I = infiltration (en m.)

Comme nous connaissons les valeurs de P, de ETR et de R, il est aisé de calculer la lame d'eau moyenne infiltrée.

Pour la station de Tlemcen agro : $I = 0.0085 \text{ m. / an}$ soit 1.28 % des précipitations.

Pour la station du Meffrouch : $I = 0.0458 \text{ m. / an}$ soit 5.94 % des précipitations.

Pour l'ensemble du bassin versant : $I = 0.0265 \text{ m. / an}$ soit 4.73 % des précipitations.

7 - CONCLUSIONS :

Il ressort de cette étude que notre région jouit d'un régime complexe commandé à la fois :

- par le climat méditerranéen, caractérisé par une saison pluvieuse allant en moyenne de Septembre à Mai et par un été sec

- par un climat de montagne

- par des avancées sahariennes

LA PLUVIOMETRIE, fonction de l'altitude, est relativement importante sur les zones montagneuses comme le plateau de Terny (770 mm / an en moyenne à la station du Meffrouch).

La lame d'eau moyenne annuelle, tombant sur le bassin versant de l'oued Sikkak, calculée par les différentes méthodes, peut être estimée à 560 mm / an.

Sur le plan mensuel, le mois de Décembre est généralement le plus humide; Août étant le plus sec.

LES TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES sont de :

- 16.02 °C à Tlemcen agro

- 13.7 °C à la station du Meffrouch

L'été est très chaud avec des températures moyennes mensuelles de 21.7 à 23 °C pour la station du Meffrouch et de 24.77 à 25.31 °C pour la station de Tlemcen agro.

L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE est très importante (813.9 mm / an pour Tlemcen agro, 744.3 mm / an pour la station du Meffrouch).

Sur le plan mensuel, elle est maximum au mois de Juillet - Août et minimum au mois de Janvier.

L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE : Les différentes méthodes de calcul donnent des valeurs assez comparables. Les valeurs obtenues varient entre 69 et 84 % des précipitations.

RUISSELLEMENT ET INFILTRATION : La quantité d'eau qui reste disponible, pour le ruissellement et l'infiltration profonde, atteint 100 mm / an (soit 17.85 % des précipitations) pour l'ensemble du bassin versant et 320.5 mm / an (soit 41.62 % des précipitations) pour le plateau de Terny.

- // H A P I T R E T R O I S I E M E -

L I T H O S T R A T I G R A P H I E E T S T R U C T U R E

1 - C A D R E G E O L O G I Q U E

2 - A N A L Y S E L I T H O S T R A T I G R A P H I Q U E

3 - A N A L Y S E S T R U C T U R A L E

4 - C O N C L U S I O N

1 - CADRE GEOLOGIQUE :

1 - 1 - DE L'ORANIE :

La structure actuelle de l'Algérie du Nord est due aux mouvements orogéniques hercyniens et alpins qui ont permis l'individualisation de plusieurs domaines (fig. 22).

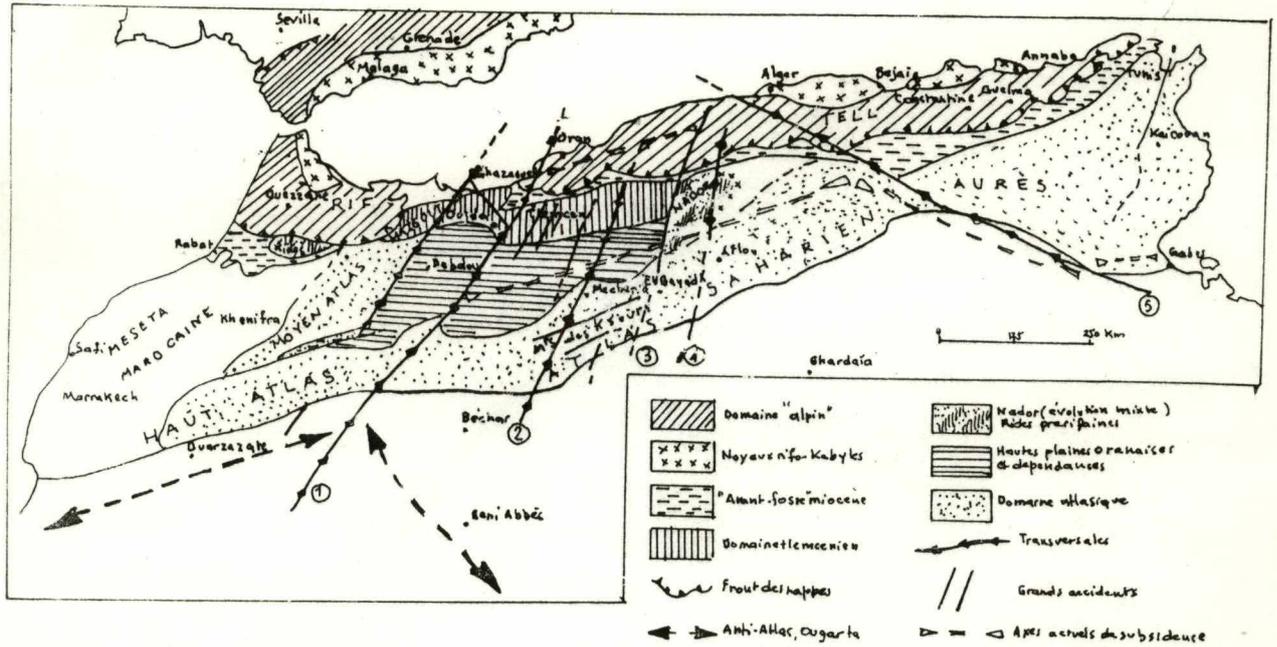
En oranie, nous avons du Nord vers le Sud, les domaines suivants :

- le domaine tellien : qui est un segment de la chaîne alpine, orienté grossièrement E - W .

- le domaine tlemcénien qui constitue, à l'Ouest de l'Algérie, un secteur de transition entre le domaine tellien et les hautes plaines oranaises. A l'affleurement, il peut être suivi sur plus de 400 km allant du plateau de Terni - Mazgout au Maroc jusqu'à Frença en Algérie. En Algérie, il comprend d'Ouest vers l'Est, le horst de Ghar Roubane, les monts de Tlemcen, les monts de Daïa et les monts de Saïda. Vers l'Est, il passe au domaine pré - atlasique (Sersou).

- les hautes plaines oranaises, limitées au Nord par le domaine tlemcénien et au Sud par l'Atlas Saharien. Elles sont différentes du domaine tlemcénien du point de vue morphologique, structural, stratigraphique et paléogéographique. Leur limite méridionale est marquée par une série de fractures correspondant à la flexure Nord - Atlasique.

- le domaine de l'Atlas Saharien composé de sédiments mésozoïques plissés au cours des phases orogéniques tertiaires. Cette chaîne est formée par de grands plis d'orientation WSW - ENE . La limite méridionale de l'Atlas Saharien est marquée par une série d'accidents constituant la flexure Sud - Atlasique.



①: transversale de Tâ Tafna — ②: transversale d'Ain-Sefra. — ③: transversale de Tizeret. — ④: transversale de Teniet-el-Haad. — ⑤: cicatrice Aurès-Hodna

Fig. 22 - GRANDS TRAITES DE LA MOSAÏQUE DE L'AFRIQUE DU NORD (BERBERIE).
(d'après S. ELMI, 1977)

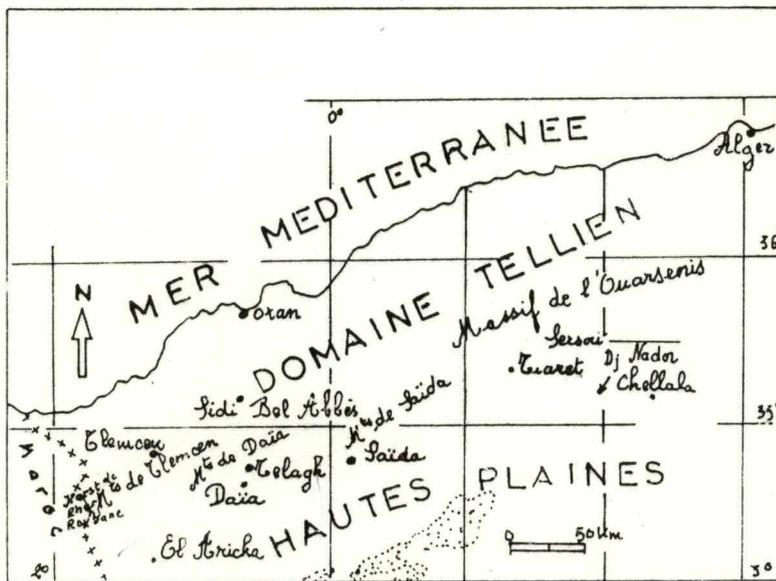


Fig. 23 - SITUATION DES MONTS DE TLEMÇEN DANS LE DOMAINE TLEMÇENIEN.

1 - 2 - DU SECTEUR D'ETUDE :

La zone étudiée s'insère dans l'ensemble des " Monts de Tlemcen " limités (Fig. 23) :

- au Nord, par le Tell
- au Sud, par les " Hautes Plaines Oranaises "
- à l'Est, par les " Monts de Daïa "
- à l'Ouest, par le horst de Ghar Roubane

2 - ANALYSE LITHOSTRATIGRAPHIQUE :

2 - 1 - HISTORIQUE DES ETUDES :

Après les premiers travaux sur les " Monts de Tlemcen " (E. Bayle et L. Ville en 1854; Pouyanne en 1877 et L. Gentil en 1903), c'est F. Doumergue qui définit les grands ensembles lithostratigraphiques qu'il donne sur les cartes géologiques de Terny, Tlemcen et de Lamoricière publiées entre 1910 et 1948.

En 1942, G. Lucas, dans une étude géologique approfondie des "Monts de Ghar Roubane", utilisa pour le Jurassique supérieur les mêmes subdivisions que F. Doumergue.

En 1948, dans le cadre de l'étude sur le barrage du Meffrouch, des levés géologiques précis des environs du futur barrage à l'échelle du 1/5000, sont exécutés par P. Gevin. Ces levés mettent en évidence la nature particulièrement faillée de la région.

En 1967, D. Auclair et J. Biehler, dans le cadre d'une étude pétrolière, font une synthèse de la région comprise entre Tlemcen et Saïda et établissent une nouvelle subdivision lithostratigraphique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur.

En 1973, A. Cogombles et al., dans une étude géopédologique, donnent une carte lithologique de la région de Tlemcen à l'échelle du 1/100 000.

De 1969 à 1982, M. Benest et S. Elmi poursuivent l'étude des "Monts de Tlemcen" en apportant des précisions d'ordre structural et stratigraphique.

C'est en nous fondant sur ces différentes études et levés que nous avons pu établir la carte géologique du bassin versant de l'oued Sikkak à l'échelle du 1/50 000 (Carte n° 2).

2 - 2 - LA SERIE LITHOSTRATIGRAPHIQUE :

Dans le secteur étudié, nous pouvons reconnaître deux grands ensembles :

- au Nord, une dépression où le principal élément ayant contribué au remplissage est représenté par le Miocène et le Quaternaire

- au Sud et à l'Est, les massifs montagneux où affleurent principalement des terrains jurassiques.

2 - 2 - 1 - LE SECONDAIRE :

Il forme l'ossature de la région étudiée et est représenté par le Jurassique supérieur. On peut distinguer, en partant des niveaux les plus anciens :

- LES GRÉS DE BOU MEDINE :

Il s'agit d'un ensemble lithologique à dominante gréseuse qui affleure bien aux environs de Tlemcen en particulier près du sanctuaire de Sidi Bou Médine. C'est en se référant à ce lieu que Pouyanne (1877) individualise une formation des grés de Bou Médine qui, plus tard, fut aussi décrite comme " grés de Franchetti " dans la région de Saïda par D. Auclair et J. Biehler (1967).

C'est un ensemble monotone, massif avec des figures sédimentaires (stratifications obliques). Ces grés sont ferrugineux, à éléments fins à moyens et à ciment presque toujours calcaire. Les grains de quartz sont anguleux à subanguleux.

Ces grés forment de gros bancs séparés par des interlits argileux de couleur verte ou parfois brune. Dans le tiers supérieur, on note la présence d'argiles lie de vin. Ils admettent, au sommet, quelques passées marneuses et calcaires riches en débris de gastéropodes et de lamellibranches.

Ces grés sont particulièrement développés dans les forêts de Zarifet et d'Hafir, au Sud - Ouest de Terny, au niveau des cascades d'El Orit et vers l'Est, dans la région d'Oum El Allou.

Cette formation reposerait sur les " argiles de Saïda, " formation non visible dans le secteur étudié.

Sa puissance peut atteindre 500 mètres dans la forêt de Zarifet.

F. Doumergue (1910) attribuait ces grés au Séquanien. Pour M. Benest (1982, fig. 2, p.p. 665 - 666), l'ensemble des données micropaléontologiques et les corrélations avec les niveaux d'ammonites du Djebel Nador de Tiaret font que les grés doivent s'étendre depuis l'Oxfordien supérieur jusqu'au Kimmeridgien supérieur pro parte.

- LES CALCAIRES DE ZARIFET :

Ils ont été définis par F. Doumergue (1910) sous le nom de calcaires

bleus à géodes. M. Benest (1972) les désigne sous ce nom car ils sont particulièrement bien exposés au col de Zarifet, au Sud de Tlemcen.

Il s'agit de bancs calcaires de position intermédiaire entre les grés de "Bou Médine" et les dolomies qui forment les falaises des environs de Tlemcen. Leur base est caractérisée par quelques bancs de calcaires micritiques, détritiques et marneux.

La majeure partie de la formation est constituée par des pelmicrites, en bancs épais, souvent constellées de *Clypeina jurassica* (Favre). Cette formation peut être réduite et partiellement dolomitisée.

L'épaisseur de cette formation peut atteindre 25 mètres au col de Zarifet.

- LES DOLOMIES DE TLEMCCEN :

Largement représentées dans la zone d'étude, elles affleurent autour d' Ain Fezza, dans la forêt de Zarifet, autour et au Nord de Tlemcen dans les djebels Tefatisset, Ain El Hout et sur le plateau de Terny.

Ces dolomies donnent des reliefs ruiniformes dans lesquels la stratification est difficilement reconnaissable. Il s'agit de dolomies cristallines grises à patine rousse et à cassure grise, parfois rousse avec de nombreuses cavités remplies de calcite. On y observe une succession de laminites stromatolithiques entrecoupées de bancs à texture rubanée et d'horizons riches en gastéropodes. Au dessus de ces dolomies viennent des micrites en bancs épais à patine gris clair renfermant des pellets, des coprolites et des dasycladacées. Ces micrites terminales correspondent aux " calcaires de Stah " définis par M. Benest (1972).

L'épaisseur de cette formation peut atteindre 300 mètres dans la région de Tlemcen.

F. Doumergue (1910) lui attribue un âge Kimmeridgien inférieur. M. Benest (1982) donne à l'ensemble des calcaires de Zarifet et des dolomies de Tlemcen un âge kimmeridgien supérieur p.p. en tenant compte des comparaisons à l'échelle régionale (Monts de Chellala , djebel Nador de Tiaret et domaine Atlasique).

- LES MARNO - CALCAIRES DE RAOURAI :

Cette formation a été défini pour la première fois par F. Doumergue (1910) sous le nom de " marnes et calcaires à Ptérocères " et correspond aux marno - calcaires intermédiaires d'Auclair et Biehler (1967). En 1972, M. Benest les désigne sous le

nom de " marno - calcaires de Raouraï " car ils sont bien exposés au djebel Raouraï.

Ils sont limités à leur base par les "calcaires de Stah" et au sommet par les "calcaires de Lato" ou par les premières assises des dolomies de Terny.

Cette formation est particulièrement bien développée sur le plateau de Terny, sur les djebels Téfatisset, Ain El Hout et El Hadid et à l'Est d'Ain Fezza.

Ils comprennent une alternance de marnes gris verdâtre ou blanchâtres et des calcaires. Ces derniers sont des micrites et des biomicrites d'aspect bicolore sur le terrain. Sur un fond gris ou gris bleuté, ressortent des trainées jaunâtres dues à la bioturbation. Ce remplissage contient une microfaune assez riche notamment *Pseudocyclamina virguliana* (Koechlin).

Au dessus de ces marno - calcaires viennent les " calcaires de Lato " définis par M. Benest en 1972. Il s'agit de micrites et de pelmicrites à stratifications obliques, en bancs épais. A leur partie supérieure, se trouvent des laminites noires qui peuvent contenir quelques rubanements de silex.

La puissance de ces marno - calcaires est de l'ordre de 100 mètres.

F. Doumergue (1910) attribuait cette formation au Kimmeridgien moyen. M. Benest (1982) leur donne un âge tithonique inférieur p.p. par corrélations avec le djebel Nador de Tiaret et le domaine Atlasique.

- LES DOLOMIES DE TERNY :

Elles ont été définies par F. Doumergue (1910) dans les falaises rousses d'aspect ruiniforme qui forment les sommets du djebel Nador de Terny. Elles affleurent bien dans toute la cuvette de Terny, et près du barrage du Meffrouch.

Ce sont des dolosparites mal stratifiées, parfois vacuolaires présentant une patine rousse. Le niveau de base peut être riche en silex stratiformes et en stromatolithes. On note aussi de fréquentes stratifications obliques qui, avec l'aspect très massif, permettent de bien les différencier des dolomies de Tlemcen.

Leur puissance est de l'ordre de 100 mètres au niveau du plateau de Terny.

Alors que F. Doumergue (1910) les avait placées dans le Kimmeridgien supérieur, M. Benest (1982) leur donne un âge tithonique inférieur p.p. toujours par corrélations à l'échelle régionale (Monts de Chellala et du djebel Nador de Tiaret et domaine atlasique).

- LES MARNO - CALCAIRES D'HARIGA :

Ont été définis par F. Doumergue (1910) sous le nom de " calcaires, marnes et grés de Merchich ". M. Benest (1972) les désigne sous le nom de " marno - calcaires d'Hariga " car ils sont bien représentés au djebel Hariga.

Ils affleurent, dans le secteur étudié, uniquement à l'Est de Terny près du barrage du Meffrouch où seule leur base calcaire est conservée.

Cette formation comprend une alternance de marnes et de calcaires. Ces derniers sont des micrites bien litées à patine gris clair.

M. Benest (1982) lui donne un âge tithonique inférieur p.p. par corrélations stratigraphiques à l'échelle régionale..

2 - 2 - 2 - LE TERTIAIRE :

Il est représenté par des dépôts essentiellement marins. On peut distinguer, en partant des niveaux les plus anciens :

- L'Eocene :

Peu développé en surface dans le secteur d'étude, il n'affleure que dans la vallée de l'oued Sikkak, à l'Est d'Ain Youcef et en amont du confluent avec l'oued Amyer.

Il est représenté par des grés fissurés jaunes à rougeâtres à ciment argileux alternant avec des marnes verdâtres.

Cette formation est bien développée, plus au Nord, dans le massif des Sebaa Chioukh où elle est surmontée par des poudingues, des grés grossiers et des marnes rouges ou vertes désignés comme " le terrain rouge de la basse Tafna " par L. Gentil (1902) et attribués à l'Oligocène.

L'épaisseur de cet Eocène, à l'Est d'Ain Youcef, peut être estimée à 50 mètres.

- LE MIOCENE INFÉRIEUR :

Il n'affleure que localement et particulièrement à l'Ouest de l'agglomération d'Ain El Hout.

Il débute par une assise de poudingues, à nombreuses valves d'Ostréa, qui s'appuient sur les dolomies de Tlemcen.

Ces poudingues, hétérométriques et polygéniques, sont formés par des éléments calcaires, dolomitiques et gréseux unis par un ciment calcaire. Ce faciès, très résistant et fissuré, montre un granoclassement normal avec des intercalations marneuses à la base.

L'épaisseur de cette formation décroît au voisinage des massifs jurassiques avec des niveaux supérieurs transgressifs sur les niveaux de base.

L'épaisseur moyenne de ces conglomérats peut être estimée à 20 mètres.

Au dessus de ces sédiments, se montrent des marnes grises au sein desquelles s'intercalent des bancs décimétriques de grés ferrugineux.

L'épaisseur de ces marnes est de 70 mètres.

- L'HELVETIEN :

Il est constitué par une épaisse série de marnes grises ou bleutées dans la masse devenant ocres par altération. Au sein de cette série s'intercalent de nombreux bancs décimétriques de grés jaunes, plus fréquents au sommet.

L. Gentil (1902) a trouvé dans les marnes du Ravin de l'Agadir, sur la rive gauche de l'oued Saf - Saf et au Nord de Tlemcen, un gisement de fossiles important par le nombre et la variété des espèces (p. 318) attribué à l'Helvetien.

Ces marnes sont très développées dans la vallée de l'oued Amyer où leur puissance est de l'ordre de 100 mètres.

- LE TORTONIEN :

Il est représenté par des grés fissurés jaune d'or ou citron avec, par endroits, de minces passées marneuses. Ces grés sont durs, mal lités, parfois peu consolidés et subhorizontaux. Il s'y intercalent des valves d'Ostréa crassissima que l'on peut voir particulièrement bien au niveau du ravin de l'Agadir et près de Mansourah à Ain El Deheb.

Localement, ce Tortonien peut avoir des faciès différents : argiles plus ou moins sableuses renfermant Ostréa crassissima affleurant près de Terny, sur la route menant au barrage du Meffrouch et près d'Ain Sidi Khaled à l'Ouest de Terny.

F. Doumergue (1910) a donné à ces argiles un âge helvetien. L'analyse micropaléontologique nous a permis de leur donner un âge Tortonien supérieur.

La liste de la microfaune récoltée est la suivante :

-Foraminifères benthiques (Détermination de A. Poignant) :

Ammonia beccarii

" " tépida (très abondants)

Bolivina dilatata

" " réticulata

Bolivina scalprata miocenica

Bulimina affinis

" " costata

" " elongata lappa

Cassidulina laevigata

Cibicides boueanus

Elphidium cf. semistriatum

Lenticulina vortex

Melonis pompilioides

Nonion depressulum

" " groupe commune

Pullenia bulloides

Reussella sp.

Virgulina schreibersiana

Virgulopsis tuberculata

Hanzawaia americana

Asterigerina planorbis Age probable : Tortonien

-Foraminifères planctoniques (Détermination de H. Feinberg) :

nombreuses formes remaniées de l'Eocène (Globorotalia aequa, G. pusilla, Globigerina senni)

Globigerinoides sp.

Globoquadrina altispira

" " dehiscens

Globorotalia acrostoma

" " opima continuosa

" " groupe scitula

orbulina universa

turborotalita quinqueloba Age probable : Tortonien - Messinien

-Ostracodes (Détermination de C. Guernet) :

Cyprideis torosa

Costa cf. edwardsi Age probable : Miocène supérieur (Pliocène)

LES CONGLOMERATS DE LA PLAINE D'HENNAYA :

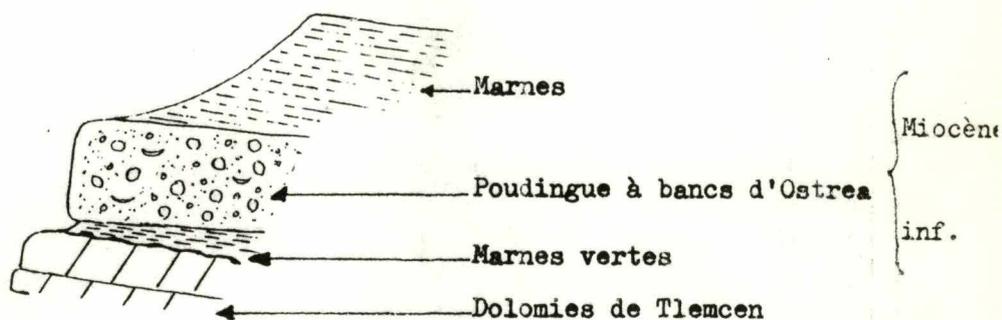
Ils n'affleurent que sur de petites surfaces au niveau des exutoires de la nappe d'Hennaya (Ain Boukoura, Ain Ouahab, Ain Hallilifa et Ain El Kahla). Les nombreux sondages réalisés dans cette région (Cf. Tableau n°31, porté en annexes) nous permettent de constater que ces conglomérats forment une bande continue qui va du Nord de l'agglomération d'Hennaya à Ain Hallilifa. Ces sédiments sont le témoin d'un paléo-oued qui se deversait dans l'oued Isser.

Il s'agit de poudingues polygéniques, hétérométriques très consolidés à éléments calcaires, dolomitiques et gréseux et à ciment calcaire. Aux émergences des sources, ils montrent de grandes fissures par où sort l'eau.

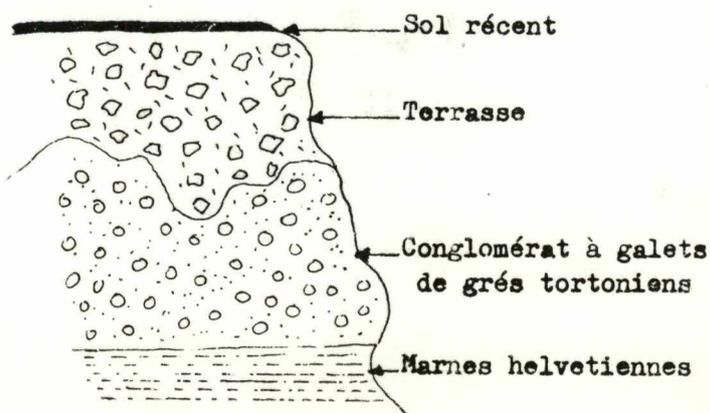
Ces poudingues, qui surmontent et remanient les grés tortoniens, ont une épaisseur moyenne de 7 mètres, déterminée par sondages.

Ces poudingues ne figurent pas sur la carte de F. Doumergue (1910). Pour les auteurs de la carte géopédologique à l'échelle du 1/100 000, établie en 1973 et couvrant la région de Tlemcen (A. Cogombles et al.), cette formation correspondrait au conglomérat de base du Miocène inférieur, reconnu à l'Ouest d'Ain El Hout et serait donc d'âge miocène inférieur.

Ce conglomérat de base se présente de la façon suivante :



Au niveau de la source d'Ain Hallilifa, nous avons observé la disposition suivante :



La terrasse observée domine par un talus abrupt le niveau inférieur attribué au Soltanien. Elle est constituée d'un dépôt en vrac, très hétérométrique permettant de la rapprocher des dépôts amiriens connus en d'autres secteurs.

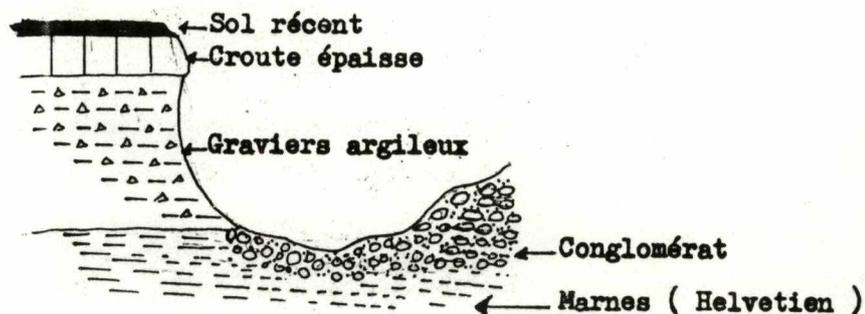
Les niveaux quaternaires étant normalement étagés sur le cours de l'oued Isser et de l'oued Tafna, le niveau le plus récent se trouve toujours en contre bas d'un niveau plus ancien.

La terrasse étant à une altitude supérieure à celle du poudingue et à moins d'admettre une importante déformation tectonique, devrait lui être antérieure si les deux formations étaient d'âge quaternaire. Or, ce n'est évidemment pas le cas.

Une coupe au niveau d'Ain Ouahab, nous montre la succession suivante :

- des conglomérats occupent le fond du lit de l'oued et reposent sur les marnes de l'Helvetien. Ces conglomérats renferment des éléments de grés jaunes tortoniens.

- en rive droite de l'oued apparaît, au dessus des poudingues, une croute épaisse et bien consolidée de forme analogue aux croutes datées du Moulouyen en d'autres lieux.



Les poudingues de la plaine d'Hennaya n'appartiendraient donc pas au cycle quaternaire.

A défaut d'éléments permettant une datation précise, nous pensons qu'ils pourraient être :

- soit immédiatement postérieurs aux grés tortoniens. Ils correspondraient alors, à la phase régressive qui a terminé le Miocène

- soit Pliocènes.

2 - 2 - 3 ± LE QUATERNAIRE :

Une étude de ces dépôts continentaux a été récemment proposée par P. Guardia (1975, fig.24)

- LE COMPLEXE DE PIEMONT :

La bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés , d'épaisseur assez faible.

- LES TRAVERTINS :

Les résurgences, issues des massifs jurassiques, sont soulignées par des travertins parfois fortement consolidés. Ils constituent de puissants dépôts pouvant atteindre 60 mètres (Lalla Setti, au Sud de Tlemcen). Ces dépôts, provenant de la dissolution interne des massifs calcaréo - dolomitiques, témoignent de l'importance des résurgences qui, jadis, étaient beaucoup plus puissantes.

Ces dépôts sont en terrasses emboîtées dues à un déplacement des cours des sources.

P. Pallary (1901, p. 203) donne un âge pleistocène inférieur aux travertins de Lalla Setti et d'Ain Fezza grâce à la faune de mollusques terrestres recueillie dans les dépôts des cascades d'El orit et de Lalla Setti.

Les travertins de Lalla Setti nous ont permis de calculer un indice des vides approché des dolomies et des calcaires associés. Ces dépôts proviennent de la dissolution interne des dolomies et des calcaires affleurant sur les djebels Beni - Moudjer et El Beniane sur une superficie de 9.7 km^2 .

Si on prend une épaisseur moyenne, des calcaires et dolomies, de 200 mètres, leur volume serait de $1940 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Les travertins de Lalla Setti affleurent sur une superficie de 2.3 km^2 . Si on prend comme hauteur moyenne 20 mètres et un indice des vides dans les travertins de 50 % , leur volume solide serait de $23 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Le rapport entre le volume des travertins déposés à celui des dolomies et calcaires, nous permet d'avoir une idée approximative de l'indice des vides contenu dans ces sédiments. qui serait de l'ordre de 1.2 %.

L'indice des vides doit être supérieur à cette valeur trouvée car la quantité de carbonate de calcium n'est pas déposée entièrement par les eaux des émergences.

- LA CARAPACE CALCAIRE :

La carapace, fini - villafranchienne (P. Guardia, 1975), recouvre les formations miocènes et forme l'entablement subhorizontal des plateaux. Cette

AGES	strati- magnéti- que	MAROC marin contin.	ORANIE occid.	MEDITERRA NEE	glacia- tiens	SUBDIVISIONS		
0.5 MA	BRUNHES (normale)	Ouljien	SOLTANIEN	terrasse	Tyrhénien II	WURM	PLEISTOCENE SUPERIEUR	
			TENSIFTIEN	crête mince		RISS		
		Anfatien		terrasse récente	TYRRHENIEN I	MINDEL - RISS	PLEISTOCENE MOYEN	
			AMIRIEN	terrasse ancienne		MINDEL		
		Maarifien		Sicilien	GUNZ - MINDEL			
Jaramille 1 MA								
1.5 MA								
Gilsa	MATUYAMA (inverse)	Messaou- sien		glacis ancien	Calabrien s.	Donau - Gunz	PLEISTOCENE INFÉRIEUR VILLAFRANCHIEN SUP.	
			SALETIEN			GUNZ		
			Mouleyen		volcanisme? crête		DONAU	" VILLA. INF. " (ARAMBOUG, 1969)
			ARGCUBIEN					
		Meghrébien		Calabrien	Calabrieni			
2 MA eldowai								
	GAUSS					BIBER ?	PLIOCENE VILLAFRANCHIEN INF.	

Fig. 24. CORRELATIONS AU QUATERNAIRE (d'après P.GUARDIA , 1975)

carapace, bien développée sur la plaine d'Hennaya et vers l'Est dans la région des Oulad Alaa, peut atteindre 10 mètres.

- LA CROÛTE CALCAIRE :

Cette petite croûte, qu'il faut distinguer de la carapace calcaire, est formée par un encroûtement de teinte claire et des croûtes lamellaires. Elle n'a qu'une épaisseur réduite de l'ordre du mètre.

Cet encroûtement tensiftien est particulièrement bien marqué sur la plaine d'Hennaya où il masque partiellement les grés tortoniens.

- LE GLACIS DE PENTE SOLTANIEN :

La partie des marnes non atteintes par les érosions récentes montrent de grands glacis de sols rouges se raccordant à la terrasse soltanienne.

- LA TERRASSE SOLTANIENNE :

L'oued Sikkak est jalonné par des lambeaux de terrasses s'élevant de 10 - 12 mètres au dessus des alluvions récentes du lit majeur.

Le plus souvent limono - argileuses, de teinte brique et non encroûtées, ces terrasses représentent le Soltanien.

- LES ALLUVIONS RECENTES :

Les fonds d'oueds sont occupés par des limons surmontant un niveau grossier de base.

3 - ANALYSE STRUCTURALE :

3 - 1 - INTRODUCTION :

Dés le début du Miocène et au cours de celui - ci, d'importants mouvements affectent la Berbérie.

Les grands traits structuraux de la région sont acquis avant la transgression du Miocène et sont hérités de l'orogénèse hercynienne (P. Guardia, 1975). Les principales phases responsables des structures appartiennent à l'orogénèse atlasique.

On remarque que la mer miocène a atteint la dépression de Terny (Côte 1150 mètres) et a déposé des argiles à Ostréa , attribuées au Tortonien supérieur, que l'on voit près de l'ancien cimetière de Terny alors que les affleurements de même âge, situés au Nord de Tlemcen, ne dépassent pas la côte 850 mètres. Ces côtes perme -

ttent de juger de l'importance du rejeu post miocène des failles bordant les Monts de Tlemcen.

La tectonique cassante majeure serait donc d'âge post - tortonien.

Le style tectonique général est du type cassant; cependant les niveaux marneux en particulier les marno - calcaires de Raouraï sont parfois plissotés de façon disharmonique.

En outre, l'ensemble de la dépression de Terny correspond à une cuvette synclinale, limitée au Sud par le panneau surélevé du djebel Nador.

3 - 2 - LES PRINCIPALES PHASES TECTONIQUES :

M. Benest (1982, p. 354 - 359) envisage cinq phases principales de l'Eocrétacé s.l. jusqu'à une période récente :

-Phase éocrétacé : Dans les Monts de Tlemcen, aucune discordance ne sépare les dépôts de la plateforme carbonatée du Jurassique supérieur - Berriasien inférieur des faciès terrigènes transgressifs du Berriasien moyen et supérieur, mais on constate que la subsidence, durant le Jurassique supérieur et l'Eocrétacé, est contrôlée par le jeu ou le rejeu des grands accidents SW - NE, SE - NW et subméridiens hérités de l'orogénèse hercynienne (M. Benest, 1981).

Au NW, dans les Monts des Traras, P. Guardia (1975, p. 99) a également signalé des mouvements synsédimentaires qu'il rapporte à une tectogénèse pré - atlasique.

-Phase atlasique : Elle doit correspondre aux mouvements qui, dans les Monts des traras (P. Guardia, 1975, p.p 99 - 108) se sont produits à partir du Senonien et se terminant avant la mise en place des nappes telliennes.

L'analyse tectonique dans les Monts de Tlemcen et de Daïa permet d'envisager des mouvements d'abord compressifs puis distensifs.

Les mouvements compressifs sont apparus dans un pays émergé à la suite d'un épisode régressif consécutif au soulèvement de certaines régions de l'avant pays alpin bordant au Nord les Hautes Plaines Oranaises.

Les mouvements distensifs sont contrôlés par le rejeu des accidents du socle. La fracturation s'est traduite par un système de failles conjuguées N 55 - 80 et N 140, responsables des principales structures.

-Une importante phase de compression N - S à NW - SE avec un paroxysme miocène probable : Par comparaison avec la région des traras, cette phase aurait

débuté avec (ou avant?) la mise en place des nappes et serait anté messinienne. Elle est à l'origine des grandes structures coulissantes et chevauchantes (M. Benest, 1974)

-Une phase à dominante distensive qui a contribué à la surrection de la plupart des reliefs actuels et a entraîné la régression pliocène notamment dans la zone de Terny, atteinte par la transgression du Miocène supérieur. Le jeu des failles préexistantes a généralement accentué le découpage en horsts et grabens.

-Une phase récente (Plio - Quaternaire) traduite par des mouvements soit compressifs, soit distensifs.

3 - 3 - LES UNITES STRUCTURALES :

La zone étudiée se compose de plusieurs unités structurales (Carte n° 3)

1) La zone synclinale de Terny : limitée par deux accidents de direction moyenne Nord 70° E (faille F₁ bordant le flanc Nord et faille F₂ bordant le flanc Sud). Le plateau de Terny se présente comme un synclinal effondré dont le flanc Sud est plus redressé que le flanc Nord.

Les accidents en bordure Nord et Sud sont parallèles à l'axe du synclinal (NE - SW). Cette dépression, formée au sein de la série jurassique, s'enfoncé légèrement vers l'Est (pendage vers le Sud - Est dans la partie Nord du synclinal et pendage vers le Nord au Sud de Terny.

Dans cette zone, la plupart des contacts entre les formations se font par failles.

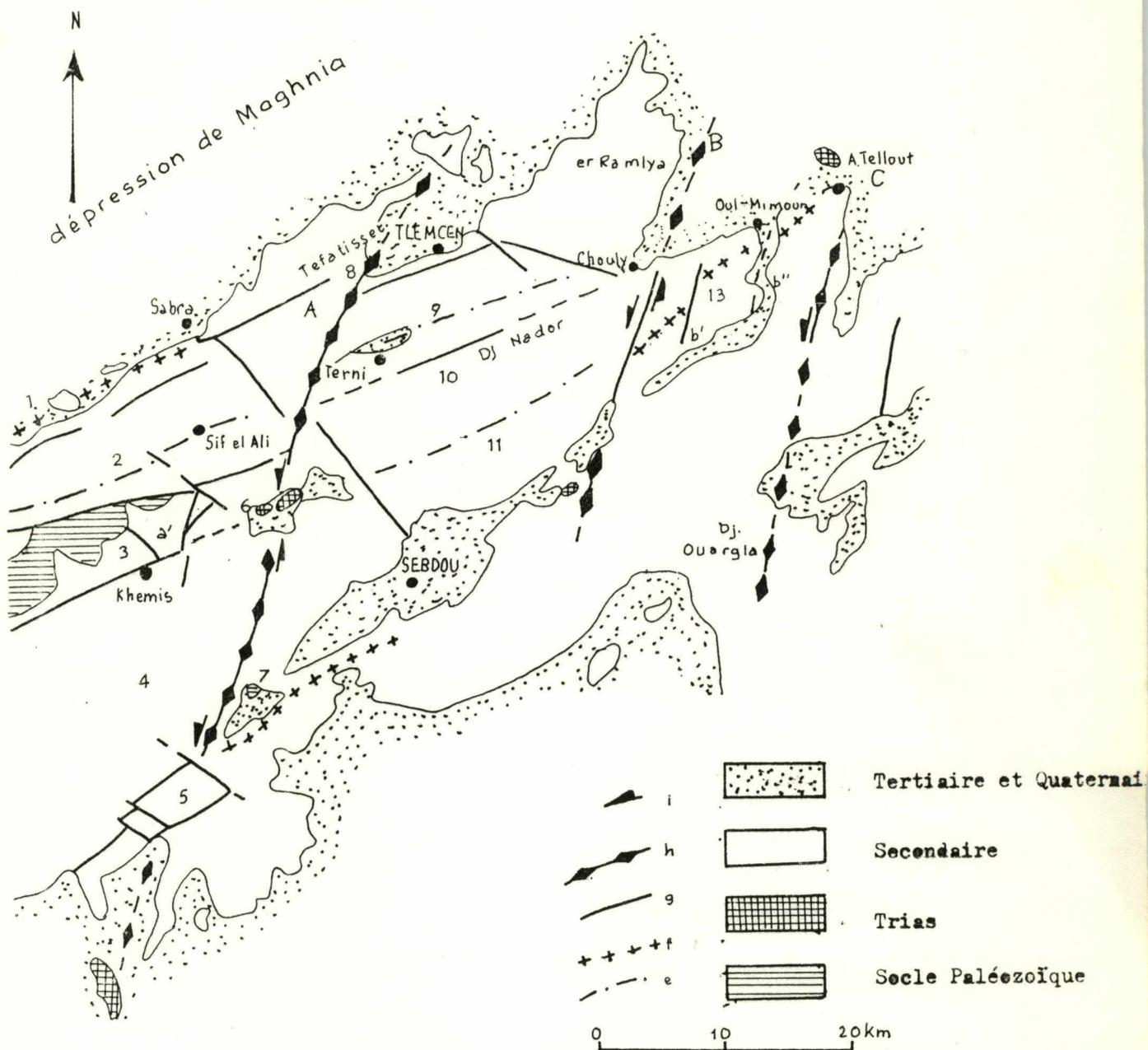
Trois directions sont représentées :

- direction WSW - ENE (Nord 70° E)
- direction E - W (Nord 90° E)
- direction ESE - WNW (Nord 140° E)

2) La zone effondrée de Tlemcen : Elle fait partie du même ensemble effondré que la plaine de Maghnia dont elle est séparée par le djebel Tefatisset. Elle est limitée au Sud, par la faille F₁ et au Nord, par la faille F₄ (Cf. carte n° 3) de direction WSW - ENE, passant par Bréa et Chétouane et qui relie les panneaux des djebels Tefatisset et Ain El Hout.

L'effondrement total, voisin de 1000 mètres, est le résultat de plusieurs accidents parallèles et verticaux qui abaissent la série vers le Nord, en gradins successifs.

Fig. 25. SCHEMA STRUCTURAL SIMPLIFIE DES MONTS DE TLEMCEM (D'APRES S. ELMI .1970)



A : Transversale de la Tafna
 B : Transversale d'Oued Chouly
 C : Transversale d'Ain Tellout

i = Sens de coulissage ; h = Transversales SSW-NNE
 g = Failles ; f = Anticlinaux ; e = Zâes éffendrées et cuvettes synclinales.

- 1 = Anticlinal du dj. el Hamra ; 2 = Zône synclinale du Kef ; 3 = Horst de Rhar Reubane
- 4 = Zône synclinale de Ras Asfour ; 5 = Dj. Teneuchfi ; 6 = Beni Bahdel ; 7 = Sidi Yahia ben Séfia
- 8 = Beni Mester ; 9 = Synclinal de Terni ; 10 = Compartiment surélevé du Dj. Nador de Terni
- 11 = Cuvette de Titmekhène ; 12 = Dj. el Arbi ; 13 = Anticlinal d'Ouled Mimoun

3) La zone haute des djebels Tefatisset et Ain El Hout : Elle est limitée au Sud, par la faille F₄ et au Nord, par une série de failles en ralais de même direction.

Dans cette zone, deux directions principales sont représentées :

- direction WSW - ENE (Nord 70° E)
- direction ESE - WNW (Nord 140° E)

4) La zone d'Er - Ramlya : C'est un dôme affecté par une tectonique cassante et découpé en de nombreux panneaux, soulignés par des accidents le plus souvent rectilignes.

Dans cette région, deux directions prédominent :

- direction E - W (Nord 90° E)
- direction SSW - NNE (Nord 20° E)

4 - CONCLUSION :

L'étude lithostratigraphique et tectonique des différentes formations montre que les seules niveaux présentant un intérêt hydrogéologique sont :

- les dolomies de Tlemcen et les calcaires qui leur sont associés
- les dolomies de Terny
- les grés tortoniens
- les conglomérats de la plaine d'Hennaya

Tout le reste de la série joue le rôle d'imperméable.

La tectonique joue un grand rôle dans l'hydrogéologie de la région. Les nombreuses failles et diaclases ont haché les massifs calcaréo - dolomitiques et ont permis le développement de la karstification en profondeur

Dans la région étudiée, nous avons quatres types d'accidents principaux:

- accidents WSW - ENE (Nord 70° E) qui morcellent la région en panneaux allongés suivant leur direction et qui sont des zones hautes ou effondrées
- accidents SSW - NNE (Nord 20° E) : le réseau de ces fractures est celui des transversales de L. Glangeaud (1951). Recemment S. Elmi (1970) a souligné leur rôle dans la structure des Monts de Tlemcen (Cf. Fig. 25). La plupart de ces accidents ont fonctionné en décrochements senestres
- accidents SSE - NNW (Nord 140° E) : Ce sont des failles ayant joué en décrochements dextres
- accidents E - W (Nord 90° E) : Ce sont des failles ayant joué en décrochements dextres.

- // H A P I T R E Q U A T R I E M E -

H Y D R O L O G I E D E S U R F A C E

1 - I N T R O D U C T I O N

2 - E T U D E D E L ' O U E D M E F F R O U C H

3 - E T U D E D E L ' O U E D S I K K A K

4 - C O N C L U S I O N

1 - INTRODUCTION :

L'évolution des débits de surface, sur le secteur étudié, nous est connue :

- par la station implantée sur l'oued Sikkak, au niveau du barrage de même nom. Nous avons pu disposer, pour cette station, de relevés portant sur la période comprise entre Septembre 1943 et Août 1968.

- par la station d'Ain Youcef, implantée sur l'oued Sikkak à l'Est d'Ain Youcef. Les relevés effectués et dont nous avons pu disposer portent sur la période comprise entre Juillet 1972 et Décembre 1980.

2 - ETUDE DE L'OUED MEFFROUCH :

L'oued Meffrouch, appelé oued En ' Nchef en amont, désigne le cours supérieur de l'oued Sikkak Saf - Saf. Cet oued draine toute la cuvette de Terny, d'une superficie de 90 km².

2 - 1 - APPORTS ANNUELS :

Les apports annuels de l'oued Meffrouch, entre les années 1943/44 et 1967/68, sont donnés au tableau n° 22 porté en annexes.

L'apport moyen annuel au barrage, entre les années 1943/44 et 1967/68, est de 18.96 millions de m³ avec un maximum en 1963/64 de 42.914 millions de m³ (module = 1.360 m³/s) et un minimum de 4.115 millions de m³ (module = 0.130 m³/s) enregistré en 1965/66. Ces chiffres tiennent compte des apports de l'Ain Meharas, exutoire de la nappe des dolomies de Terny.

Le coefficient d'irregularité, concrétisé par le rapport des apports de l'année la plus humide (QM) à celui de l'année la plus sèche (Qm), est :

$$\frac{QM}{Qm} = 10.43$$

Cette valeur caractérise un régime d'écoulement irrégulier.

Connaissant la superficie du bassin versant de l'oued Meffrouch (90 km²), nous avons calculé pour chaque année la lame d'eau écoulee en mm (Cf. tableau n° 23, donné en annexes). L'écoulement moyen, pour la période comprise entre 1943/44 à 1967/68, est de 210.3 mm (soit 28.67 % des précipitations)

Le déficit d'écoulement, calculé par différence entre les précipitations et l'écoulement, est de 523.1 mm (soit 71.32 % des précipitations). Ces résultats sont voisins de ceux calculés par la méthode de Thornthwaite (Cf. étude climatologique).

Si on porte en abscisses les valeurs de l'écoulement annuel et en ordonnée les précipitations annuelles correspondantes, nous obtenons un nuage de points présentant un alignement convenable (Fig. 26). Il existe une corrélation linéaire entre l'écoulement et les précipitations.

La relation reliant l'écoulement annuel aux précipitations, calculée par la méthode des moindres carrés, est :

$$y = 1.63 x + 190.5 \text{ avec un coefficient de corrélation de } 0.86.$$

Etude statistique :

La distribution des apports annuels de l'oued Meffrouch au barrage sur 23 ans (Période 1943 - 1968) est donnée au tableau n° 24, porté en annexes.

Pour l'étude statistique, nous avons utilisé les mêmes méthodes que pour l'étude climatologique.

La distribution des apports annuels au barrage du Meffrouch fournit un alignement de points acceptable et peut être normalement représentée par une loi log - normale (Fig. 27).

Les paramètres, caractérisant la distribution, sont donnés au tableau n° 25.

Paramètres	Formules	Valeurs
Moyenne	$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} Q_i$	18.95
Variance	$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} (Q_i - \bar{Q})^2$	82.36
Ecart type	$S = \sqrt{S^2}$	9.07
Coefficient de variation	$Cv = \frac{S}{\bar{Q}}$	0.47

Tableau n° 25 - PARAMETRES DE DISTRIBUTION DES APPORTS ANNUELS .

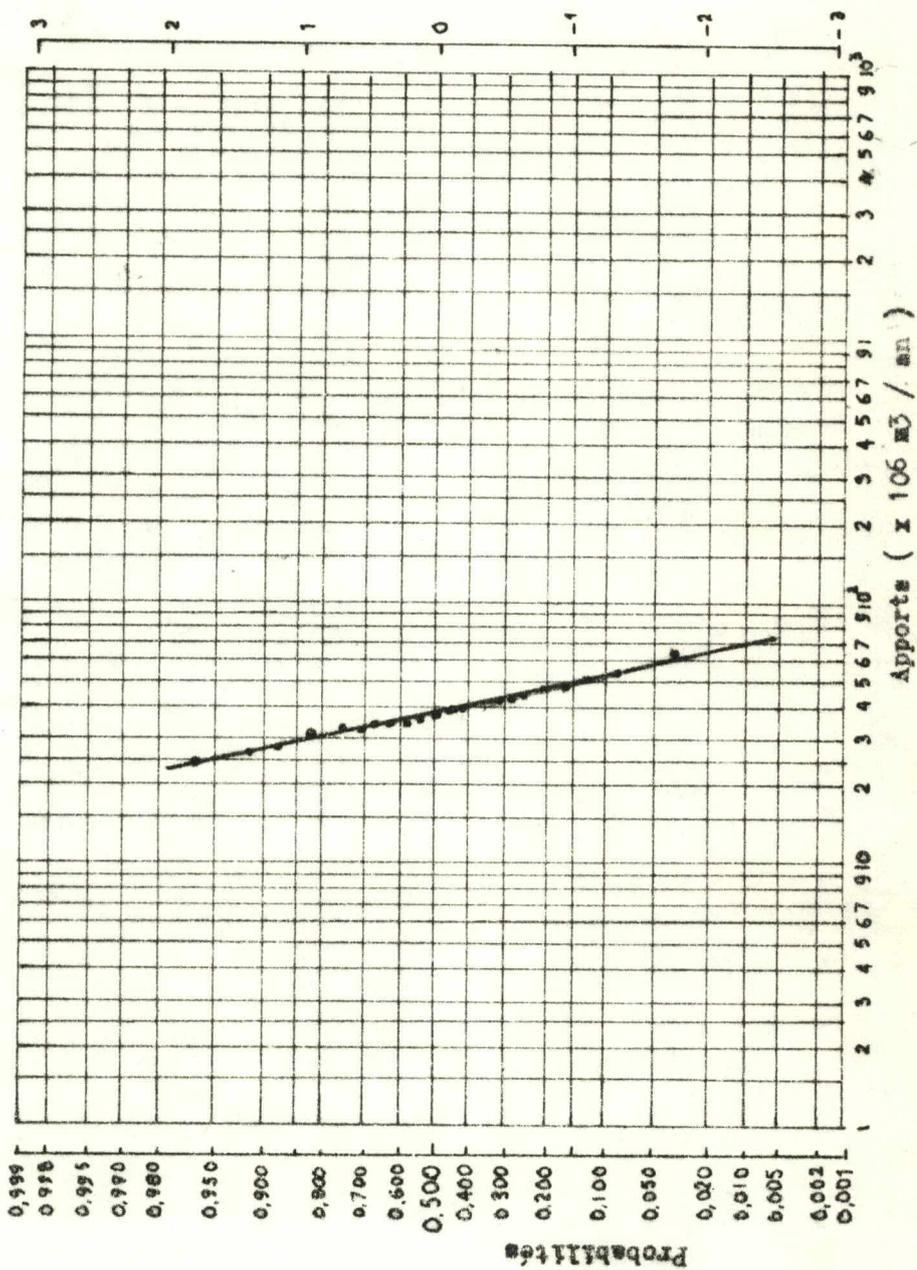


Fig. 27- DISTRIBUTION EN LOI LOG NORMALE DES APPORTS DE L'OUED MEFFROUCH AU BARRAGE
(Période 1943 - 1968)

Le calcul du χ^2 est donné au tableau n° 26.

n°	Limites de classes	Effectif observé	Bornes standardisées	Fréquence cumulée à la borne sup.	Fréq. simple théorique	Effectif théorique	$\frac{(N_i - N_i')^2}{N_i}$
1	< 10	3	< 0.98	0.1635	0.1635	3.7605	0.1537
2	10-20	10	-0.98.+0.11	0.5438	0.3803	8.7469	0.1795
3	20-30	7	+0.11.+1.21	0.8869	0.3431	7.89	0.1004
4	30-40	2	+1.21.+2.31	0.9895	0.1026	2.3611	0.0552
5	> 40	1	> +2.31	1	0.0104	0.2400	2.4066

Tableau n° 26 - CALCUL DU χ^2 .

χ^2 calculé = 2.8954

Pour un d.d.l = 1 et pour une probabilité de 0.05, le χ^2 tabulé est égale à 3.841. Le χ^2 calculé étant inférieur au χ^2 tabulé, l'adéquation à la loi de Galton - Gibrat est bonne.

A partir de l'équation de Galton, nous pouvons calculer les valeurs des apports annuels extrêmes de l'oued Meffrouch au barrage. L'équation est de la forme :

$$u = a \log (Q - Q_0) + b$$

$$a = 70.56$$

$$b = - 113.21$$

$$Q_0 = - 21.29$$

Pour l'oued Meffrouch, l'équation est :

$$u = 70.56 \log (Q + 21.29) - 113.21$$

A partir de cette équation, nous avons calculé les valeurs des apports annuels extrêmes de l'oued Meffrouch au barrage. Nous avons trouvé les valeurs ci - dessous :

- apports (période de retour : 10 ans) : $Q = 20.64$ millions de m^3
- apports (période de retour : 100 ans) : $Q = 43.38$ millions de m^3
- apports (période de retour : 1000 ans) : $Q = 87.35$ millions de m^3

2 - 2 - APPORTS MENSUELS :

Les apports mensuels moyens de l'oued Meffrouch au barrage, entre les années 1943 et 1968, sont donnés au tableau n° 27 porté en annexes.

Les apports mensuels moyens atteignent leur maximum au mois de Janvier ($3.187 \cdot 10^6 m^3$, correspondant à un débit de $1.18 m^3/s$) et leur minimum au mois d'Août

($0.381 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, correspondant à un débit de $0.142 \text{ m}^3/\text{s}$). De Décembre à Avril, les apports sont supérieurs à $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ou $0.784 \text{ m}^3/\text{s}$. Au delà, on observe une rupture brusque qui se poursuit jusqu'au mois d'Août. A partir de Septembre, on observe un léger relèvement (en liaison avec la diminution de l'évapotranspiration potentielle)

Comme le débit relatif à un même mois varie d'une année à l'autre, et pour résumer les résultats de plusieurs années d'observation, nous avons établi la courbe des débits de l'année 1951 - 1952 prise comme année moyenne (Précipitations = 759 mm / an)

- Les débits minima mensuels (Fig. 28) : les minima mensuels oscillent entre 0.500 et $0.175 \text{ m}^3/\text{s}$. le débit minimum le plus élevé apparait au mois de Février alors que le plus bas se situe au mois d'Octobre.

- Les débits moyens mensuels (Fig. 28) : sont supérieurs à $1 \text{ m}^3/\text{s}$ au mois d'Octobre ($1.377 \text{ m}^3/\text{s}$) où ils atteignent leur maximum, au mois de Janvier ($1.352 \text{ m}^3/\text{s}$) et au mois de Mai ($1.093 \text{ m}^3/\text{s}$). En Juin, on observe une rupture brusque; les débits tombent de 1.093 à $0.440 \text{ m}^3/\text{s}$. La décroissance se poursuivra jusqu'au mois d'Août où se présente le minimum de $0.210 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Les débits maxima mensuels (Fig. 28) : le débit le plus élevé s'est présenté le 18 Octobre (débit de pointe moyen de $11.50 \text{ m}^3/\text{s}$). Les débits maxima mensuels atteignent leur maximum au mois d'Octobre ($11.50 \text{ m}^3/\text{s}$), au mois de Janvier ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) et en Mai ($4.50 \text{ m}^3/\text{s}$). Ces débits élevés sont dus à un ruissellement important provoqué par les fortes averses.

Signalons qu'à partir du mois de Juin, les trois courbes sont presque confondues. Ceci étant du à l'alimentation de l'oued uniquement par l'Ain Meharas, exutoire majeur des dolomies de Terny.

- Les débits classés (Fig. 29) : l'examen de la courbe des débits classés nous montre que 11.66% des débits sont supérieurs à $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et 88.34% sont compris entre $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et $0.175 \text{ m}^3/\text{s}$. Les débits maximum ($11.50 \text{ m}^3/\text{s}$) et minimum ($0.175 \text{ m}^3/\text{s}$) ne sont apparus qu'une seule fois sur la période d'observation (366 jours).

2 - 3 - ETUDE DES CRUES :

La distribution des débits maxima de l'oued Meffrouch, correspondant à la période comprise entre 1946/47 et 1960/61, est donnée au tableau n° 27 porté en annexes.

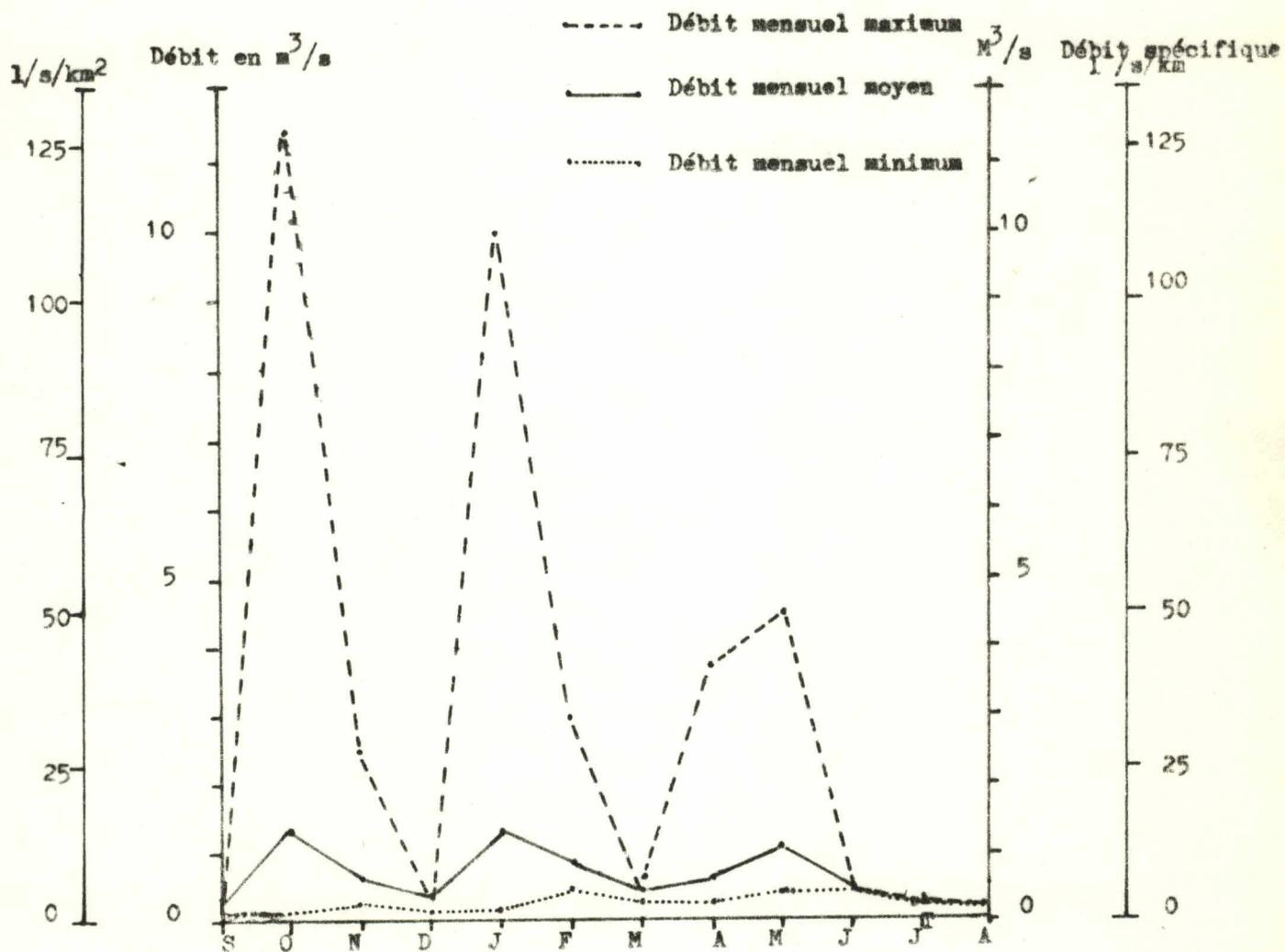


Fig. 28 - COURBES DES DÉBITS MENSUELS DE L'OUED MEFFROUCH
(Année 1951 - 1952)

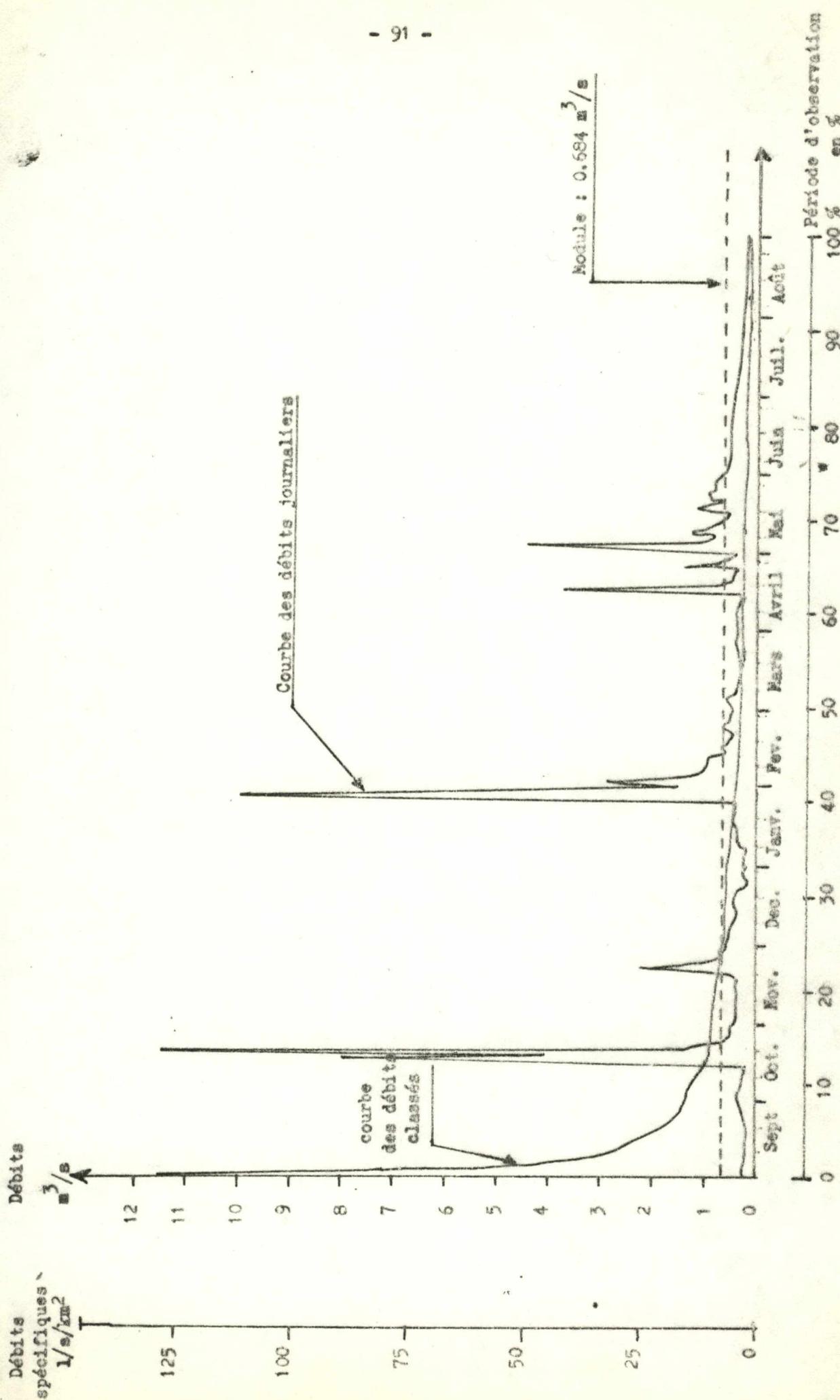


Fig. 29 - COURBE DES DÉBITS JOURNALIERS ; COURBE DES DÉBITS CLASSÉS DE L'OUED MEYTHOCH (Année 1951 - 1952).

Le débit de la crue la plus importante, enregistré le 14 Avril 1954 a atteint $125 \text{ m}^3/\text{s}$; celui de la plus faible, enregistré le 27 Février 1956, n'a pas dépassé $8.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

La distribution des débits maxima de l'oued Meffrouch fournit un alignement de points acceptable et peut être représentée par une loi log normale (Fig. 30).

Les paramètres, caractérisant la distribution, sont donnés au tableau n° 28 .

Paramètres	Formules	Valeurs
Moyenne	$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$	56
Variance	$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2$	1025.29
Ecart type	$\sigma = \sqrt{S^2}$	32.02
Coefficient de variation	$C_v = \frac{\sigma}{\bar{Q}}$	0.57

Tableau n° 28 - PARAMETRES DE POSITION DES CRUES.

Le calcul du χ^2 est donné au tableau n° 29.

n°	Limites de classes	Effectif observé	Bornes standardisées	Fréquence cumulée à la borne sup.	Fréq. simple théorique	Effectif théorique	$(\frac{N_i - N_i'}{N_i})^2$
1	< 30	3	< -0.81	0.209	0.209	3.135	0.05813
2	30 60	8	-0.81.+0.12	0.5478	0.3388	5.082	1.67546
3	> 60	4	> +0.12	1	0.4522	6.783	1.14670

Tableau n° 29 - ETUDE DES CRUES.CALCUL DU χ^2 . χ^2 calculé = 2.88029

Le χ^2 tabulé (3.841) étant inférieur au χ^2 calculé, l'adéquation à la loi de Galton est bonne.

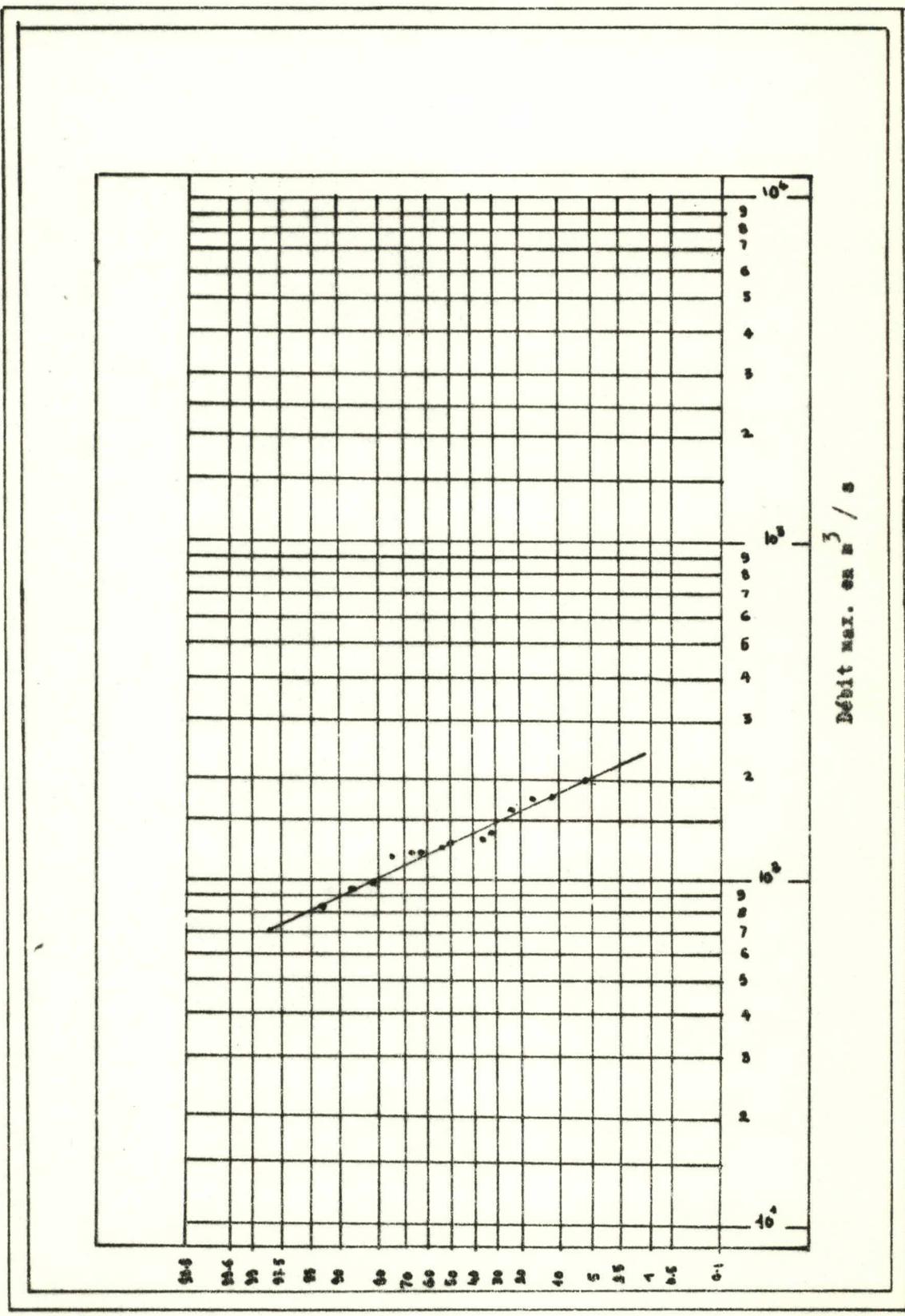


FIG. 30 - DISTRIBUTION EN LOI LOG NORMALE DES CRUES DE L'OUED MEFFROUCH SUR 15 ANS (1946 - 1961)

L'équation de la loi de Galton, pour les crues de l'oued Meffrouch, est de la forme :

$$u = a \log (Q - Q_0) + b$$

$$a = 9.7$$

$$b = -20.44$$

$$Q_0 = -77$$

$$u = 9.7 \log (Q + 77) - 20.44$$

A partir de cette équation, nous pouvons calculer les débits maxima de l'oued Meffrouch. Les résultats obtenus ne sont donnés qu'à titre indicatif car le nombre de mesures, sur 15 ans, est limité et ne se prête qu'imparfaitement à une étude statistique.

- Crue décennale (Période de retour de 10 ans) : $Q = 96.45 \text{ m}^3/\text{s}$

- Crue centennale (Période de retour de 100 ans) : $Q = 145.02 \text{ m}^3/\text{s}$

- Crue (Période de retour de 1000 ans) : $Q = 202.50 \text{ m}^3/\text{s}$

2 - 4 - RELATION PLUIE - DEBIT :

Pour préciser l'évolution du débit des sources alimentant l'oued Meffrouch en étiage et caractériser le comportement de l'aquifère en régime non influencé, nous avons cherché à déterminer l'action des pluies sur le débit de l'oued. Pour cela, nous avons choisi la période allant de Septembre 1952 à Août 1953

Mois	Date	Précipitations (mm)	Débit
Octobre 52	19	13.5	Le débit décroît rapidement du 1 Sept. au 28 Septembre. Par la suite et jusqu'au 3 Janvier, le débit se maintient à $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$.
	20	21	
Novembre 52	16	6.5	
	19	4	
	3	23	
Décembre 52	15	14	
	16	1	
	18	7	
	29	7	
	30	5	
	31	24	

.../...

Janvier 53	1	8	<p>A partir du 4 Janvier, le débit croit (de 0.125 à 0.145 m³/s). Le débit passe de 0.145 à 0.280 m³/s. Le débit passe de 0.280 à 0.310 m³/s. Le débit atteint 0.560 m³/s. Le débit se maintient à 0.560 m³/s. A partir du 10 Janvier et jusqu'au 15 Février, le débit décroît (de 0.560 m³/s, il passe à 0.200 m³/s.</p>
	2	12	
	3	7	
	4	18	
	5	6	
	6	4	
	8	17	
	9	5	
	18	6	
	19	4	
25	6		
Février 53	7	5	<p>Le débit passe de 0.200 à 0.230 m³/s. A partir de ce jour et jusqu'au 21; le débit croit rapidement Nouvelle augmentation du débit : de 0.62 m³/s, il passe à 0.700 m³/s.</p>
	12	6	
	13	10	
	14	6	
	15	6	
	16	20	
	17	2	
	18	4	
27	23		
Mars 53	5	3	<p>Le débit croit. Erreur sur les précipitations ? Le débit passe de 0.52 à 0.60 m³/s. Le débit atteint 21 m³/s. A partir du 16 et jusqu'au 23 Mars, le débit décroît rapidement. Le débit passe de 1.20 à 5.10 m³/s. Le débit est maintenu à 5.10 m³/s.</p>
	7	7	
	8	8	
	14	20	
	15	87	
	19	1	
	21	7	
	22	5	
	24	2	
	25	3	
	26	30	
27	10		

.../...

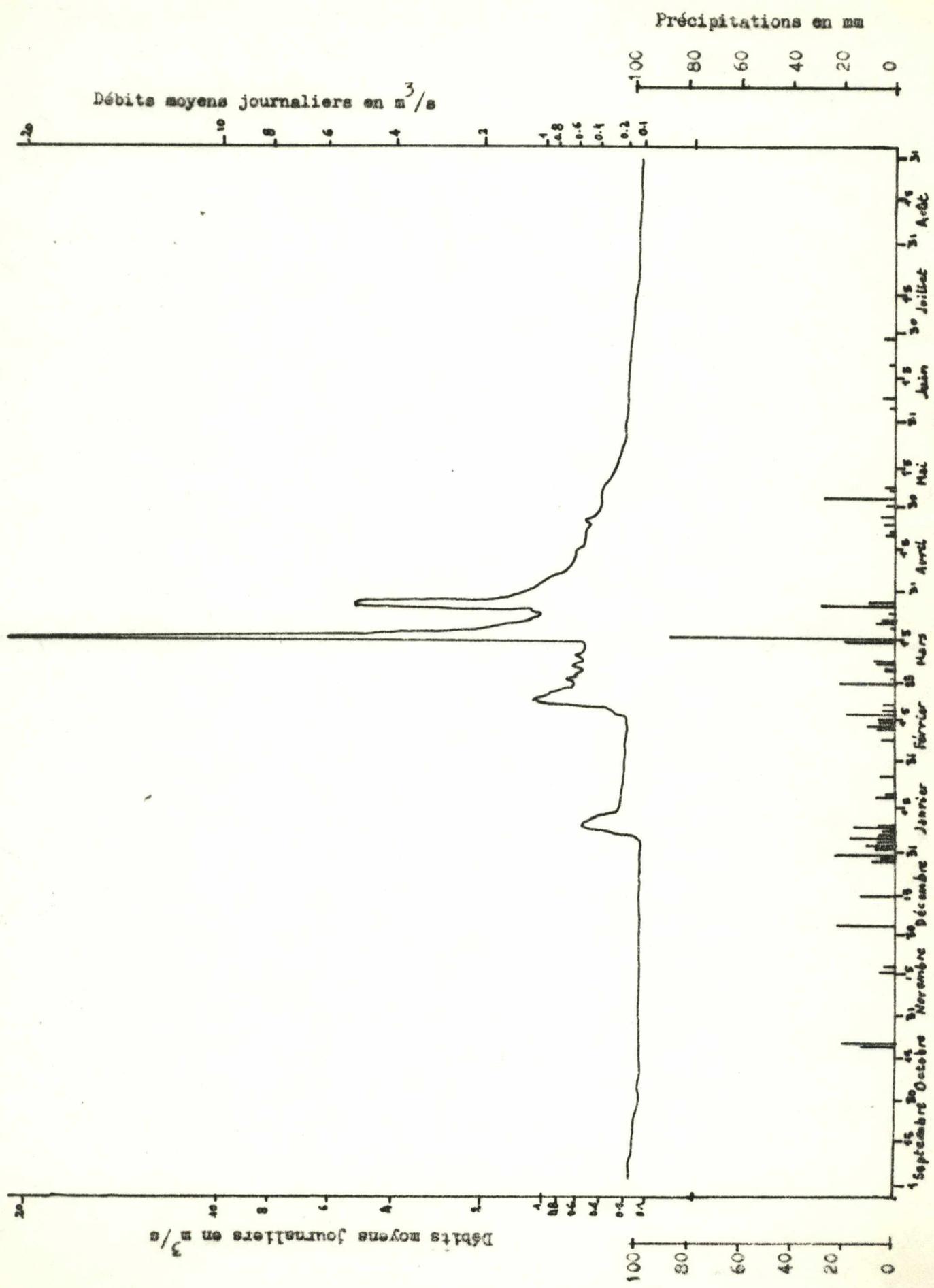


Fig. 31 - RELATION PLUIE - DEBIT DE L'UED NEFFROUCH (Année 1952/53).

Avril 53	20	3	A partir du 28 Mars et jusqu'au 2 Mai, le débit décroît de 2.10 à 0.40 m ³ /s
	21	2	
	23	5	
	26	6	
	30	4	
Mai 53	3	30	Légère augmentation du débit, maintenu jusqu'au 8 Mai. Par la suite, le débit décroît rapidement.
	6	2	
	7	4	

L'examen de la fig. 31 nous permet de préciser les réactions de l'oued Meffrouch aux précipitations :

- pour qu'il y ait augmentation du débit de l'oued Meffrouch, il faut que les précipitations atteignent une intensité minimum de 20 mm / 24 heures en saison froide et de 35 mm / 24 heures en saison chaude.

- La réponse de l'oued à une forte averse est très rapide; elle se fait sentir dans les 24 heures qui suivent l'averse.

2 - 5 - DETERMINATION DU RUISSELLEMENT (Fig. 32) :

Nous avons déterminé la lame d'eau ruissellée en utilisant les crues de l'oued Meffrouch de l'année 1953. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Crue du 5 au 9/01	Crue du 19 au 22/02	Crue du 15/03	Crue du 26/03
Volume d'eau ruissellée	129 600 m ³	276 480 m ³	1 382 400 m ³	367 200 m ³

Soit un volume total d'eau ruissellé de 2 155 680 m³/ an. Le volume d'eau tombée sur le bassin, à la même période, atteint 20.52 10⁶ m³. Le ruissellement serait donc égal à 10.50 % des précipitations. Nous retiendrons cette valeur car la méthode de Tixeront Berkaloff donne un ruissellement maximum et ne tient pas compte de la nature des terrains.

3 - ETUDE DE L'OUED SIKKAK (SANS L'OUED MEFFROUCH) :

3 - 1 - INTRODUCTION :

La station a été implantée par les services de la D.E.M.R.H à l'Est d'Ain

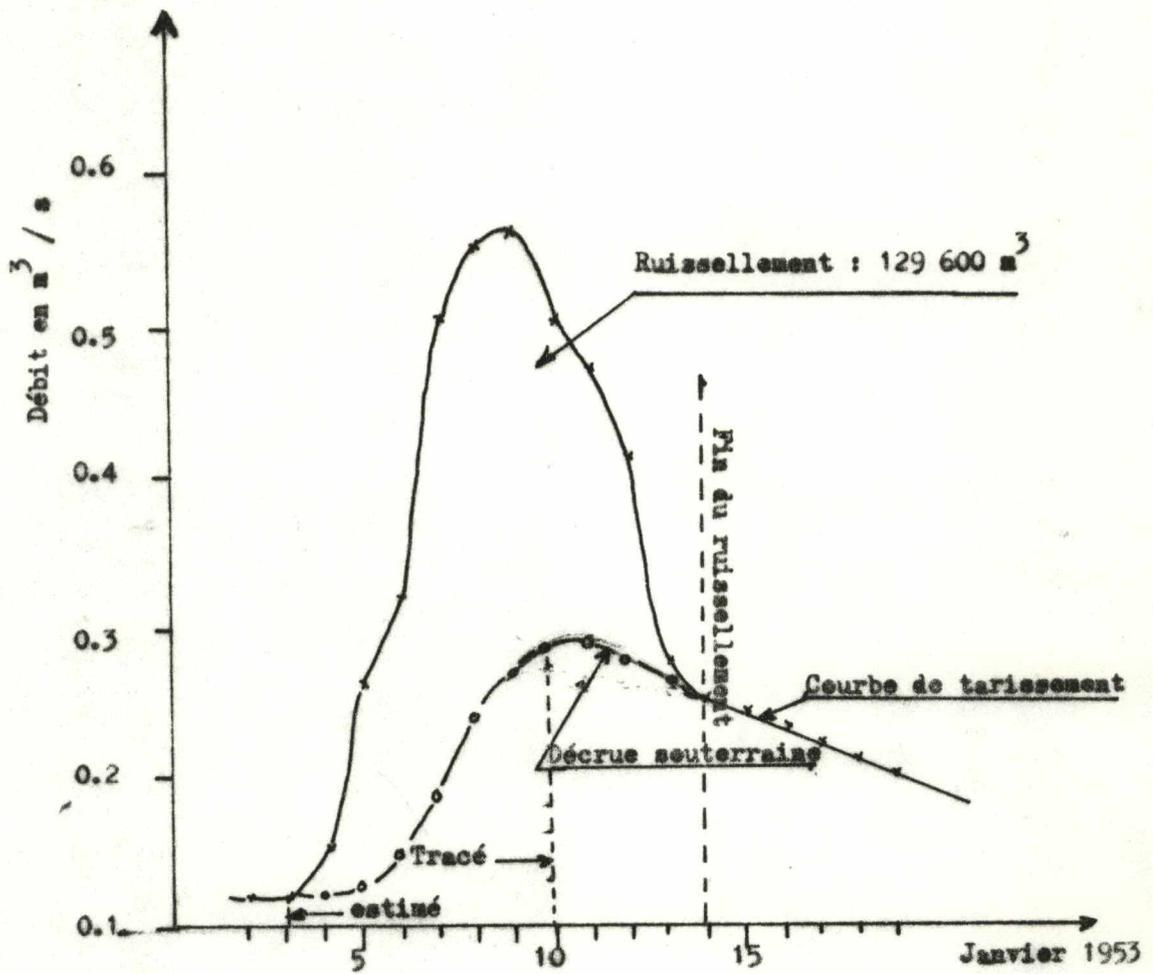


Fig . 32 - DETERMINATION DU RUISSELLEMENT A PARTIR DE LA CRUE DU 5 AU 9 JANVIER 1953.

Youcef, à 700 mètres de l'amont de la confluence oued Sikkak - oued Amyer. Cette situation a été choisie car elle permet de prendre en compte les débits de l'ensemble des sources du bassin versant de l'oued Sikkak, exception faite pour le plateau de Terny dont les eaux sont retenues par le barrage du Meffrouch et les débits négligeables de l'oued Amyer.

Les mesures de débit ont été effectuées journalièrement entre les années 1972 et 1980. Les hauteurs d'eau ont été prises en compte et il a été établi une courbe de tarage de la station (Fig. 33). Nous pouvons constater que la loi $Q = f(h)$ est constante dans le temps.

3 - 2 - LES DEBITS ANNUELS :

Les débits moyens annuels de l'oued Sikkak, entre les années 1972 et 1980, sont donnés au tableau n° 30 (Porté en annexes).

Le débit moyen annuel de l'oued Sikkak, durant cette période, est de $1.637 \text{ m}^3/\text{s}$ soit un débit spécifique de 4.38 l/s/km^2 .

Le débit annuel maximum s'est présenté en 1974 ($7.83 \text{ m}^3/\text{s}$) alors que le minimum s'est présenté en 1979 ($0.433 \text{ m}^3/\text{s}$).

Le coefficient d'irrégularité, concrétisé par le rapport du débit de l'année la plus humide à celui de l'année la plus sèche, est égal à 18. Cette valeur caractérise un régime d'écoulement très irrégulier.

3 - 3 - LES DEBITS MENSUELS :

Les débits mensuels moyens de l'oued Sikkak, entre les années 1972 et 1980, sont donnés au tableau n° 30 en annexes.

Les débits mensuels moyens atteignent leur maximum au mois de Mars ($9.726 \text{ m}^3/\text{s}$) correspondant à un débit spécifique de 26 l/s/km^2 . Au delà d'Avril, on observe une diminution des débits qui se poursuit jusqu'en Septembre. A partir d'Octobre, on observe un léger relèvement des débits.

Comme le débit relatif à un même mois varie d'une année à l'autre et pour résumer les résultats des années d'observation, nous avons établi la courbe des débits mensuels de l'année 1974/75, prise comme année moyenne (Fig. 34)

- Les débits minima mensuels : oscillent entre 0.175 et $1.260 \text{ m}^3/\text{s}$. Le débit minimum le plus élevé apparaît en Mai alors que le plus bas apparaît au mois d'Août.

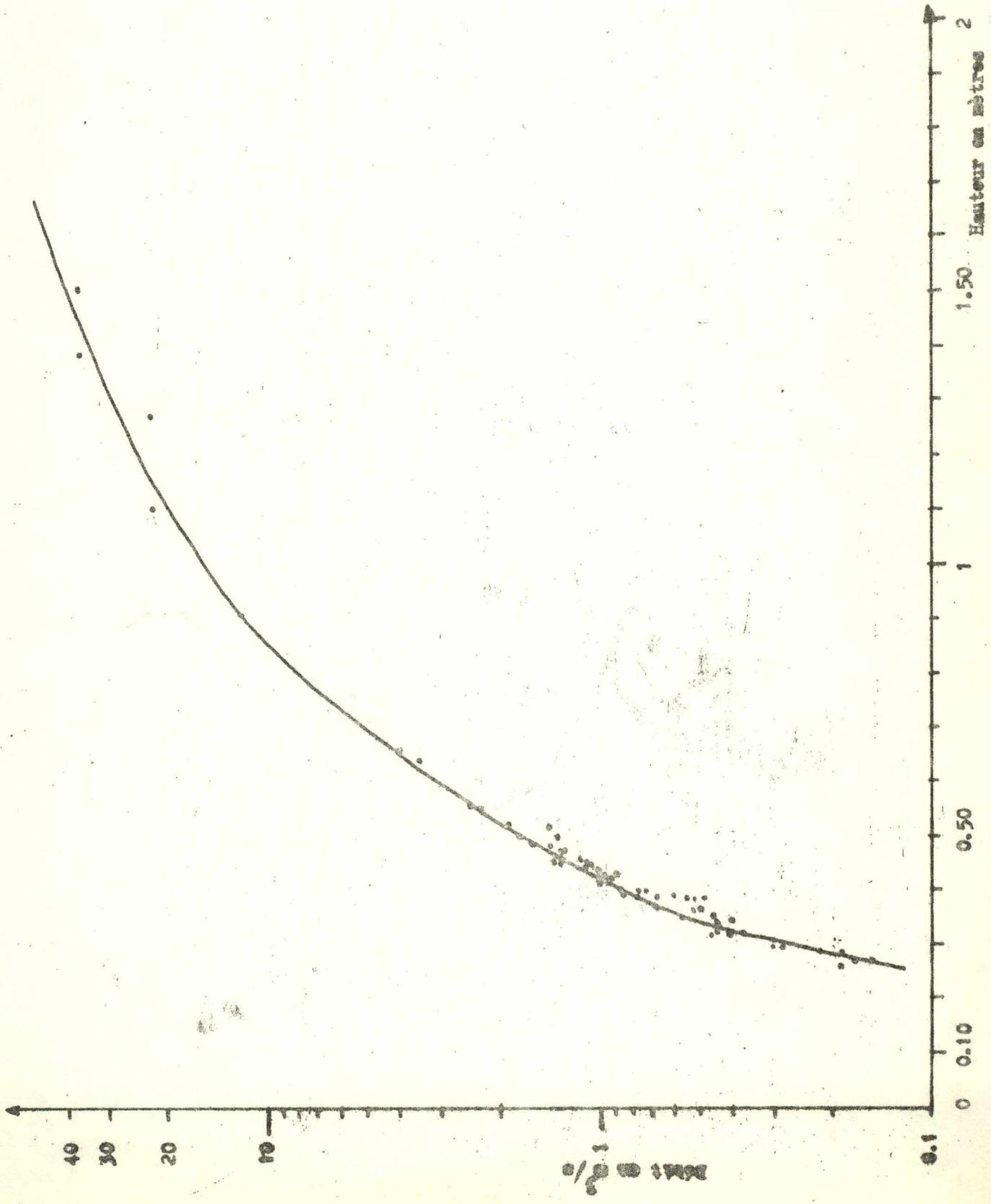


FIG. 25 - COURBE DE TARAGE DE L'ONDÉ SIKYAK (SANS L'ONDÉ ENTRAÎNÉ.)

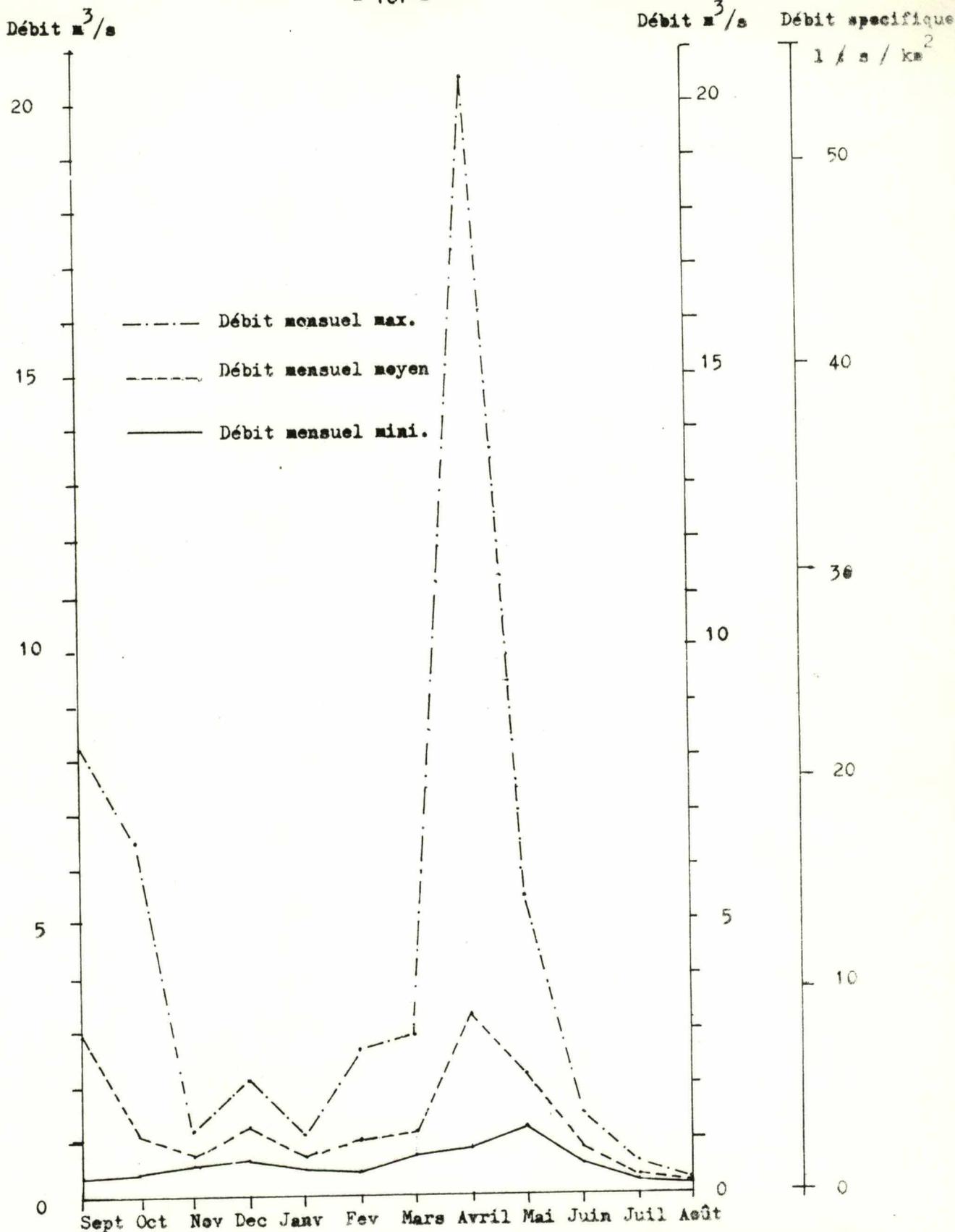


Fig. 34 - COURBE DES DEBITS MENSUELS DE L'OUED SIKKAK SANS L'OUED MEFFROUCH
(ANNEE 1974 - 1975)

- Les débits moyens mensuels : le débit moyen le plus élevé se situe en Avril ($3.295 \text{ m}^3/\text{s}$). A partir du mois de Juin on observe une rupture brusque; les débits tombant de 2.221 à $0.8241 \text{ m}^3/\text{s}$. La décroissance se poursuit jusqu'en Août où on observe le minimum ($0.2118 \text{ m}^3/\text{s}$).

- Les débits maxima mensuels : Le débit le plus élevé s'est présenté le 21 Avril (débit de pointe moyen de $20.43 \text{ m}^3/\text{s}$). Les débits maxima mensuels atteignent leur maxima au mois d'Avril ($20.43 \text{ m}^3/\text{s}$), au mois de Septembre ($8.184 \text{ m}^3/\text{s}$) et au mois d'Octobre ($6.448 \text{ m}^3/\text{s}$).

3 - 4 - LES DEBITS CLASSES :

L'examen de la fig. 35 nous montre que 25 % des débits sont supérieurs à $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et que 75 % sont compris entre 1 et $0.175 \text{ m}^3/\text{s}$.

3 - 5 - COURBE DE TARISSEMENT DE L'OUED SIKKAK :

En coordonnées semi logarithmiques, la partie supérieure de la courbe de tarissement extrapolée (Fig. 36) montre au début de la vidange plusieurs régimes de décroissance du débit. Il est possible de séparer sur la courbe les différentes composantes de l'écoulement. Les courbes de décrue de chacune des composantes sont alors représentées approximativement par des pentes différentes (OA et AB) . Les débits Q_0' et Q_0'' ainsi que α_1 et α_2 doivent être cherchés sur les droites qui leur correspondent.

Pour le segment OA :

- $Q_0' = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_t = 0.30 \text{ m}^3/\text{s}$
- $t = 40 \text{ jours}$
- $\alpha_1 = 0.03248$

Pour le segment AB :

- $Q_0'' = 0.21 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_t = 0.19 \text{ m}^3/\text{s}$
- $t = 31 \text{ jours}$
- $\alpha_2 = 0.00320$

La formule du tarissement de l'oued Sikkak (sans Meffrouch) en partant de l'instant $t = 0$ et du débit $Q = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$, est :

$$Q_t = 1.1 \times e^{-0.03248 t} + 0.21 \times e^{-0.00320 t}$$

Les volumes disponibles seraient la somme des deux volumes :

$$W_t = W_0' + W_0'' = \left(\frac{Q_0'}{\alpha_1} + \frac{Q_0''}{\alpha_2} \right) \cdot 86\,400 = 8.59 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Débit en m³/s

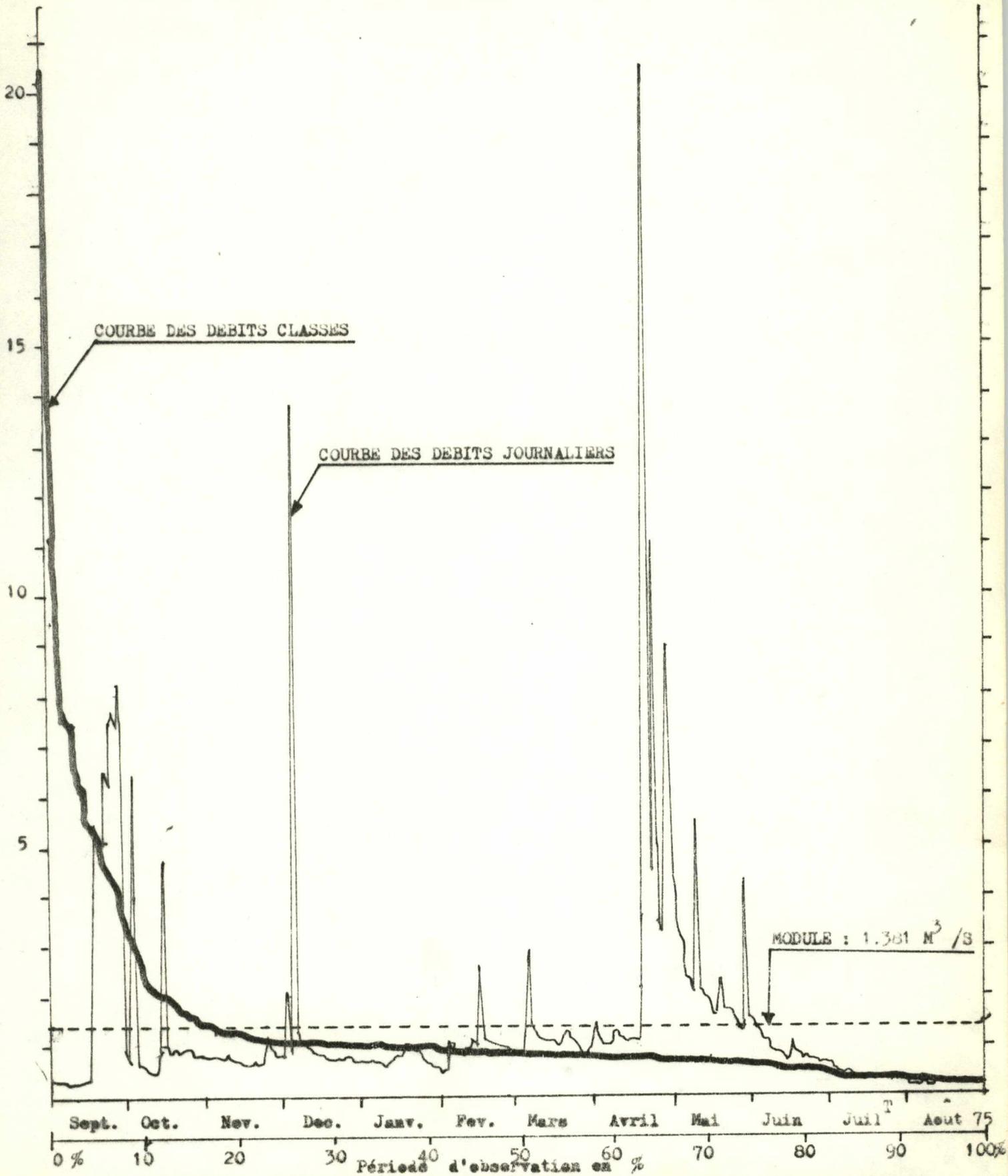
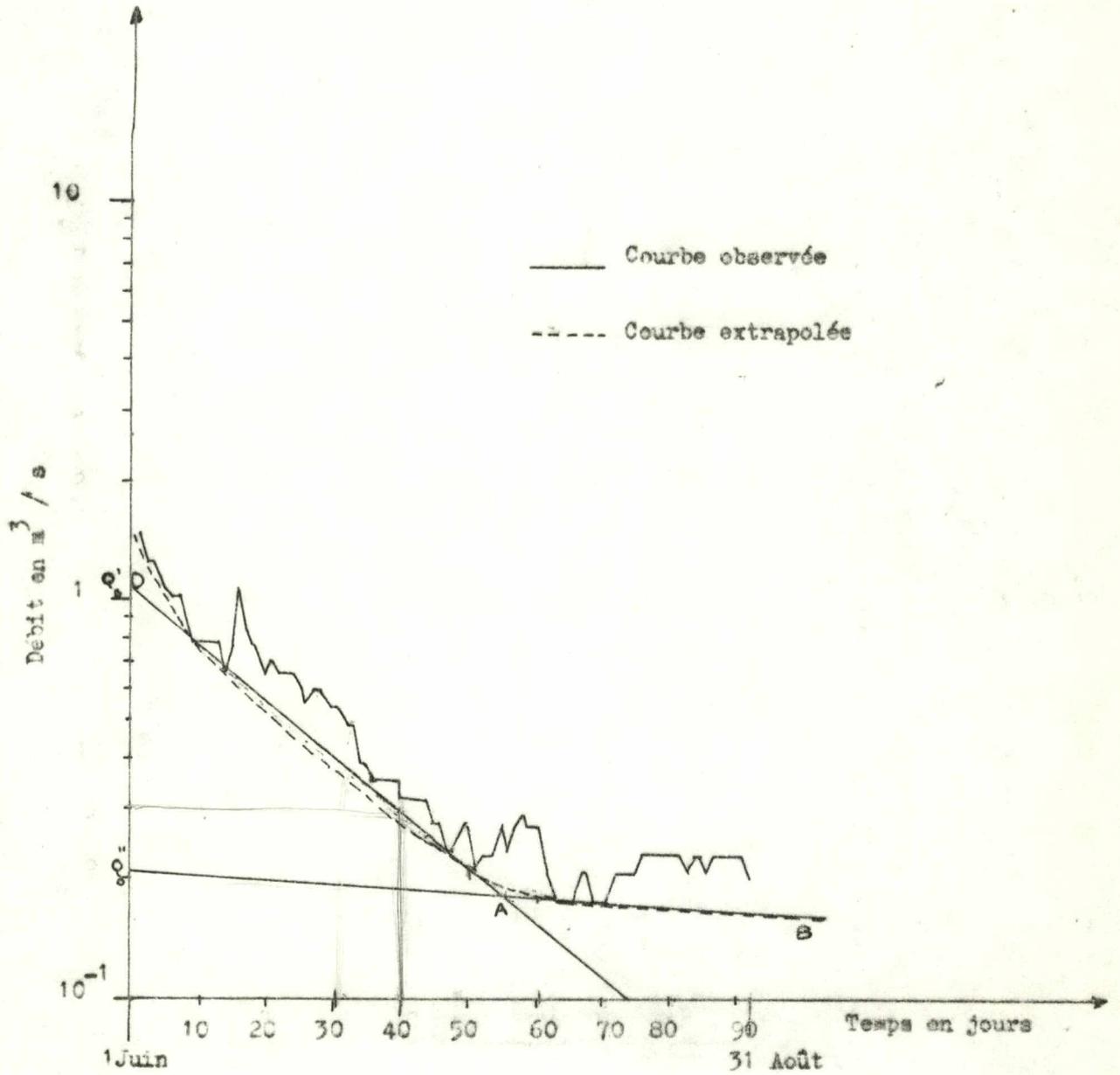


Fig. 35 - COURBE DES DEBITS JOURNALIERS , COURBE DES DEBITS CLASSES DE L'OUED SIKKAS

(SANS L'OUED MEFFROUCH . ANNEE 1974 - 1975).

FIG. 36 - COURBE DE TARISSEMENT DE L'OUED SIKLAK (SANS MEFFROUCH)



4 - CONCLUSION :

L'étude hydrologique des oueds Sikkak et Meffrouch nous montre que ces cours d'eau sont caractérisés par un régime d'écoulement irrégulier.

Pour le plateau de Terny, l'écoulement moyen serait de l'ordre de 210 mm/an (soit 28.67 % des précipitations) valeur assez voisine de celle calculée par la méthode de Thornthwaite.

Le ruissellement, calculé à partir des crues, est de l'ordre de 88.85 mm/an (soit 10.50 % des précipitations). Ce résultat est plus proche de la réalité que celui calculé à partir de la méthode de Tixeront - Berkaloff. La lame d'eau infiltrée serait alors égale à 129.15 mm/an (soit 16.77 % des précipitations).

Les débits mensuels atteignent leur maximum en Janvier alors que le minimum s'observe en été.

L'étude de la relation précipitations - débits de l'oued Meffrouch nous a permis de préciser les réactions de l'oued aux pluies. Pour qu'il y ait augmentation du débit, il faut que les précipitations atteignent un seuil minimum de 20 mm / 24 heures en saison froide et de 35 mm / 24 heures en saison chaude. La réponse de l'oued à une forte averse se fait sentir dans les 24 heures.

Pour l'oued Sikkak (sans l'oued Meffrouch) , les débits mensuels atteignent leur maximum en Mars. Au delà du mois d'Avril, on observe une diminution rapide des débits qui se poursuit jusqu'en Septembre.

----- // H A P I T R E C I N Q U I E M E -----

H Y D R O G E O L O G I E D U K A R S T

- 1) - POSITION GEOGRAPHIQUE
- 2) - CONSEQUENCES HYDROGEOLOGIQUES DE LA LITHOLOGIE ET DE LA TECTONIQUE
- 3) - KARSTIFICATION ET FRACTURATION
- 4) - LE KARST DE SURFACE
- 5) - LE KARST PROFOND
- 6) - LES EMERGENCES
- 7) - HYDRODYNAMIQUE SOUTERRAINE
- 8) - CONCLUSION

1 - POSITION GEOGRAPHIQUE :

Dominant la dépression miocène, les massifs calcaréo - dolomitiques se situent au Sud, au Nord et à l'Est de Tlemcen.

Au Sud de Tlemcen, ces massifs constituent le plateau de Terny dont le bord septentrional (Djorf Sakrtine, 1198 m.) domine de près de 400 mètres la ville de Tlemcen (806 m.). Vers l'Est, se développent les hautes falaises du djebel Chouka (1154 m.) et du djebel Hanif (1073 m.) relayés vers le Nord - Est par le massif le plus important qui, d'Ain Fezza s'élève vers le Nord - Est par une suite de monts jusqu'au djebel Er - Ramlya (1206 m.). Au Nord - Ouest de Tlemcen, se développe un autre massif constitué par le djebel Téfatisset (924 m.) relayé vers l'Est par les djebels Bou Djrida et Ain El Hout (651 m.). Presqu'entièrement déboisés, ces massifs sont limités tantôt par des falaises abruptes tantôt par des pentes plus douces par lesquelles les massifs viennent s'envoyer sous les terrains miocènes.

2 - CONSEQUENCES HYDROGEOLOGIQUES :

2 - 1 - DE LA LITHOLOGIE : (Fig. 37)

Les seules formations qui peuvent être considérées comme perméables sont :

- les dolomies de Tlemcen et les calcaires qui leur sont associés
- les dolomies de Terny
- les grés tortoniens
- les conglomérats de la plaine d'Hennaya

Tout le reste de la série joue le rôle d'imperméable.

2 - 1 - 1 - NIVEAUX IMPERMEABLES OU PEU PERMEABLES :

Dans la nature, il n'existe pas de formations parfaitement imperméables mais des formations dont la perméabilité est plus ou moins importante.

Nous considérons comme imperméables les niveaux à très faible perméabilité.

Dans la région étudiée, ces niveaux correspondent :

- aux grés de Bou Médine qui ne drainent que peu d'eau en eux - mêmes.

Cependant, par les bancs de grés assez puissants qui s'intercalent dans les marnes, ils présentent des niveaux intéressants parce que ces roches présentent des diaclases qui augmentent leur perméabilité. Grâce aussi à des jeux de failles, ils peuvent apparemment donner naissance à de grandes sources qui sont en réalité alimentées par des impluviums calcaréo - dolomitiques; les grés ne jouant que le rôle d'écran filtre. Le rôle de ces grés est de maintenir, grâce aux niveaux marneux, le niveau aquifère du Jurassique supérieur. C'est cette formation qui délimite le bassin versant hydrogéologique.

FIG. 37 . COUPE HYDROGEOLOGIQUE

FORMATIONS	ÉPAISSEUR	LITHOLOGIE	DESCRIPTION	PÉRMEABILITÉ
Quaternaire	7 m		croute, carapace calcaire, argiles conglomérates	peu perméable
TERTIEN	25 m		GRES JAUNES	PÉRMEABLE
HELVETIEN	100 m		ARGILES MARNEUSES AVEC INTERCALATION DE BANCS DE GRES	IMPERMEABLE
MIOCENE INFERIEURE	100 m		MARNES GRISSES A VERDATRES AVEC INTERCALATIONS DE BANCS DE GRES	IMPERMEABLE
Eocene	50 m		CALCAIRES STRMONTES PAR UNE ALTERNANCE DE GRES ET MARNES	IMPERMEABLE
MARNO-CALCAIRES D'HARIGA	100 m		ALTERNANCE DE MARNES ET DE CALCAIRES	IMPERMEABLES
DOLOMIES DE TERNY	100 m		DOLOMIES VACUCLAIRES A PATINE ROUSSE AVEC DES STRATIFICATIONS OBLIQUES	FORTE PÉRMEABILITÉ DE FISSURES
CALC. DE LATO	30 m		MICRITES ET PELMICRITES	TRES PEU PÉRMEABLES
MARNO-CALCAIRES DE RAOURAI	100 m		ALTERNANCE DE MARNES GRIS VERDATRES ET DE CALCAIRES	
CALC. DE STAN	20 m		MICRITE A PATINE GRIS CLAIR	
DOLOMIES DE TLEMEN	300 m		DOLOMIES CRISTALLINES GRISSES A PATINE ROUSSE DANS LESQUELLES ON OBSERVE DES LAMINITES STROMATOLITQUES	FORTE PÉRMEABILITÉ DE FISSURES
CALC. DE ZARLET	25 m		CALCAIRES BLEUS	
GRES DE BOU MEDINE	500 m		GRES BRUNS EN GROS BANCS SEPARES PAR DES INTERLITS ARGILEUX. AUSOMMET ON TROUVE QUELQUES PASSES MARNEUSES ET CALCAIRES	FAIBLE OU NULLE

* Les sources qui émergent de ces grés sont données au tableau ci - dessous:

Nom	Cordonnées Lambert		T (°C)	Débit moyen (l / s)	Conditions d'émergence
	X	Y			
Ain Tessera Mramet	130.000	173.400	14	0.10	Emerge des grés intercalés dans les marnes
Ain Zarifet	127.875	178.250	15	0.50	" " "
Ain Bernhard	126.700	177,800	12	0.50	" " "
Ain Saffah	125.950	177,500	15	0.50	" " "
Ain Rhoraba	127,950	172,250	15	0.10	" " "
Ain El Atrouss	122.600	174.350	13	0.60	" " "
Ain El Hallouf	140.400	186.760	17	0.50	" " "
Ain El Quebeb	139.650	187.600	18	0.30	" " "
Ain Guessia	130.150	179.350	15	0.50	Emerge au niveau d'une fracture de direction Nord 60°.
Ain El Kebira	142.650	187.700	19	2	Emerge au niveau d'une faille mettant en contact les grés avec les dolomies

- aux marno - calcaires de Raouraï et d' Hariga qui sont relativement imperméables. Si les niveaux calcaires admettent une certaine perméabilité, l'ensemble est imperméable dans le sens vertical

- à l'Eocène, peu représenté dans le secteur d'étude, comprenant une alternance de marnes et de grés

- au Miocène inférieur et à l'Helvétien, marneux, qui peuvent contenir un peu d'eau dans leurs bancs gréseux.

2 - 1 - 2 - NIVEAUX PERMEABLES :

Les faciès perméables en grand sont représentés par les séries calcaréo - dolomitiques du Jurassique supérieur, les grés tortoniens, les conglomérats du Miocène inférieur et ceux de la plaine d'Hennaya et les travertins.

- Les dolomies de Tlemcen, avec à leur base les calcaires de Zarifet, occupent la plus grande partie des massifs. Ces roches sont diaclasées et intensément karstifiées. Les nombreuses sources qui émergent de ce niveau témoignent de son intérêt hydrogéologique.

- Les dolomies de Terny qui n'affleurent dans le secteur étudié que dans la région de Terny, sont moins karstifiées que les dolomies de Tlemcen plus micritiques et présentant de nombreuses passées stromatolithiques qui doivent faciliter les phénomènes de dissolution. Les dolomies de Terny, ayant une structure granulaire avec pelles-toïdes, sont plus homogènes.

✓ - Les grés tortoniens admettent une perméabilité de fissures et d'interstices. De ces roches émergent quelques sources de faible importance :

- Ain Ouassiren	:	:	débit 2 l/s
- Ain Basso	:	"	1.5 l/s
- Ain Deheb	:	"	4 l/s
- Ain Bou Azzoune	:		0.5 l/s
- Ain El Guettara	:		2 l/s
- Ain Hennaya	:		1 l/s

- Les conglomérats du Miocène inférieur, très fissurés, sont caractérisés par l'absence de réserves à cause de leur faible surface d'affleurement.

- Les conglomérats de la plaine d'Hennaya présentent aux débouchés naturels (Ain Ouahab, Ain Boukoura, Ain Hallilifa et Ain El Kahla) des zones cavernueuses.

- Les travertins sont caractérisés par une forte perméabilité et l'absence de réserves, vu leur petite surface d'affleurement.

2 - 2 - DE LA TECTONIQUE :

La tectonique joue un grand rôle dans l'hydrogéologie de la région étudiée. Les nombreuses failles et diaclases ont permis le développement de la karstification en profondeur.

Nous pouvons constater que la plupart des sources émergent à la faveur des failles qui peuvent jouer le rôle d'écran imperméable par les pincements marneux des marno - calcaires de Raouraï ou des grés de Bou Médine ou par la recimentation des brèches de failles. Parfois, ces failles constituent des drains actifs.

2 - 2 - 1 - AU NIVEAU DES MASSIFS :

Nous pouvons distinguer, grosso modo, quatre zones (bassins karstiques) partiellement cloisonnées par de grandes failles:

+ une zone méridionale, correspondant au plateau de Terny, limitée au

- au Nord, par la faille F₁ (Cf. carte n° 3)

- au Sud, par la faille F₂

- à l'Est, par la faille F₃

- à l'Ouest, par les grés de Bou Médine qui délimite le bassin versant

hydrogéologique.

A cette zone correspondent deux grands exutoires :

- Ain Fouara (débit moyen de l'ordre de 60 l/s) qui draine les eaux des dolomies de Tlemcen et des calcaires qui leur sont associés.

- Ain Meharas (débit moyen de l'ordre de 150 l/s) , exutoire principal de la nappe des dolomies de Terny.

+ une zone occupée par les djebels Tefatisset et Ain El Hout, limitée au Sud par la faille F₄ (Cf. carte n° 3) passant par Bréa et Chétouane et au Nord, par une série de failles qui se relaient et à l'Ouest par la faille F₅.

A cette zone, correspondent de nombreux exutoires de plus ou moins grande importance :

- Ain El Kadous (2 l/s)

- Ain El Hadjar (8 l/s)

- Ain Saffah (6 l/s)

qui drainent les dolomies de Tlemcen du djebel Téfatisset.

- Ain El Ansar (26 l/s)

- Ain Bou Djlida (8 l/s)

qui drainent les eaux des dolomies de Tlemcen du djebel Bou djlida

- Ain El Hout (10 l/s)

- Ain El kouades (1 l/s)

- Ain Safra (2 l/s)

qui drainent les dolomies de Tlemcen du djebel Ain El Hout.

+ Une troisième zone correspondant à la région d'Ain Fezza, limitée par la faille F₃ à l'Ouest, par les grés de Bou Médine au Nord et par la faille F₆.

A cette zone correspondent trois exutoires assez importants :

- Ain Fezza (10 l/s)

- Ain Es - Sakra (20 l/s)

- Ain Ouchba (10 l/s)

- Ain Sidi Haroun (1.5 l/s)

+ Une quatrième zone, correspondant à la région des djebels Er - Ramlya, Ouakrif et Besbessa, limitée au Sud par les grés de Bou Médine et à l'Est, par la faille F₇. A cette zone correspond une seule source de faible importance : Ain Zédiga (1.7 l/s)
Les eaux des dolomies de Tlemcen de cette région s'écoulent et émergent vers l'Est, en dehors de notre secteur d'étude.

2 - 2 - 2 - AU CONTACT MASSIFS - PLAINE :

Le contact entre les massifs montagneux, constitués par les djebels Téfatisset et Ain El Hout, et la plaine de Tlemcen est jalonné par de nombreuses sources dont la présence s'explique par les importantes failles mettant en contact les dolomies de Tlemcen avec les marnes helvétiques.

3 - KARSTIFICATION ET FRACTURATION :

3 - 1 - INTRODUCTION :

Les circulations d'eaux souterraines dans les calcaires et dolomies se font essentiellement à la faveur des éléments structuraux tels que plans de strates, fissures et failles et plus précisément au niveau de l'intersection de ces éléments dont l'évolution conduit à la karstification des roches par suite des phénomènes de dissolution. La fracturation représente de la sorte une donnée essentielle de l'étude hydrogéologique.

L'étude de la fracturation a été faite sur les terrains jurassiques à savoir :

- les calcaires de Zarifet
- les dolomies de Tlemcen
- les dolomies de Terny.

Cette étude a été menée selon deux méthodes différentes :

- étude de la fracturation par photographies aériennes
- étude microtectonique des affleurements

3 - 2 - ETUDE DES FISSURES :

Le levé des fissures d'ordre décimétrique et métrique a été effectué sur les states des calcaires de Zarifet, des dolomies de Tlemcen et des dolomies de Terny.

Sur la carte de fissuration du karst (Carte n° 4), nous avons établi des histogrammes circulaires sur lesquels sont reproduites les distributions des fissures par fourchettes directionnelles de 20°.

Les principales directions obtenues par stations se répartissent de la façon suivante :

- Station 1 (Prés de Tahdariat) : Nord 60° - Nord 80° E
- Station 2 (Embranchement route de Terny - route des Beni - Souss) : Nord 60° - Nord 80° et Nord 140° - Nord 160° E (conjuguée)

- Station 3 (Prés de Hassi Bou Chenaa) : Nord 80° - Nord 100° E
- Station 4 (Route de Terny au barrage du Meffrouch, près d'Ain Sidi Hafif) : Nord 140° - Nord 160° et Nord 160° - Nord 180° E
- Station 5 (djebel Nador, près de l'émetteur R.T.A) : Nord 60° - Nord 80° et Nord 140° - Nord 160° (conjuguée)
- Station 6 (A l'Est, près de la digue du barrage du Meffrouch) : Nord Nord 00° - Nord 20° et Nord 100° - Nord 120° (conjuguée)
- Station 7 (djebel Sidi Haroun, près d'Ain Ouchba) : Nord 00° - Nord 20° et Nord 100° - Nord 120° E
- Station 8 (Sud d'Ain El Hout) : Nord 00° - Nord 20° et Nord 100° - Nord 120° E
- Station 9 (Sud de Sidi Boukhari) : Nord 20° - Nord 40° et Nord 80° - Nord 100° E
- Station 10 (Djebel Beni Moudjer) : Nord 40° - Nord 60° et Nord 160° - Nord 180° E
- Station 11 (Prés d'Ain Serak) : Nord 80° - Nord 100° et Nord 140° - Nord 160° E

Etant donné la forte densité de fissures visibles dans les dolomies de Terny affleurant à l'Ouest du barrage du Meffrouch, nous avons établi la carte de fissuration de cette formation à partir des photographies aériennes en noir et blanc à l'échelle du 1/20 000 (Couverture n° 300/200, mission 1972, photos n° 20 à 23 et 9 à 11.)

L'histogramme porté sur la carte de fissuration des dolomies de Terny (Carte n° 5), montre deux directions conjuguées : Nord 60° - Nord 80° et Nord 140° - Nord 160° E

3 - 3 - ETUDE DES FAILLES :

L'étude des failles a été effectuée par analyse photogéologique. Les tronçons rectilignes des failles, caractérisées par leur longueur et leur direction, sont relevés par longueurs puis cumulés par secteurs angulaires de 20°.

Sur les figures n° 38 à 41, sont portées les distributions des failles en fréquence et en longueurs cumulées (valeurs relatives) par fourchettes directionnelles de 20°.

Ces histogrammes font ressortir les familles de fractures majeures et leurs caractéristiques.

- Pour le plateau de Terny, nous avons trois familles de fractures qui

qui prédominent :

- Nord 60° - Nord 80° E
- Nord 80° - Nord 100° E
- Nord 120° - Nord 140° E
- + Secteur djebels Téfatisset et Ain El Hout :
- Nord 00° - Nord 20° E
- Nord 60° - Nord 80° E
- Nord 120° - Nord 140° E
- + Secteur Ain Fezza - djebel Er - Ramlya :
- Nord 20° - Nord 40° E
- Nord 80° - Nord 100° E
- + Ensemble du bassin versant :
- Nord 60° - Nord 80° E
- Nord 80° - Nord 100° E

Conclusion :

Il ressort de cette étude que quatre directions prédominent :

- direction ENE - WSW (Nord 60° - Nord 80° E)
- direction E - W (Nord 80° - Nord 100° E)
- direction ESE - WNW (Nord 120° - Nord 140° E)
- direction NNE - SSW (Nord 00° - Nord 20° E)

Cette dernière direction prédomine au niveau du djebel Téfatisset et du djebel Er - Ramlya. Ceci étant dû à la proximité des deux transversales (Transversales de la Tafna et celle de l'oued Chouly)

Cette étude nous montre également que la fissuration fine est parallèle à la fracturation majeure.

3 - 4 - RELATION FRACTURATION - KARSTIFICATION :

Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé de façon conjointe les directions des galeries souterraines pénétrables sèches ou parcourues par des écoulements pérennes et les directions des fissures relevées au voisinage de l'entrée des grottes.

3 - 4 - 1 - GROTTE DU YEBDAR :

Elle est aussi appelée grotte des Beni Add ou grotte d'Ain Fezza.

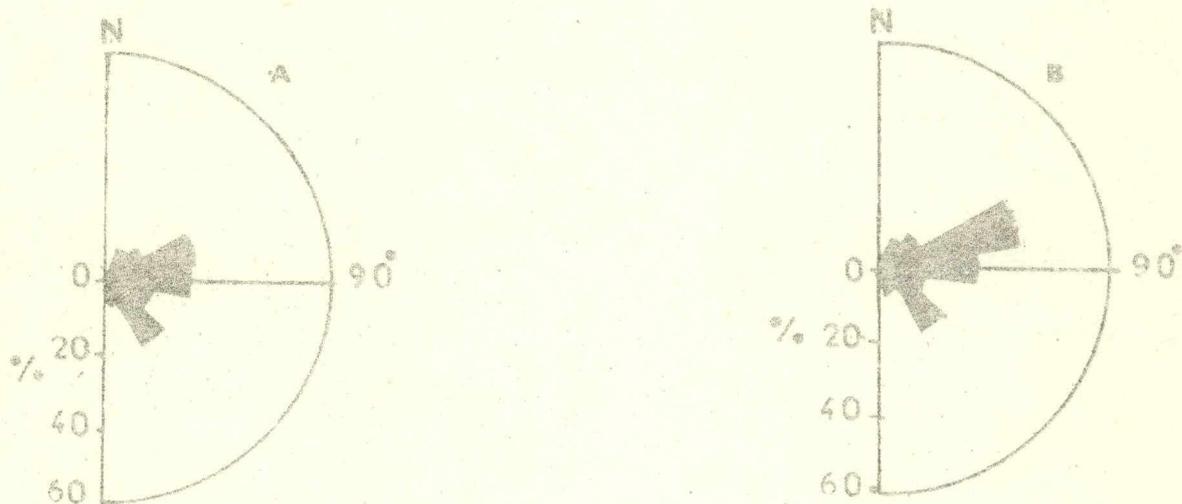


FIG. N° 58 - HISTOGRAMME POLAIRE DE DISTRIBUTION DES FAILLES DU PLATEAU DE TERNY, PAR CLASSES D'ORIENTATION. A = FREQUENCES RELATIVES, B = LONGUEURS CUMULEES.

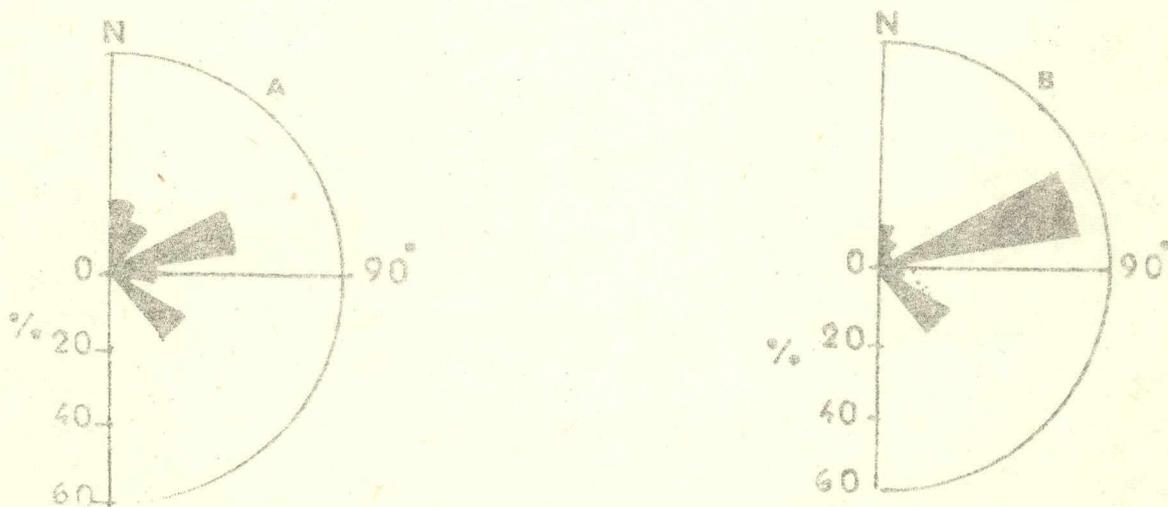


FIG. N° 59 - HISTOGRAMME POLAIRE DE DISTRIBUTION DES FAILLES DU SECTEUR DJEBELS TEFATISSET - AIN EL HOUT. A = FREQUENCES RELATIVES, B = LONGUEURS CUMULEES.

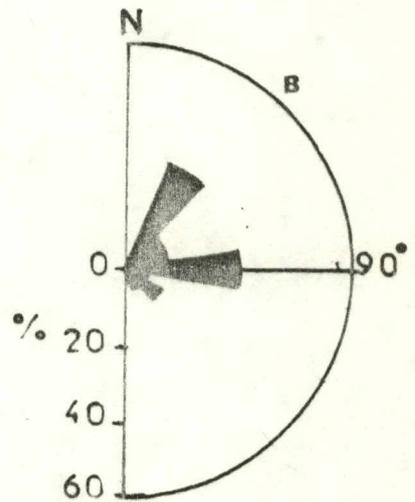
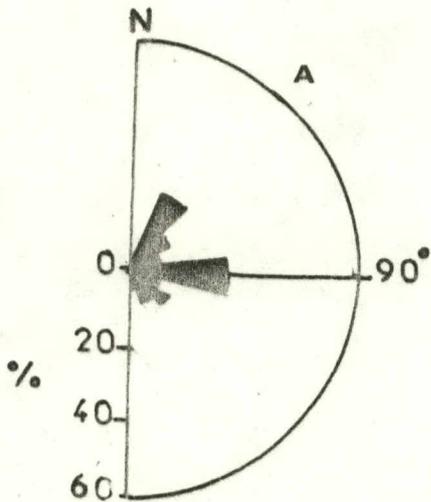


FIG. n° 40 - HISTOGRAMME POLAIRE DE DISTRIBUTION DES FAILLES DU SECTEUR AIN FEZZA - Dj. ER-RAMLYA
PAR CLASSES D'ORIENTATION. A = FREQUENCES RELATIVES; B = LONGUEURS CUMULEES

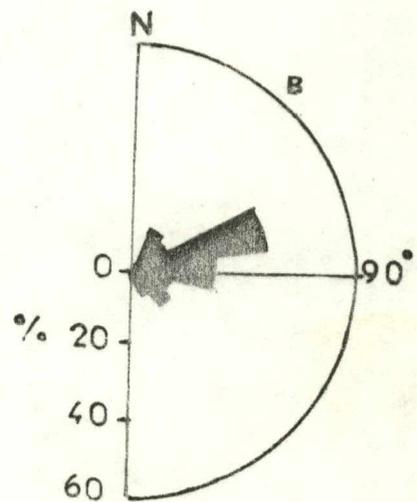
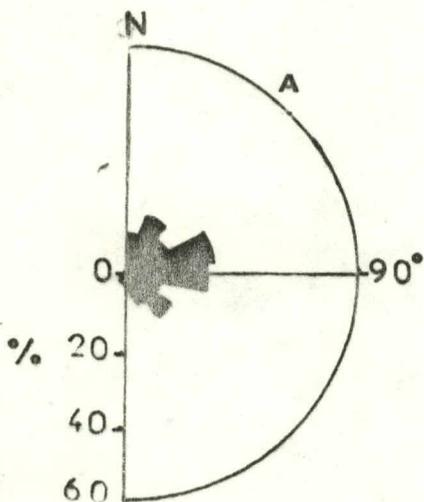


FIG. n° 41 - HISTOGRAMME POLAIRE DE DISTRIBUTION DES FAILLES DE L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT DE
L'OUED SIKKAK PAR CLASSES D'ORIENTATION. A = FREQUENCES RELATIVES; B = LONGUEURS CUMULEES

Coordonnées Lambert : Feuille Terny n° 300

X = 143.100

Y = 180.050

Z = 1101 m

C'est la seule grande grotte pénétrable dans notre secteur d'étude. Elle se développe dans la formation des dolomies de Terny sur 280 mètres environ (Fig. 42). C'est une galerie fossile, sensiblement rectiligne, mais que de nombreux effondrements ont agrandie et élargie par places.

Cette grotte, vu son faible développement, n'a pas été propice à une analyse statistique. Nous pouvons seulement constater que sa direction est grossièrement ESE - WNW (Nord 100° - Nord 120° E).

L'analyse de la fissuration, à l'entrée de la grotte, nous montre trois directions principales (fig. 44) :

- Nord 00° - Nord 20° E

- Nord 80° - Nord 100° E

- Nord 100° - Nord 120° E

Dans ce cas, la karstification s'aligne sur la direction des fissures d'orientation Nord 100° - Nord 120° E. Les autres directions ont permis l'élargissement de la cavité.

3 - 4 - 2 - RIVIERE SOUTERRAINE DE LA TAFNA (EL RHAR) :

Coordonnées Lambert : Feuille Terny n° 300

X = 132.900

Y = 163.420

Z = 1110 m.

Cette galerie, propice à une analyse statistique, se développe dans la formation des dolomies de Terny sur une longueur de 3887 mètres (Fig. 43).

Pour mettre en évidence la relation la relation fissuration - karstification, nous prendrons cet exemple qui qu'il soit en dehors de notre secteur d'étude.

Ce système karstique actif montre des galeries qui s'orientent selon quatre directions privilégiées (Fig. 45) :

- Nord 00° - Nord 20° E (10.34 %)

- Nord 20° - Nord 40° E (46.95 %)

- Nord 40° - Nord 60° E (13.19 %)

- Nord 120° - Nord 140° E (7.85 %)

Ces galeries montrent une orientation très nette autour de la direction Nord 20° - Nord 40° E.

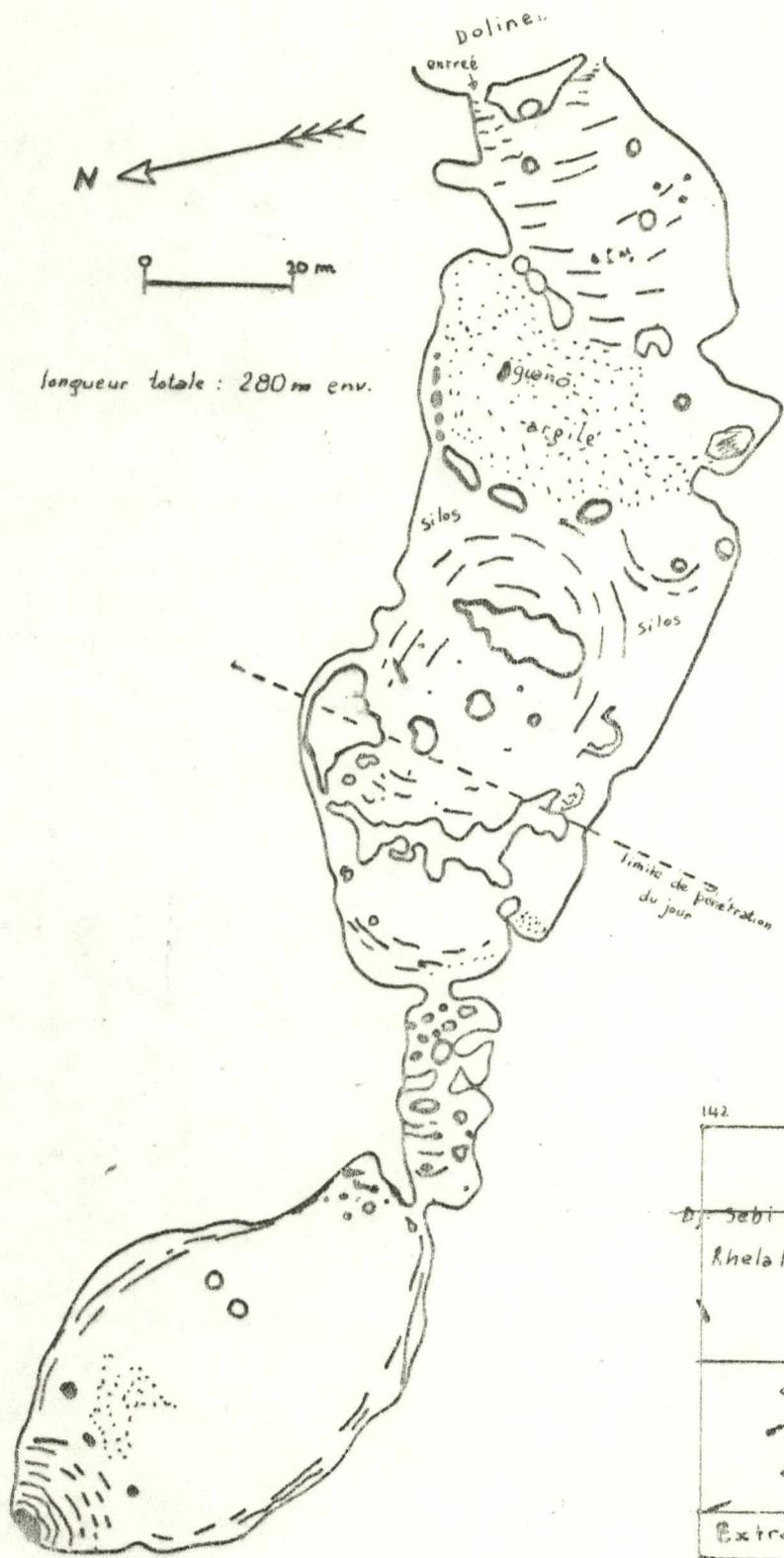


FIG n° 42 - PLAN DE LA GROTTTE DU YEBDAR (Commune d'Aia Fezza)

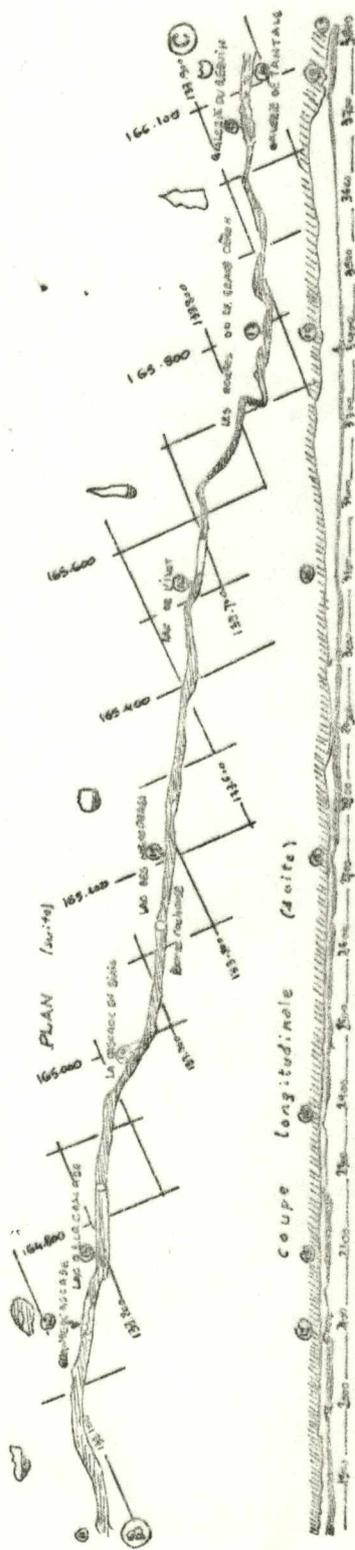
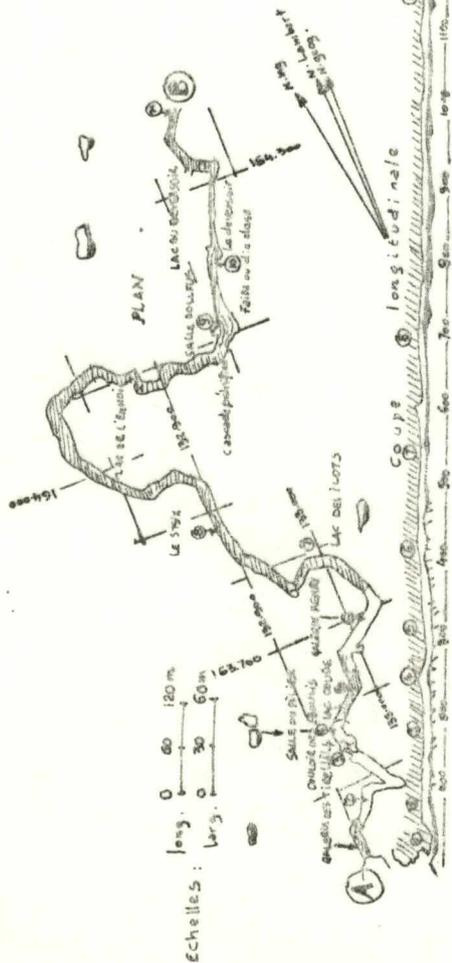
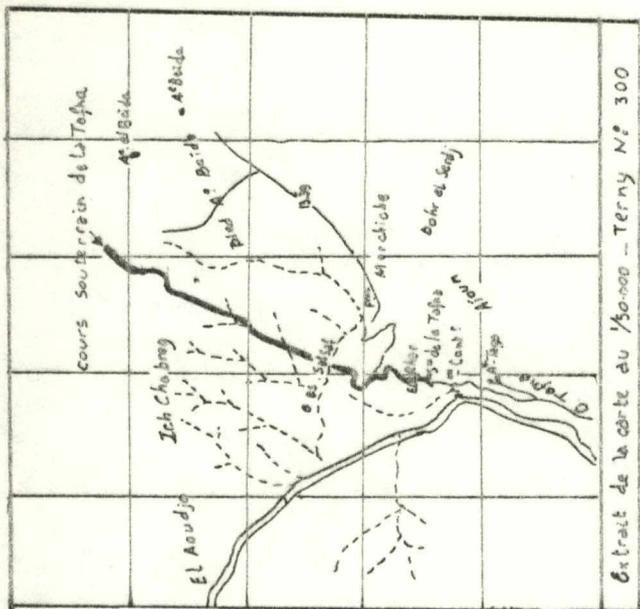


FIG. 43 - COURS SOUTERRAIN DE LA TAFNA (D'ANRES J. BIREMANT et M. PHILIBERT, 1947)

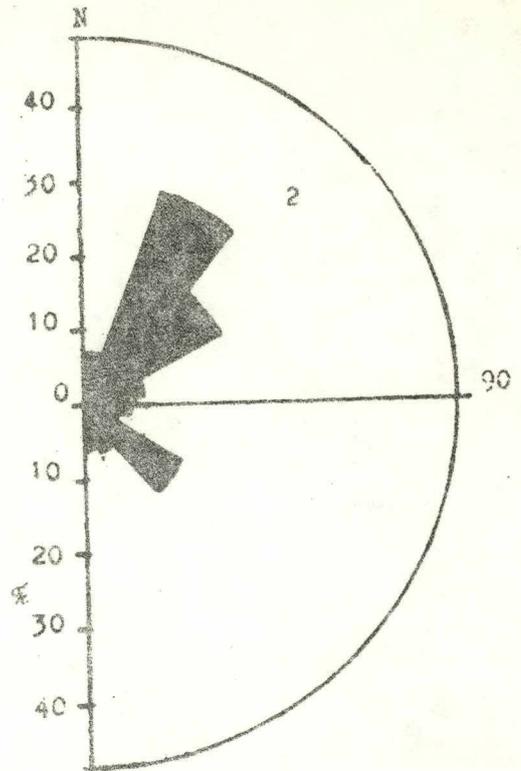
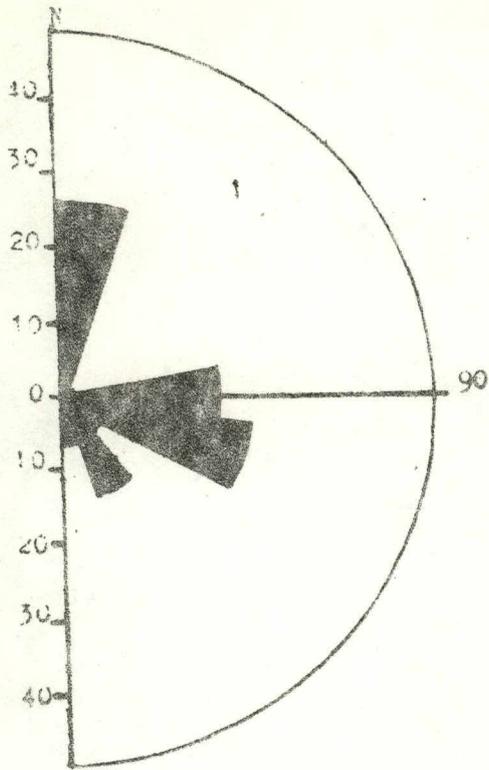


FIG. 1. 44 - HISTOGRAMMES DE FREQUENCES EN DIRECTION (%) DES FRACTURES RELEVÉES

1. GROTTTE DU YEFDAR

2. EL RHARR (Rivière souterraine de la Tafna)

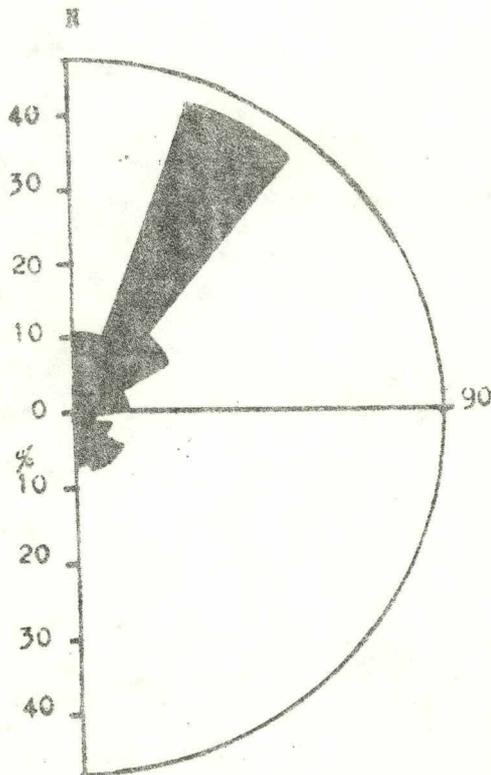


FIG. 1. 45 - HISTOGRAMME DE FREQUENCE EN DIRECTION (%) DES GALERIES SOUTERRAINES D'EL RHARR

L'analyse de la fissuration, relevée à l'entrée de la grotte, montre trois directions maxima (Fig.44) :

- Nord 20° - Nord 40° E (30.89 %)
- Nord 40° - Nord 60° E (20.14 %)
- Nord 120° - Nord 140° E (15.14 %)

Conclusion :

Ces deux exemples nous permettent de conclure que le réseau karstique s'oriente selon les directions préférentielles de la fissuration.

4 - LE KARST DE SURFACE :

Les terrains calcaréo - dolomitiques, presque'entièrement déboisés, présentent un maigre sol constitué par des argiles de décalcification supportant par places des touffes d'herbes et de petits arbustes.

Hachés de fractures, les terrains sont tourmentés par des champs de lapiez dans lesquels la neige s'accumule , surtout au niveau du plateau de Terny. Ces champs de lapiez sont particulièrement très développés sur le plateau de Terny et au Nord - Est de Tlemcen, au niveau des djebels Er- Ramlya et Ouakrif.

L'eau qui arrive à la surface du karst pénètre rapidement à l'intérieur par les nombreuses fissures, ce qui la met à l'abri de l'évaporation. Seule la quantité d'eau stockée dans les creux imperméables ou les fissures colmatées par les argiles sera évaporée ou évapotranspirée.

Ces lapiez sont représentés par des diaclases, parfois très élargies, pouvant atteindre 1 mètre de large, 1 à 2 mètres de profondeur et 20 mètres de longueur.

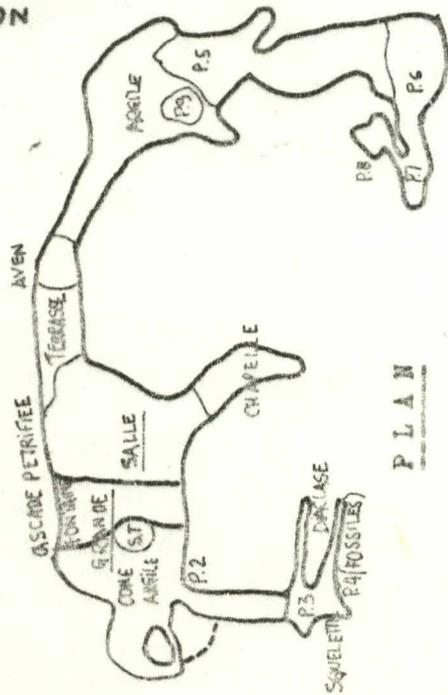
Les dépressions fermées, également très nombreuses, sont grossièrement arrondies et ont des diamètres de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Elles sont très souvent alignées sur les failles et les diaclases et se développent sur les dolomies de Tlemcen et sur les dolomies de Terny. Elles sont très fréquentes sur le plateau de Terny.

5 - LE KARST PROFOND :

Dans ce karst, on peut reconnaître une multitude de grottes et d'avens localisés dans les calcaires de Zarifet, les dolomies de Tlemcen et les dolomies de Terny.

Les avens sont très développés dans les dolomies de Terny, affleurant à l'Ouest du barrage du Meffrouch. D'autres sont localisés dans les calcaires et dolomies

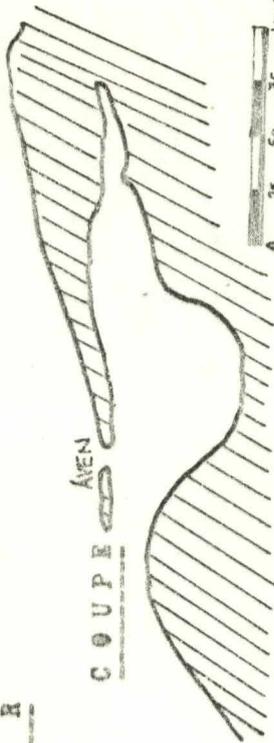
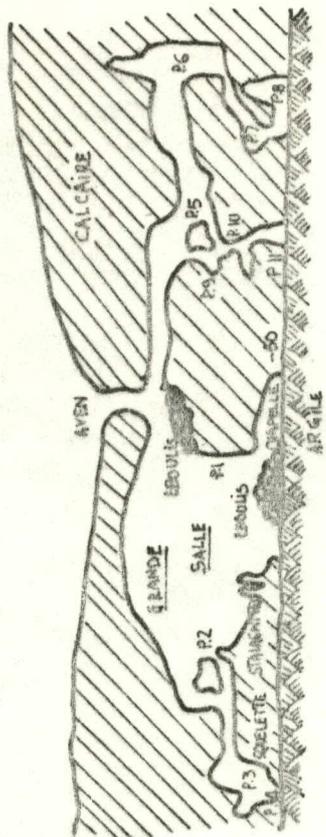
FIG. N° 46 - COUPES ET PLANS D'AVENS



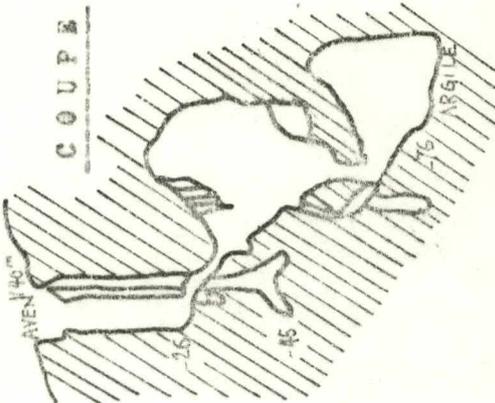
PLAN

AVEN DU YEBBAR

COUPE



COUPE



PLAN

GROTTTE DU CAHRELL BARHAL



PLAN

TROU AUX PERDREAUX

AVEN DE L'HOMME-MORT

des djebels Beniane et Ain El Hout. Certains dépassent 50 mètres de profondeur. C'est le cas de l'aven de l'homme mort, du trou aux perdreaux et de l'aven du Yebdar (Fig.46)

Les grottes sont également localisées dans les mêmes formations. La plupart ne sont pas pénétrables et n'ont pas été reconnues. A l'Est de Terny, la grotte du Yebdar, localisée dans les dolomies de Terny, se développe sur 280 mètres environ (Fig. 42). Sur la rive droite de l'oued Bou Ennag, qui coule entre le djebel Téfatissset et le djebel Dhahar Mendjel, de nombreuses grottes sèches se développent à la base des dolomies de Tlemcen, témoignant d'un ancien karst exhumé.

Enfin, les cours d'eau qui traversent ces massifs présentent de nombreuses pertes.

La présence d'exutoires importants (Ain Meharas, Ain Fouara etc...) témoigne de la présence de chenaux profonds permettant la circulation des eaux à l'intérieur des massifs. Nos recherches ne nous ont pas permis d'observer cette partie active du karst.

6 - LES EMERGENCES :

6 - 1 - EMERGENCES DES DOLOMIES DE TLEMCCEN ET DES CALCAIRES ASSOCIES :

De cet ensemble, émergent de nombreuses sources en majorité pérennes, parfois à débits assez importants. La plupart des sources sont conditionnées par des accidents. Les sources seront décrites par ordre décroissant quant à leur importance.

- AIN FOUARA :

Coordonnées Lambert : X = 133.525
Y = 181.575

C'est la source la plus importante des dolomies de Tlemcen. Elle est captée et sert à l'alimentation en eau potable de la ville de Tlemcen. Son débit moyen est de l'ordre de 60 l/s. Elle est conditionnée par une faille SW - NE qui met en contact les calcaires de Zarifet avec les grés de Bou Médine.

- AIN EL ANSAR :

Coordonnées Lambert : X = 130.750
Y = 189.300

Elle naît au niveau de l'intersection de deux failles de direction NNW - SSE et ENE - WSW au contact des conglomérats de base du Miocène inférieur avec les marnes de même âge. Son débit, relevé au mois de Mai 1981, était de 26 l/s.

- AIN ES - SAKRA :

Coordonnées Lambert : X = 140.400
Y = 183.450

Elle émerge au niveau d'une faille de direction SW - NE. Son débit, mesuré au mois de Mai 1981, était de 20 l/s.

- AIN EL HOUT :

Coordonnées Lambert : X = 132.750
Y = 189.050

Elle naît au contact des dolomies de Tlemcen avec les marnes helvétiques. Son débit, relevé au mois de Mai 1981, était de 10 l/s.

- AIN OUCHBA :

Coordonnées Lambert : X = 144.650
Y = 184.250

Présente les mêmes conditions d'émergence qu'Ain Es - Sakra. Son débit, relevé en Mai 1981, était de 10 l/s.

- AIN BENI MOUDJER :

Coordonnées Lambert : X = 130.950
Y = 180.550

C'est une source qui émerge par une diaclase très élargie dans les calcaires de Zarifet. Son débit est de l'ordre de 10 l/s.

- AIN FEZZA :

Coordonnées Lambert : X = 139.600
Y = 182.500

Émerge des dolomies de Tlemcen à la faveur d'une diaclase. C'est une source pérenne d'un débit moyen de 10 l/s.

- AIN BOU DJLIDA :

Coordonnées Lambert : X = 131.200
Y = 188.900

Elle apparaît au niveau de l'intersection de deux accidents de direction NNW - SSE et SW - NE. Le débit mesuré en Mai 1981, était de 8 l/s.

- AIN EL HADJAR :

Coordonnées Lambert : X = 128.750
Y = 188.500

C'est une émergence des dolomies de Tlemcen qui sourd des alluvions quaternaires. Ses eaux émergent par deux griffons. Son débit, relevé en Mai 1981, est de l'ordre de 8 l/s.

- AIN TEMOUCH :

Coordonnées Lambert : X = 129.100
Y = 183.750

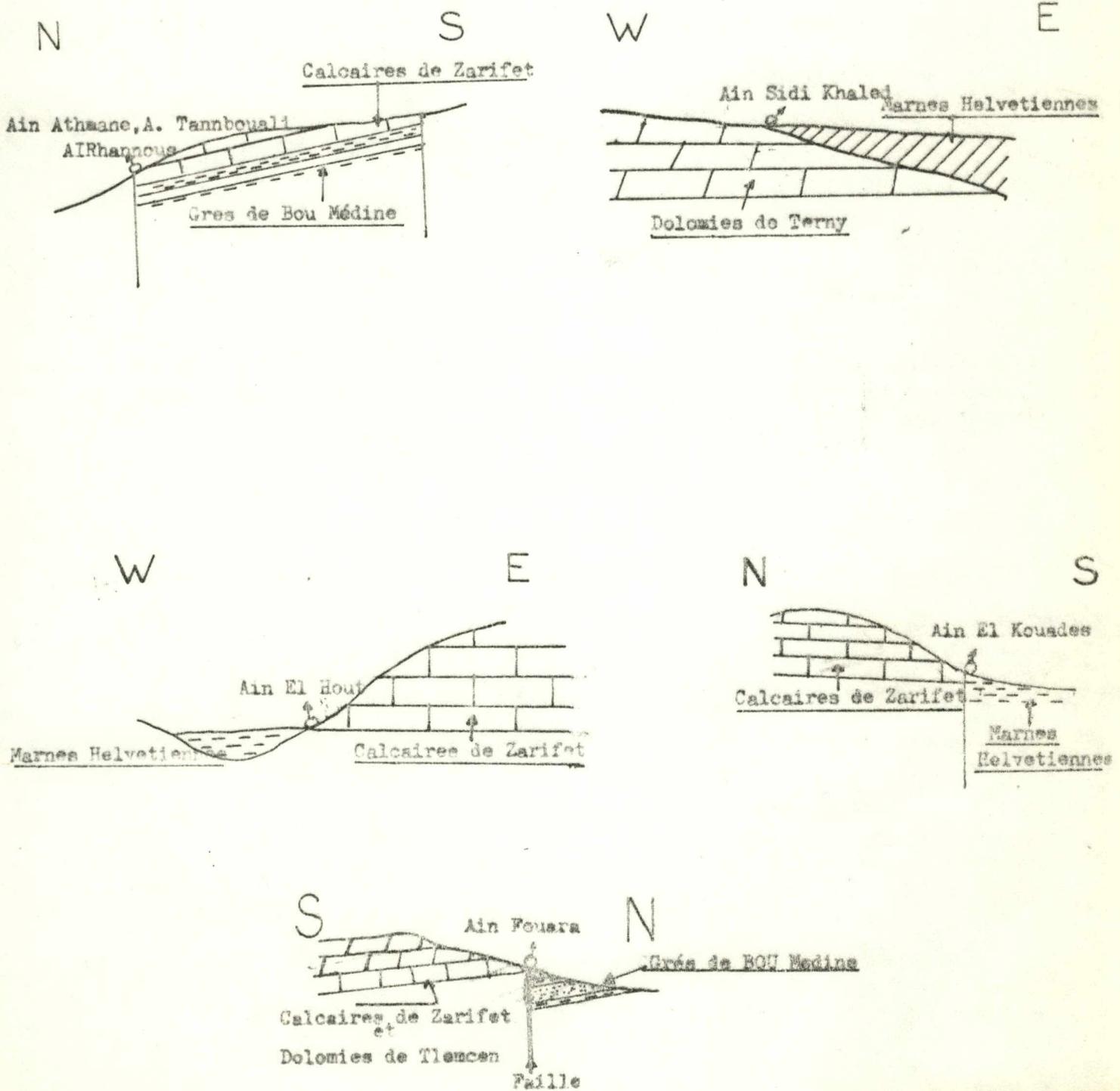
Naît à la faveur d'une faille de direction ENE - WSW. Le débit, relevé en Mai 1981, était de l'ordre de 7 l/s.

- AIN SAFFAH :

Coordonnées Lambert : X = 129.350
Y = 183.750

C'est une source captée, émergeant au contact des dolomies de Tlemcen avec les alluvions. Son débit moyen est de l'ordre de 6 l/s.

FIG. N° 47- COUPES SCHEMATIQUES DE QUELQUES RESURGENCES



- AIN TANNBOUALI :

Coordonnées Lambert : X = 126.250
Y = 173.350

Elle émerge au niveau de l'accident majeur de direction ENE - WSW passant au Sud de Terny. Son débit moyen est de l'ordre de 4 l/s.

- AIN LJOR ATTAR :

Coordonnées Lambert : X = 131.900
Y = 180.550

L'émergence se fait au niveau d'une faille de direction ENE - WSW. Le débit, relevé en Mai 1981, était de l'ordre de 3 l/s.

- AIN SAFRA :

Coordonnées Lambert : X = 135.750
Y = 188.050

C'est une émergence conditionnée par l'accident majeur de direction SW - NE. Elle émerge des dolomies de Tlemcen au contact des marnes helvétiques. Le débit, relevé au mois de Mai, était de 2 l/s.

- AIN ATHMANE :

Coordonnées Lambert : X = 126.750
Y = 173.650

Présente les mêmes conditions d'émergence qu'Ain Tannbouali. Son débit est de l'ordre de 2 l/s.

- AIN ZEDIGA :

Coordonnées Lambert : X = 145.825
Y = 193.050

Elle émerge des dolomies à la faveur d'une faille majeure de direction NNE - SSW. Son débit, en Mai 1981, était de 1.7 l/s.

- AIN SIDI HAROUN :

Coordonnées Lambert : X = 143.100
Y = 185.600

Émerge des dolomies de Tlemcen au contact d'un accident de direction NNE - SSW. Le débit en Mai 1981, avoisinait 1 l/s.

- AIN RHANNOUS :

Coordonnées Lambert : X = 125.600
Y = 173.000

Présente les mêmes conditions d'émergence qu'Ain Tannbouali et Ain Athmane. Son débit est faible, de l'ordre de 1 l/s.

- AIN EL KOUDIA :

Coordonnées Lambert : X = 130.800
Y = 186.150

Les eaux émergent le long d'une faille WSW - ENE, au contact des marnes helvétiques. Le débit, relevé en Mai 1981, était de 0.70 l/s.

6 - 2 - EMERGENCE DES DOLOMIES DE TERNY :

Dans la zone étudiée, cette formation n'affleure que sur le plateau de Terny et sur le compartiment surélevé du djebel Nador. De ce niveau émergent de nombreuses sources de faible importance à l'exception d'Ain Meharas

- AIN MEHARAS :

Coordonnées Lambert : X = 133.650
Y = 179.750

Elle constitue le principal exutoire des dolomies de Terny et draine la presque totalité des eaux infiltrées dans ce niveau. C'est une source de "trop plein" qui prend naissance dans la vallée, en amont des cascades d'El Orit à la côte 1090 m. Son exurgence est conditionnée par le relèvement des "marno - calcaires de Raouraï" en relation avec l'accident majeur d'orientation NW - SE passant au Nord du barrage du Meffrouch et par la présence d'une faille secondaire, orthogonale à cette dernière. Son débit moyen est de l'ordre de 150 l/s. L'impluvium de cette source peut être évalué à 40 km².

- AIN SI HAFIF :

Coordonnées Lambert : X = 131.050
Y = 175.650

Elle émerge d'un bloc de dolomies isolé par la faille majeure ENE - WSW, en contact avec les "marno - calcaires de Raouraï". Son débit, relevé en Mai 1981; est de l'ordre de 5 l/s.

- AIN BOU SLAMATE :

Coordonnées Lambert : X = 132.300
Y = 175.750

Présente les mêmes conditions d'émergence qu'Ain Si Hafif. Son débit, relevé également en Mai 1981, était de 3 l/s.

- AIN SIDI KHALED :

Coordonnées Lambert : X = 128.700
Y = 173.950

Nait à la suite de la remontée de la nappe des dolomies de Terny grâce à la couverture imperméable constituée par les argiles du Tortonien. Son débit, relevé en Mai 1981, était de 2 l/s.

- AIN CHMOUR :

Coordonnées Lambert : X = 125.000
Y = 173.100

Emerge au niveau d'une fissure. Son débit pérenne est de l'ordre de 2 l/s.

- AIN EL HALLALIF :

Coordonnées Lambert : X = 131.850
Y = 178.850

Emerge à la faveur d'une faille d'orientation NW - SE . Son débit pérenne est de 0.50 l/s.

- AIN EL RHENNZAZA :

Coordonnées Lambert : X = 133.000
Y = 180.450

Emerge à la faveur d'une faille de direction SW - NE . Son débit est faible et ne dépasse pas 0.50 l/s.

- AIN TENNGAD :

Coordonnées Lambert : X = 133.225
Y = 179.150

Nait à la faveur d'une faille NW - SE, en contact des "marno calcaires de Raouraï". C'est une source pérenne , de débit très faible ne dépassant pas 0.50 l/s.

- AIN THRIL :

Coordonnées Lambert : X = 136.650
Y = 179.725

Nait le long de l'accident majeur de direction NW - SE . C'est une source pérenne de débit faible, de l'ordre de 0.50 l/s.

- AIN SIDI M'BAREK :

Coordonnées Lambert : X = 139.250
Y = 179.100

Présente les mêmes conditions d'émergence qu'Ain Thril. Son débit est également faible, de l'ordre de 0.50 l/s

- AIN SIDI BOUKHARI :

Coordonnées Lambert : X = 138.150
Y = 179.600

Présente les mêmes conditions d'émergence qu'Ain Thril et Ain Sidi M'barek. Son débit est de l'ordre de 0.2 l/s.

7 - HYDRODYNAMIQUE SOUTERRAINE :

7 - 1 - ETUDE DU TARISSEMENT :

7 - 1 - 1 - TARISSEMENT D'AIN MEHARAS :

L'oued Meffrouch est alimenté, en période d'étiage, uniquement par l'Ain Meharas. Pour l'étude du tarissement de cette source, nous prendrons donc la partie correspondant au tarissement de l'oued Meffrouch.

L'évolution des débits en fonction du temps, à la source d'Ain Meharas,

montre en régime non influencé, une décroissance exponentielle (Fig. 49).

Nous utiliserons donc, pour l'étude du tarissement de cette source, la méthode d'approximation de Boussinesq plus connue sous le nom de méthode de Maillet.

Dans cette méthode, si :

- Q_t représente le débit à l'instant t (en m^3/s)

- Q_0 représente le débit à l'instant t_0 , début du tarissement

nous aurons :

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

L'intégration des débits sur les différents tronçons de l'hydrogramme permettra de connaître le volume d'eau emmagasiné.

Choix de la période : Nous disposons des enregistrements des débits d'Ain Meharas pour la période de 1952 à 1956. Le cycle de tarissement le plus intéressant se situe en 1956 car faisant suite à la recharge la plus complète du réservoir.

Nous examinerons cependant les autres cycles de tarissement observés. La courbe de tarissement de l'année 1956, portée sur diagramme semi - logarithmique, peut se décomposer en deux parties :

- un segment OA qui correspond à la décrue rapide de l'aquifère. Il représente suivant l'opinion de H. Schoeller la vidange des chenaux et des grandes fissures.

- un segment AB représentant le tarissement au niveau des fissures fines.

Pour le segment de droite OA : la décrue débute le 6 Mai avec $Q_0 = 0.42 m^3/s$. Le 12 Juin, soit 37 jours après le débit est de $Q_t = 0.30 m^3/s$. Le coefficient de tarissement α' est égal à 0.0187.

Pour le segment AB, nous avons :

- $Q_0'' = 0.30 m^3/s$

- $Q_t = 0.20 m^3/s$

- $t = 56$ jours

- $\alpha'' = 0.0072$

Nous avons rassemblé dans le tableau ci-dessous, les différentes valeurs de α pour l'ensemble de la période sur laquelle les observations ont été effectuées.

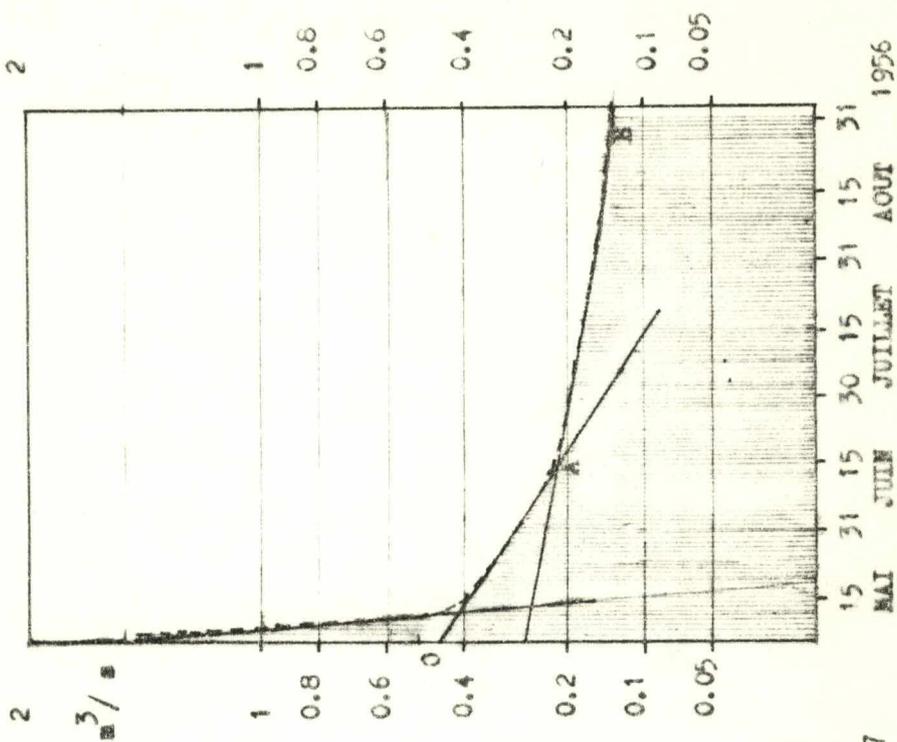


Fig. 49 - COURBE DE TARISSEMENT D'AIN MEHARAS.

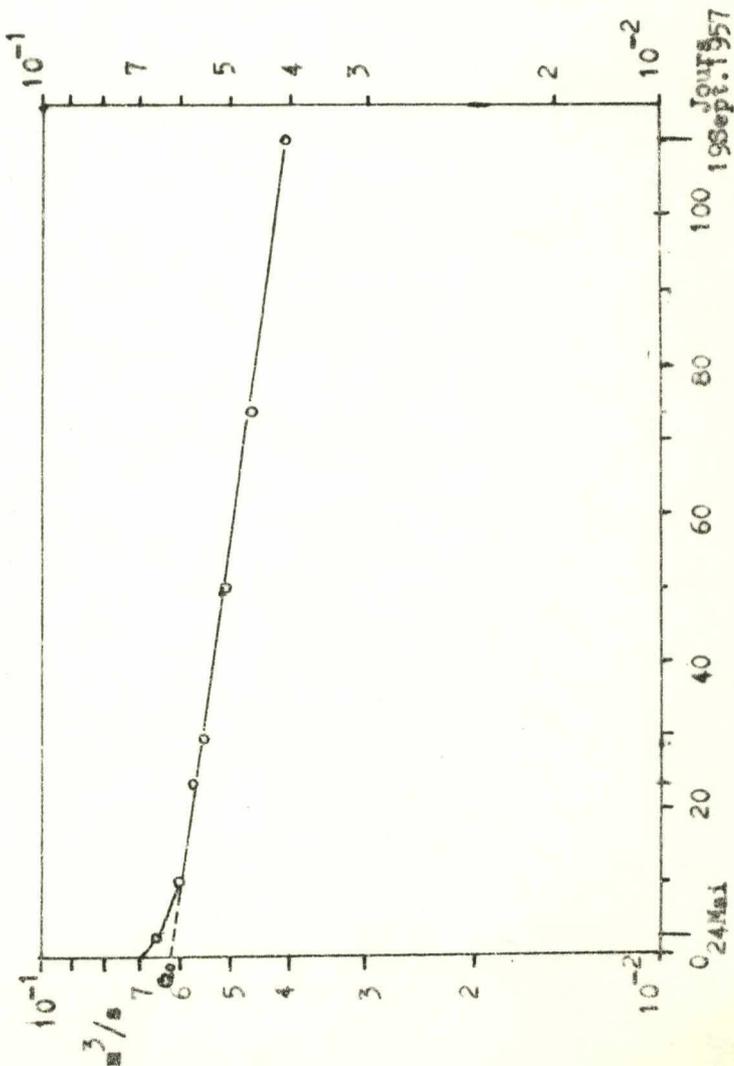


Fig. 48 - COURBE DE TARISSEMENT D'AIN FOUARA.

Année	α'	α''
1952	0.0149	0.0043
1953	0.0221	0.0061
1954	0.0530	0.0150
1955	0.0145	0.0088
1956	0.0187	0.0072
Moyenne	0.02464	0.00828

Ces résultats permettent de préciser le comportement hydraulique de l'aquifère d'Ain Meharas :

- ils mettent en évidence l'existence de vitesses de décroissance très différentes. A α'' correspond une vidange très lente, en régime laminaire, tandis que pour α' , les vitesses sont beaucoup plus rapides (environ quatre fois plus rapides que pour α''). Nous interprétons ces différences de vitesses comme étant la conséquence de la juxtaposition de plusieurs types de porosité dans le bassin d'alimentation d'Ain Meharas.

Calcul du Volume d'emménagement : Le volume d'emménagement est donné par la relation :

$$W = \frac{Q_0}{\alpha} \cdot 86\,400$$

Pour l'année 1956, nous avons pour :

- le tronçon OA : $W' = \frac{0.42}{0.0187} \cdot 86\,400 = 1.95 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

- le tronçon AB : $W'' = \frac{0.30}{0.0072} \cdot 86\,400 = 3.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Dans le tableau ci - dessous, nous donnons les volumes initiaux disponibles, ainsi que les volumes totaux, exprimés en millions de m^3

W' et W'' représentent les volumes d'emménagement initiaux

W_t représente le volume d'emménagement total

Année	W' (10^6 m^3)	W'' (10^6 m^3)	W_t (10^6 m^3)
1952	4.35	7.03	11.38
1953	3.12	4.25	7.37
1954	2.77	2.88	5.65
1955	3.57	3.93	7.50
1956	1.85	3.60	5.45
Moyenne	3.13	4.34	7.47

Pour les volumes d'emmagasinement, nous pouvons remarquer que, dans tous les cas, le volume W'' qui correspond à α'' est plus important que le volume W' correspondant à α' . Le volume W'' constitue 51 % (1954) à 66 % (1956) du volume total initial.

Ces indications traduisent la prédominance des petites fissures dans le bassin d'alimentation de la résurgence.

7 - 1 - 2 - TARISSEMENT D'AIN FOUARA :

Les débits mesurés à l'exutoire d'Ain Fouara, en 1957, sont les suivants :

- 1 Juin 1957 0.062 m^3/s
- 14 Juin 1957 0.058 m^3/s
- 19 Juin 1957 0.055 m^3/s
- 20 Juillet 1957 0.052 m^3/s
- 13 Août 1957 0.046 m^3/s
- 19 Septembre 0.041 m^3/s

L'évolution des débits en fonction du temps, à la source d'Ain Fouara, montre en régime non influencé une décroissance exponentielle (Fig. 48).

Comme pour l'étude du tarissement d'Ain Meharas, nous utiliserons la méthode de Maillet.

- $Q_0 = 0.062 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_t = 0.041 \text{ m}^3/\text{s}$
- $t = 110 \text{ jours}$
- $\alpha = 0.0037$

La formule de la courbe de tarissement d'Ain Fouara est :

$$Qt = 0.062 \cdot e^{-0.0037 t}$$

L'intégration de la courbe de tarissement donne le volume d'eau emmagasinée :

$$W = Qt \cdot dt = \frac{Q_0}{\alpha} \cdot 86400 = 1.45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

7 - 2 - CALCUL DE L'INDICE D'EMMAGASINEMENT :

Cet indice exprime en mm de hauteur d'eau, le rapport de la capacité d'emmagasinement W (en m^3) à la surface totale du bassin (en m^2)

$$dW = \frac{W}{A} \cdot 1000$$

Pour calculer cet indice, nous prendrons les données calculées dans l'étude du tarissement de l'Ain Meharas.

$$W = 7.47 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$A = 40 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$dW = 187 \text{ mm}$$

7 - 3 - ESSAI DE DETERMINATION DU COEFFICIENT D'INFILTRATION :

7 - 3 - 1 - A PARTIR DE LA METHODE DU CHLORE :

Dans la chimie de la nappe, l'ion Cl^- a une grande importance. Il subit plus que les autres éléments les effets dus à l'évapotranspiration et au lessivage par les pluies.

Dans le bassin hydrogéologique d'Ain Fouara et d'Ain Beni Moudjer, les eaux circulent dans les calcaires et dolomies. L'ion Cl^- y est apporté exclusivement par les eaux de pluie. Il est alors possible de calculer l'infiltration à partir de la concentration en Cl^- de l'eau de pluie et celle de l'eau de la nappe.

L'infiltration s'écrit d'après M. Schoeller (1961) :

$$I = \frac{\text{Cl}_p}{\text{Cl}_n}$$

Cl_p = teneur en Cl^- de l'eau de pluie

Cl_n = teneur en Cl^- de l'eau de la nappe

Toutes les eaux de pluie, tombées à la station d'Ain Fouara en Décembre, en Janvier, en Février et en Avril 1982, ont été analysées.

Nous avons trouvé les valeurs suivantes :

Date	Teneur en Cl^- de l'eau de pluie
18/12/81	12.75
22/12/81	14.20
15/01/82	14.20
15/02/82	14.95
17/02/82	14.20
13/04/82	15.75
15/04/82	12
16/04/82	14.20
23/04/82	13
24/04/82	12
Moyenne	13.72 mg/l

Les teneurs des eaux d'Ain Fouara et d'Ain Beni Moudjer sont de l'ordre de 18 mg/l et 22 mg/l. Si on prend comme teneur moyenne des deux sources une valeur de 20 mg/l, l'infiltration serait de :

$$I = \frac{\text{Cl}_p}{\text{Cl}_n} = \frac{13.72}{20} = 68.60 \%$$

L'infiltration dans les calcaires et dolomies, calculée par la méthode de M. Schoeller, serait de l'ordre de 68.60 %.

7 - 3 - 2 - A PARTIR DES DEBITS MOYENS :

L'infiltration peut être calculée, dans un bassin hydrogéologique individualisé dont les eaux souterraines s'écoulent par des sources, si l'on peut estimer de façon satisfaisante la valeur des eaux écoulées.

Les massifs calcaires ayant des exutoires bien définis nous ont servi à calculer approximativement ce coefficient.

Ain Bou Slamate (3 l/s) et Ain Sidi Hafif (5 l/s), qui émergent d'un bloc de dolomies isolé par un accident majeur de direction ENE - WSW, vont nous aider à calculer ce coefficient .

$$I = Q_m \cdot \frac{t}{s} \cdot 1000$$

I = hauteur d'eau infiltrée

Q_m = débit moyen en m³/s

S = surface du bassin versant en m²

Si Q_m = 0.008 m³/s, S = 0.65 x 10⁶ m², on a: I = 388 mm / an, soit 53 % des précipitations

Conclusion : Les deux méthodes utilisées pour calculer le coefficient d'infiltration donnent des valeurs assez voisines. Ce coefficient serait de l'ordre de 60 % des précipitations.

7 - 4 - ESSAIS DE POMPAGE :

7 - 3 - 1 - SONDAGE S3 :

Coordonnées Lambert : X = 130.500
Y = 175.870
Z = 1153 m.

Le sondage S3, réalisé par la S.O.G.E.R.W.I.T, a traversé les terrains suivants :

- de 0 à 3 m. : argiles et graviers
- de 3 à 80 m. : dolomies de Terny

L'essai de pompage, de courte durée, fut réalisé avec cinq paliers.

Résultats des essais globaux :

Essais	Rabattement (m)	Débit (l/s)	Débit spécifique (l/s . m)
1 ^{er} palier	0.38	2	5.26
2 ^e palier	1.03	4	3.88
3 ^e palier	2.50	7	3
4 ^e palier	7.63	14	1.83
5 ^e palier	17.20	24.2	1.40

La courbe caractéristique du sondage S3 (Fig. 50) est une parabole. Elle indique une nappe dont le rabattement est trop important. Nous observons un fléchissement de la courbe au delà de 7 l/s (débit critique).

La courbe rabattement - débit spécifique (Fig. 51) montre une convexité dirigée vers l'axe des rabattements. Ceci nous indique que c'est un puits perturbé par

$$I = Q_m \cdot \frac{t}{s} \cdot 1000$$

I = hauteur d'eau infiltrée

Q_m = débit moyen en m³/s

S = surface du bassin versant en m²

Si Q_m = 0.008 m³/s, S = 0.65 x 10⁶ m², on a: I = 388 mm / an, soit 53 % des précipitations

Conclusion : Les deux méthodes utilisées pour calculer le coefficient d'infiltration donnent des valeurs assez voisines. Ce coefficient serait de l'ordre de 60 % des précipitations.

7 - 4 - ESSAIS DE POMPAGE :

7 - 3 - 1 - SONDAGE S3 :

Coordonnées Lambert : X = 130.500
Y = 175.870
Z = 1153 m.

Le sondage S3, réalisé par la S.O.G.E.R.W.I.T, a traversé les terrains suivants :

- de 0 à 3 m. : argiles et graviers
- de 3 à 80 m. : dolomies de Terny

L'essai de pompage, de courte durée, fut réalisé avec cinq paliers.

Résultats des essais globaux :

Essais	Rabattement (m)	Débit (l/s)	Débit spécifique (l/s . m)
1 ^{er} palier	0.38	2	5.26
2 ^e palier	1.03	4	3.88
3 ^e palier	2.50	7	3
4 ^e palier	7.63	14	1.83
5 ^e palier	17.20	24.2	1.40

La courbe caractéristique du sondage S3 (Fig. 50) est une parabole. Elle indique une nappe dont le rabattement est trop important. Nous observons un fléchissement de la courbe au delà de 7 l/s (débit critique).

La courbe rabattement - débit spécifique (Fig. 51) montre une convexité dirigée vers l'axe des rabattements. Ceci nous indique que c'est un puits perturbé par

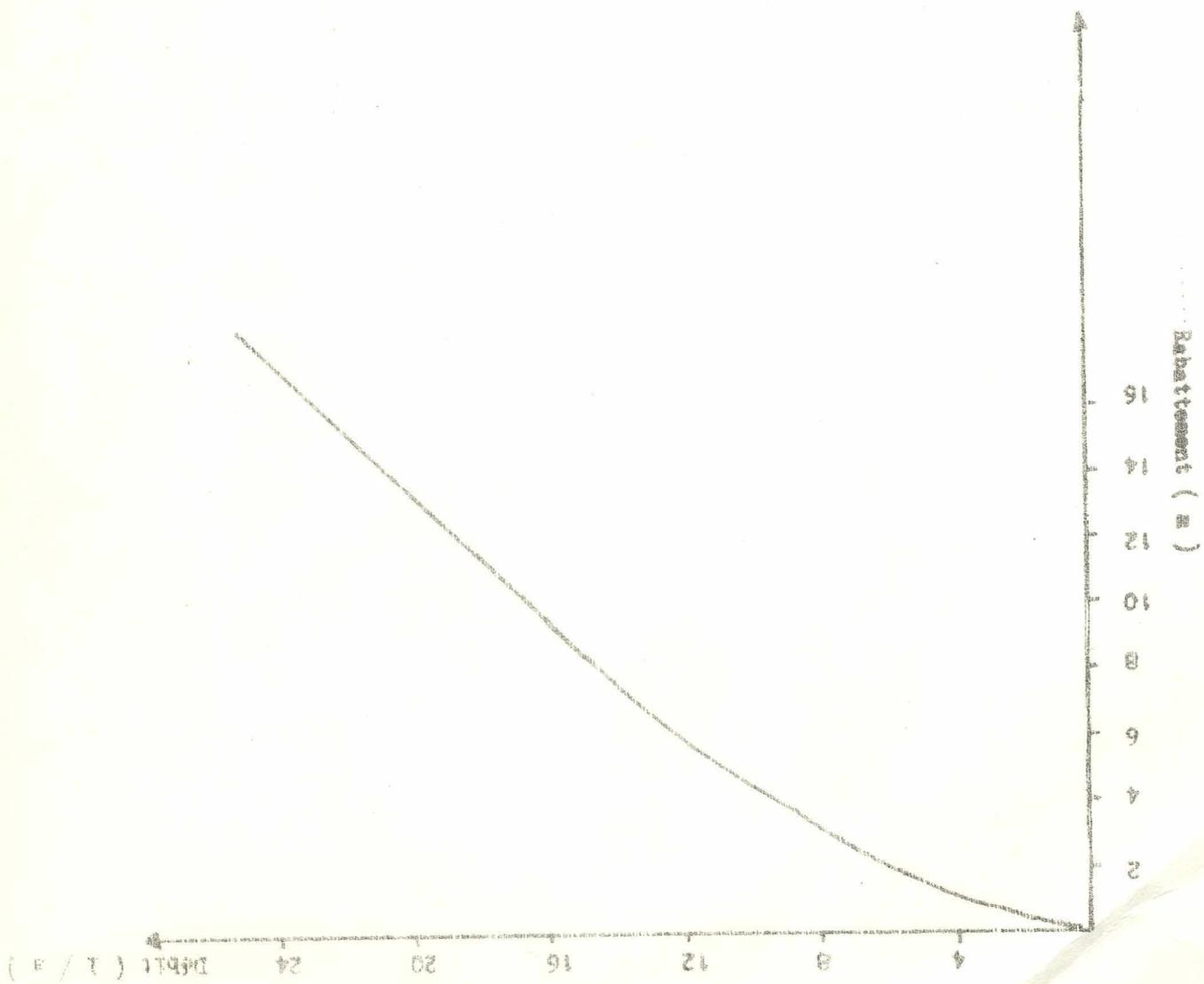


Fig. 50 - SONDAGE S3 - COURSE D'EAU - RABATTEMENT

Fig. 51 - SONDAGE S3 - COURBE DEBIT SPECIFIQUE -
RABATTEMENT.

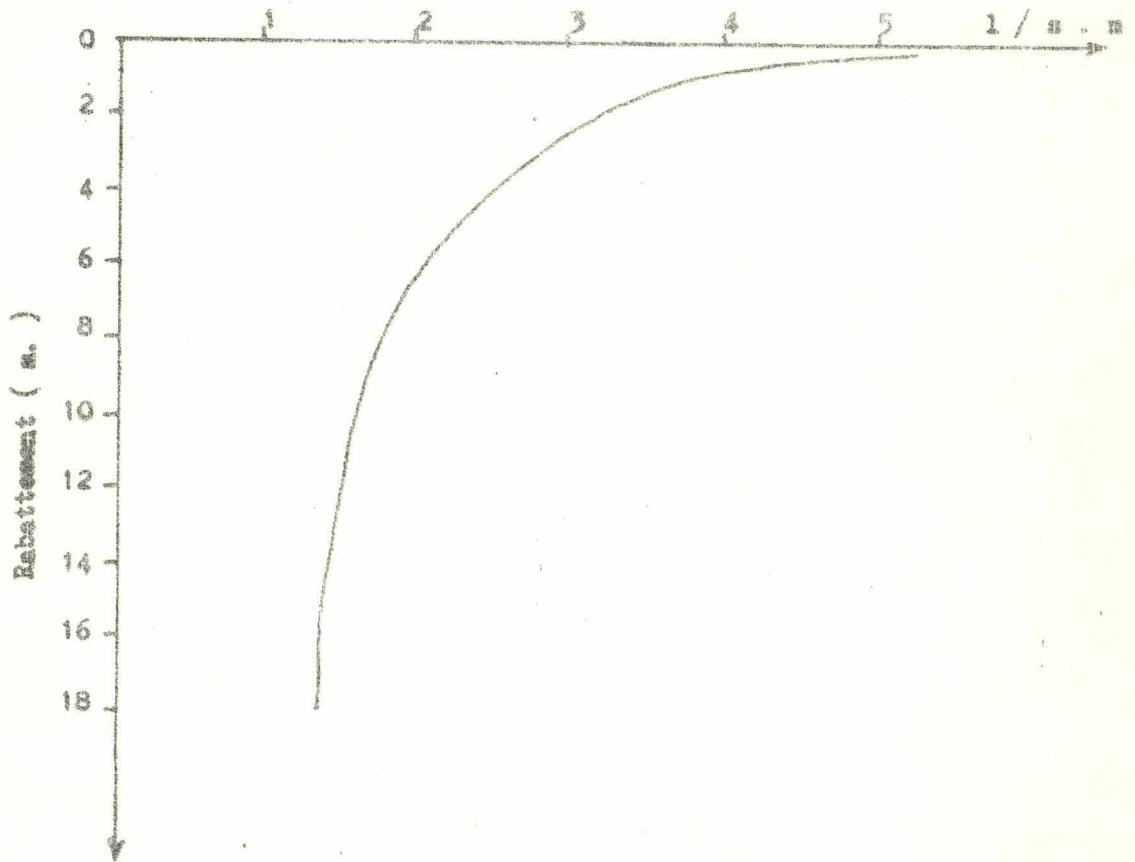
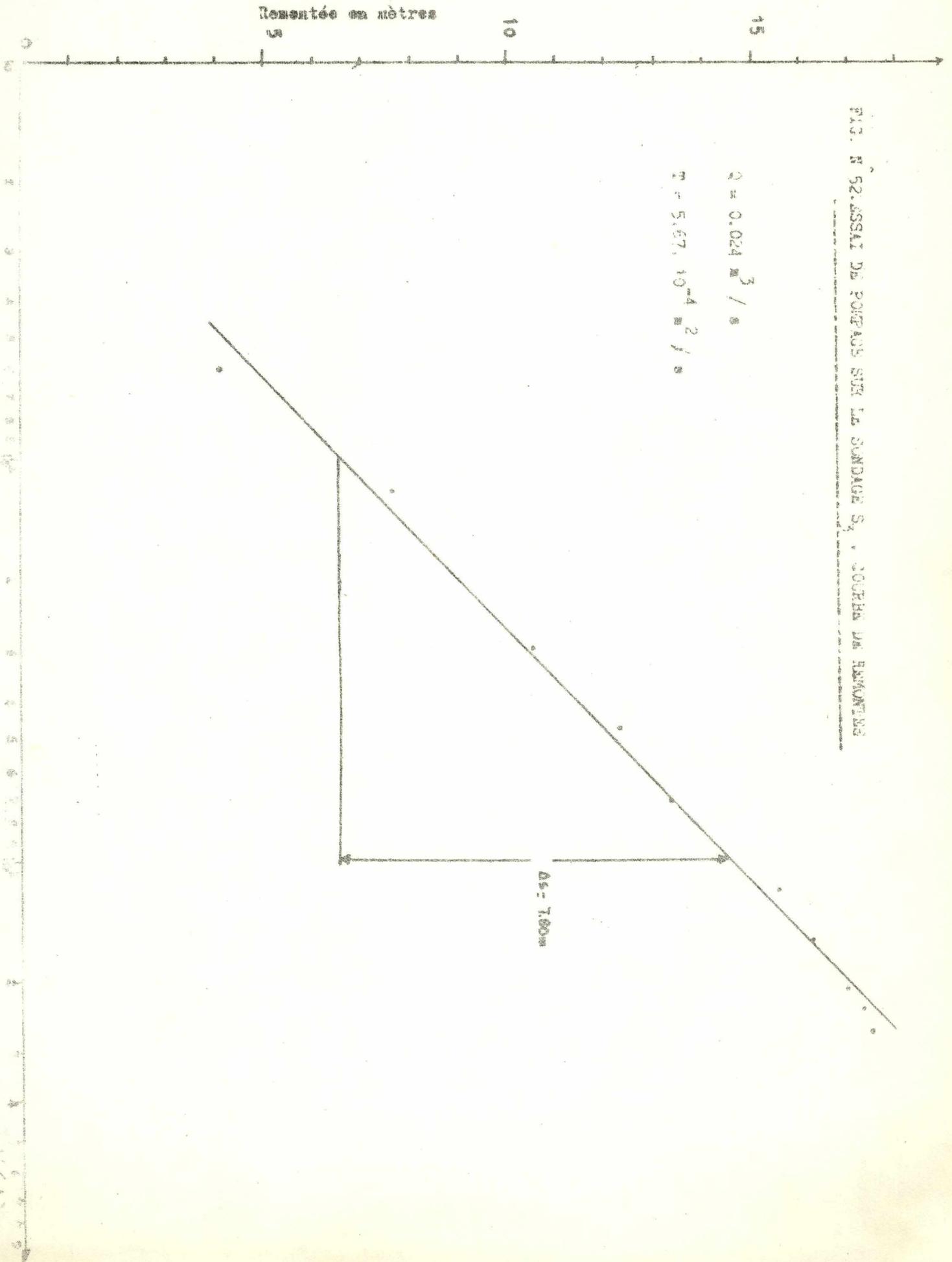


FIG. N° 52. ESSAI DE POMPES SUR LE SONDAGE S₁ - COURBE DE REMONTÉE

$$Q = 0.024 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$M = 5.67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$



des pertes de charges anormales.

Courbe de remontée (Fig. 52) :

t (mn)	1	2	5	8	12	20	25	30	36	40	46	50
Remontée (m)	4.10	7.6	10.4	12.2	13.8	15.4	16.1	16.5	16.8	17.1	17.2	17.2

Pour le calcul de la transmissivité, nous utiliserons deux méthodes :

- Méthode de Jacob : Pour le calcul de T, nous prendrons le dernier palier de débit (24.2 l/s)

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{\Delta s} = 5.67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Méthode de Logan : La transmissivité est donnée par la relation :

$$T = \frac{1.22 \cdot Q}{S_{mw}}$$

Q = débit de pompage (m³/s)

S_{mw} = rabattement maximum dans le puits de pompage.

L'application de cette formule, nous donne le résultat suivant :

$$T = 1.7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Il faut noter que cette équation simple peut conduire à des résultats ayant 50 % d'erreurs. La valeur de la transmissivité, ainsi obtenue, n'est qu'une première approximation en l'absence de meilleures données.

7 - 3 - 2 - SONDAGE P4 :

Coordonnées Lambert : X = 131.380
Y = 176.830
Z = 1140 m.

L'essai de pompage fut réalisé avec trois paliers de débits de pompage. Ce sondage a été exécuté jusqu'à 175 mètres (Cf. Fig donnée en annexes) .

Résultats des essais

Essais	Rabattement (m)	Débit (l/s)	Débit spécifique (l/s . m)
1 ^{er} palier	2.45	2	0.81
2 ^e palier	4.50	4.07	0.86
3 ^e palier	7.75	6.67	0.86

Fig. 53 - COURBE DEBIT SPECIFIQUE - RABATTEMENT.

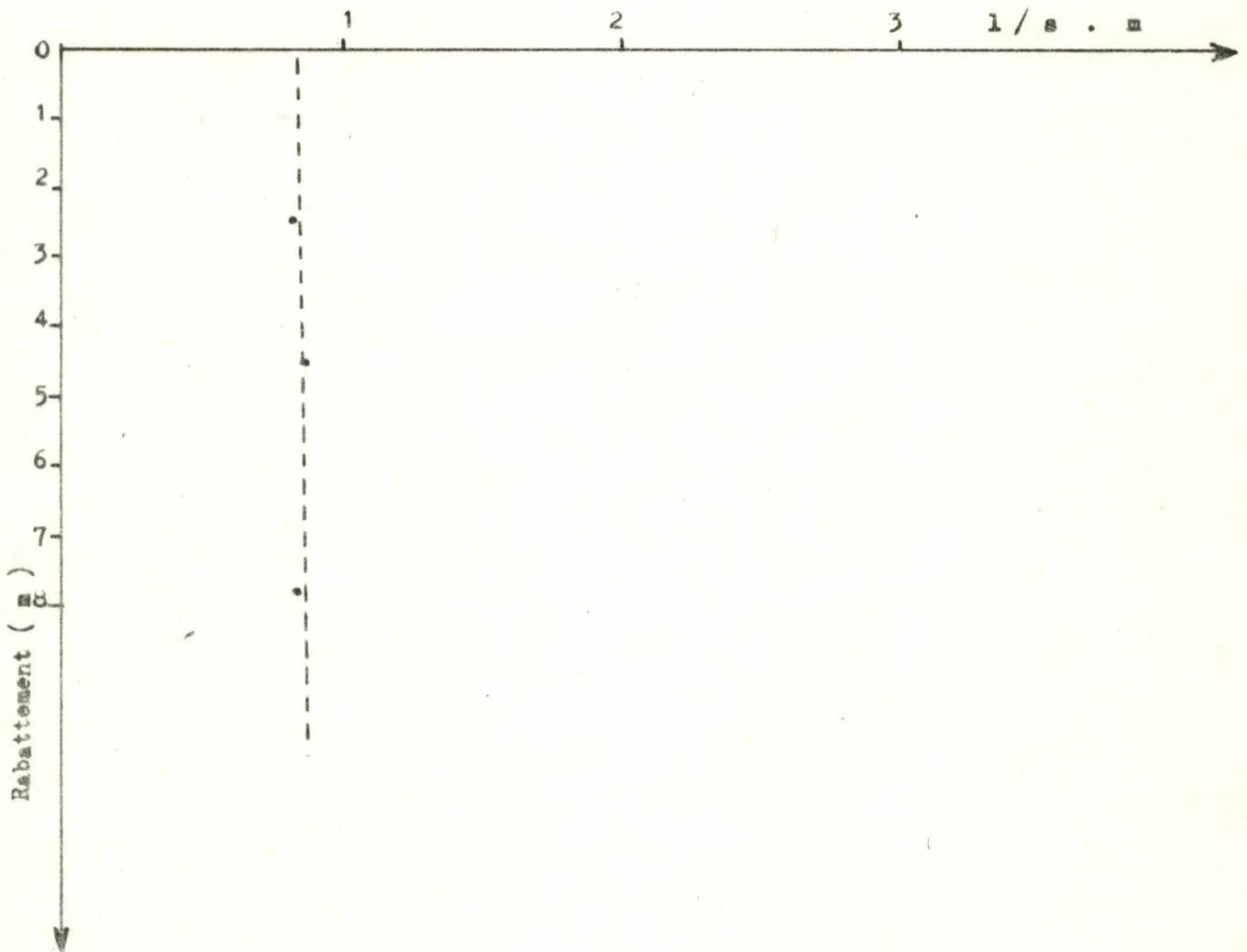
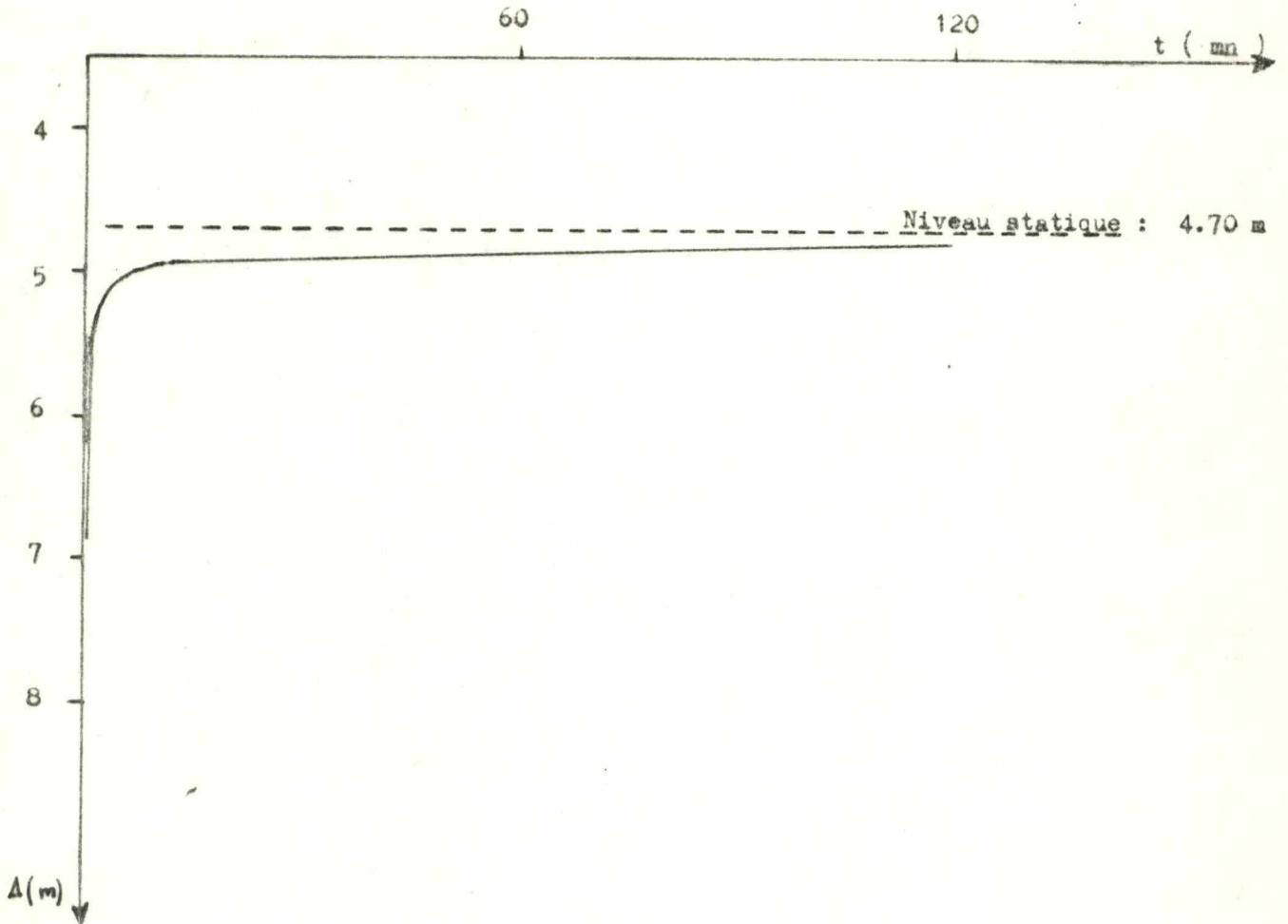


Fig. 54 - SONDAGE P4 - COURBE DE REMONTEE.



L'observation de la courbe débit spécifique - rabattement (Fig. 53) nous montre une droite parallèle à l'axe des rabattements. Le débit spécifique est constant.

L'examen de la courbe de remontée (Fig. 54) montre un rétablissement très court du niveau statique. Ceci nous indique une perméabilité élevée.

Pour le calcul de la transmissivité, nous utiliserons la formule de Logan.

$$T = \frac{1.22 \quad Q}{S \quad m_w} = 1.05 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

8 - CONCLUSION :

Il ressort de l'étude de la fissuration que quatre directions prédominent:

- direction ENE - WSW (Nord 70° E)
- direction E - W (Nord 90° E)
- direction ESE - WNW (Nord 140° E)
- direction NNE - SSW (Nord 20° E)

La fissuration fine est parallèle à la fracturation majeure. Nous avons montré que la karstification s'aligne selon les directions préférentielles de la fissuration. La tectonique joue un grand rôle dans l'hydrogéologie de la région étudiée, la plupart des sources émergent au contact des failles.

L'étude du tarissement d'Ain Meharas montre la prédominance des micro fissures dans le bassin d'alimentation.

Le coefficient d'infiltration, dans les calcaires et dolomies, calculé par la méthode de M. Schoeller et à partir des débits moyens, serait de l'ordre de 60 %.

// H A P I T R E S I X I E M E

 H Y D R O G E O L O G I E D E L A P L A I N E

 D ' H E N N A Y A

- 1) - STRUCTURE HYDROGEOLOGIQUE

- 2) - LES EMERGENCES

- 3) - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE LA NAPPE

- 4) - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE LA NAPPE

- 5) - ESSAI DE BILAN DE LA NAPPE

- 6) - CONCLUSION

1 - STRUCTURE HYDROGEOLOGIQUE :

La plaine d'Hennaya est limitée :

- à l'Ouest, par l'oued Khalouf

- à l'Est, par l'oued Sikkak

- au Sud, par les terrains karstiques du Jurassique supérieur qui forment une zone haute

- au Nord, par l'oued Isser.

Le relief est plat avec inclinaison du Sud vers le Nord (De la côte 400 à la côte 240 mètres)

Les sédiments quaternaires couvrent toute cette dépression sauf dans la région d'Hennaya où affleurent les grés du Tortonien.

Grâce aux sondages réalisés dans cette région (Cf. tableau n° 31), l'aquifère est bien connu. Le réservoir est principalement constitué par les grés tortoniens, les conglomérats, les travertins et les graviers argileux du Quaternaire.

Le Tortonien est représenté par des grés friables et fissurés qui sont subhorizontaux et déposés sur les marnes helvétiques qui forment le substratum imperméable de la nappe. L'eau contenue dans cette formation est une eau de fissures et d'interstices. Ces grés forment un horizon aquifère, au Sud, tout autour de l'agglomération d'Hennaya. Leur puissance, déterminée par sondages, est de l'ordre de 25 mètres.

Les sondages nous permettent de constater que les conglomérats, les travertins et les graviers argileux forment une bande continue, au centre de la plaine, qui peut être divisée en deux zones :

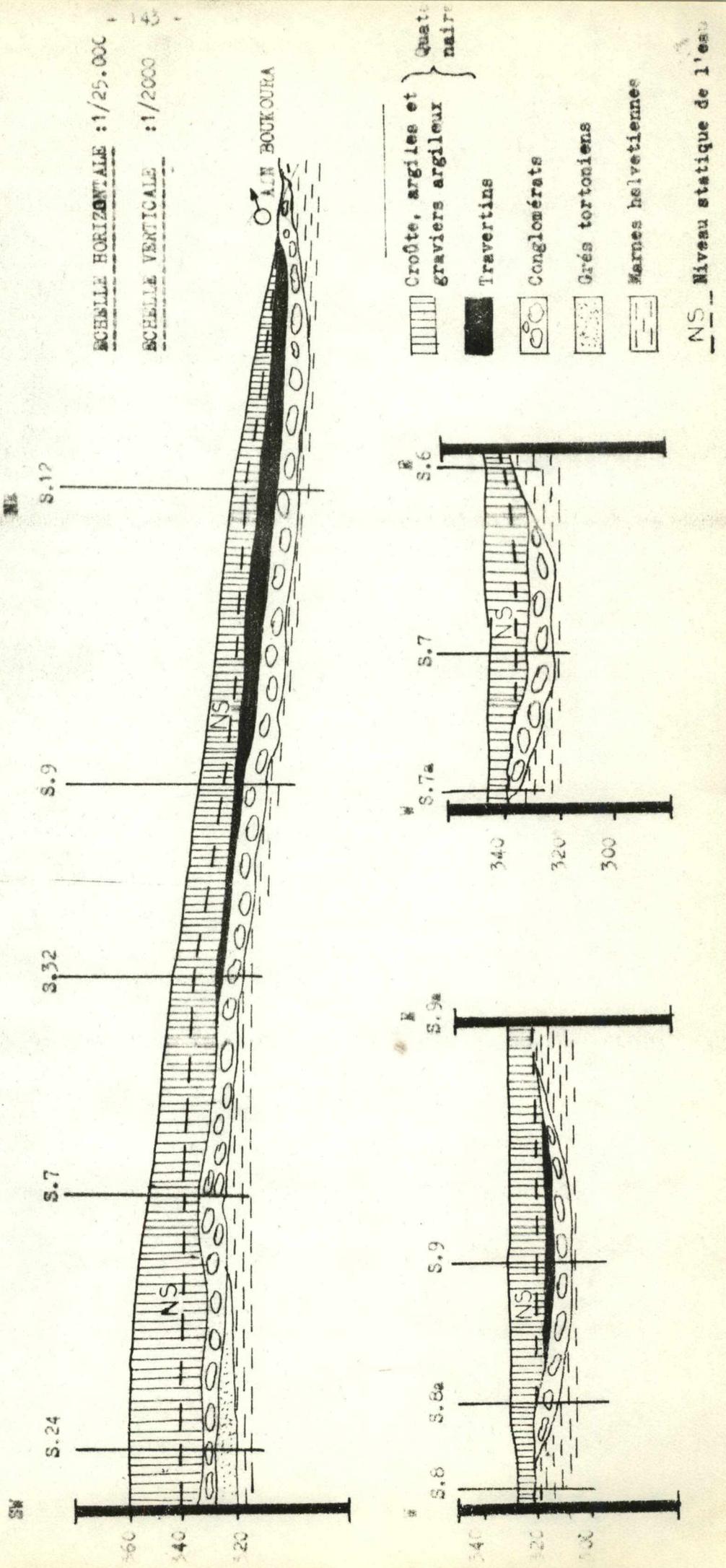
- une zone méridionale qui va du Nord de l'agglomération à la source d'Ain Ouahab

- une zone septentrionale qui va d'Ain Ouahab à la source d'Ain Hallilifa.

Au Sud de la première zone, les conglomérats surmontent les grés tortoniens avec lesquels ils forment un horizon aquifère commun. Vers le Nord, ils représentent la couche aquifère de base et surmontent les marnes helvétiques (Fig. 55) qui forment le substratum imperméable de la nappe.

Aux débouchés des sources d'Ain Ouahab et d'Ain Boukoura, nous pouvons constater que l'eau des conglomérats sort par des fissures assez larges. Par leur état caverneux, ils peuvent être pris pour du karst.

FIG. 55 - PLAINES D'HENNAYA. COUPES HYDROGEOLOGIQUES -



Ces conglomérats sont surmontés , au Sud, par des travertins également caverneux sur lesquels reposent des graviers argileux.

Les conglomérats, les travertins et les graviers argileux forment un horizon aquifère commun.

Dans l'ensemble, l'horizon aquifère est limité à l'Est et à l'Ouest par des marnes helvétiques, pratiquement imperméables. La limite Sud est difficile à déterminer, vu l'absence de sondages et de puits réalisés au Sud de l'agglomération d'Hennaya où les terrains quaternaires masquent les formations plus anciennes.

2 - LES EMERGENCES :

A l'exception de la source d'Hennaya qui émerge au niveau des grés tortonien, les autres sources présentent des conditions d'émergence comparables. Elles apparaissent dans les conglomérats et au contact des marnes helvétiques. Toutes les sources que nous décrivons ici sont pérennes. Du Sud vers le Nord, nous distinguons :

- AIN HENNAYA :

Coordonnées Lambert : Feuille Tlemcen

X = 128.500

Y = 191.750

C'est la seule émergence des grés tortonien de la plaine d'Hennaya. C'est une source captée, de débit faible (1 l/s).

- AIN BOUKOURA :

Coordonnées Lambert : Feuille de Tlemcen

X = 130.800

Y = 198.300

Il s'agit du principal exutoire de la nappe. C'est une source captée qui sert à l'alimentation en eau potable de l'agglomération d'Ain Youcef. Les eaux sortent par trois griffons. Son débit moyen est de l'ordre de 50 l/s.

- AIN OUAHAB :

Coordonnées Lambert : Feuille de Tlemcen

X = 130.850

Y = 200.150

De par son importance, c'est la deuxième source de la nappe d'Hennaya. Elle n'est pas captée et a un débit moyen de 20 l/s. Les eaux émergent par cinq griffons dans les fissures des conglomérats au contact des marnes helvétiques.

- AIN KERMA :

Coordonnées Lambert : Feuille Bensekrane

X = 130.750

Y = 202.500

C'est une source pérenne établie dans les conglomérats. Son débit moyen est de l'ordre de 2 l/s.

- AIN EL KAHLA :

Coordonnées Lambert : Feuille Bensekrane

X = 128.150

Y = 204.050

Les eaux émergent dans une vasque et ne sont pas captées. C'est une source pérenne dont le débit moyen est de 2.5 l/s.

- AIN HALLILIFA :

Coordonnées Lambert : Feuille Bensekrane

X = 127.650

Y = 205.150

Les eaux émergent des conglomérats au contact des marnes helvétiques. L'écoulement est pérenne, avec un débit moyen de 1 l/s. C'est une source non captée.

3 - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE LA NAPPE :

3 - 1 - ETUDE PIEZOMETRIQUE :

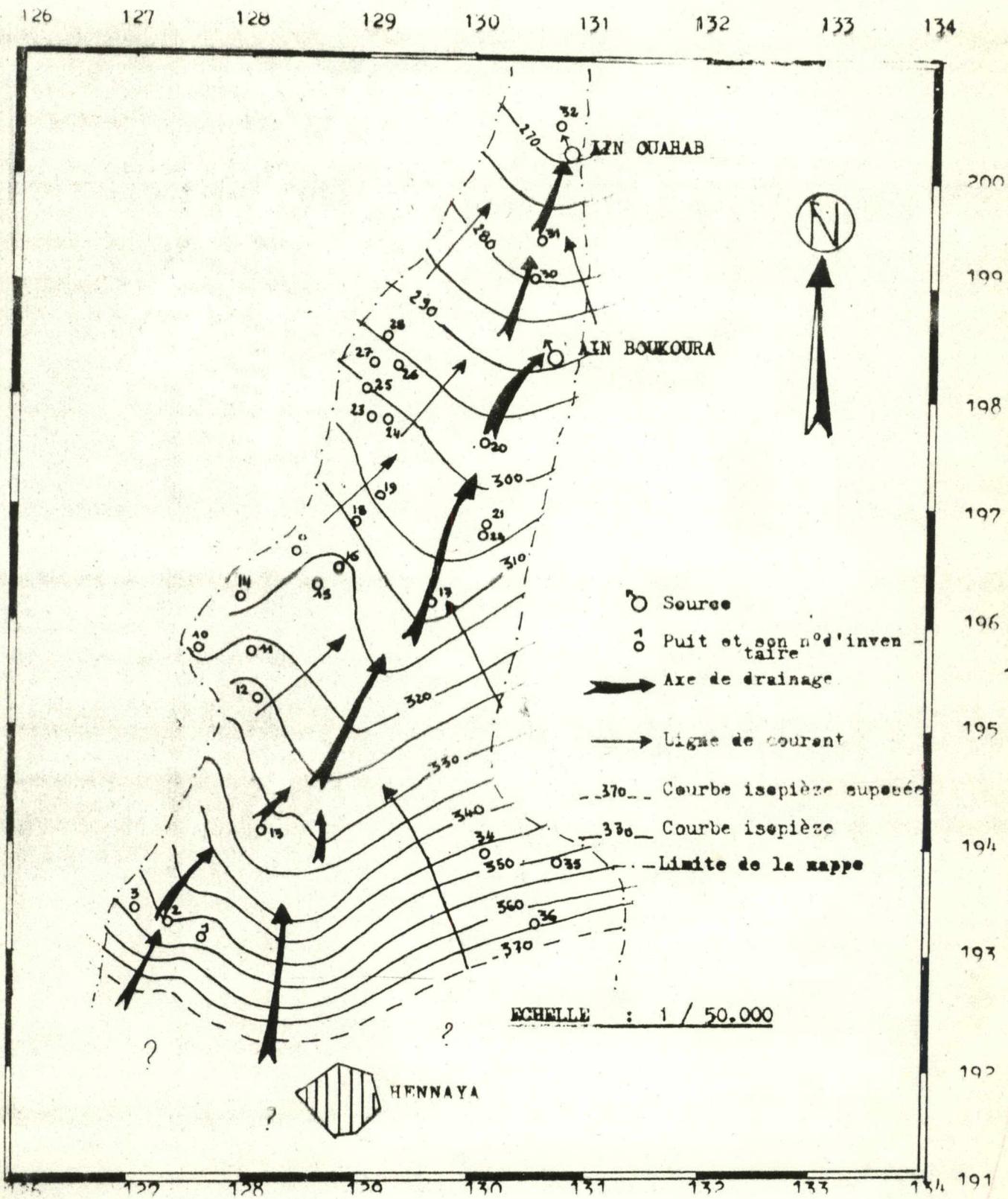
Les études piézométriques ont été réalisées sur la base de 36 points d'eau. Ces derniers n'ont pas été nivelés au préalable, faute de moyens, d'où il s'en suit une erreur estimée à 1 à 2 mètres.

Pour l'ensemble de la plaine, des campagnes piézométriques ont été effectuées pendant les mois de Décembre 1980, Mars, Mai, Juin, Septembre et Novembre 1981. Les résultats de ces relevés sont donnés au tableau n° 32, porté en annexes.

L'étude de la carte en courbes isopièzes (Fig. 56) nous montre que l'écoulement de la nappe se fait, d'une manière générale, du Sud vers le Nord. La carte nous montre également l'existence d'un axe de drainage correspondant approximativement au milieu de la bande occupée par les conglomérats dans laquelle se rassemblent toutes les eaux.

Nous pouvons remarquer que la nappe est drainée par les conglomérats et que les eaux émergent au niveau des sources établies dans les conglomérats, principalement au niveau d'Ain Boukoura et d'Ain Ouahab.

FIG. 56 - CARTE EN COURBES ISOPIEZES DE LA NAPPE D'HENNAYA (MAI 1981)



Par la suite, l'eau restante continue sa course vers le Nord où elle sort de la même façon sous forme de sources à débit beaucoup plus faibles (Ain Hallili-fa, Ain Kerma, Ain Kahla)

La carte nous permet de constater que la distance entre les courbes isopièzes au Sud est plus faible qu'au Nord, surtout au centre de la nappe c'est à dire dans l'axe de drainage.

Au Sud, le gradient hydraulique est de l'ordre de $2.5 \cdot 10^{-2}$ alors que dans l'axe de drainage, il est beaucoup plus faible et varie entre $9 \cdot 10^{-2}$ et $6 \cdot 10^{-3}$. Ceci est du à la perméabilité des grès qui est plus faible que celle des conglomérats.

3 - 2 - PROFONDEUR DE LA NAPPE :

Nous avons établi la carte de la profondeur du niveau des eaux souterraines (Carte n° 7) pour avoir une idée de la profondeur de la nappe par rapport à la surface du sol

Cette carte nous montre cinq zones :

- une zone septentrionale, à l'Est d'Ain Youcef où le niveau piézométrique est à une profondeur comprise entre 0 et 5 mètres.

- au voisinage et à l'Ouest d'Ain Ouahab et d'Ain Boukoura, le niveau des eaux souterraines est compris entre 5 et 10 mètres de profondeur

- au Sud - Ouest de cette zone, la profondeur plus importante est comprise entre 10 et 15 mètres

- tout autour de la troisième zone, le niveau des eaux est compris entre 15 et 20 mètres. Il en est de même au Nord - Est et au Nord - Ouest d'Hennaya

- enfin, entre la troisième et la quatrième zone citées ci - dessus existe une cinquième zone où le niveau des eaux dépasse 20 mètres.

4 - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE LA NAPPE :

4 - 1 - INTRODUCTION :

Afin de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (Transmissivité T, perméabilité K et coefficient d'emmagasinement S), des essais de pompage de courte durée ont été effectués sur les puits n° 22, 32, 19, 11 et 2.

Pour l'interprétation des essais de pompage, nous utiliserons la méthode de Jacob basée sur l'équation :

$$s = \frac{0.183 Q}{T} \cdot \log \frac{2.25 Tt}{r^2 S}$$

- Q = débit de pompage (m³/s)
- T = transmissivité (m²/s)
- S = coefficient d'emmagasinement (sans dimension)
- t = temps écoulé depuis le début du pompage (en secondes)
- s = rabattement observé au temps t à une distance r du puits de pompage (en mètres)

La droite représentative de l'équation est obtenue par le report des rabattements successifs au cours du pompage en fonction du logarithme du temps.

La transmissivité est égale à :

$$T = \frac{0.183 Q}{\Delta s}$$

Δs représente la pente de la droite, obtenue par l'accroissement du rabattement pour un cycle logarithmique. Nous pouvons calculer la transmissivité à partir de la courbe de remontée en portant sur le papier semi - logarithmique, en abscisses les logarithmes de t/t' et en ordonnées les rabattements résiduels.

4 - 2 - ESSAIS DE POMPAGE SUR LES GRES TORTONIENS :

4 - 2 - 1 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 11 :

Cet essai, effectué le 10 Décembre 1981, dura 2 heures. Le débit, constant durant toute la période de pompage, était de 3 l/s.

- Courbe de descente (Fig. 57) :

$$\Delta s = 1.95 \text{ m.}$$

$$Q = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 2.81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = \frac{T}{H} = 4.92 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

- Courbe de remontée (Fig. 58) :

$$\Delta s = 4.80 \text{ m.}$$

$$T = 1.14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Les courbes de descente et de remontée donnent des valeurs de la transmissivité et de la perméabilité assez voisines.

Cet essai de pompage nous montre que les grés tortoniens sont caractérisés par une faible perméabilité et une faible transmissivité.

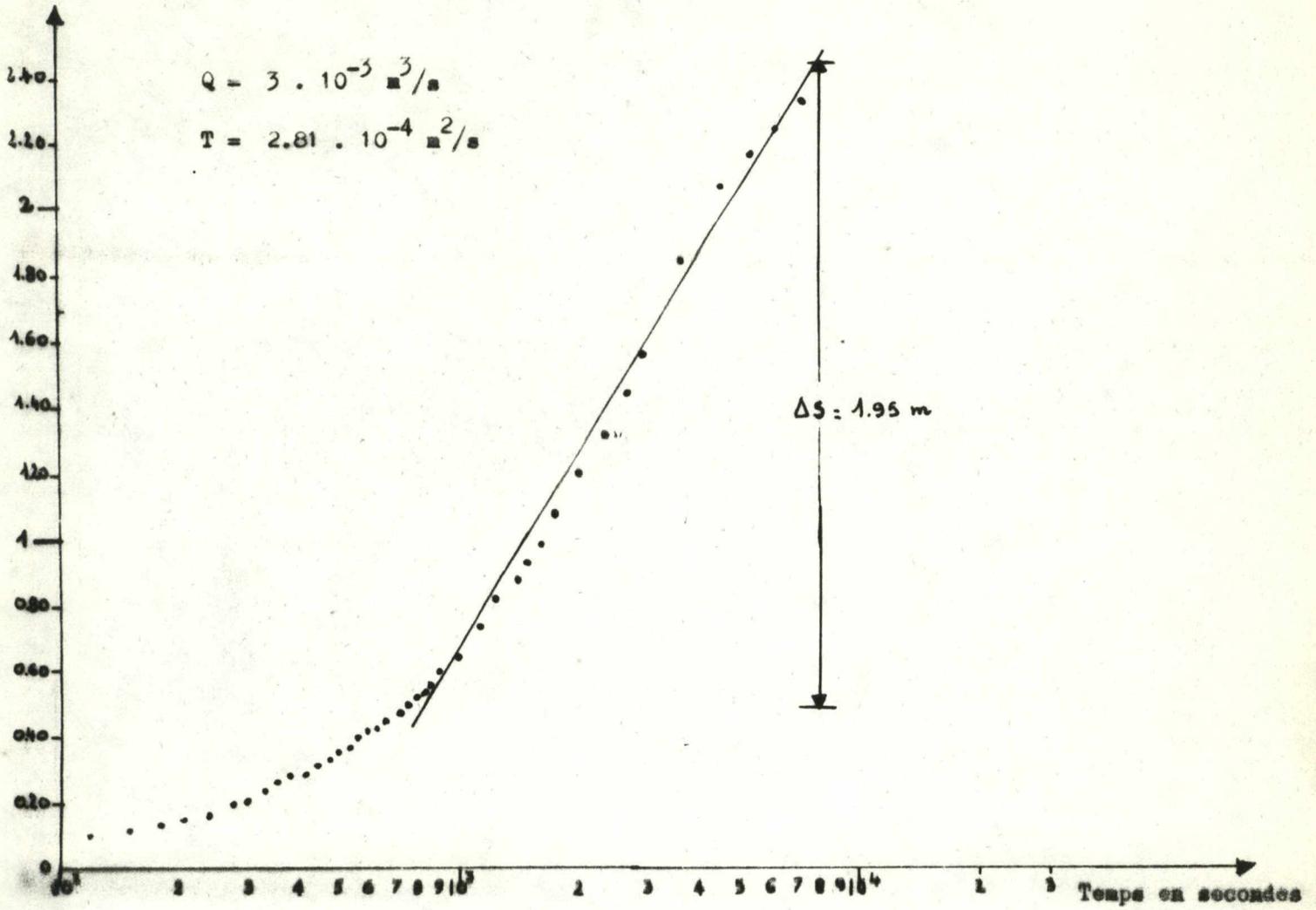
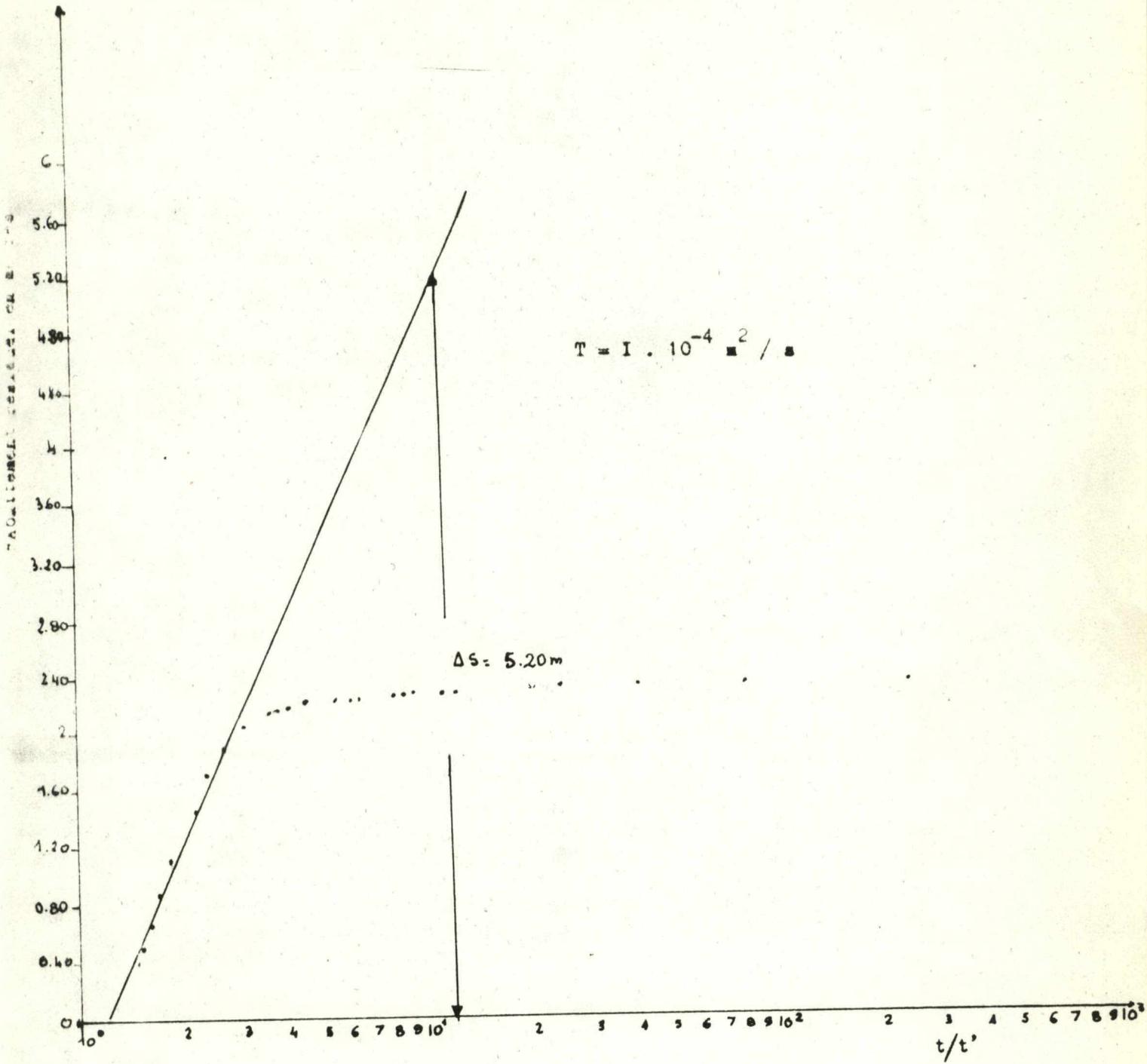


Fig. 57. ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 11 - COURBE DE DESCENTE .

FIG. 58 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE Puits N° 11. COURBE DE REMONTÉE



4 - 3 - ESSAI DE POMPAGE SUR LES CONGLOMERATS :

4 - 3 - 1 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 22 :

Cet essai a été réalisé le 25 Décembre 1981 et dura 4 heures et 15 minutes. Le débit de pompage, presque constant, était de 9 l/s. Les rabattements ont été relevés dans le puits de pompage (Puits n° 22) et dans le puits n° 21, utilisé comme piézomètre

+Pour le puits de pompage, nous avons :

- Courbe de descente (Fig. 59)

$$\Delta s = 1.15 \text{ m.}$$

$$Q = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 1.43 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Courbe de remontée (Fig. 60)

$$\Delta s = 1 \text{ m.}$$

$$T = 1.64 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

+Pour le piézomètre, nous avons :

- Courbe de descente (Fig. 61)

$$\Delta s = 0.07 \text{ m.}$$

$$Q = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 3.13 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Courbe de remontée (Fig. 62)

$$\Delta s = 0.07 \text{ m.}$$

$$T = 3.13 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Il est possible de calculer le coefficient d'emmagasinement S à partir de la courbe de descente , observée sur le piézomètre.

$$s = \frac{0.183 Q}{T} \log \frac{2.25 T t}{r^2 S} = 0 \text{ pour } t = t_0$$

$$\log \frac{2.25 T t}{r^2 S} = 1 \text{ d'où } S = \frac{2.25 T t_0}{r^2}$$

$$t_0 = 8.5 \cdot 10^2 \text{ secondes}$$

$$T = 3.13 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$r = 60 \text{ mètres}$$

$$S = 1.66 \cdot 10^{-2}$$

Fig. 59 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N°22 - COURBE DE DESCENTE

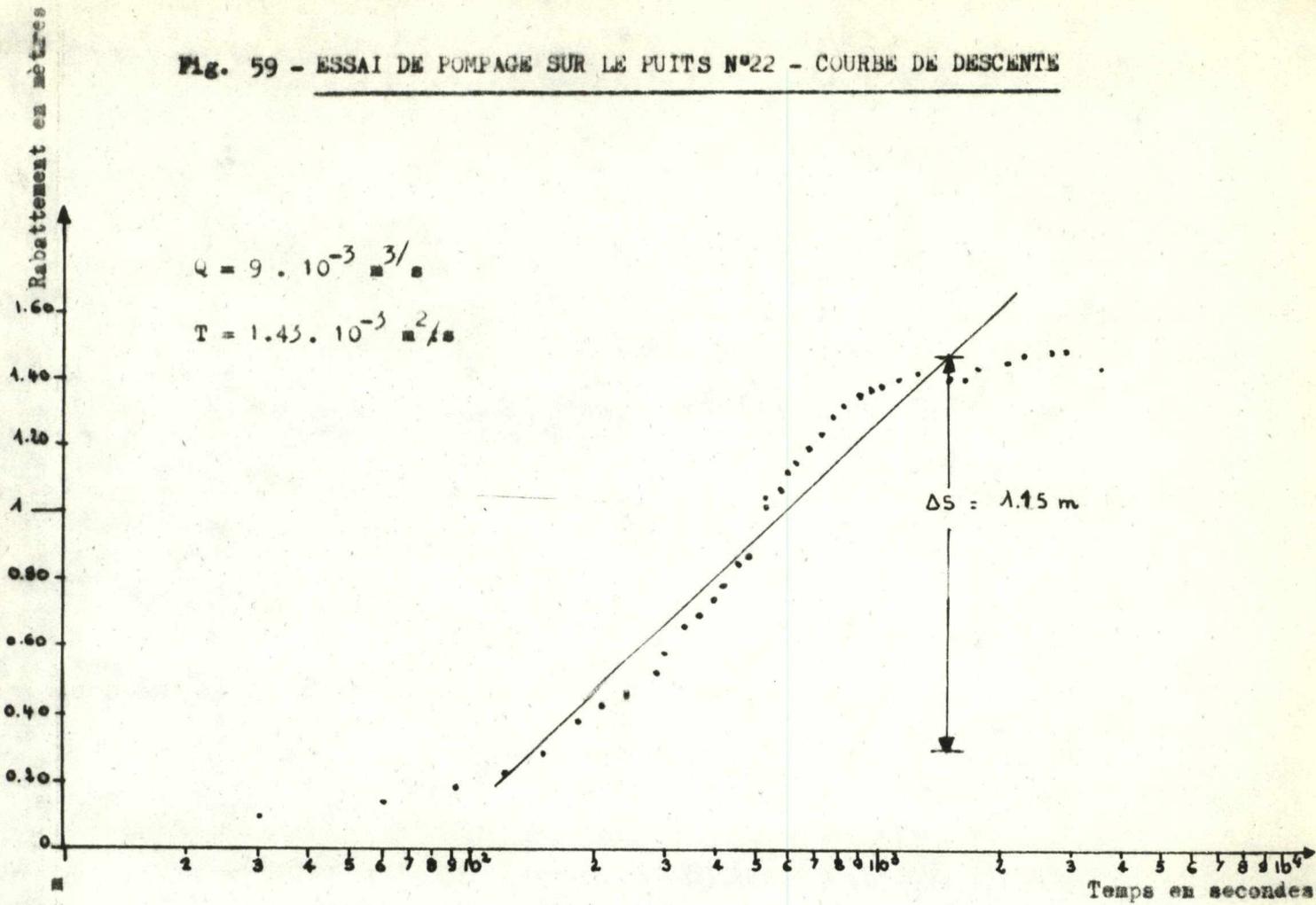
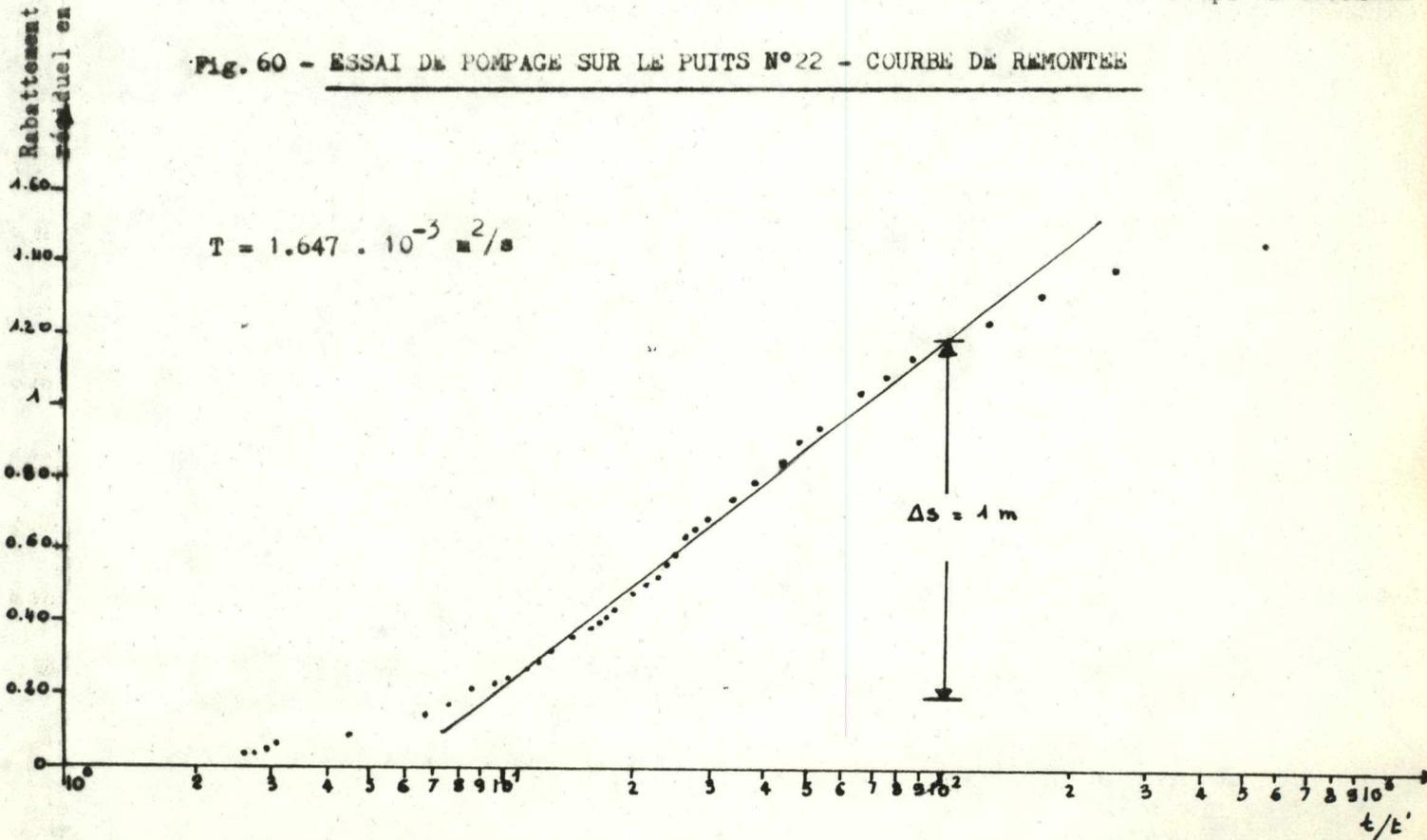


Fig. 60 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N°22 - COURBE DE REMONTEE



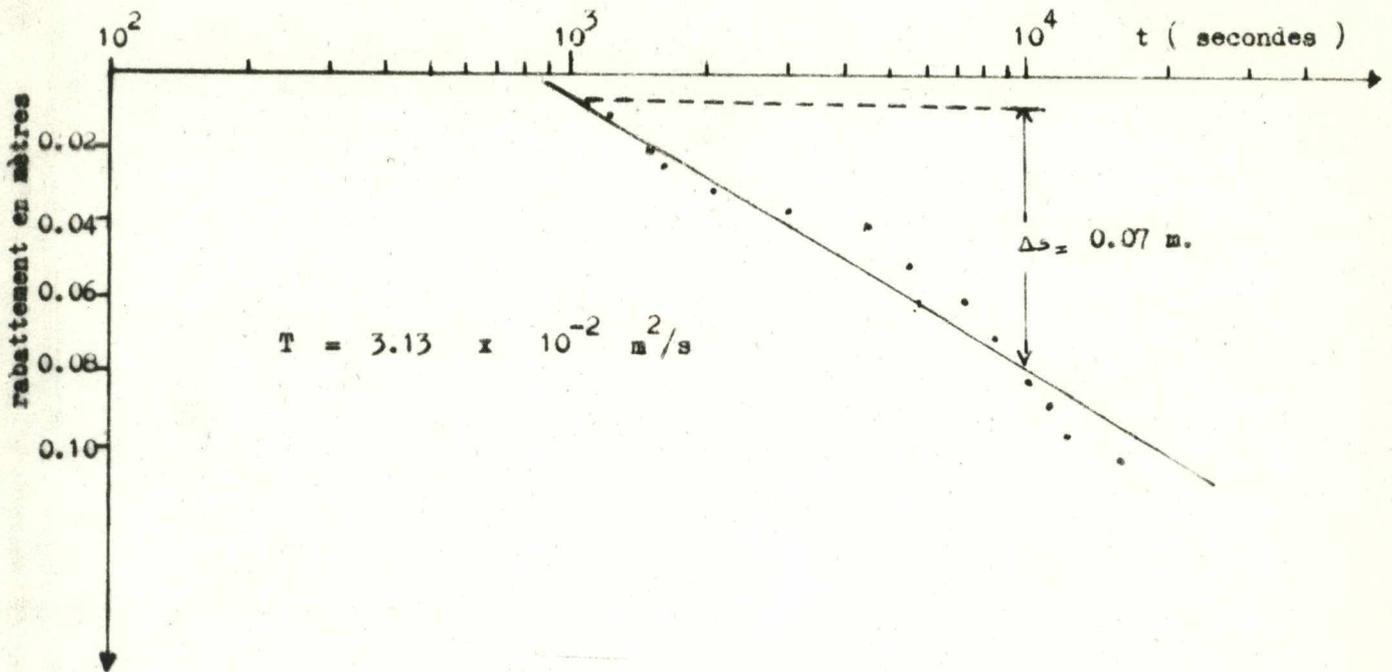


Fig. 61 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N°22 . COURBE DE DESCENTE SUR LE PIEZOMETRE (PUIT 21)

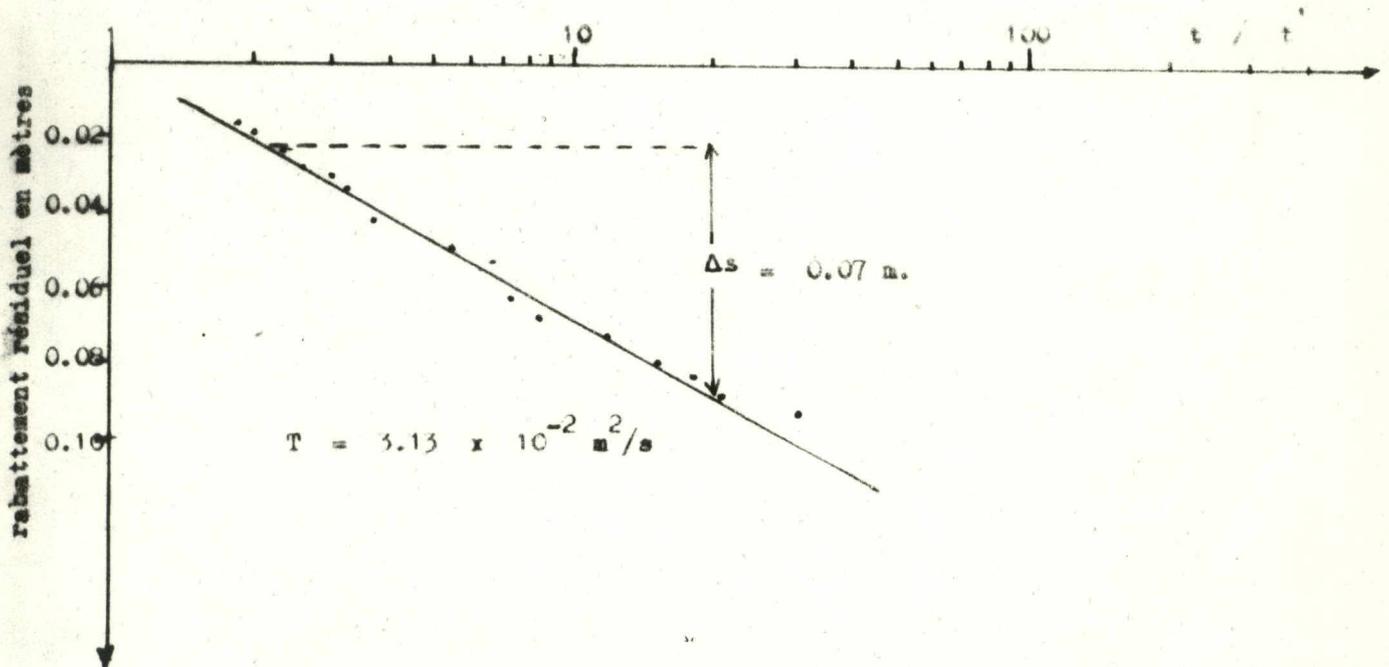


Fig. 62 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 22 . COURBE DE REMONTEE SUR LE PIEZOMETRE (PUIT 21)

4 - 3 - 2 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 32 :

Comme nous n'avons pas assisté au démarrage du pompage, nous n'avons considéré que la remontée en ayant pris soin de mesurer le débit avant la fin du pompage ($10 \text{ m}^3/\text{s}$)

Courbe de remontée (Fig. 63)

$$Q = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta s = 0.53 \text{ m.}$$

$$T = 3.39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

4 - 3 - 3 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 19 :

Cet essai de pompage dura 105 minutes avec un débit de 12 l/s.

La courbe de descente (Fig. 64) montre une rupture de pente brutale au bout de 1000 secondes, due probablement à un effet de capacité du puit, vu le diamètre important du puits (3 mètres)

Courbe de descente (Fig. 64) :

$$Q = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta s = 2.40 \text{ mètres}$$

$$T = 0.91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Courbe de remontée (Fig. 65)

$$\Delta s = 2.80 \text{ mètres}$$

$$T = 0.78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

4 - 4 - CONCLUSION :

Les essais de pompage, réalisés dans les conglomérats, donnent des valeurs de la transmissivité assez voisines. Cette transmissivité, de l'ordre de $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, est bonne.

Les grés tortoniens sont caractérisés par une transmissivité faible.

5 - ESSAI DE BILAN DE LA NAPPE :

L'équation générale du bilan hydrique est :

$$P = E + I + R$$

P = précipitation en mm / an

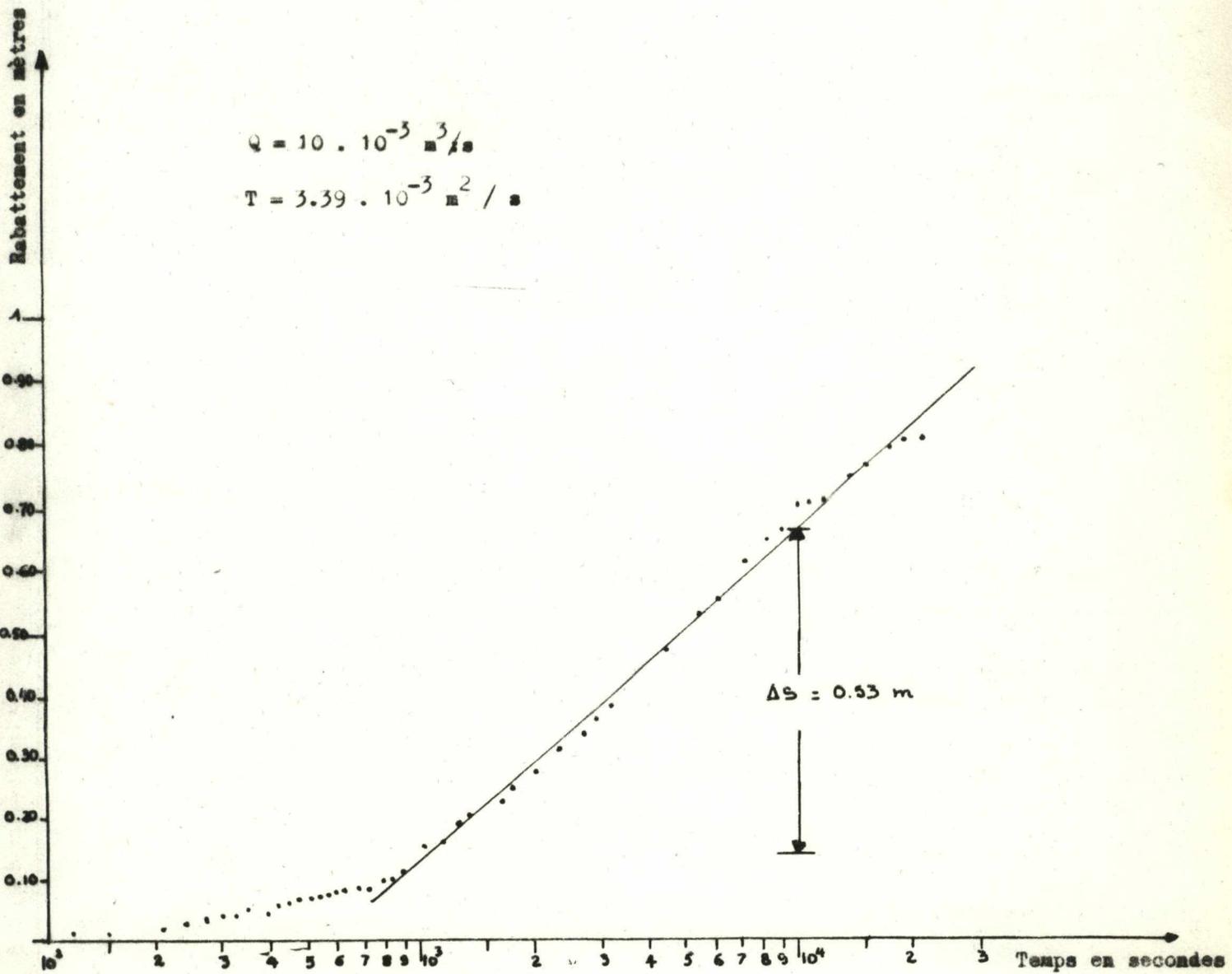
E = évapotranspiration réelle en mm / an

R = ruissellement en mm / an

I = infiltration en mm / an

Comme nous ne disposons pas de mesures de précipitations et des

Fig. 63 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N°32 - COURBE DE REMONTEE



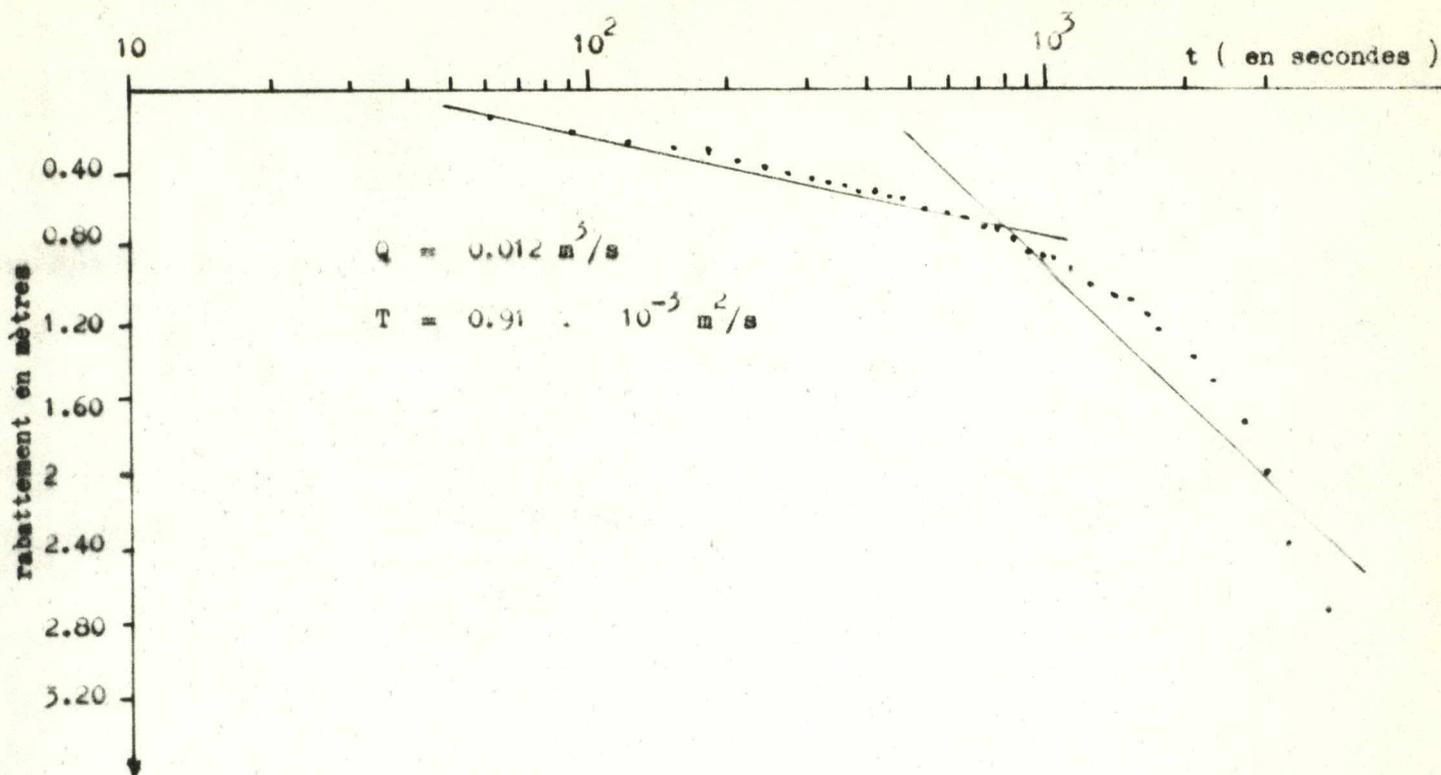


Fig. 64 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 19 . COURBE DE DESCENTE.

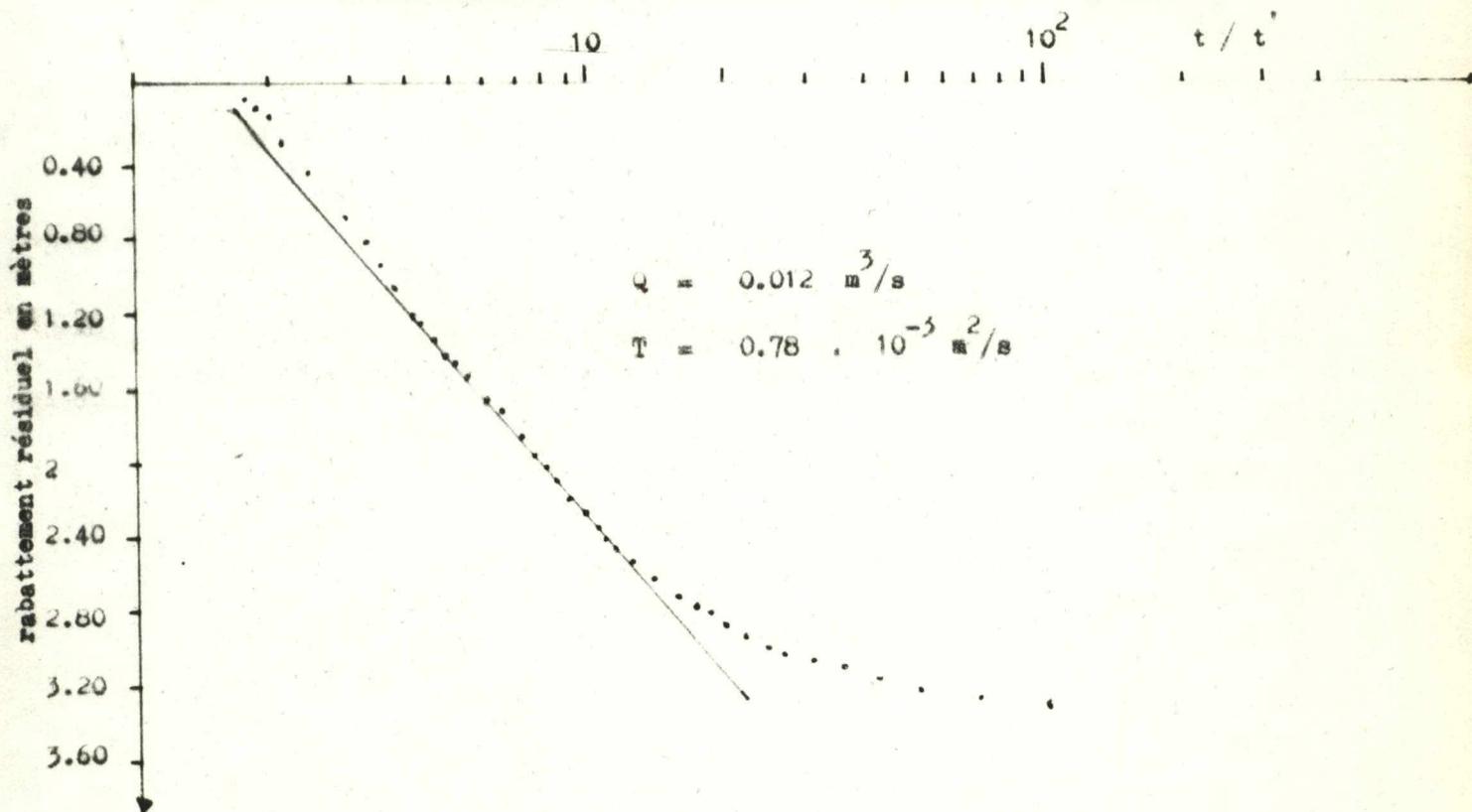


Fig. 65 - ESSAI DE POMPAGE SUR LE PUIT N° 19 . COURBE DE REMONTEE.

températures, nous avons calculé la hauteur de la lame d'eau tombée par la méthode du gradient altimétrique. Nous avons trouvé une hauteur moyenne de pluie de 450 mm / an soit pour une surface de la nappe de 28 km², un volume d'eau de 12.6 x 10⁶ m³ / an

Le ruissellement dans cette région est peu important vu le relief assez plat. Les eaux s'accumulent dans des cuvettes où elles sont réparties entre l'évapo - transpiration et l'infiltration.

Comme nous ne pouvons pas faire un calcul de la lame ruissellée, nous avons pris pour le ruissellement une valeur de 5 % des précipitations soit une tranche d'eau de 22.5 mm / an.

Nous avons calculé l'évapotranspiration réelle par des formules empiriques en prenant une température moyenne annuelle de 14 °C. Les trois méthodes utilisées (Méthodes de Turc, de Coutagne et de Wundt) donnent des valeurs comprises entre 406 et 377 mm / an. Nous prendrons, comme valeur moyenne de l'évapotranspiration réelle, 400 mm / an soit 11.2 x 10⁶ m³ / an

L'infiltration peut être calculée par la relation :

$$I = P - E - R = 27.5 \text{ mm / an soit } 0.77 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{an}$$

ce qui correspond à un débit moyen des sources de 27.5 l/s. Or, les exutoires de la nappe d'Hennaya ont un débit total moyen de 80 l/s.

Cette grande différence de débit ne peut s'expliquer que par l'alimentation de la nappe par les dolomies de Tlemcen affleurant au Sud de l'agglomération d'Hennaya.

6 - CONCLUSION :

La plaine d'Hennaya est occupée par un aquifère constitué par des grés tortoniens au Sud et vers le Nord - Est par des conglomérats surmontés par des travertins et des graviers argileux.

L'étude piézométrique nous montre que l'écoulement de la nappe se fait d'une manière générale du Sud vers le Nord. L'axe de drainage de la nappe correspond au milieu de la bande occupée par les conglomérats qui constituent donc le drain principal de la nappe.

Le calcul du bilan montre l'inexistence d'un impluvium autre que ce qu'il y a en amont.

Les seules formations susceptibles de fournir un débit de captage intéressant sont les conglomérats. Leur transmissivité varie de 0.78 x 10⁻³ à 3.39 x 10⁻³ m²/s. Les grés tortoniens, caractérisés par une transmissivité et une perméabilité faibles, ne sont pas une ressource en eau sûre.

--- // --- H A P I T R E S E P T I E M E ---

P H Y S I C O - C H I M I E D E S E A U X

- 1) - INTRODUCTION
- 2) - CHIMIE DES EAUX DES GRES DE BOU MEDINE
- 3) - CHIMIE DES EAUX DES DOLOMIES DE TLEMCEM ET DES CALCAIRES ASSOCIES
- 4) - CHIMIE DES EAUX DES DOLOMIES DE TERNY
- 5) - CHIMIE DES EAUX DES GRES TORTONIENS
- 6) - CHIMIE DES EAUX DES SOURCES THERMALES
- 7) - CHIMIE DES EAUX DE LA PLAINE D'HENNAYA
- 8) - CONCLUSION

1 - INTRODUCTION :

L'analyse chimique des eaux a porté sur des échantillons prélevés au niveau des différents points d'eaux : puits et sources.

Les prélèvements ont été effectués au mois de Juin 1981. Nous avons procédé à leur analyse au laboratoire de chimie des eaux du département de géologie de l'université d'Oran.

Les analyses chimiques ont porté sur les dosages :

- des cations : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+
- des anions : HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^{--} et Cl^-

Nous avons procédé à un prélèvement complémentaire de quelques eaux au mois d'Octobre 1981, en vue d'analyses complémentaires (Dosage de NO_2^- , Fe^{++} et Fe^{+++} , SiO_2 et P_2O_5)

1 - 1 - METHODES D'ANALYSES :

Trois méthodes ont été mises en œuvre pour effectuer nos dosages :

- méthode titrimétrique
- méthode colorimétrique
- méthode par photométrie de flamme

1 - 1 - 1 - LES DOSAGES TITRIMETRIQUES :

Ils ont été utilisés pour déterminer la dureté totale et les teneurs en Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{--} , Ca^{++} et SO_4^{--} .

- Dosage de Ca^{++} : Nous avons dosé l'ion calcium par complexométrie avec l'acide ethylnediamine tétracétique (EDTA) en présence d'hydroxide de sodium. l'indicateur coloré utilisé est une solution alcoolique de murexide.

- La dureté totale ou TH correspond à la somme des concentrations calciques et magnésiennes. Elle a été déterminée par complexométrie en présence d'une solution tampon et du noir d'ériochrome T.

- Dosage de Mg^{++} : La teneur en magnésium est obtenue par différence des valeurs du TH et du calcium (en meq/l), ce qui donne de bons résultats

- Dosage de Cl^- : Les ions Cl^- ont été dosés par une solution décimale de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.

- Dosage de HCO_3^- : Les bicarbonates ont été dosés par l'acide chlorhydrique en présence de vert de bromothymol.

- Dosage de CO_3^{--} : Ont été dosés par volumétrie, par l'acide chlorhydrique N/50 en présence d'une solution alcoolique de phénolphtaléine.

1 - 1 - 2 - LES DOSAGES COLORIMETRIQUES :

Ont été utilisés pour les dosages des nitrites (NO_2^-), de la silice SiO_2 , des phosphates (P_2O_5) et du fer (Fe^{++} et Fe^{+++}).

- Les nitrites (NO_2^-) ont été dosés à l'aide de l'acide sulfanilique et du dichlorure de N - naphthyl - 1 - éthylène - diammonium.

- La silice (SiO_2) et les phosphates (P_2O_5) : le dosage de ces deux éléments est basé sur le même mécanisme de réactions. Nous avons dosé ces deux éléments à l'aide de l'heptamolybdate d'ammonium.

- Le fer total ($\text{Fe}^{++} + \text{Fe}^{+++}$) a été dosé par la bipyridine
2 - 2'.

1 - 1 - 3 - PHOTOMETRIE DE FLAMME :

Les ions Na^+ et K^+ ont été dosés par photométrie de flamme. La solution est pulvérisée dans une flamme oxygène - acétylène. Les ions Na^+ et K^+ émettent chacun une radiation caractéristique dont on mesure l'intensité.

1 - 2 - PARAMETRES. PHYSIQUES :

En plus des analyses chimiques, nous avons mesuré quelques paramètres physiques des eaux à savoir la conductivité, le P.h et la température.

1 - 2 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

C'est la propriété qu'a l'eau de laisser passer le courant électrique. La connaissance de la conductivité C permet une estimation de la minéralisation des eaux. Les mesures ont été effectuées au laboratoire à l'aide d'un conductivimètre modèle LF 39 et à une température de 20°C .

Pour calculer la minéralisation, nous avons utilisé la relation :

$$M = C \cdot 0.71592, \text{ pour des conductivités comprises entre } 333 \text{ et } 833 \text{ } \mu\text{s/cm}$$

$$M = C \cdot 0.758544, \text{ pour des conductivités comprises entre } 833 \text{ et } 10\,000 \mu\text{s/cm.}$$

1 - 2 - 2 - LE PH :

Il a été mesuré au laboratoire à l'aide d'un pH mètre standard PHM 62. Dans la zone étudiée, le pH varie entre 7.1 et 8.1. La plupart des eaux montrent un pH voisin de 7.5.

1 - 2 - 3 - LA TEMPERATURE :

La température est un critère intéressant pour la qualification des eaux. Les sources dont les eaux montrent des variations importantes liées aux variations diurnes, saisonnières et annuelles peuvent être considérées comme ayant circulé à faible profondeur, dans la zone d'hétérothermie. Par contre, les sources dont les eaux ne présentent que peu ou pas de variations thermiques sont considérées comme ayant circulé à plus ou moins grande profondeur, dans la zone d'homothermie.

+LES EAUX DU KARST : La majorité des sources karstiques présente une homogénéité des températures durant l'année.

- Pour l'Ain Fouara, la température varie de 16 à 17° C
- Pour l'Ain Es - Sakra, la température est constante et atteint 18° C
- Pour Ain Fezza, la température est constante et atteint 17° C
- Pour Ain El Ansar, elle varie de 19 à 20° C
- Pour Ain Beni Moudjer, elle varie de 15.5 à 17° C

+LES EAUX DE LA NAPPE D'HENNAYA : La température des eaux présente une remarquable homogénéité durant l'année hydrologique, ce qui nous indique que ces eaux circulent dans la zone d'homothermie.

- Pour Ain Ouahab, la température varie de 19 à 20° C
- Pour Ain Boukoura, elle varie de 19.5 à 20° C
- Pour Ain Hennaya, elle varie de 18 à 19° C
- Pour Ain Hallilifa, elle varie de 18 à 19° C.

2 - CHIMIE DES EAUX DES GRES DE BOU MEDINE :

Les résultats des analyses chimiques des eaux de cette formation sont donnés au tableau n° 33, donné en annexes.

2 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

Elle n'est pas très élevée et varie entre 600 et 986 μ s/cm

2 - 2 - TENEURS EN Ca⁺⁺ :

Les eaux de cette formation sont assez riches en calcium. Les teneurs sont comprises entre 49 et 92 mg/l.

2 - 3 - TENEURS EN Mg⁺⁺ :

Les eaux de quelques sources montrent des teneurs en magnésium relativement élevées allant jusqu'à 64 mg/l. Le rapport $\frac{Mg}{Ca}$ des eaux de ces sources varie

de 1.22 à 1.87. Il s'agit des eaux d'Ain Guessia, d'Ain Beïda et d'Ain El kébira. Pour les autres sources. (Ain Zarifet et Ain El Atrouss), le rapport $\frac{Mg}{Ca}$ est inférieur à 1 et varie entre 0.46 et 0.67.

Nous pouvons remarquer que les sources dont le rapport $r \frac{Mg}{Ca}$ est supérieur à 1, émergent à la faveur de failles mettant en contact les grés de Bou Médine avec les dolomies de Tlemcen (Cf. carte n° 3), ce qui n'exclurait pas l'hypothèse que ces eaux proviendraient des dolomies de Tlemcen.

2 - 4 - TENEURS EN Na^+ et K^+ :

Les eaux des grés de Bou Médine ne contiennent pas de potassium sauf au niveau d'Ain Zarifet où la teneur est faible (1 mg/l). Par contre, les teneurs en sodium sont plus élevées ne dépassant pas 17 mg/l.

2 - 5 - TENEURS EN CO_3^{--} et HCO_3^- :

Les eaux de cette formation ne contiennent pas d'ions CO_3^{--} . Par contre, les teneurs en HCO_3^- sont assez élevées et atteignent 405 mg/l.

2 - 6 - TENEURS EN Cl^- :

Les ions Cl^- sont en petite quantité. Les teneurs ne dépassent pas 32 mg/l.

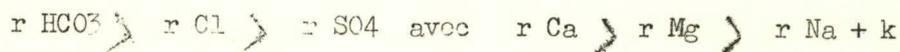
2 - 7 - TENEURS EN SO_4^{--} :

Les eaux contiennent peu d'ions SO_4^{--} . Les teneurs ne dépassent pas 40 mg/l.

2 - 8 - FACIES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

Le report des analyses sur les diagrammes de Schoeller - Berkaloff (Fig. 66 et 67), nous permet de distinguer deux familles :

- famille des eaux bicarbonatées, calciques de formule caractéristique:



- famille des eaux bicarbonatées, magnésiennes de formule caractéristique:



A la première famille correspondent les eaux d'Ain Rhoraba, d'Ain Barhard, d'Ain Zarifet et d'Ain El Atrouss.

A la deuxième famille correspondent les eaux d'Ain Beïda, d'Ain Guessia et d'Ain El Kébira.

Fig.66 - DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DES GRES DE BOU MEDINE

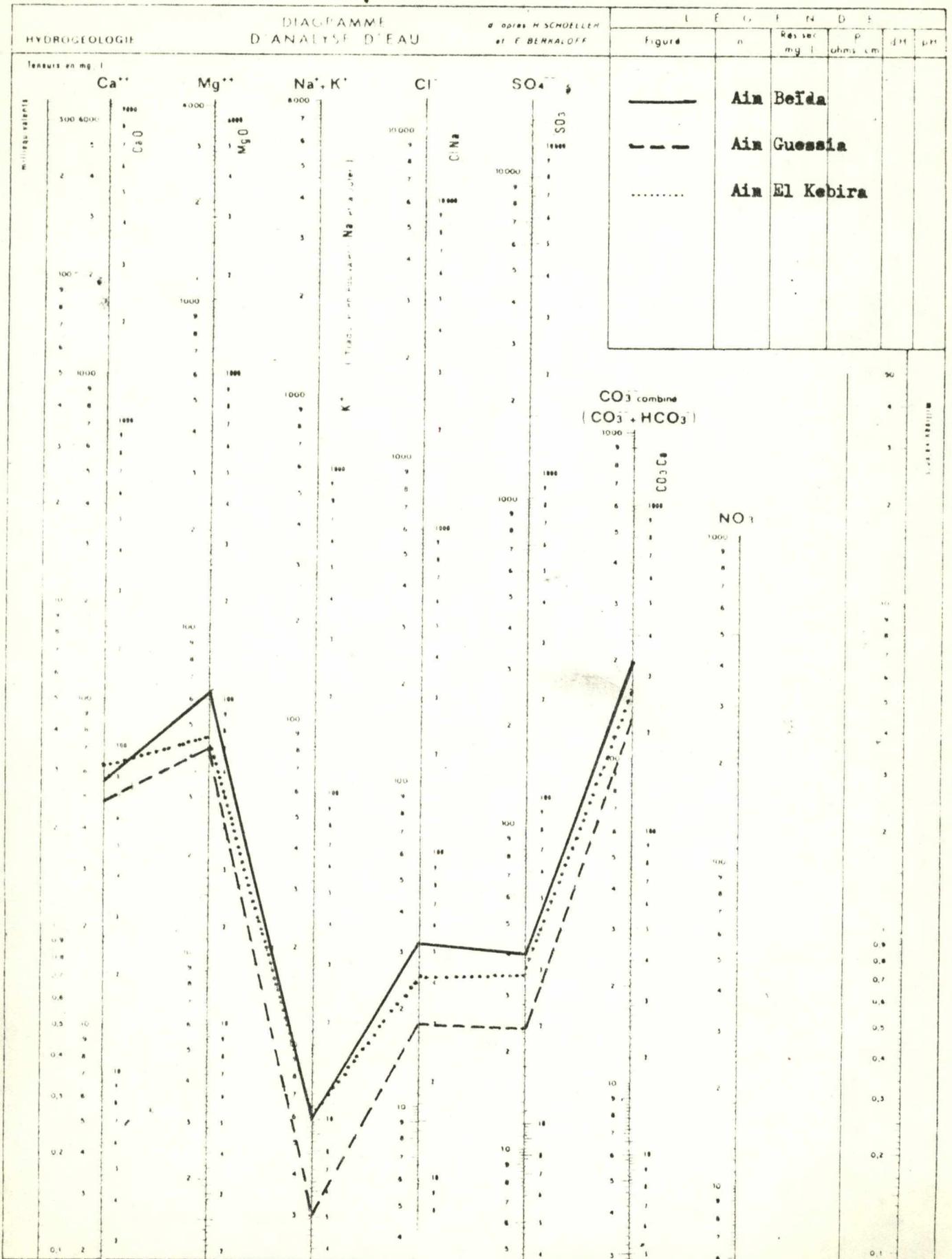
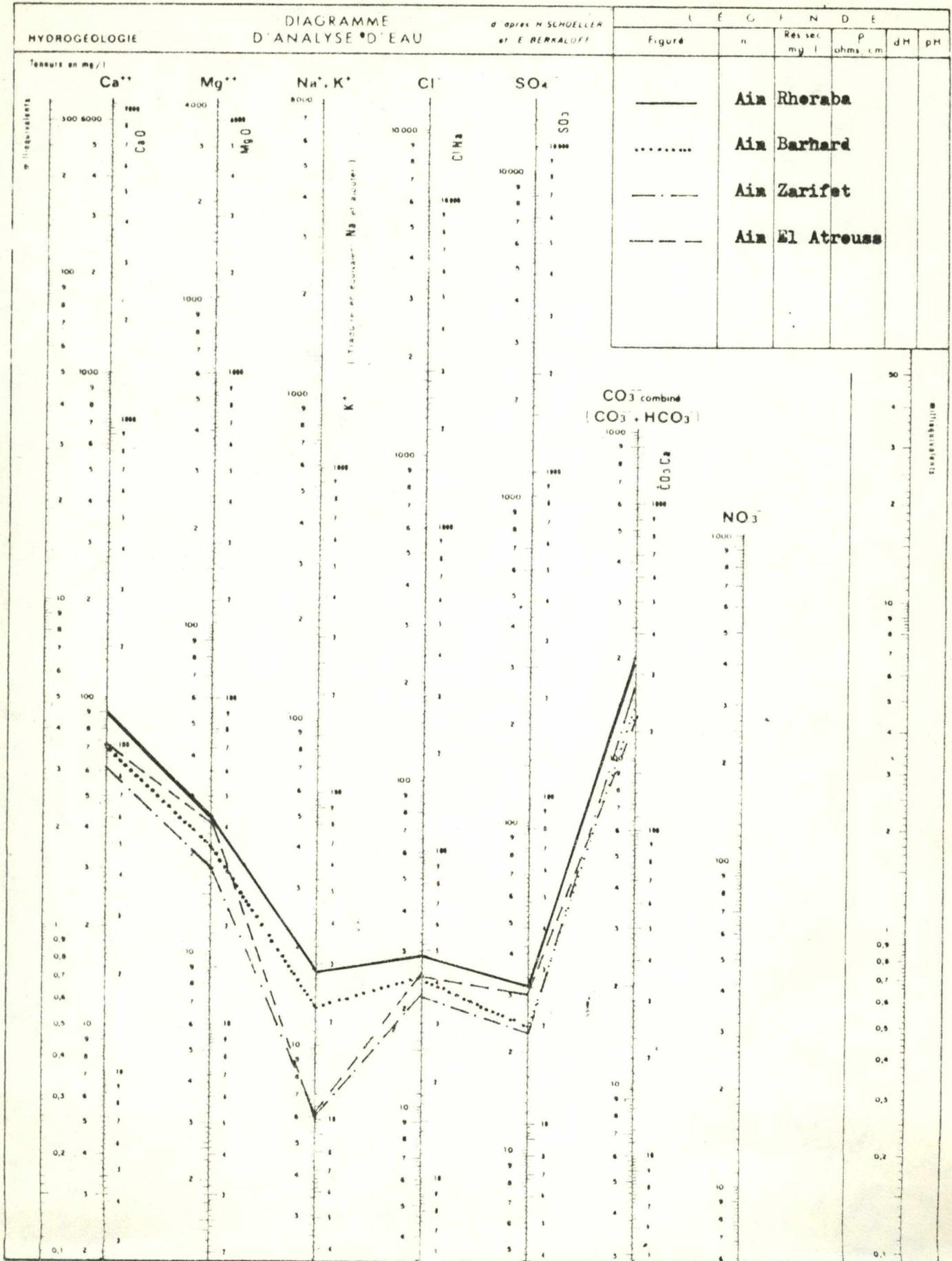


Fig.67 DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DES GRES DE BOU MEDINE



3 - CHIMIE DES EAUX DES DOLOMIES DE TLEMCCEN ET DES CALCAIRES ASSOCIES :

Les résultats des analyses chimiques de cette formation sont donnés au tableau n° 34, porté en annexes.

3 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

La conductivité des eaux n'est pas très élevée pour la majorité des eaux et tourne autour de 800 μ s/cm. Certaines eaux (Ain Tannbouali, Ain Louha, Ain Athmane et Ain Fouara) montrent des conductivités plus faibles de l'ordre de 400 - 500 μ s/cm. Ain El Kadous montre une conductivité plus élevée (1100 μ s/ cm).

3 - 2 - TENEURS EN CALCIUM ET MAGNESIUM :

D'une manière générale, les eaux des dolomies de Tlemccen sont assez chargées en calcium avec des teneurs variant entre 36 et 100 mg/l. La teneur en calcium, de la majorité des eaux, dépasse 60 mg/l. Certaines eaux montrent des teneurs élevées, pouvant atteindre 100 mg/l (Ain El Hout) .

Les eaux d'Ain Athmane, d'Ain Louha, d'Ain Fouara, d'Ain Ljor Attar, d'Ain Serak, d'Ain Tannbouali et de Hassi Bou Chenaa ont des teneurs en magnésium ne dépassant pas 27 mg/l.

Par contre, d'autres eaux sont plus magnésiennes : c'est le cas d'Ain El Kadous (75 mg/l) et d'Ain Fezza (72 mg/l).

L'examen du rapport $r = \frac{Mg}{Ca}$, montre deux types d'eaux :

- des eaux avec $r = \frac{Mg}{Ca} > 1$, correspondant à Ain Temouch, Ain Sidi Haroun, Ain Saffah, Ain El Hadjar, Ain El Kadous, Ain Séfra et Ain Rhannous.

- des eaux avec $r = \frac{Mg}{Ca} < 1$, correspondant aux autres eaux.

Les eaux du 1^{er} type ont circulé dans les niveaux dolomitiques alors que les autres eaux ont circulé dans les niveaux calcaires des dolomies de Tlemccen ou dans les calcaires de Zarifet, situés à la base de la formation.

3 - 3 - TENEURS EN SODIUM ET POTASSIUM :

D'une manière générale, les teneurs en sodium sont faibles, ne dépassant pas 10 mg/l. Certaines sources montrent des teneurs plus élevées : Ain Séfra (27 mg/l) Ain El Kadous (20 mg/l), Ain Ansar (15 mg/l) et Ain El Hout (12 mg/l).

Les teneurs en potassium sont également faibles, généralement inférieures à 4 mg/l, à l'exception d'Ain Séfra et d'Ain El Kadous où la teneur atteint respectivement 21 et 10 mg/l.

Les teneurs en sodium - potassium de ces eaux , relativement plus élevées, s'expliquent par le contact de ces eaux avec les marnes helvétiques.

3 - 4 - TENEURS EN CO₃⁻⁻⁻ ET HCO₃⁻ :

Les eaux de cette formation sont totalement dépourvues en CO₃⁻⁻⁻ à l'exception d'Ain Zédiga (7 mg/l). Par contre, les eaux ont des teneurs en HCO₃⁻ assez importantes, pouvant atteindre 485 mg/l (Ain Temouch).

Les rapports $r \frac{Cl}{HCO_3}$ et $r \frac{SO_4}{HCO_3}$, inférieurs à 1, montrent la prédominance des ions HCO₃⁻ sur les ions Cl⁻ et SO₄⁻⁻⁻.

3 - 5 - TENEURS EN Cl⁻ :

D'une manière générale, les eaux sont peu chlorurées et ont des teneurs ne dépassant pas 30 mg/l à l'exception des eaux d'Ain El Kadous, d'Ain El Hout et d'Ain Ansar qui contiennent respectivement 74 mg/l, 53 mg/l et 53 mg/l.

L'explication de ces teneurs en Cl⁻ élevées est la même que celle donnée pour les teneurs en sodium - potassium.

3 - 6 - TENEURS EN SO₄⁻⁻⁻ :

Les eaux des dolomies de Tlemcen sont peu sulfatées et ont des teneurs ne dépassant pas généralement 20 mg/l. Ain Safra, Ain El Kadous, Ain Zédiga, Ain El Ansar et Ain El Hout montrent des teneurs plus élevées, atteignant respectivement 46 mg/l, 42 mg/l, 45 mg/l, 35 mg/l et 40 mg/l.

3 - 7 - FACIES CHIMIQUES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

Le report des analyses chimiques sur les diagrammes de Schoeller - Berkaloff (Fig. 68 à 70), nous permet de distinguer deux familles :

- famille des eaux bicarbonatées, calciques de formule caractéristique :

$r HCO_3 \gg r Cl \gg r SO_4$ avec $r Ca \gg r Mg \gg r Na + K$
correspondant à Ain Fouara, Ain Beni Moudjer, Ain Shirha, Ain Ljor Attar; Ain El Orit, Ain Es - Sakra, Ain Ouchba, Ain El Hout, Ain El Ansar, Ain Serak, Ain Zédiga et Hassi Bou Chenaar.

- famille des eaux bicarbonatées, magnésiennes de formule :

$r HCO_3 \gg r Cl \gg r SO_4$ avec $r Mg \gg r Ca \gg r Na + K$
correspondant à toutes les autres sources.

Fig. 68 DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DES DOLOMIES DE TLEMCEM ET DES CALCAIRES ASSOCIES

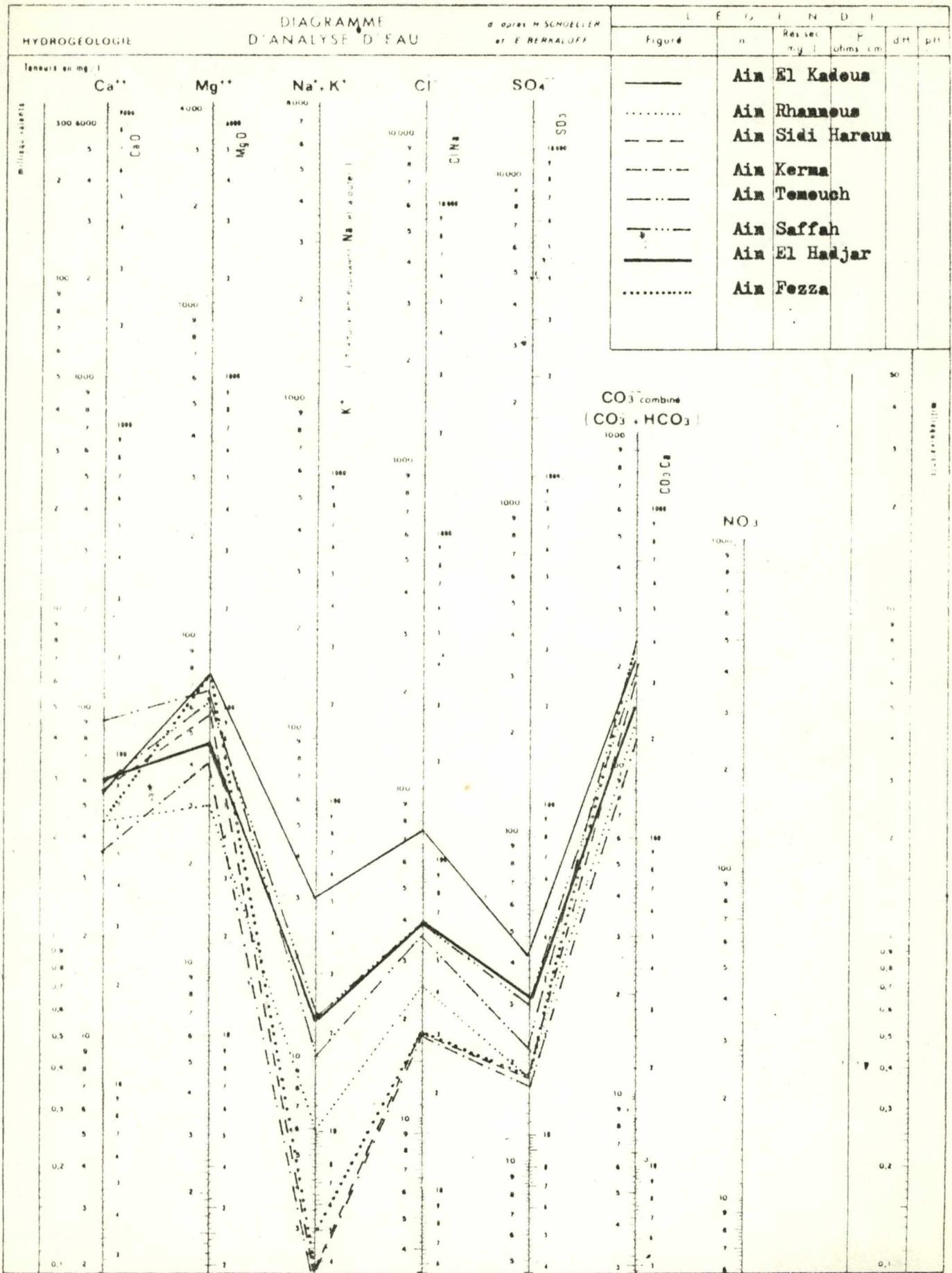


Fig. 69 - DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DES DOLOMIES DE TLEMCEM ET DES CALCAIRES ASSOCIES

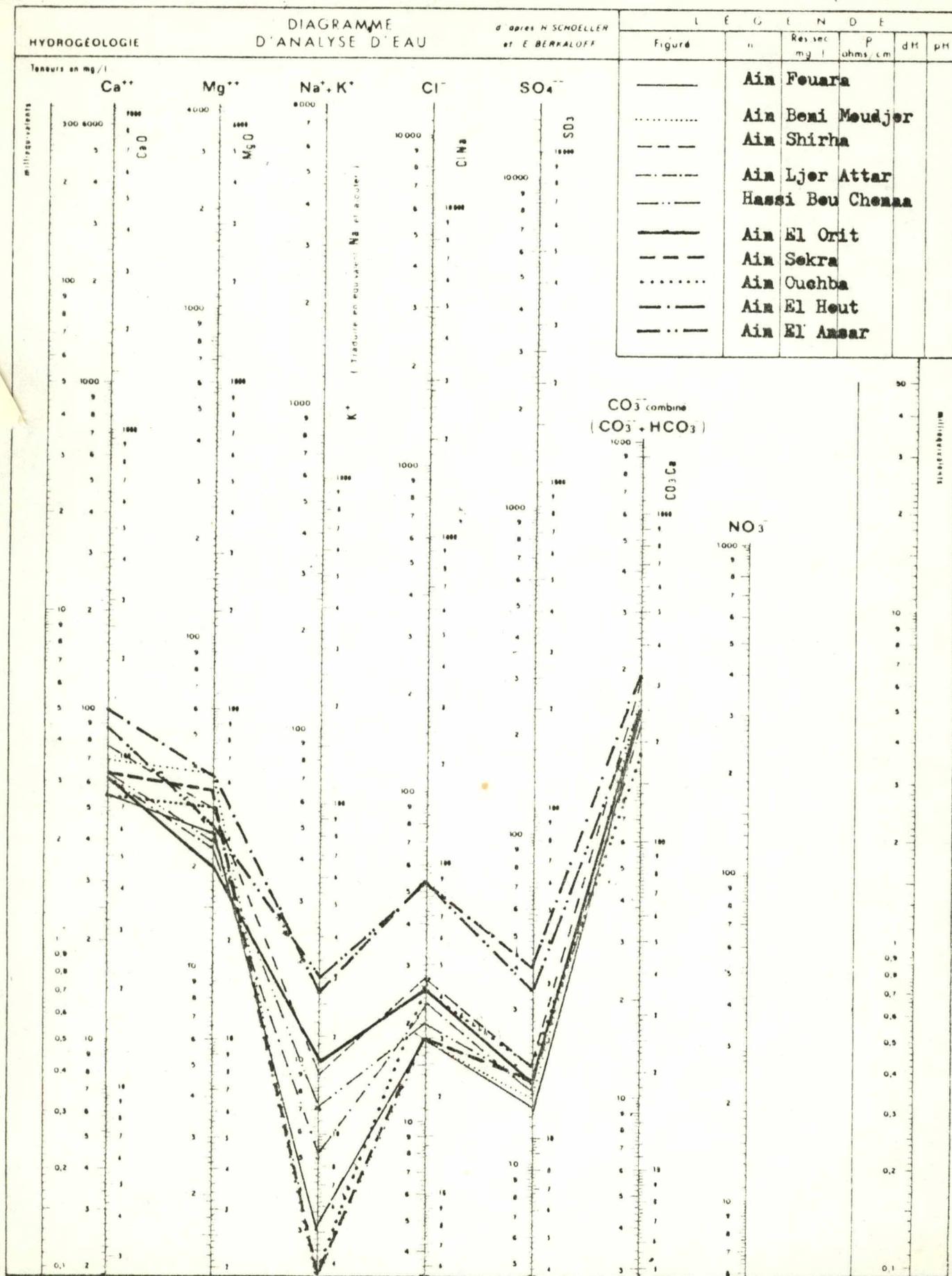
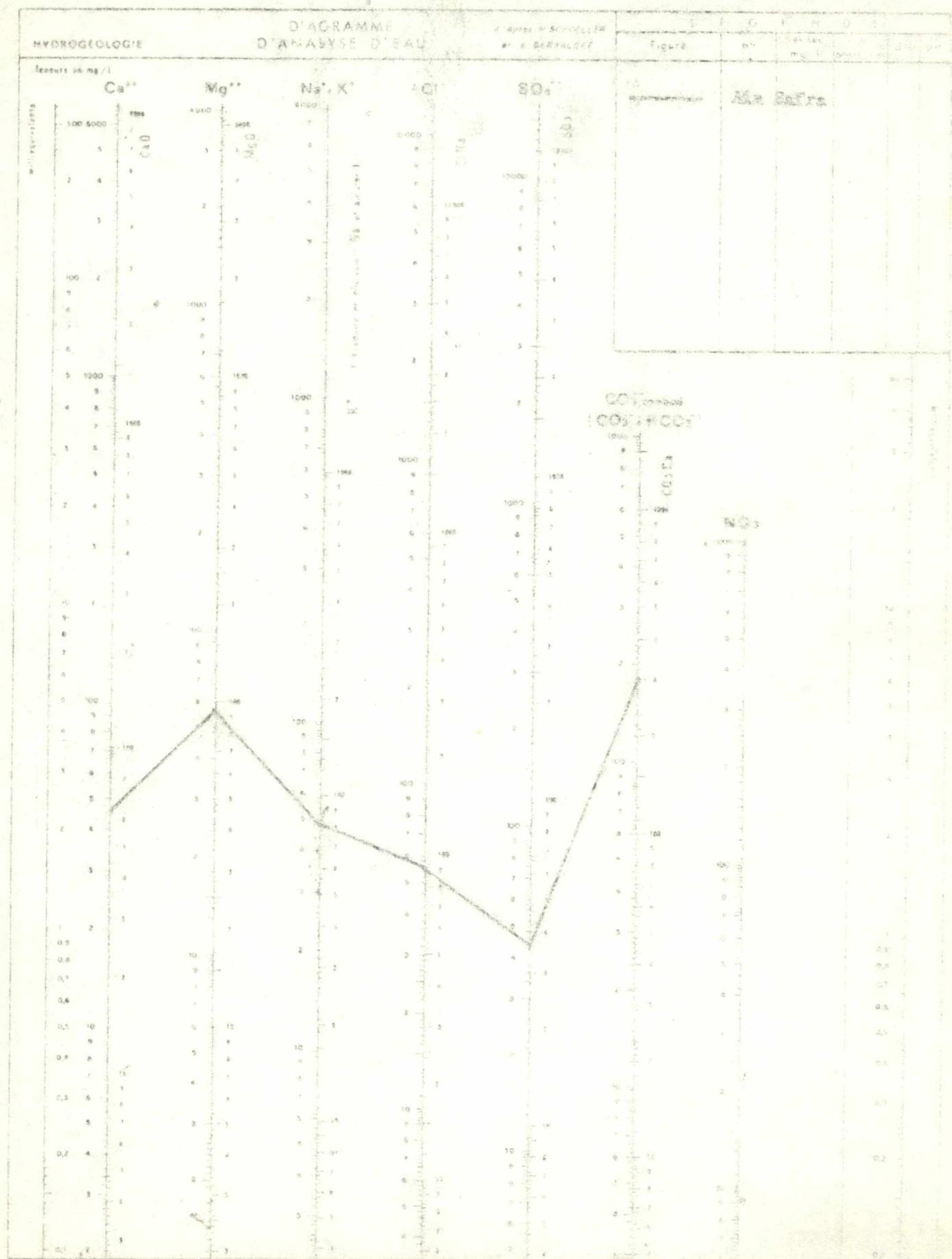


Fig. 70. DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DES PAYSANS DE TLEMZEN ET DES CALCAIRES ASSOCIES



4 - CHIMIE DES EAUX DES DOLOMIES DE TERNY :

Les résultats des analyses chimiques des eaux des dolomies de Terny sont donnés au tableau n° 35, porté en annexes.

4 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

Faible dans l'ensemble, elle varie entre 510 μ s/cm et 780 μ s/cm.

4 - 2 - TENEURS EN Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ :

Les eaux de cette formation montrent des teneurs assez importantes en calcium, variant entre 40 et 69 mg/l.

Par contre, les eaux montrent des teneurs en magnésium assez faibles, ne dépassant pas 32 mg/l (Ain Boukhari)

Le rapport $r \frac{Mg}{Ca}$, inférieur à 1, montre la prédominance du calcium sur le magnésium sauf au niveau d'Ain Boukhari où ce rapport atteint 1.39, ce qui laisse supposer que les eaux de cette dernière source ont circulé essentiellement dans des niveaux dolomitiques.

4 - 3 - TENEURS EN Na⁺ et K⁺ :

Les teneurs en Na⁺ sont faibles, ne dépassant pas généralement 8 mg/l à l'exception d'Ain Sidi Khaled qui en contient 15 mg/l.

Les eaux sont totalement dépourvues en potassium, exception faite pour les eaux d'Ain Chmour qui montrent des traces de cet élément (1 mg/l).

Les rapports $r \frac{Na}{Ca}$ et $r \frac{Na}{Mg}$, inférieurs à 1, montrent la prédominance du calcium et du magnésium sur le sodium.

4 - 4 - TENEURS EN HCO₃⁻ et CO₃⁻ :

Les eaux sont totalement dépourvues en CO₃⁻. Par contre, les teneurs en HCO₃⁻ sont beaucoup plus importantes et peuvent atteindre 281 mg/l (Ain Si Hafif).

Les rapports $r \frac{Cl}{HCO_3^-}$ et $r \frac{SO_4}{HCO_3^-}$, inférieurs à 1, montrent la prédominance des ions HCO₃⁻ sur les ions SO₄⁻ et Cl⁻.

4 - 5 - TENEURS EN Cl⁻ :

Mis à part les eaux d'Ain Chmour et d'Ain Sidi Khaled qui contiennent 30 mg/l, les autres eaux montrent des teneurs de l'ordre de 20 mg/l.

4 - 6 - TENEURS EN SO₄⁻ :

Les ions SO₄⁻ sont présents dans les eaux des dolomies de Terny mais à

des teneurs faibles, ne dépassant pas 28 mg/l.

4 - 7 - FACIES CHIMIQUES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

Le report des analyses chimiques des eaux des dolomies de Terny sur les diagrammes de Schoeller - Berkaloff (Fig. 71 et 72), nous permet de distinguer deux familles :

- famille des eaux bicarbonatées, calciques de formule caractéristique :

$r \text{ HCO}_3 \searrow r \text{ Cl} \searrow r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Ca} \searrow r \text{ Mg} \searrow r \text{ Na} + \text{K}$
correspondant à la majorité des eaux : Ain Thril, Ain Meharas, Ain Sidi Khaled, Ain Si Hafif, Ain Rhenna, Ain Tenngad et Ain Chmour.

- famille des eaux bicarbonatées, magnésiennes de formule caractéristique :
 $r \text{ HCO}_3 \searrow r \text{ Cl} \searrow r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Mg} \searrow r \text{ Ca} \searrow r \text{ Na} + \text{K}$
correspondant à Ain Boukhari.

Les eaux de la première famille ont circulé essentiellement dans des niveaux calcaires des dolomies de Terny alors que les eaux d'Ain Boukhari ont circulé dans des niveaux dolomitiques.

5 - CHIMIE DES EAUX DES GRES TORTONIENS :

Les résultats des analyses chimiques des eaux de cette formation sont donnés au tableau n° 36 mis en annexes.

5 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

Les conductivités des eaux sont moyennes et varient entre 880 et 1369 $\mu\text{S/cm}$.

5 - 2 - TENEURS EN Ca^{++} et Mg^{++} :

Les eaux des grés tortoniens sont assez chargées en calcium avec des teneurs pouvant atteindre 152 mg/l (source près du puits n° 51).

Les teneurs en magnésium sont moyennes pour l'ensemble des eaux à l'exception d'Ain Ouassiren qui est peu chargée en cet élément (18 mg/l).

Le rapport $r \frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$ montre la prédominance du calcium sur le magnésium sauf au niveau des puits n° 60 et 69 où ce rapport est supérieur à 1.10 .

5 - 3 - TENEURS EN Na^+ et K^+ :

Les teneurs en potassium sont faibles et ne dépassent pas 4 mg/l. L'examen des teneurs en sodium montrent deux types d'eaux :

- des eaux dont la teneur ne dépasse pas 15 mg/l (Ain Ouassiren, Ain Deheb et Ain Basso)

Fig. 72 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DES PAYSANS DE SUITE

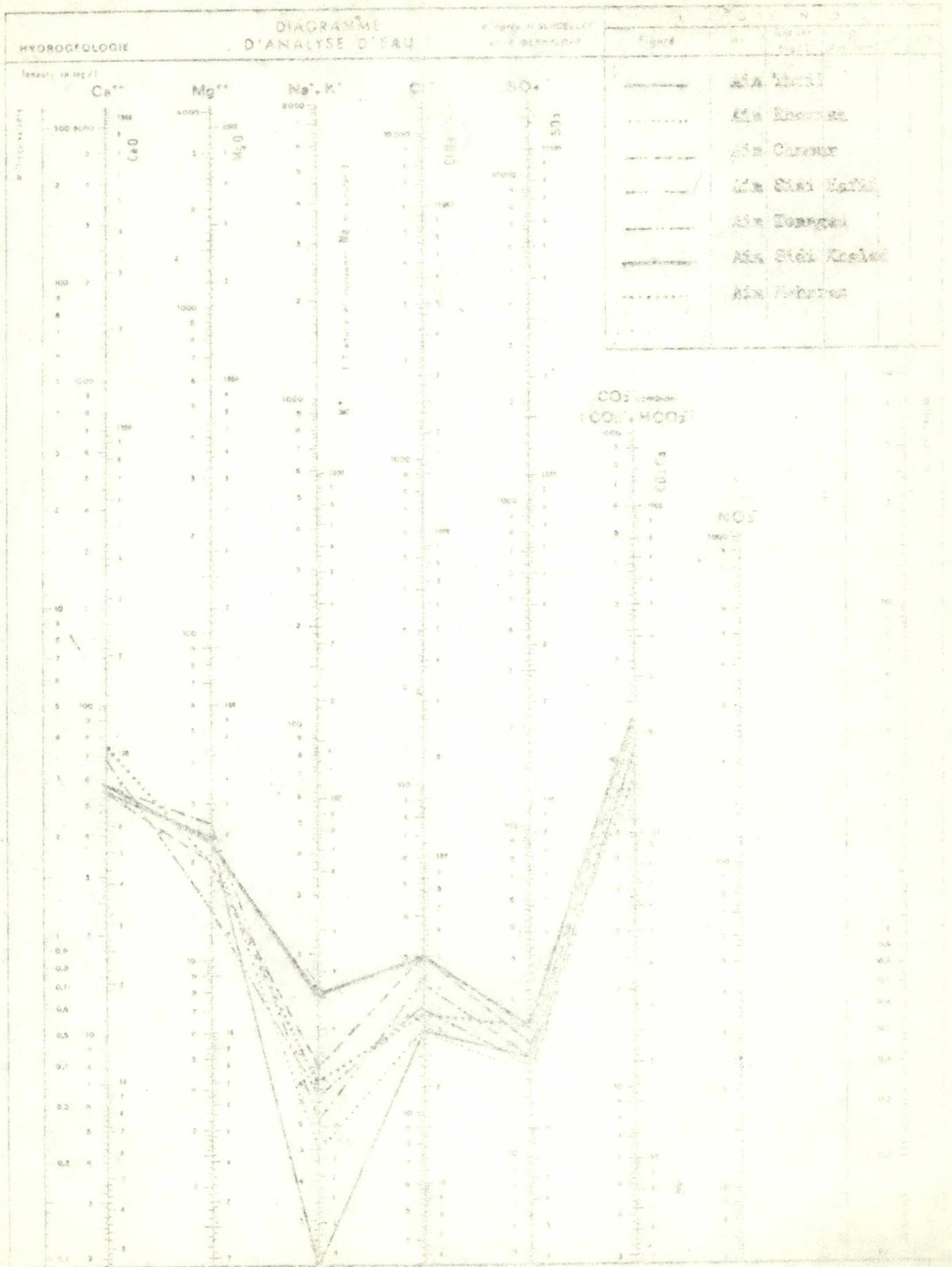
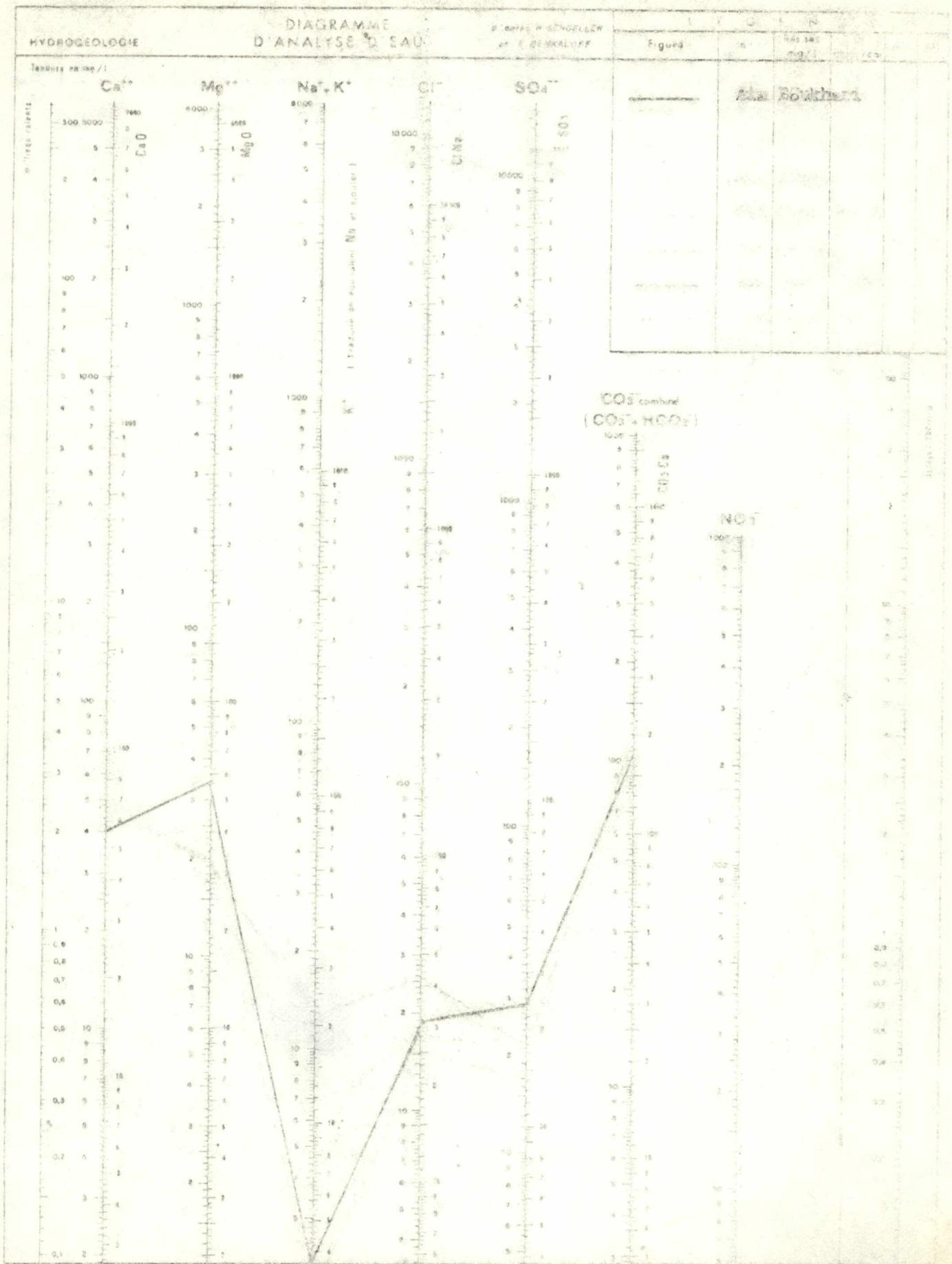


Fig. 72 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DES BRUCIERS DE TRAST



- des eaux, plus chargées, possédant des teneurs variant entre 54 et 80 mg/l. Ceci s'explique par des intercalations argileuses dans les grés.

5 - 4 - TENEURS EN CO_3^{--} et HCO_3^- :

L'examen des résultats d'analyses montre l'absence d'ions CO_3^{--} sauf au niveau du puits n° 69.

Les ions HCO_3^- sont présents, par contre, avec des teneurs supérieures à 275 mg/l et pouvant atteindre 543 mg/l (puits n° 60)

5 - 5 - TENEURS EN Cl^- :

L'examen des teneurs en Cl^- , nous montre comme pour le sodium; deux types d'eaux :

- des eaux, peu chlorurées, avec des teneurs variant de 35 à 51 mg/l (Ain Ouassiren; Ain Deheb et Ain Basso)

- des eaux plus chlorurées, présentant des teneurs en Cl^- dépassant 128 mg/l (puits n° 69, 54, 60, source près du puits n° 51 et source de l'oued Bou Azzoune)

L'examen du rapport $r \frac{\text{Cl}}{\text{HCO}_3}$, supérieur à 1, montre la prédominance de l'ion Cl^- sur HCO_3^- au niveau des puits n° 69, 54 et de la source près du puits n°51. Pour les autres eaux, ce rapport est inférieur à 1 et montre la prédominance des ions HCO_3 sur les ions Cl.

5 - 6 - TENEURS EN SO_4^{--} :

D'une manière générale, les eaux sont peu sulfatées . Elles montrent des teneurs ne dépassant pas 42 mg/l.

Le rapport $r \frac{\text{SO}_4}{\text{HCO}_3}$, inférieur à 1, montre la prédominance des ions HCO_3 sur les ions SO_4 .

5 - 7 - TENEURS EN SILICE :

Les teneurs en cet élément, pas très variables, varient entre 11 et 15 mg/l.

5 - 8 - FACIES CHIMIQUES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

Le report des analyses sur diagrammes (Fig. 73 à 76), nous permet de mettre en évidence quatre familles :

- famille des eaux chlorurées, magnésiennes de formule :

$r \text{ Cl} \rangle r \text{ HCO}_3 \rangle r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Mg} \rangle r \text{ Ca} \rangle r \text{ Na} + \text{K}$
correspondant au puits n° 69.

Fig. 73 - DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DES GRES TORTONIENS

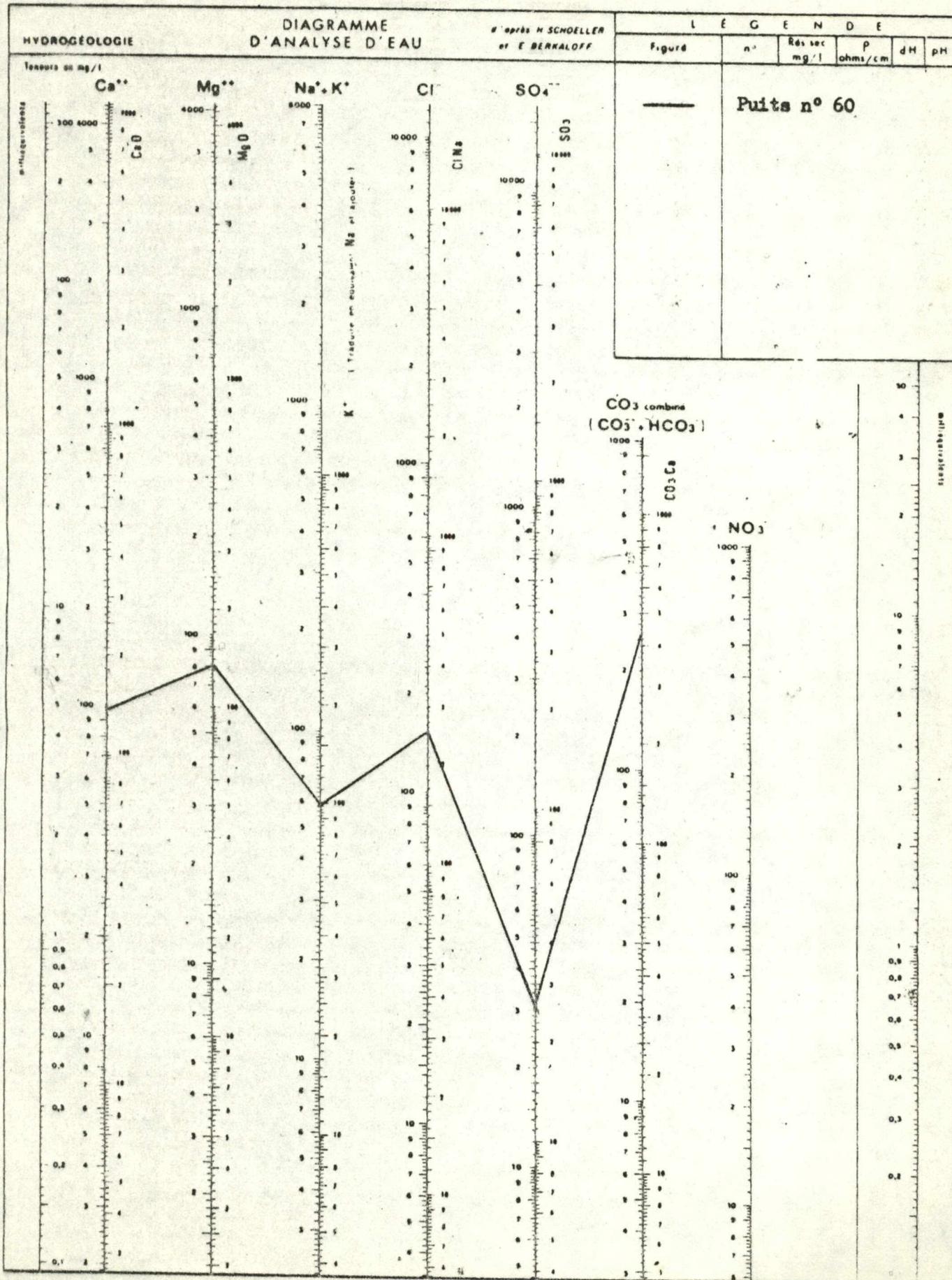
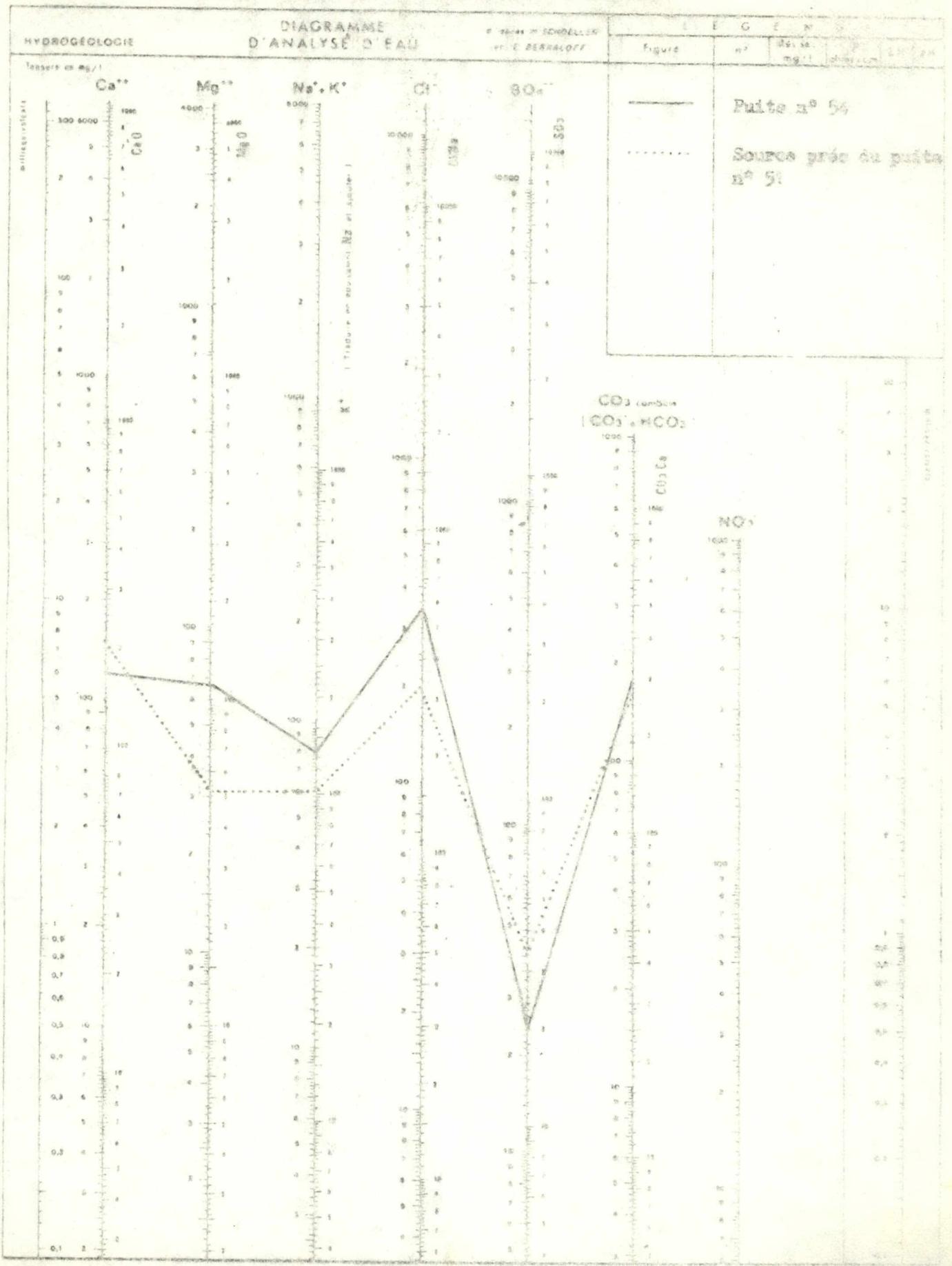


Fig. 74 - DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DES GISES TORONTOISES.



- famille des eaux bicarbonatées, magnésiennes de formule :

$r \text{ HCO}_3 \rangle r \text{ Cl } \rangle r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Mg } \rangle r \text{ Ca } \rangle r \text{ Na} + k$
correspondant au puits n° 60.

- famille des eaux chlorurées, calciques de formule :

$r \text{ Cl } \rangle r \text{ HCO}_3 \rangle r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Ca } \rangle r \text{ Mg } \rangle r \text{ Na} + k$
correspondant au puits n° 54 et à la source près du puit n° 51.

- famille des eaux bicarbonatées, calciques de formule :

$r \text{ HCO}_3 \rangle r \text{ Cl } \rangle r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Ca } \rangle r \text{ Mg } \rangle r \text{ Na} + k$
correspondant à la source de l'oued Bou Azzoune, à Ain Ouassiran, à Ain Deheb et à
Ain Basso.

6 - CHIMIE DES EAUX DES SOURCES THERMALES :

Dans la région d'étude, nous avons trois sources thermales :

- AIN TAHAMAMIT :

Coordonnées : X = 133.975
Y = 190.700
Lambert

C'est une source thermale ayant un débit de l'ordre de 14 l/s (Mai 1981). Elle émerge à la faveur d'une faille de direction NNE - SSW. Sa température est de 30° C (Mai 1981). Si on prend comme degré géothermique une valeur de 1° C pour 33 mètres, cette source proviendrait d'une profondeur de 330 mètres (Nous avons pris une température ambiante égale à 20° C).

- AIN EL HAMMAM :

Coordonnées : X = 125.500
Y = 188.050
Lambert

Elle émerge à la faveur d'une faille de direction NNE - SSW. Son débit est de l'ordre de 8 l/s et sa température de 32° C. Ses eaux proviendraient d'une profondeur de 396 mètres.

- AIN KRANNEZ :

Coordonnées : X = 137.375
Y = 179.675
Lambert

Elle est conditionnée par l'accident majeur de direction ESE - WNW . Son débit est faible (0.25 l/s) et sa température est de 25 °C. Ses eaux proviendraient d'une profondeur de 165 mètres.

Les résultats des analyses chimiques de ces eaux sont donnés au tableau
ci - dessous :

858344,87
3857 240,26

Fig. 75 - DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DES GRES TORTONIENS.

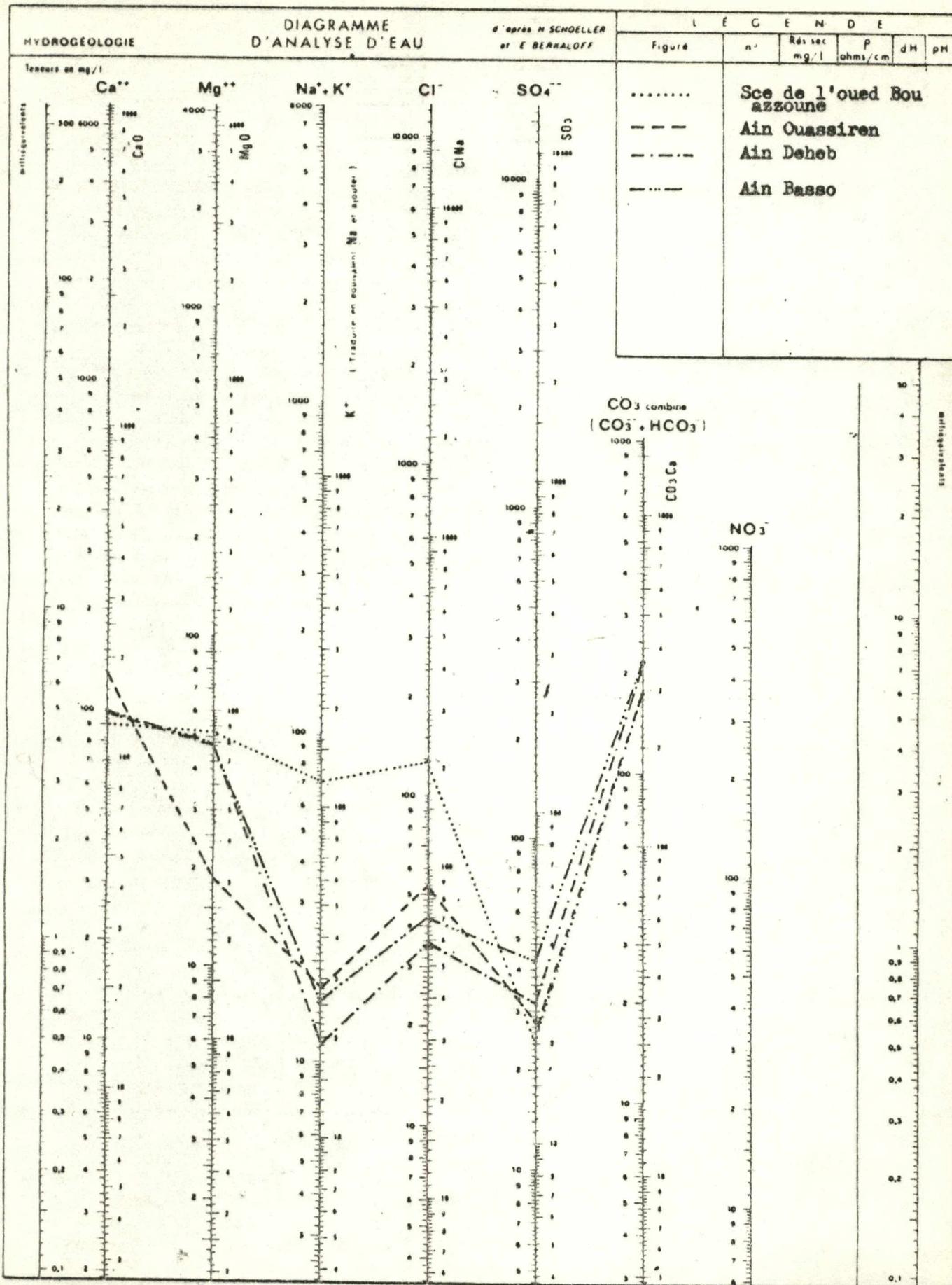
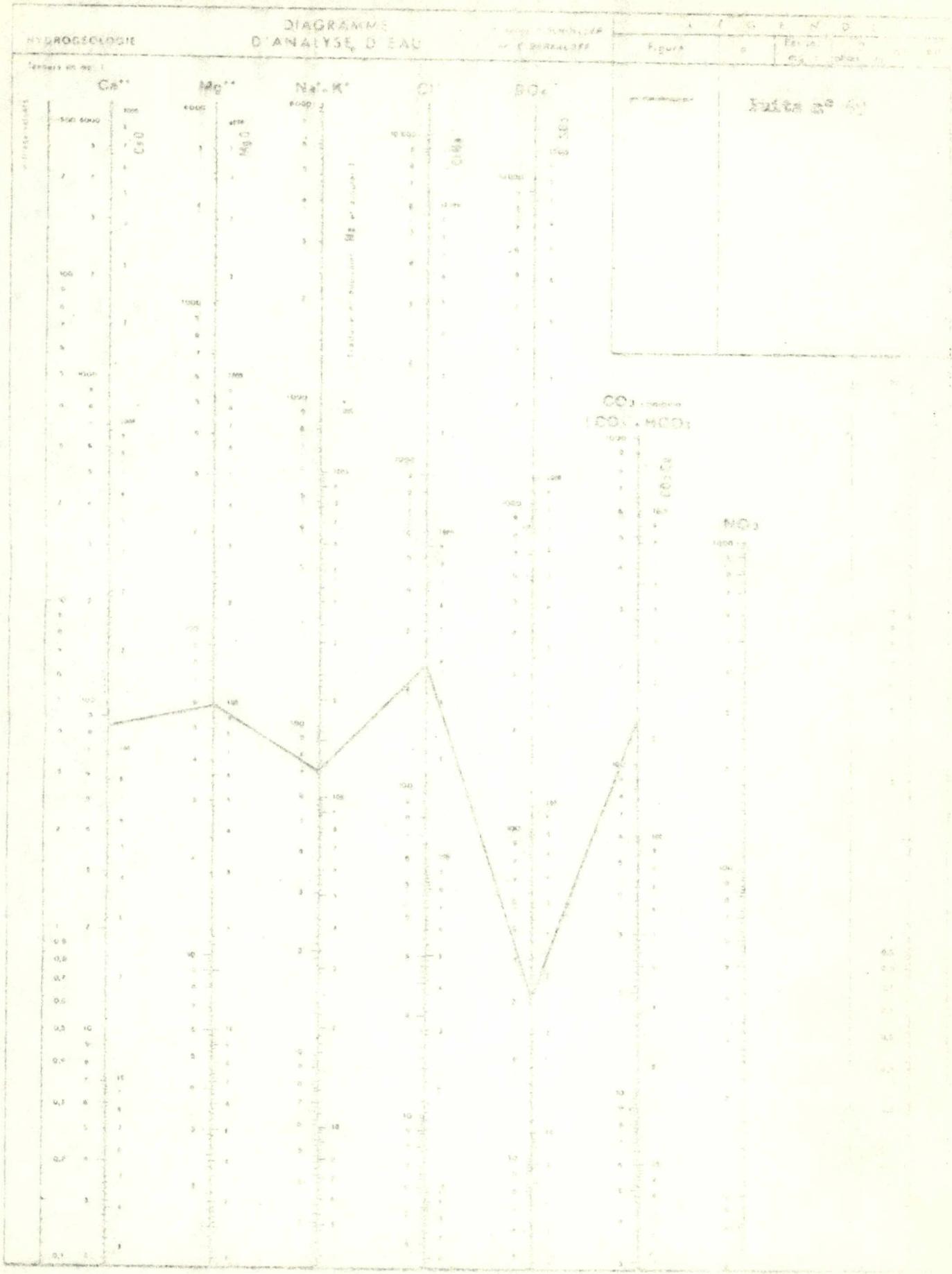


Fig. 76 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES SALES MINÉRAUX PARQUÉTIENS.



	pH	C	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	TH	TAC
Ain Tahamamit	7.1	900	64 3.2	54 4.40	15 0.65	3 0.07	366 6	0 0	32 0.67	55 1.55	38 7.60	225.9
Ain El Hammam	7.9	850	52 2.6	35 2.90	19 0.82	3 0.07	235 3.85	0 0	36 0.75	56 1.58	28 5.60	145
Ain Krannez	7.4	830	30 1.5	72 5.92	8 0.34	1 0.02	385 6.31	0 0	20 0.41	21 0.59	37 7.40	237

6 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

Les eaux des sources thermales, de notre région d'étude, ont des conductivités faibles allant de 830 à 900 μ s/cm.

6 - 2 - TENEURS EN Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ :

L'examen des teneurs montre qu'ain Krannez est peu chargée en calcium par rapport aux eaux d'Ain Tahamamit et d'Ain El Hammam.

Ces eaux sont assez chargées en magnésium. Le rapport $r \frac{Mg}{Ca}$, supérieur à 1, montre la prédominance du magnésium sur le calcium.

6 - 3 - TENEURS EN Na⁺ et K⁺ :

Les teneurs en potassium sont faibles et ne dépassent pas 3 mg/l. Pour le sodium, les teneurs ne dépassent pas 15 mg/l.

Les rapports $r \frac{Na}{Mg}$ et $r \frac{Na}{Ca}$, très inférieurs à 1, montrent la prédominance du magnésium et du calcium sur le sodium.

6 - 4 - TENEURS EN HCO₃⁻ et CO₃⁻ :

Les eaux des sources thermales sont totalement dépourvues en CO₃⁻. Les ions HCO₃⁻ sont abondants et représentent un fort pourcentage de la minéralisation totale (65 % dans le cas d'Ain Krannez).

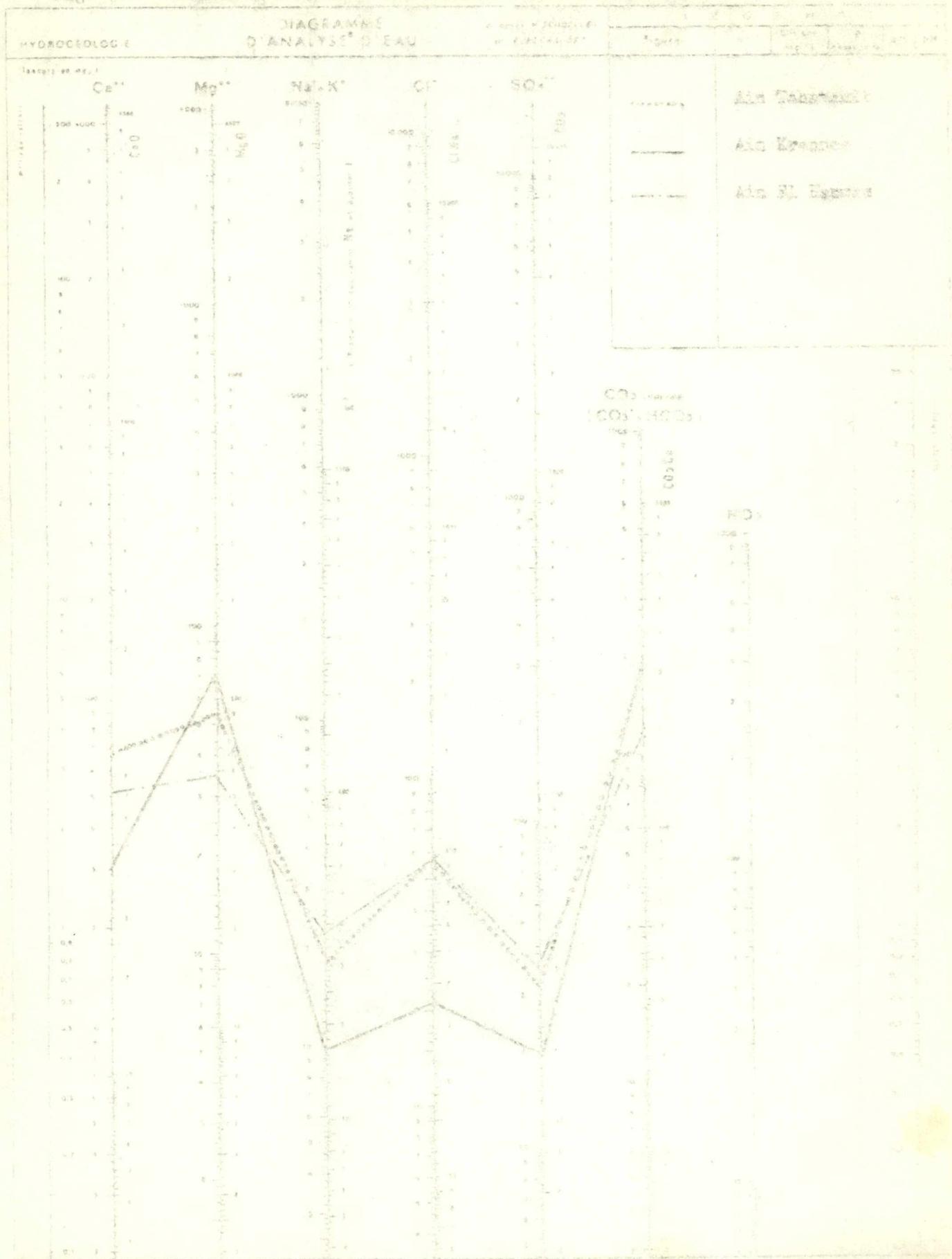
6 - 5 - TENEURS EN Cl⁻ :

Ain Krannez montre une faible teneur en Cl⁻ (21 mg/l) contrairement à Ain Tahamamit et Ain El Hammam où la teneur atteint 56 mg/l.

6 - 6 - TENEURS EN SO₄⁻ :

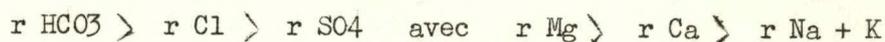
Les eaux, peu sulfatées, ont des teneurs qui ne dépassent pas 36 mg/l.

Fig. 77 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DES SOURCES MINÉRALES.



6 - 7 - FACIES CHIMIQUES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

L'examen des diagrammes semi logarithmiques (Fig. 77), nous montre que toutes les eaux des sources thermales, de notre secteur d'étude, appartiennent à la même famille de faciès bicarbonaté, magnésien et de formule caractéristique :



ce faciès magnésien nous indique que ces eaux proviennent de réservoirs profonds dolomitiques.

7 - CHIMIE DES EAUX DE LA PLAINE D'HENNAYA :

Les résultats des analyses chimiques des eaux de la plaine d'Hennaya sont donnés au tableau n° 37, porté en annexes.

Comme la plaine d'Hennaya ne constitue pas un faciès lithologique auquel on puisse lier un type d'eau, nous examinerons les eaux en fonction des lithofaciès.

7 - 1 - EAUX DES MARNES HELVETIENNES :

Les marnes helvétiques admettent des bancs gréseux qui peuvent contenir de l'eau.

7 - 1 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

La conductivité des eaux, de cette formation, est très élevée pouvant atteindre 7865 $\mu\text{S/cm}$ (puits n° 6)

7 - 1 - 2 - TENEURS EN Ca^{++} et Mg^{++} :

Les teneurs en calcium varient entre 5.95 et 9.70 % de la minéralisation totale.

Ces eaux, peu magnésiennes, ont des teneurs variant entre 63 et 316 mg/l.

7 - 1 - 3 - TENEURS EN Na^+ et K^+ :

Les eaux des marnes helvétiques sont peu potassiques et très sodiques. Le sodium est présent à des teneurs très élevées pouvant atteindre 1180 mg/l.

Les rapports $r \frac{\text{Na}}{\text{Mg}}$ et $r \frac{\text{Na}}{\text{Ca}}$, très supérieurs à 1, montrent la prédominance du sodium sur le magnésium et sur le calcium .

7 - 1 - 4 - TENEURS EN HCO_3^- et CO_3^{--} :

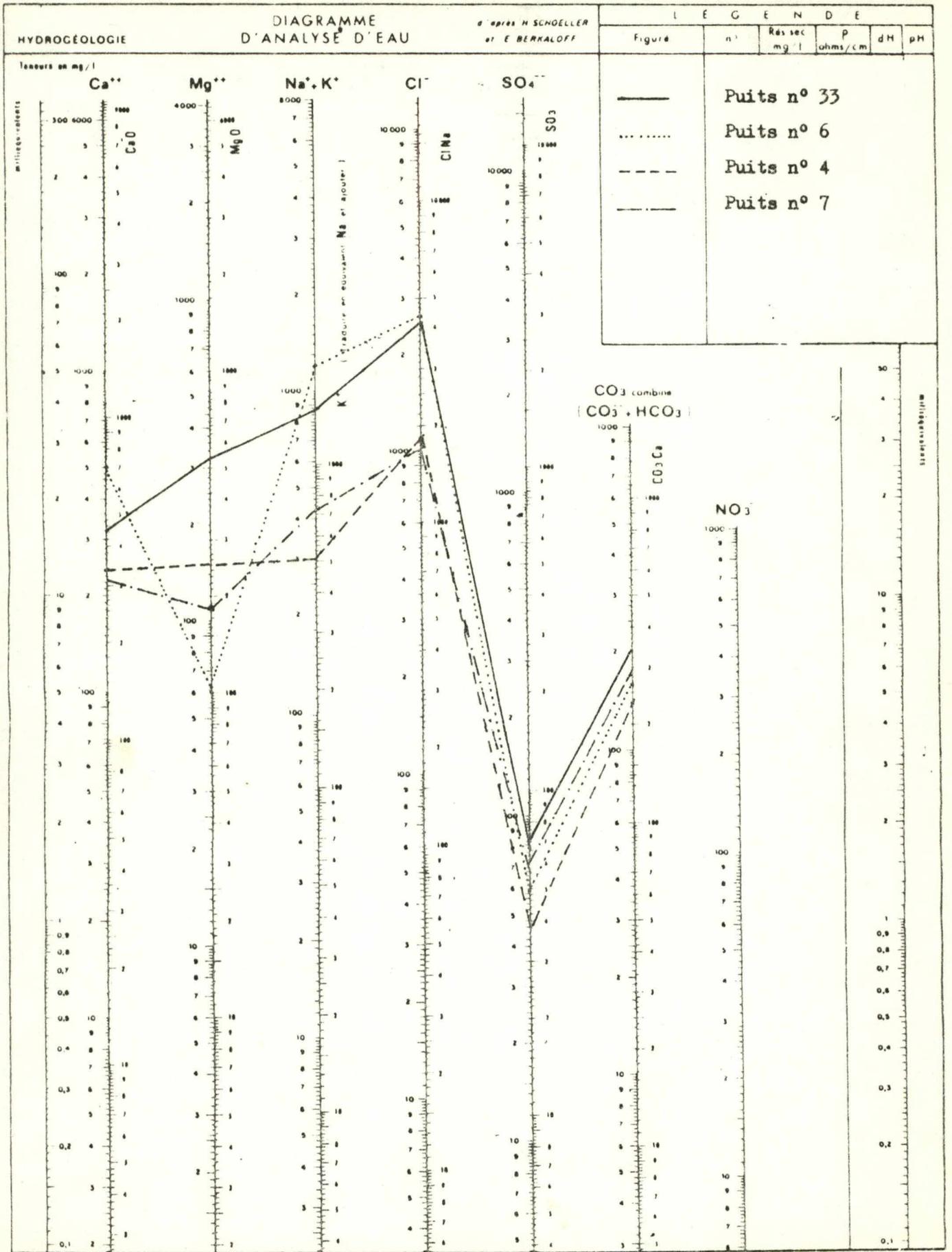
Totalement dépourvues en CO_3^{--} , les eaux des marnes contiennent des ions HCO_3^- à des teneurs faibles variant entre 287 et 396 mg/l.

7 - 1 - 5 - TENEURS EN Cl^- :

Ces eaux sont très riches en Cl^- . Les teneurs sont supérieures à 900 mg/l et peuvent atteindre 2584 mg/l (puits n° 33).

Le rapport $r \frac{\text{Cl}}{\text{HCO}_3}$ montre la prédominance de Cl^- sur HCO_3^-

Fig. 78 - DIAGRAMME D'ANALYSES DES EAUX DE LA PLAINE D'HENNAYA (EAUX DES MARNES HELVETIENNES)



7 - 1 - 6 - TENEURS EN SO_4^{--} :

Les eaux sont peu sulfatées et ont des teneurs qui ne dépassent pas 80 mg/l.

7 - 1 - 7 - FACIES CHIMIQUES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

Le report des analyses sur les diagrammes de Schoeller - Berkaloff (Fig. 78), nous permet de distinguer une famille d'eaux chlorurées, sodiques comprenant deux groupes de formules caractéristiques :

$r \text{ Cl} \rangle r \text{ HCO}_3 \rangle r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Na} + \text{K} \rangle r \text{ Mg} \rangle r \text{ Ca}$
correspondant aux puits n° 33 et 4

$r \text{ Cl} \rangle r \text{ HCO}_3 \rangle r \text{ SO}_4$ avec $r \text{ Na} + \text{k} \rangle r \text{ Ca} \rangle r \text{ Mg}$
correspondant aux puits n° 6 et 7.

7 - 1 - 8 - INDICE D'ECHANGE DE BASE :

Il est toujours positif et varie entre 0.30 et 0.59.

7 - 2 - EAUX DES GRES TORTONIENS :

7 - 2 - 1 - LA CONDUCTIVITE :

Nous pouvons distinguer deux types d'eaux :

- des eaux à conductivité faible, de l'ordre de $650 \mu\text{s/cm}$ (Ain Hennaya, et puits de la cave d'Hennaya).

- des eaux à conductivité plus élevée, dépassant $1400 \mu\text{s/cm}$

7 - 2 - 2 - TENEURS EN Ca^{++} et Mg^{++} :

Le rapport $r \frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$, inférieur à 1, montre la prédominance du calcium sur le magnésium sauf pour les eaux d'Ain Hennaya et du puits n° 13 où il dépasse 1.

7 - 2 - 3 - TENEURS EN Na^+ et K^+ :

Le potassium est présent dans ces eaux mais à des teneurs très faibles ne dépassant pas 1 mg/l sauf au niveau du puits n° 13 (13 mg/l)

La teneur en sodium est plus élevée et peut atteindre 126 mg/l (puits n° 36).

Les rapports $r \frac{\text{Na}}{\text{Mg}}$ et $r \frac{\text{Na}}{\text{Ca}}$, inférieurs à 1, montrent la prédominance du calcium et du magnésium sur le sodium.

7 - 2 - 4 - TENEURS EN HCO_3^{--} et CO_3^{--} :

Les eaux sont totalement dépourvues en ions CO_3^{--} et riches en ions HCO_3^{--} . Les teneurs, en cet élément, varient de 330 à 470 mg/l.

7 - 2 - 5 - TENEURS EN Cl⁻ :

Mis à part Ain Hennaya qui est peu chlorurée (45 mg/l), les autres points d'eau ont des teneurs beaucoup plus élevées, variant entre 170 et 412 mg/l.

7 - 2 - 6 - TENEURS EN SO₄⁻⁻⁻ :

Les eaux des grés tortoniens, peu sulfatées, ont des teneurs ne dépassant pas 69 mg/l.

Les rapports $r \frac{SO_4}{Cl}$ et $r \frac{SO_4}{HCO_3^-}$, très inférieurs à 1, montrent la prédominance de Cl⁻ et de HCO₃⁻ sur SO₄⁻⁻⁻.

7 - 2 - 7 - FACIES CHIMIQUES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

Le report des analyses sur les diagrammes de Schoeller - Berkaloff (Fig. 79 à 81), nous permet de distinguer trois familles :

- famille des eaux chlorurées, calciques comprenant deux groupes de formules caractéristiques :

1) $r Cl \succ r HCO_3 \succ r SO_4$ avec $r Ca \succ r Mg \succ r Na + K$
correspondant aux puits n°1, 2, 3 et 17

2) $r Cl \succ r HCO_3 \succ r SO_4$ avec $r Ca \succ r Na + K \succ r Mg$
correspondant au puits n° 36.

- famille des eaux bicarbonatées, calciques de formule caractéristique :

$r HCO_3 \succ r Cl \succ r SO_4$ avec $r Ca \succ r Mg \succ r Na + K$
correspondant au puits de la cave d'Hennaya.

- famille des eaux bicarbonatées, magnésiennes de formule :

$r HCO_3 \succ r Cl \succ r SO_4$ avec $r Mg \succ r Ca \succ r Na + K$
correspondant au puits n° 13 et à Ain Hennaya.

7 - 2 - 8 - INDICE D'ECHANGE DE BASE :

Il est toujours positif et varie entre 0.37 et 0.56 .

7 - 3 - EAUX DES CONGLOMERATS :

7 - 3 - 1 - CONDUCTIVITE :

Les eaux des conglomérats ont une conductivité moyenne de l'ordre de 1500 μ s/cm, valable pour la majorité des eaux. Les eaux se trouvant à l'aval de la nappe (Ain Hallilifa, Ain El Kahla) ont des conductivités plus élevées, dépassant 2000 μ s/cm. Ceci est dû au trajet des eaux plus long et à l'évaporation.

7 - 3 - 2 - TENEURS EN Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ :

La majorité des eaux a une teneur moyenne en calcium de l'ordre de 90 - 100 mg/l. Les eaux, se trouvant à l'aval de la nappe, sont plus calciques comme c'est

Fig. 79 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DE LA PLAINE D'HENNAYA (EAUX DES GRES TORTONIENS)

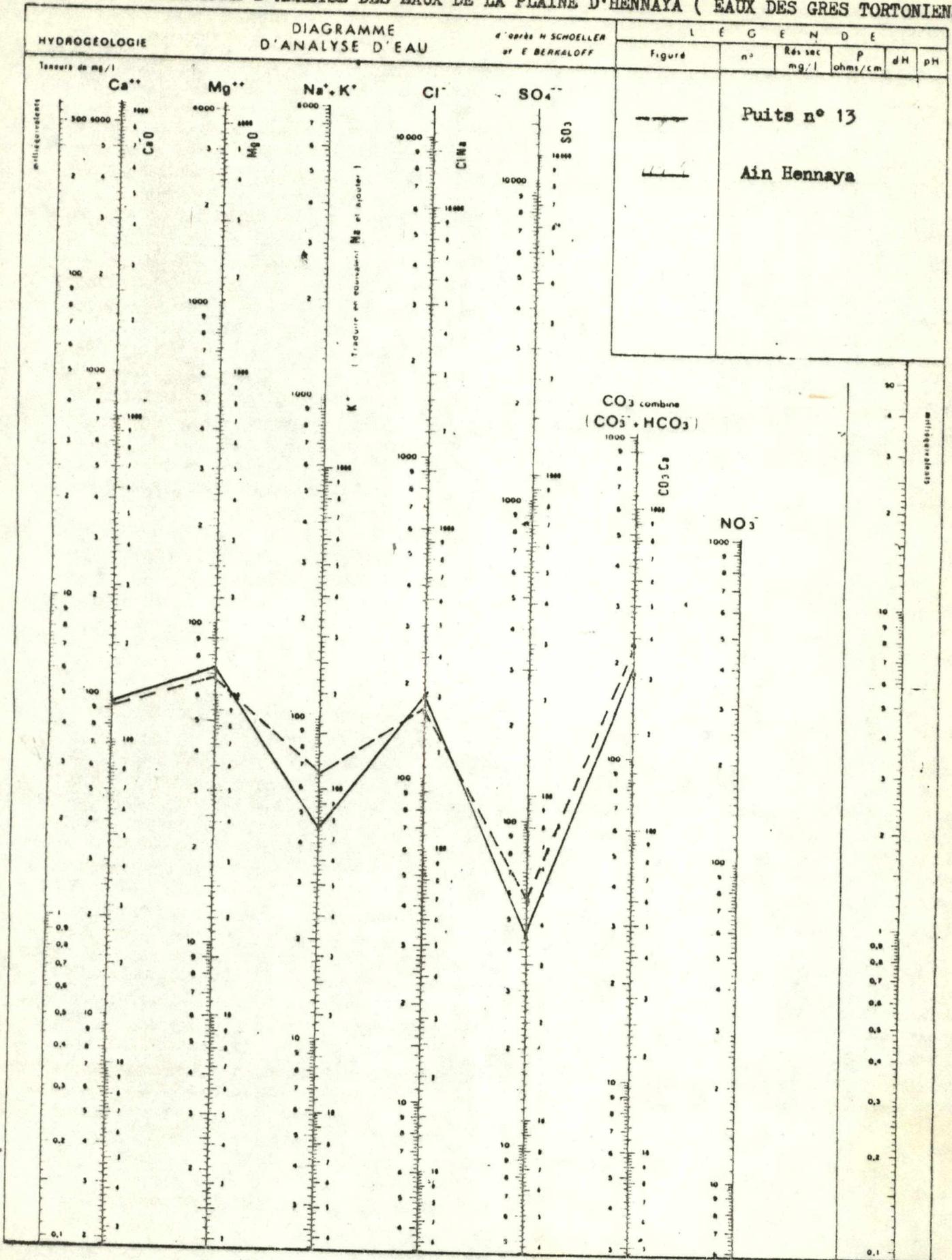


Fig. 80 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DE LA PLAINE D'HENNAYA (EAUX DES GRES PORTONIENS)

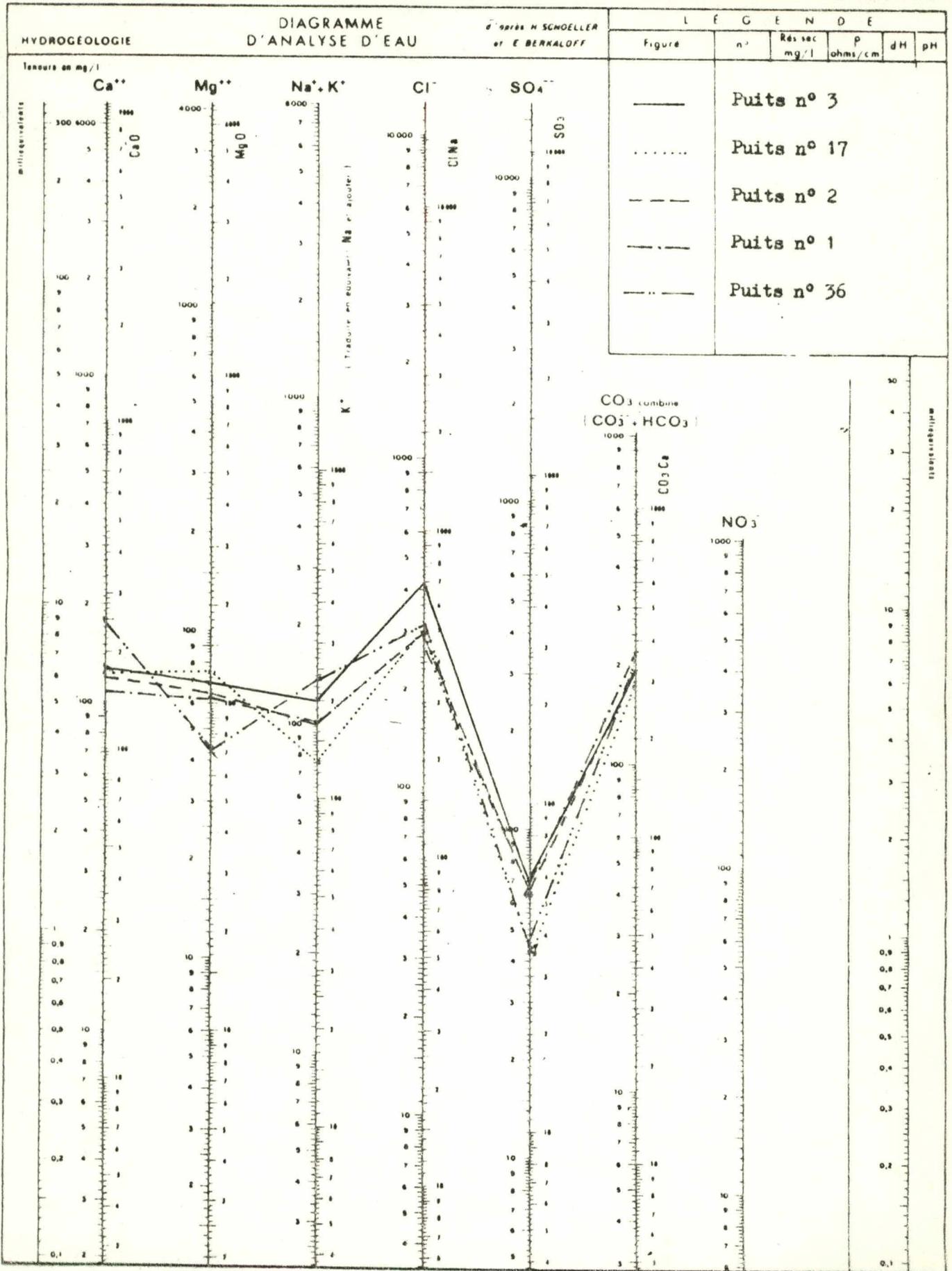
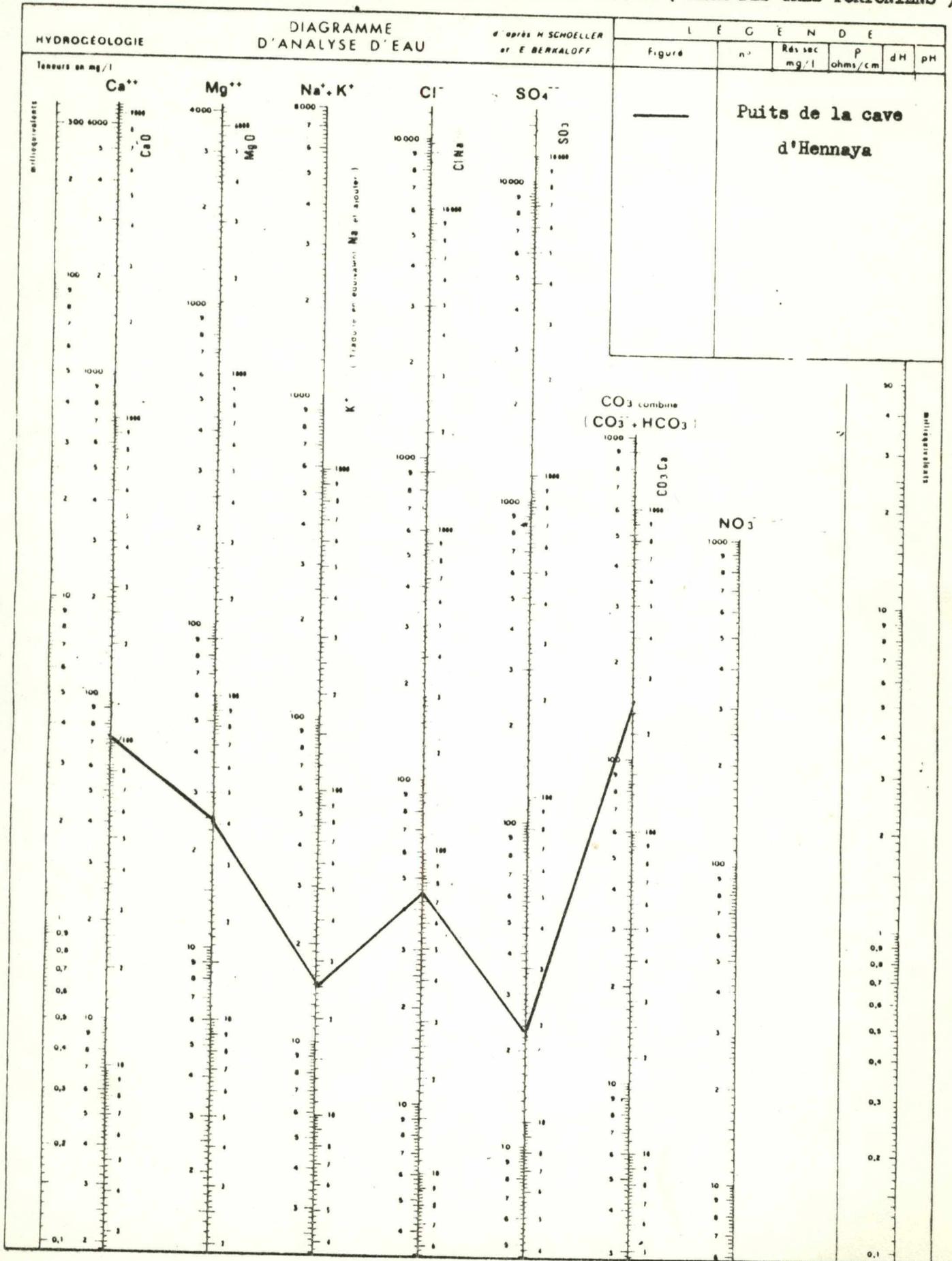


Fig. 81 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DE LA PLAINE D'HENNAYA (EAUX DES GRES TORTONIENS)



le cas pour Ain Kahla (150 mg/l) et le puits n° 26 (154 mg/l).

Ces eaux sont très magnésiennes et ont des teneurs comprises entre 67 et 131 mg/l.

Pour la totalité des eaux, le rapport $r \frac{Mg}{Ca}$ est supérieur à 1 et montre la prédominance du magnésium sur le calcium.

7 - 3 - 3 - TENEURS EN Na^+ et K^+ :

Le potassium est présent dans ces eaux mais à des teneurs faibles, ne dépassant pas 4 mg/l.

Les teneurs en sodium, assez voisines pour la majorité des eaux, varient de 70 à 90 mg/l à l'exception des eaux de l'aval de la nappe où la teneur est voisine de 200 mg/l.

Le rapport $r \frac{Na}{Ca}$, inférieur à 1, indique la prédominance du calcium sur le sodium sauf au niveau d'Ain Kahla et Ain Hallilifa où il atteint respectivement 1.15 et 1.33.

Le rapport $r \frac{Na}{Mg}$, également inférieur à 1, montre la prédominance du magnésium sur le sodium pour la totalité des eaux.

7 - 3 - 4 - TENEURS EN HCO_3^- et CO_3^{--} :

Totalement dépourvues en CO_3^{--} , les eaux des conglomérats montrent des teneurs en HCO_3^- comprises entre 300 et 400 mg/l à l'exception d'Ain Hallilifa qui n'en contient que 260 mg/l.

Les rapports $r \frac{SO_4}{HCO_3^-}$ et $r \frac{Cl}{HCO_3^-}$ montrent la prédominance des chlorures sur les bicarbonates et de ces derniers sur les sulfates.

7 - 3 - 5 - TENEURS EN SO_4 :

Les eaux des conglomérats, peu sulfatées, montrent des teneurs qui ne dépassent pas 94 mg/l. La majorité des eaux a une teneur de l'ordre de 60 mg/l.

7 - 3 - 6 - TENEURS EN Cl^- :

Dans l'ensemble, les teneurs en Cl^- sont comprises entre 270 et 370 mg/l. Cependant, certaines eaux se trouvant à l'aval de la nappe montrent des teneurs supérieures à 500 mg/l (Ain Kahla, Ain Hallilifa et puits n° 26 contenant respectivement 727, 674 et 525 mg/l de Cl^-)

7 - 3 - 7 - TENEURS EN SiO_2 :

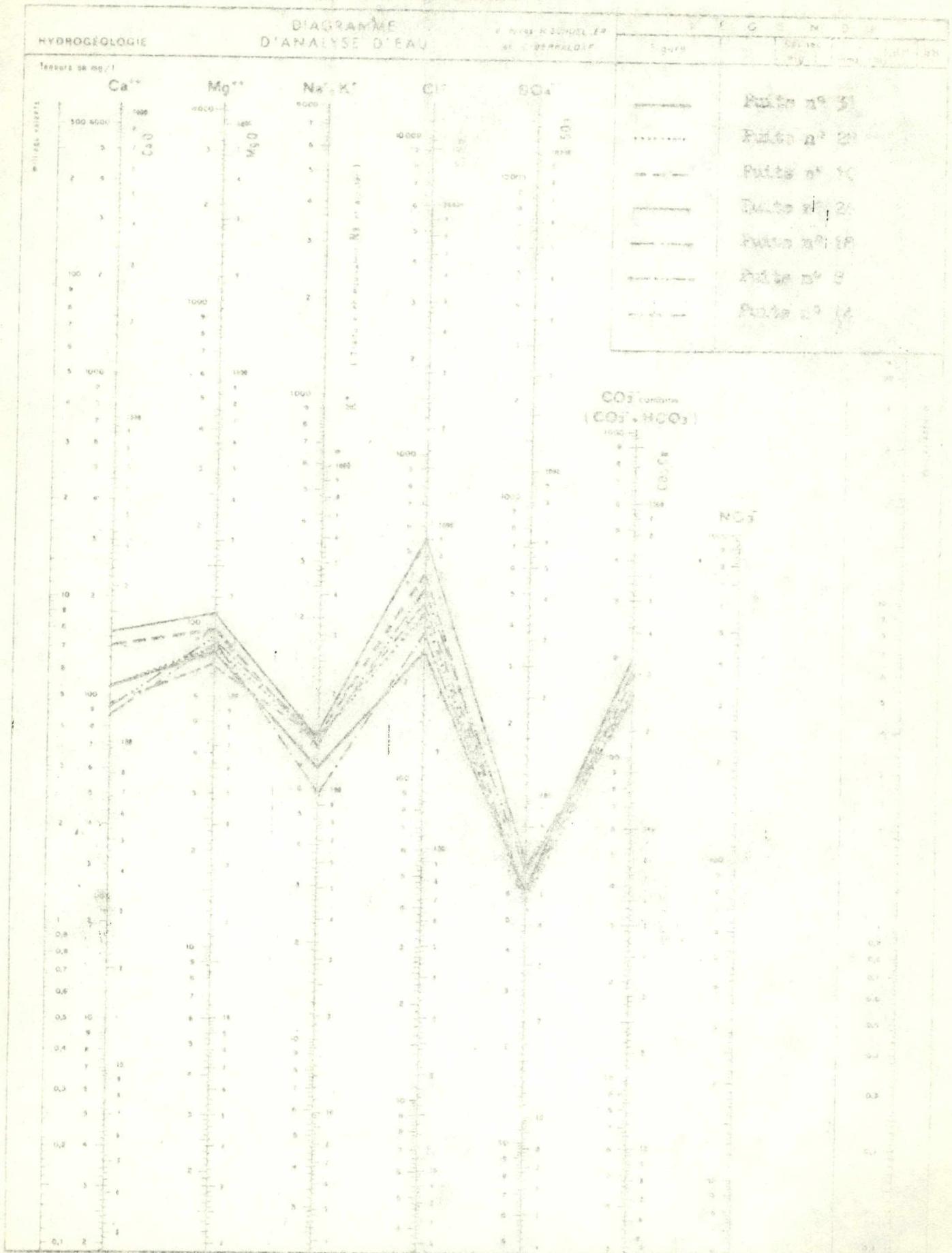
Les teneurs en silice sont assez voisines pour l'ensemble des eaux et varient entre 16 et 22 mg/l.

7 - 3 - 8 - TENEURS EN Fe^{++} + Fe^{+++} :

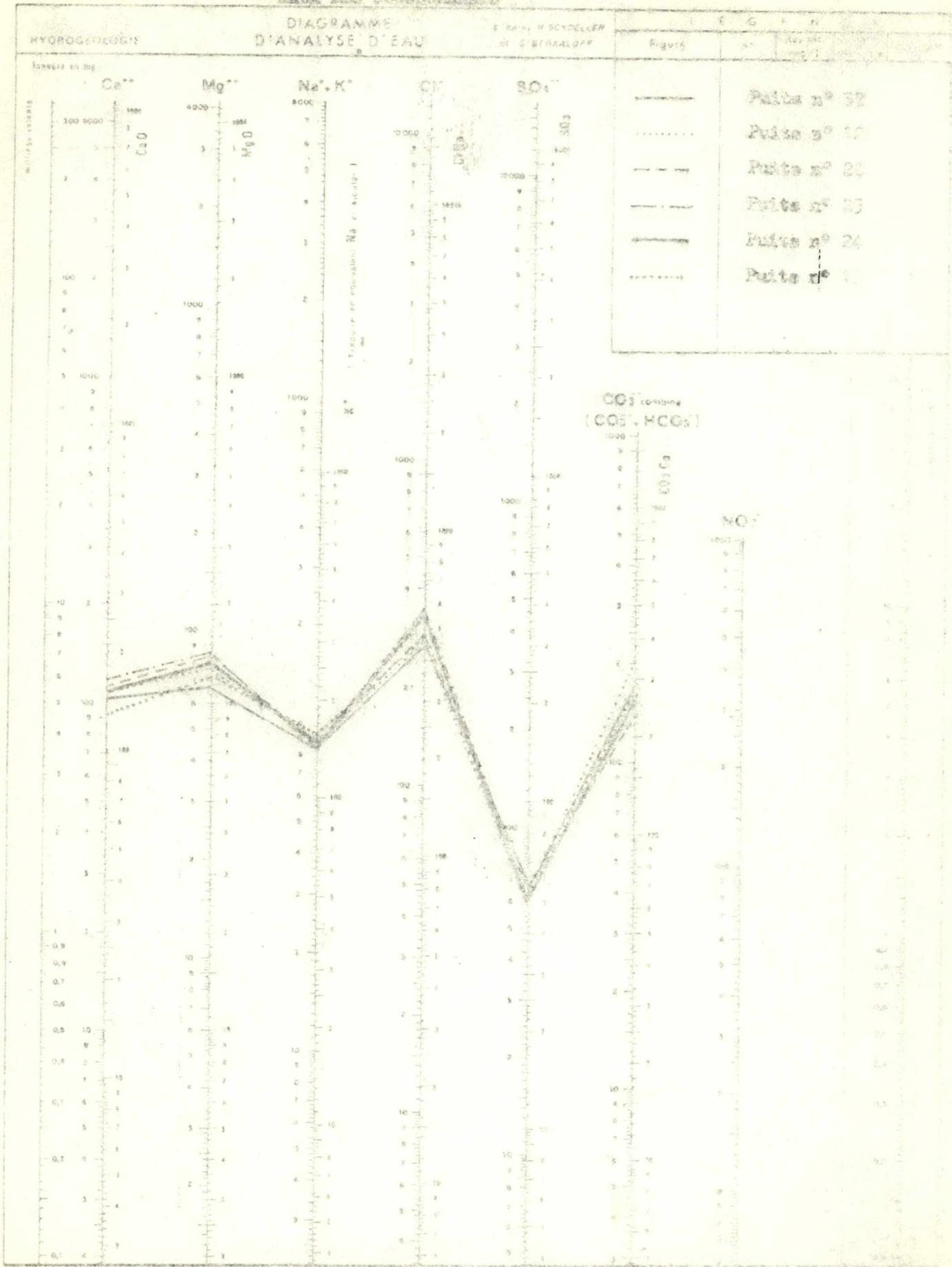
L'analyse chimique des eaux des conglomérats n'a révélé aucune trace de

Fig. 82 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DE LA PROVINCE D'ALGERIA

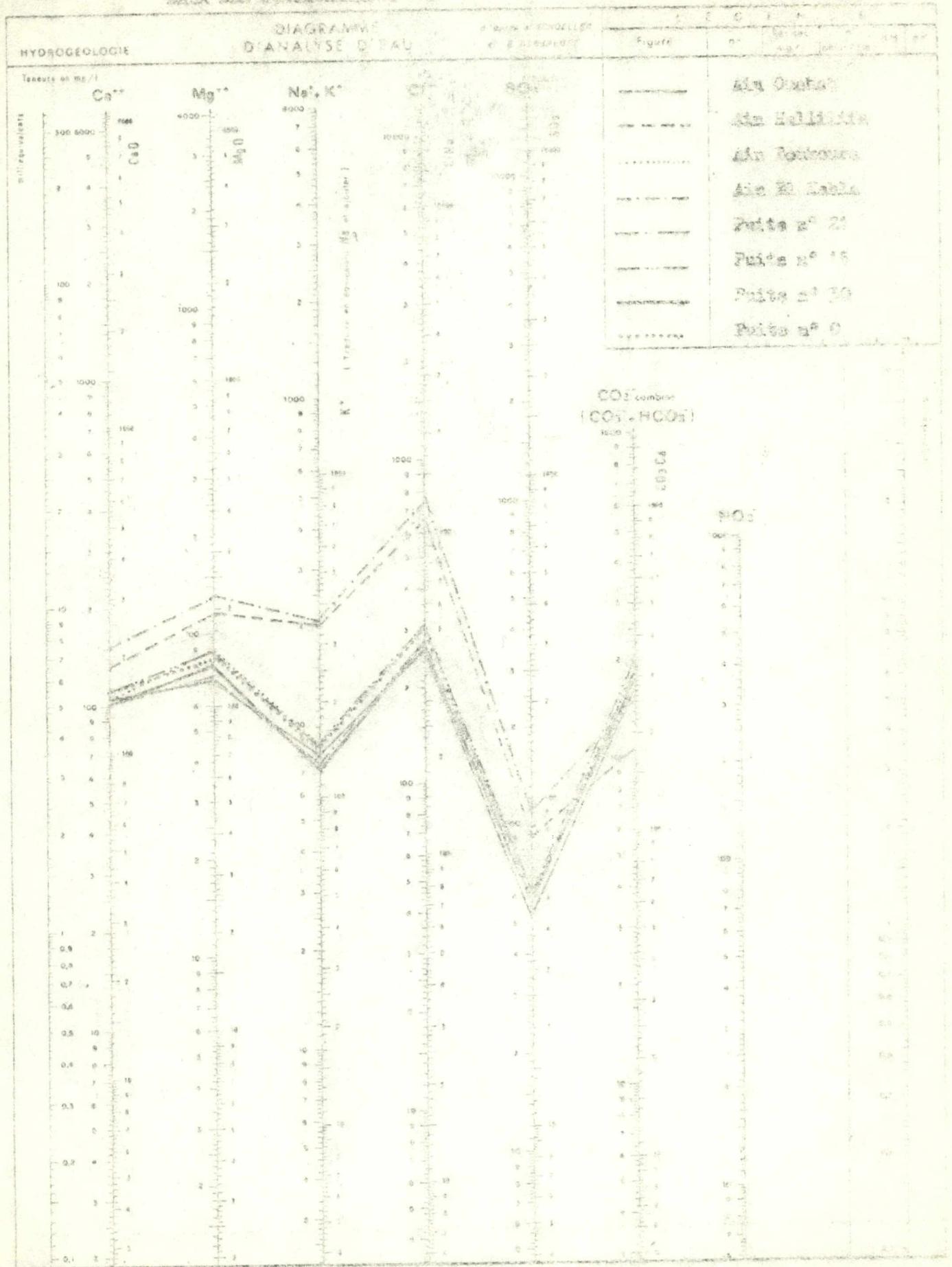
EAUX DES CONGLOMERATS



EAUX DES CONGLOMERATS



EAUX DES COMBINAISONS



fer .

7 - 3 - 9 - TENEURS EN PHOSPHATES (P2O5) :

D'une manière générale, les eaux des conglomérats ne contiennent pas de phosphates. Au niveau des puits n° 0 et 14 et aux sources d'Ain Kahla et d'Ain Hallilifa, nous avons mis en évidence des traces de phosphates (1 mg/l).

7 - 3 - 10 - TENEURS EN NITRITES (NO₂⁻) :

Certains puits et sources contiennent des nitrites, signe d'une pollution locale. Il s'agit des puits n° 10, 12, 0 et 28 et des sources d'Ain Kahla et d'Ain Hallilifa. Les teneurs de ces nitrites ne sont pas très élevées et sont généralement inférieures à 1 mg/l.

7 - 3 - 11 - FACIES CHIMIQUES ET FORMULES CARACTERISTIQUES :

Toutes les eaux des conglomérats de la plaine d'Hennaya appartiennent à une même famille de faciès chloruré, magnésien (Fig. 82 à 84), comprenant deux groupes de formule :

- r Cl } r HCO₃ } r SO₄ avec r Mg } r Ca } r Na + k
correspondant à Ain Ouahab, Ain Boukoura et aux puits n° 32, 14, 8, 18, 10, 28, 26, 30, 0, 31, 21; 15, 12, 11, 20, 25 et 24

- r Cl } r HCO₃ } r SO₄ avec r Mg } r Na + k } r Ca
correspondant aux sources d'Ain Hallilifa et Ain Kahla.

7 - 3 - 12 - INDICE D'ECHANGE DE BASE :

Il varie entre 0.49 et 0.76 et tourne autour de 0.56 pour la majorité des eaux.

8 - CONCLUSION :

Les eaux des grés de Bou Médine montrent un faciès bicarbonaté, calcique ou magnésien . Les eaux qui montrent un faciès magnésien proviendraient certainement des dolomies de Tlemcen.

Les eaux du karst jurassique sont peu minéralisées compte tenu de leur bassin versant karstique. Elles montrent un faciès bicarbonaté, calcique ou magnésien suivant qu'elles circulent dans les calcaires ou les dolomies. Elles sont peu chlorurées et sulfatées. Les teneurs en sodium et en chlorures assez élevées de certaines eaux des dolomies de Tlemcen ou des dolomies de Terny, s'expliquent par le contact de ces eaux avec les marnes helvétiques. Dans ces eaux, le potassium et les ions carbonates sont totalement absents ou présents mais à des teneurs très faibles.

Pour les eaux des grés tortoniens, les diagrammes chimiques montrent

d'importantes variations, dues au mode d'alimentation.

Les sources thermales ont toutes un faciès bicarbonaté magnésien ce qui nous permet d'affirmer que les eaux proviendraient de réservoirs dolomitiques.

Pour la plaine d'Hennaya, l'hétérogénéité des faciès chimiques est liée à l'hétérogénéité des faciès lithologiques.

Les eaux des marnes helvétiques, très minéralisées, montrent toutes un faciès chloruré, sodique.

Les eaux des grès tortoniens de la plaine d'Hennaya sont bicarbonatées, calciques à l'exception d'Ain Hennaya et du puits n° 13 qui correspondent à l'axe de drainage de la nappe.

Les eaux des conglomérats ont toutes un faciès magnésien ce qui confirmerait l'alimentation de la nappe principalement par les dolomies de Tlemcen.

124 125 126 127 128 129 130 131 132 133

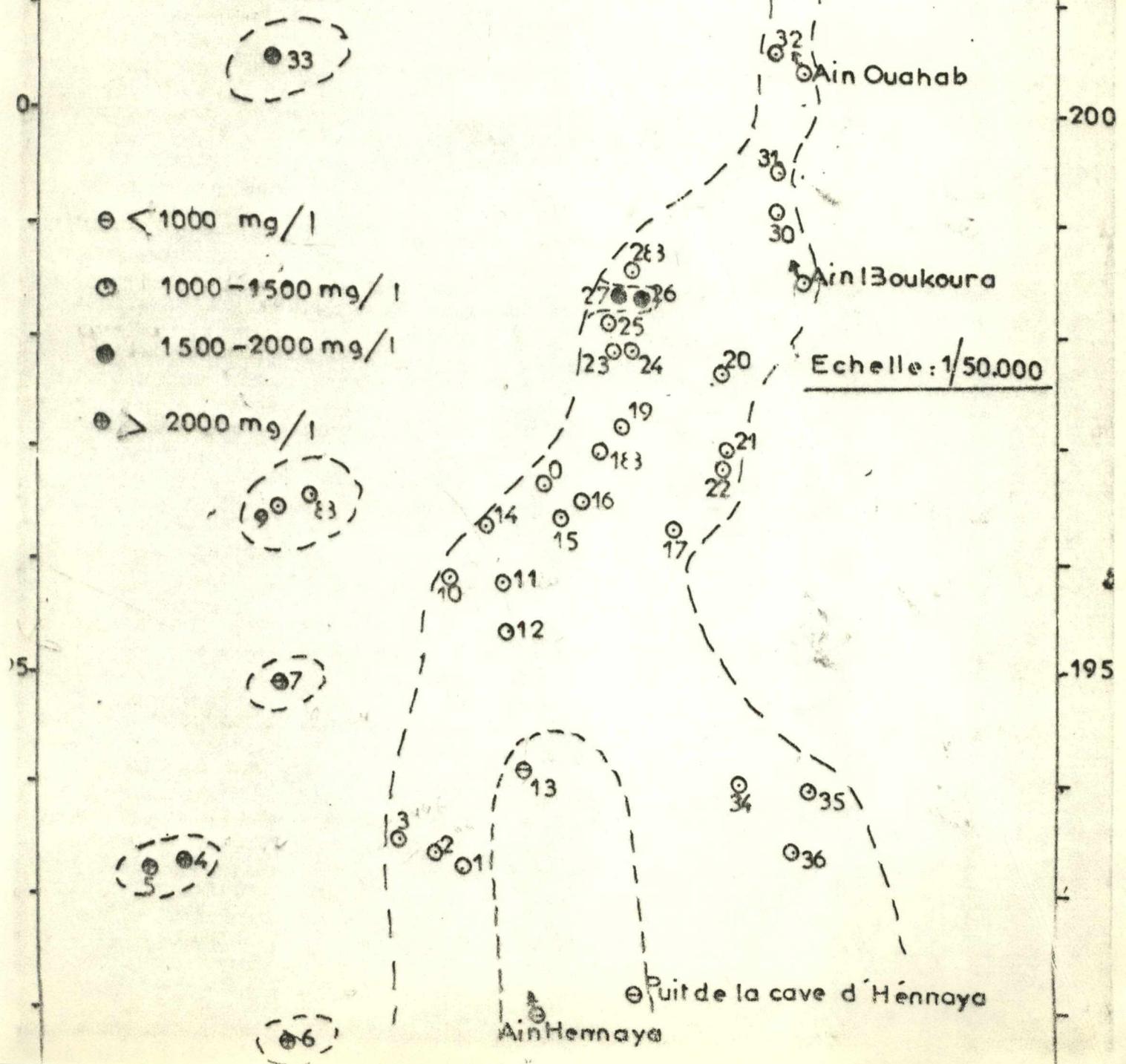
Ain Hallirfa
Ain El-kahla



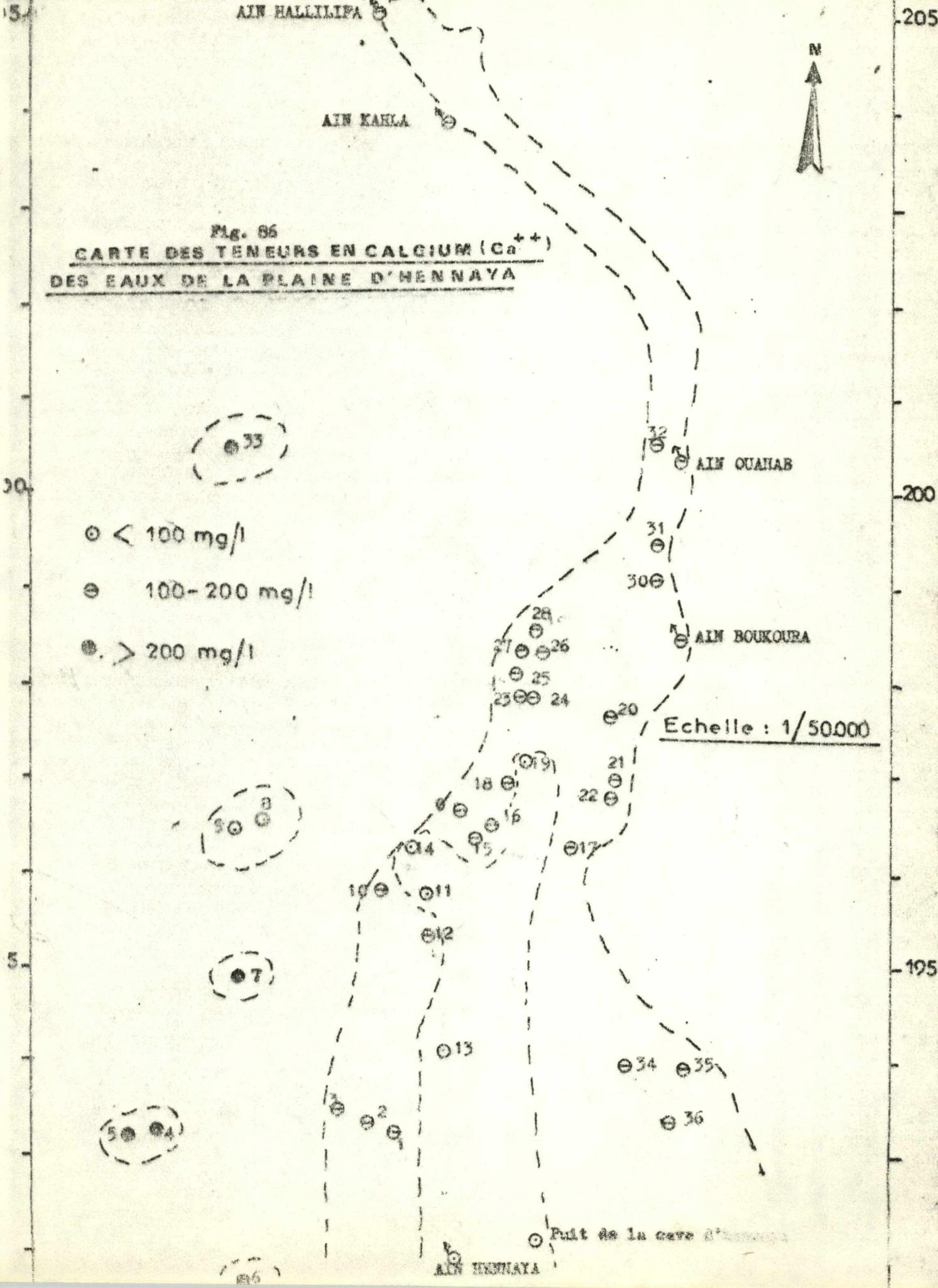
Fig. 85
CARTE DE LA MINERALISATION DES EAUX
DE LA PLAINE D'HENNAYA

- < 1000 mg/l
- ⊙ 1000 - 1500 mg/l
- 1500 - 2000 mg/l
- ⊙ > 2000 mg/l

Echelle: 1/50.000



124 125 126 127 128 129 130 131 132 133



AIN HALLILIPA

AIN KAHLA

AIN OUAHAB

AIN BOUKOURA

AIN HENNAYA

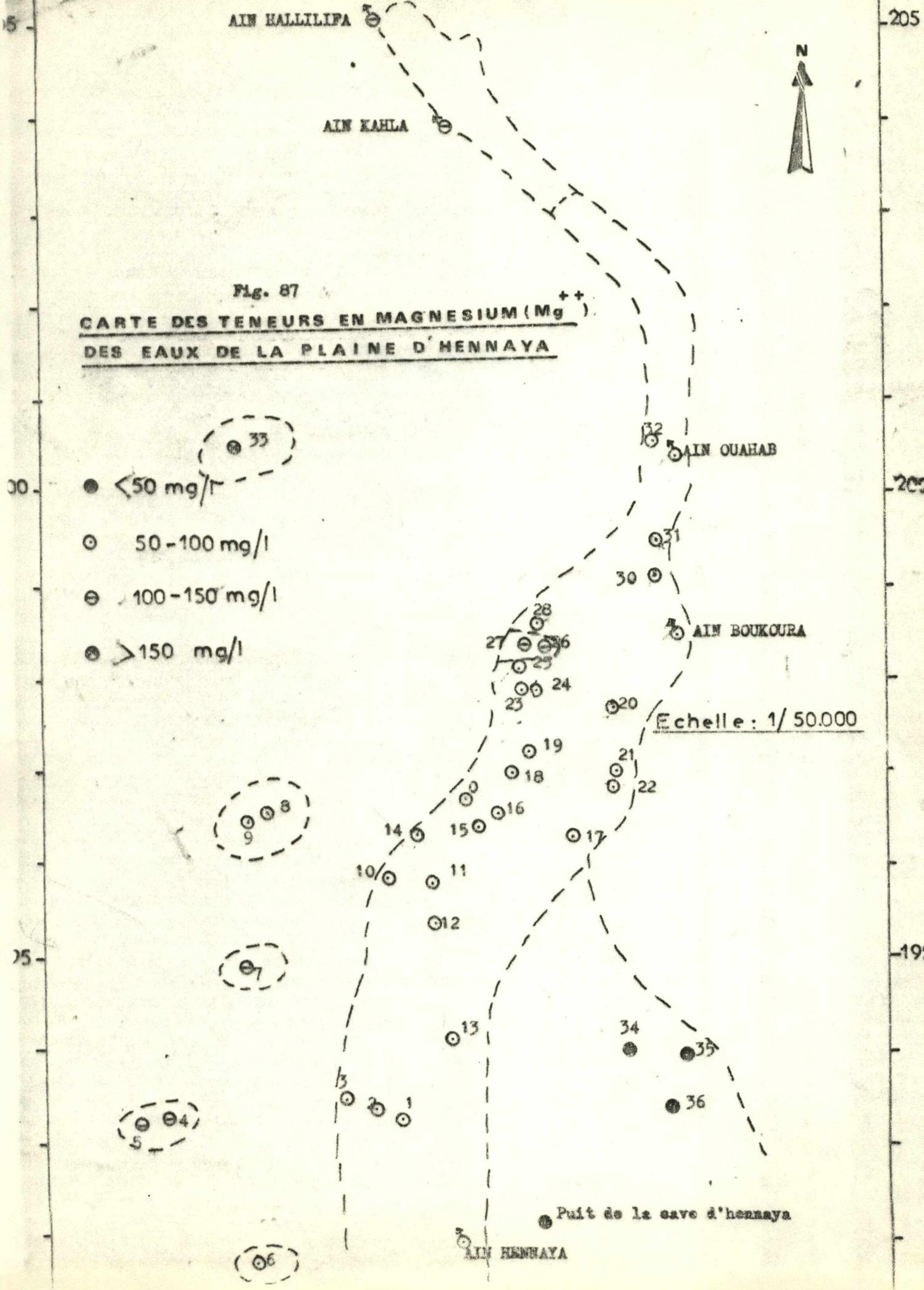
Fuit de la cave d'...

Fig. 86
CARTE DES TENEURS EN CALCIUM (Ca⁺⁺)
DES EAUX DE LA PLAINE D'ENNAYA

- < 100 mg/l
- ⊙ 100-200 mg/l
- > 200 mg/l

Echelle : 1/50000

124 125 126 127 128 129 130 131 132 133



124 125 126 127 128 129 130 131 132 133

AIN HALLILIFA

AIN KAHLA

AIN OUAHAB

AIN BOUKOURA

AIN HENNAYA

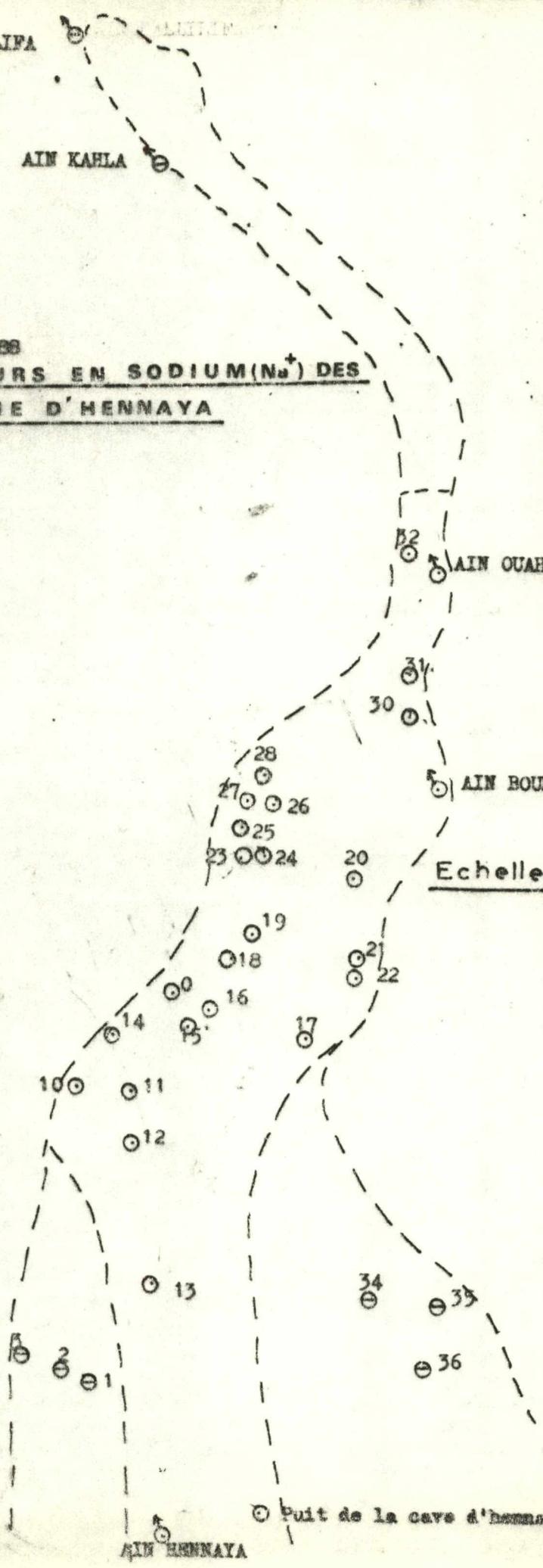
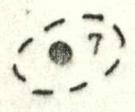
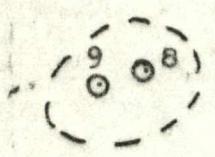
Puit de la cave d'hennaya



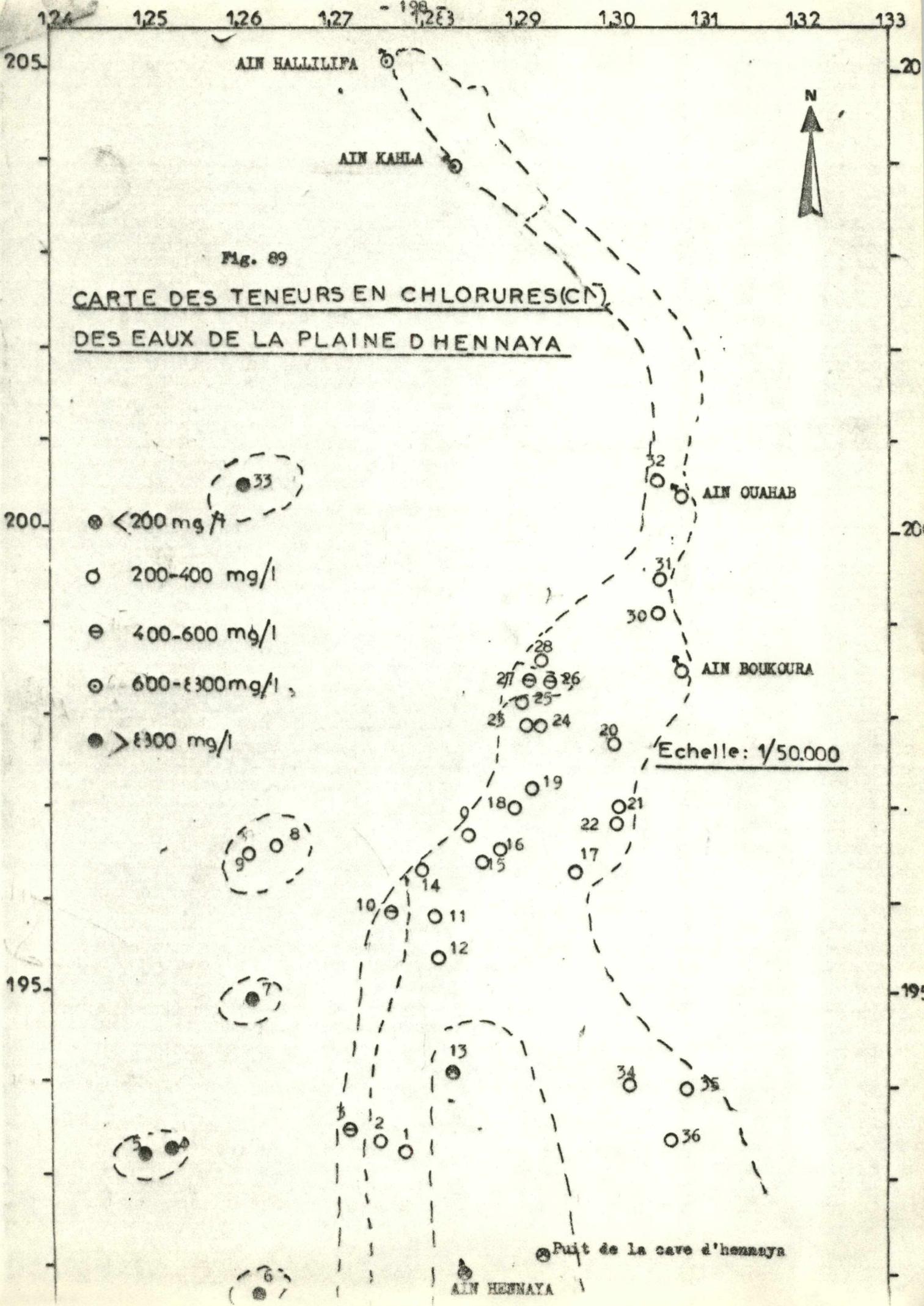
Fig. 88
GARTE DES TENEURS EN SODIUM (Na⁺) DES
EAUX DE LA PLAINE D'ENNAYA

- < 100 mg/l
- ⊖ 100-200 mg/l
- > 200 mg/l

Echelle: 1/50.000



205
204
203
202
201
200
199
198
197
196
195
194
193



205

AIN HALLILIPA

Fig. 90

AIN KAHLA

CARTE D'INDICE D'ECHANGE
DE BASE DES EAUX DE LA PLAINE
D'ENNAYA

N



200

○ < 0.40

● 0.40 - 0.60

⊙ > 0.60

AIN CHAHAB

32

31

30

AIN BOUKOURA

27 26 25 24

23 20

21

22

ECHELLE: 1/50,000

9 8

14 15 16

11

12

13

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

195

7

5 4

3

2

1

34 35

36

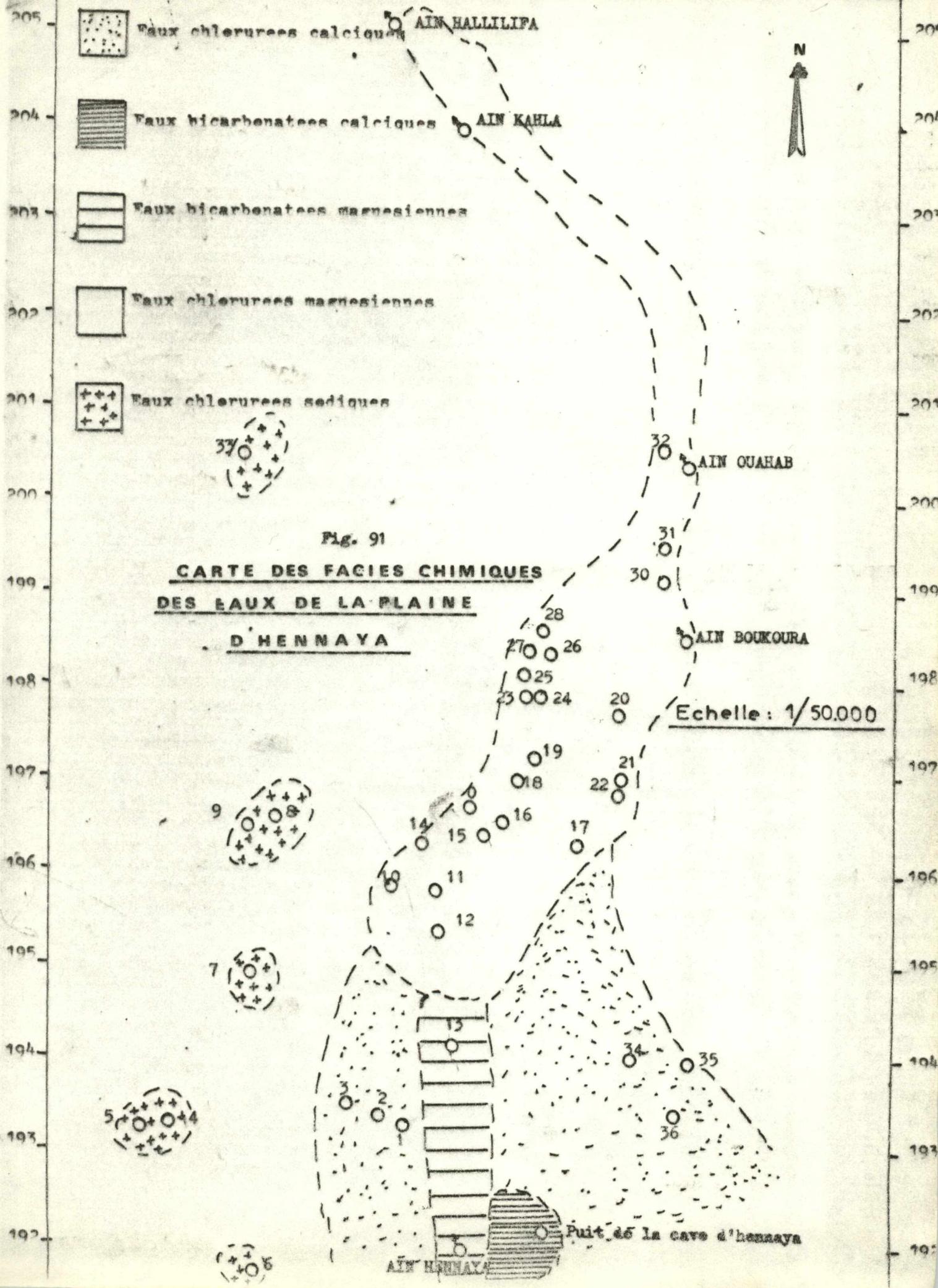


Fig. 91
CARTE DES FACIES CHIMIQUES
DES EAUX DE LA PLAINE
D' HENNAYA

Echelle : 1/50.000

Puit de la cave d'hennaya

AIN HENNAYA

ANNEE	PRECIPITATIONS (mm)	RANG (R)	PROBABILITES	
			$P = \frac{R}{N + 1}$	(%)
1926	449.3	49	0.890	89
1927	537.6	39	0.709	70.9
1928	900	4	0.067	6.7
1929	1037.5	3	0.054	5.4
1930	457.5	46	0.836	83.6
1931	454.3	48	0.872	87.2
1932	702	13	0.236	23.6
1933	672.7	25	0.454	45.4
1934	568.5	34	0.618	61.8
1935	527.4	41	0.745	74.5
1936	634.2	28	0.509	50.9
1937	584.8	32	0.581	58.1
1938	528	40	0.727	72.7
1939	445.2	50	0.909	90.9
1940	555.0	35	0.636	63.6
1941	509	51	0.563	56.3
1942	505.4	44	0.800	80
1943	553.2	37	0.672	67.2
1944	432.1	51	0.927	92.7
1945	655.4	27	0.490	49
1946	780	12	0.218	21.8
1947	515.5	43	0.781	78.1
1948	820.8	9	0.163	16.3
1949	545.3	38	0.690	69
1950	1257.2	1	0.018	1.8
1951	701.1	21	0.381	38.1
1952	553.9	36	0.654	65.4
1953	515.5	42	0.763	76.3
1954	960.0	5	0.090	9
1955	670.5	26	0.472	47.2
1956	713.5	29	0.363	36.3
1957	808.2	11	0.200	20
1958	606.7	22	0.400	40
1959	618.3	30	0.545	54.5
1960	632.6	29	0.527	52.7
1961	321.2	53	0.963	96.3
1962	886.5	7	0.127	12.7
1963	1110.6	2	0.036	3.6
1964	817.3	10	0.181	18.1
1965	762.6	16	0.29	29
1966	376.6	52	0.945	94.5
1967	771.0	15	0.272	27.2
1968	891.4	6	0.109	10.9
1969	742.5	18	0.327	32.7
1970	320.9	54	0.981	98.1
1971	780.9	14	0.254	25.4
1972	684.5	23	0.418	41.8
1973	853	8	0.145	14.5
1974	727.6	19	0.345	34.5
1975	683	24	0.436	43.6
1976	751	17	0.309	30.9
1977	456.1	47	0.854	85.4
1978	424.2	45	0.818	81.8
1979	573.6	33	0.600	60

Tableau n° 8 - DISTRIBUTION DES PRECIPITATIONS ANNUELLES A LA STATION DE
 TLEMCEN AGRO (ANNEES 1926 - 1979) .

ANNÉES	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JANV.	FEBV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	ANNUEL
1943/44	0.332	0.358	0.405	9.466	1.694	0.756	4.357	1.018	0.571	0.408	0.424	0.387	20.176
1944/45	0.353	0.343	0.332	0.232	1.643	0.920	0.515	0.273	0.298	0.224	0.362	0.226	5.771
1945/46	0.242	0.661	0.831	0.272	3.313	6.136	3.953	3.536	1.123	0.561	0.410	0.308	21.346
1946/47	0.264	0.326	0.369	2.865	1.568	2.116	0.939	0.597	7.403	0.818	0.530	0.530	18.325
1947/48	0.312	0.290	0.245	0.275	3.300	5.474	2.859	0.732	4.582	0.874	0.739	0.468	20.150
1948/49	0.347	2.219	0.720	0.406	5.698	0.781	0.673	2.887	1.764	0.612	0.456	0.369	16.928
1949/50	0.314	0.297	0.269	0.648	9.610	1.515	6.920	1.895	2.015	0.859	0.576	0.471	25.389
1950/51	1.362	1.868	0.591	9.336	6.071	5.070	3.235	1.927	1.620	0.674	0.536	0.570	32.860
1951/52	0.653	3.689	1.662	0.995	3.623	2.143	1.264	1.718	2.929	1.373	0.841	0.750	21.640
1952/53	0.440	0.387	0.363	0.375	0.770	1.082	5.777	1.705	0.835	0.512	0.439	0.363	13.048
1953/54	0.312	0.316	0.286	0.267	0.328	3.014	3.146	18.863	1.574	0.820	0.677	0.515	30.118
1954/55	0.413	0.384	0.479	3.392	7.563	2.753	4.577	4.440	1.426	0.788	0.540	0.482	27.237
1955/56	0.420	0.407	0.368	0.383	0.455	3.862	3.060	1.915	1.435	0.630	0.487	0.418	13.840
1956/57	0.358	0.384	0.349	0.348	0.461	0.372	3.709	3.317	1.202	0.617	0.489	0.471	12.077
1957/58	0.412	0.506	1.625	1.563	4.865	1.917	1.389	0.855	0.568	0.441	0.353	0.312	14.806
1958/59	0.292	4.683	3.394	2.067	1.025	1.284	0.956	0.530	0.457	0.349	0.325	0.303	15.665
1959/60	0.272	0.278	0.316	4.610	3.628	2.640	1.607	0.970	0.695	0.485	0.384	0.334	16.219
1960/61	0.270	0.302	0.235	3.274	3.622	1.259	0.694	0.505	0.412	0.340	0.267	0.243	11.423
1963/64	1.325	0.820	0.538	3.553	6.811	4.291	11.495	10.707	1.250	0.748	0.755	0.621	42.914
1964/65	0.323	0.646	0.523	2.517	4.006	2.559	1.947	1.447	0.877	0.688	1.829	0.561	17.983
1965/66	1.257	0.613	0.371	0.358	0.410	0.382	0.385	0.331	0.002	0.002	0.002	0.002	4.115
1966/67	0.226	1.069	0.298	0.191	0.344	0.558	0.273	1.562	0.436	0.259	0.157	0.075	5.448
1967/68	0.079	0.267	0.160	6.235	2.527	0.996	5.576	2.540	10.089	0.183	0	0	27.933
MOYENNE	0.460	0.919	0.637	2.327	3.187	2.256	3.015	2.795	1.896	0.576	0.502	0.381	18.951

Tableau n° 22 - APPORTS MENSUELS ET ANNUELS (EN X 10 M) DE L'OUED MEYFRUCH AU BARRAGE (Y compris les débits d'Ain Mchatah)

ANNÉES	PRECIPITATIONS (mm)	LAME D'EAU ECOULEE (mm)	DEFICIT D'ECOULEMENT (mm)
1943/44	711	224.2	486.8
1944/45	382.7	64.1	318.6
1945/46	869.2	237.2	632
1946/47	715	203.6	511.4
1947/48	932	223.9	708.1
1948/49	766.7	188.1	578.6
1949/50	968	282.1	685.9
1950/51	950	365.1	584.9
1951/52	877	240.4	636.6
1952/53	553.5	144.9	408.6
1953/54	928.5	334.6	593.9
1954/55	832.5	302.6	529.9
1955/56	617.5	153.7	463.8
1956/57	696.5	134.2	562.3
1957/58	726	164.5	561.5
1958/59	767.9	174	593.9
1959/60	678	180.2	497.8
1960/61	394	126.9	267.1
1963/64	976.2	476.8	499.4
1964/65	749	199.8	549.2
1965/66	337	45.7	291.3
1966/67	496	60.5	435.5
1967/68	944.7	310.3	634.4
MOYENNE	733.4	210.3	523.1

Tableau n° 23 - CALCUL DU DEFICIT D'ECOULEMENT (Année 1943 - 1968).

ANNEES 1943/44	APPORTS ANNUELS ($\times 10^6 \text{ M}^3$)	RANG	PROBABILITES (%)
1943/44	20.176	9	37.50
1944/45	5.771	21	87.50
1945/46	21.346	8	33.33
1946/47	18.325	11	45.83
1947/48	20.150	10	41.66
1948/49	16.923	13	54.16
1949/50	25.389	6	25
1950/51	32.860	2	8.30
1951/52	21.640	7	29.16
1952/53	13.048	18	75
1953/54	30.118	3	12.50
1954/55	27.237	5	20.83
1955/56	13.840	17	70.83
1956/57	12.077	19	79.16
1957/58	14.806	16	66.66
1958/59	15.665	15	62.50
1959/60	16.219	14	58.33
1960/61	11.423	20	83.33
1963/64	42.914	1	4.16
1964/65	17.903	12	50
1965/66	4.115	23	95.83
1966/67	5.448	22	91.66
1967/68	27.933	5	20.83

Tableau n° 24 DISTRIBUTION DES APPORTS ANNUELS DE L'OUED NEETROUCH AU BARRAGE
SUR 23 ANS (1943 - 1968)

ANNÉES	DEBIT MAX. (m ³ / ■)	DATE	RANG	PROBABILITES %
1946/47	56.100	13/5/47	5	31.25
1947/48	46.620	13/5/48	9	56.25
1948/49	100.000	30/4/49	2	12.50
1949/50	51.676	2/3/50	6	37.50
1950/51	51.500	28/12/50	7	43.75
1951/52	41.000	18/10/51	12	75
1952/53	42.000	15/3/53	10	62.50
1953/54	125	14/4/54	1	6.25
1954/55	88.200	26/1/55	4	25
1955/56	8.900	27/2/56	15	93.75
1956/57	51.100	15/3/57	8	50
1957/58	42.000	17/1/58	11	68.75
1958/59	99.000	26/10/58	3	18.75
1959/60	18.000	13/12/59	14	87.50
1960/61	19.000	13/12/60	13	81.25

Tableau n° 27 - DISTRIBUTION DES DEBITS MAXIMA DE L'OUED MEFFROUCH SUR 15 ANS.
(Année 1946 - 1961)

Année	JANV.	FÉV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUEL
1972	0	0	-	-	-	-	0.172	0.185	0.159	0.675	0.553	0.842	-
1975	1.100	1.450	1.120	3.005	1.072	0.536	0.632	0.386	0.363	0.389	0.795	1.082	0.996
1974	1.365	3.976	64.414	16.570	1.367	0.903	0.321	0.351	1.507	0.909	0.616	0.755	7.830
1975	0.605	1.000	0.792	1.041	2.121	1.053	0.360	0.189	0.303	0.442	2.341	1.060	0.963
1976	0.891	1.875	1.605	1.282	1.380	0.782	0.329	0.153	0.187	0.754	0.821	0.905	0.913
1977	0.970	1.080	0.905	0.955	0.174	0.212	0.139	0.150	0.213	0.352	0.932	0.787	0.572
1978	0.962	0.955	0.808	0.774	0.528	0.117	0.133	0.026	0.052	0.411	0.251	0.264	0.438
1979	0.375	0.804	1.172	0.564	0.145	0.070	0.049	0.014	0.141	0.248	1.044	0.578	0.433
1980	0.845	0.775	6.993	0.706	0.479	0.191	0.065	0.013	0.024	0.268	0.478	0.513	0.945
Moyenne	0.913	1.494	9.726	3.112	0.908	0.489	0.266	0.163	0.385	0.513	0.923	0.754	1.637

Tableau n°30 - DÉBITS MOYENS MENSUELS DE L'OUED SUKKA (SANS L'OUED EL KHEIF) EN M³ / S.

COUPE STRATIGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUES

NUMERO D'INVENTAIRE	COORDONNEES LAMBERT			Profondeur	Description
	X	Y	Z		
S ₁	127.600	193.250	322 m.	31 m. De 10 à 24 m. : crôte calcaire et argiles caillouteuses (Quaternaire). De 24 à 31 m. : grés tortoniens fissurés. Eau dans les grés.	
S _{1a}	127.375	192.175	395 m.	25 m. Crôte calcaire et argiles de 0 à 12 m. De 12 à 25 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.	
S ₂₂	127	192.750	377 m.	20 m. Débute par des alluvions Quaternaires (Argiles, argiles sablonneuses). De 14 à 20 m. : grés tortoniens. Eau dans les grés.	
S ₂₈	128.450	191.525	405 m.	20 m. de 0 à 10 m. : argiles, argiles sablonneuses et graviers (Quaternaire). De 10 à 17 m. : grés tortoniens fortement fissurés. De 17 à 20 m. : marnes helvétiques. Eau dans les grés.	
S ₃₀	129.600	192.750	390 m.	20 m. De 0 à 9.3 m. : argiles, argiles caillouteuses (Quaternaire). De 9.3 à 20 m. : grés tortoniens. Eau dans les grés.	
S ₃	131	193.750	360 m.	16.5 m. De 0 à 10.7 m. : argiles et argiles caillouteuses (Quaternaire). De 10.7 à 15 m. : conglomérats (Pliocène?). De 15 m. à 16.5 m. : grés tortoniens. Eau dans les grés et les conglomérats.	
S ₂₄	128.150	193.400	365 m.	40 m. De 0 à 27.1 m. : crôte calcaire, argiles caillouteuses, graviers, galets et sables argileux (Quaternaire). De 27.1 à 30.4 m. : conglomérats (Pliocène?). De 30.4 à 40 m. : grés tortoniens. Eau dans les conglomérats et les grés.	
S _{7a}	127.650	194.875	345 m.	15.1 m. De 0 à 5.6 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 5.6 m. à 9.1 m. : conglomérats (Pliocène?). De 9.1 à 15.1 m. : marnes helvétiques. Eau dans les conglomérats.	
S ₆	129.075	195.050	348 m.	15.25 m. De 0 à 10.8 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 10.8 à 15.25 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.	

S ₃₄	130.400	199.925	275 m.	Profondeur : 10.9 m. De 0 à 3 m. : argiles. De 3 à 6.5 m. : travertins. De 6.5 à 9.8 m. : conglomérats. De 9.8 à 10.9 m. : marnes. Eau dans les travertins et les conglo.
S _{19b}	130.700	201.750	260 m.	Profondeur : 15.2 m. De 0 à 5.1 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 5.1 à 11.5 m. : conglomérats (Pliocène ?). De 11.5 à 15.2 m. : marnes (Helvetien). Eau dans les conglomérats.
S _{21a}	130.25C	202.450	260 m.	Profondeur : 15.2 m. De 0 à 11.8 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 11.8 à 15.2 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S ₃₃	129.050	203.475	240 m.	Profondeur : 9.3 m. De 0 à 1 m. : argiles (Quaternaire). De 1 à 5 m. : conglomérats De 5 à 8.3 m. : marnes (Helvetien). Eau dans les conglomérats.
S _{8a}	128.400	196.450	326 m.	Profondeur : 22.8 m. De 0 à 8.8 m. : argiles (Quaternaire). De 8.8 à 13.7 m. : conglo. De 13.7 à 22.8 m. : marnes de l'Helvetien. Eau dans les conglomérats.
S ₁₄	128.575	197.450	320 m.	Profondeur : 15.2 m. De 0 à 8 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 8 à 12 m. : conglomérats (Pliocènes ?). De 12 à 15.2 m. : marnes de l'Helvetien. Eau dans les conglomérats.
S ₂₅	128.240	192.600	360 m.	Profondeur : 25.6 m. De 0 à 20.6 m. : croûte calcaire, argiles et argiles caillouteuses. De 20.6 à 25.6 m. : grés tortoniens. Eau dans les grés.
S ₁₇	129.300	198.500	302 m.	Profondeur : 19.6 m. De 0 à 5.1 m. : argiles et argiles caillouteuses (Quaternaire). De 5.1 à 6.1 m. : Travertins. De 6.1 à 9.7 m. : conglomérats (Pliocène ?). De 9.7 à 19.6 m. : marnes helvétiques. Eau dans les travertins et les conglomérats.
S ₂	128.900	193.400	370 m.	Profondeur : 23.5 m. De 0 à 19.6 : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 19.6 à 23.5 m. : grés tortoniens. Sondage stérile.
S _{3a}	130.150	193.600	370 m.	Profondeur : 9.8 m. De 0 à 4.8 : argiles et argiles caillouteuses (Quaternaire). De 4.8 à 7 m. : conglomérats et de 7 à 9.8 m. : grés tortoniens. Eau dans les grés et conglo.
S ₃₁	129.00	194.300	352 m.	Profondeur : 16 m. De 0 à 9.8 m. : argiles et argiles caillouteuses (Quaternaire). De 9.8 à 16 m. : marnes helvétiques. Eau dans le Quaternaire.
S ₄	131.000	195.650	352 m.	Profondeur : 15.5 m. De 0 à 6.2 m. : argiles Quaternaires. De 6.2 à 15.5 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.

S ₇	128.250	194.875	345 m.	Profondeur : 27 m. De 0 à 17 m. : argiles à concrétions calcaires, argiles à graviers (Quaternaire). De 17 m. à 25 m. : conglomérats (Pliocène?). De 25 à 27 m. : marnes de l'Helvetien. Eau dans les conglomérats.
S ₁₀	131.150	196.350	322 m.	Profondeur : 15.4 m. De 0 à 4.4 m. : argiles (Quaternaire). De 4.4 à 15.4 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S ₁₁	130.800	197.400	308 m.	Profondeur : 25 m. De 0 à 6 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 6 à 25 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S ₃₆	131.075	201.450	260 m.	Profondeur : 10 m. De 0 à 6.5 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 6.5 à 10 m. : marnes de l'Helvetien. Sondage stérile.
S _{19a}	130.175	200.175	278 m.	Profondeur : 15 m. De 0 à 8 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 8 à 15 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S ₁₅	127.075	197.825	298 m.	Profondeur : 15.3 m. De 0 à 5 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 5 à 15.3 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S ₁₆	126.650	198.875	278 m.	Profondeur : 30.5 m. De 0 à 7 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 7 à 30.5 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S ₂₆	126.175	200.250	272 m.	Profondeur : 17.2 m. De 0 à 9.5 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 9.5 à 15.2 m. : grés tortoniens. Sondage stérile.
S ₃₂	128.550	195.750	325 m.	Profondeur : 24 m. De 0 à 13.3 m. : argiles Quaternaires. De 13.3 à 14.7 m. : Travertins et de 14.7 à 20.4 m. : conglomérats. De 20.4 à 24 m. : marnes helvétiques. Eau dans les conglomérats et les travertins.
S ₁₂	130	197.300	310 m.	Profondeur : 24.2 m. De 0 à 8.4 m. : croûte calcaire et argiles caillouteuses (Quaternaire). De 8.4 à 15.2 m. : travertins. De 15.2 à 21.5 m. : conglomérats. De 21.5 à 24.2 m. : marnes de l'Helvetien. Eau dans les travertins et les conglomérats.
S _{14 a}	128.625	197.625	315 m.	Profondeur : 15 m. De 0 à 4.7 m. : argiles caillouteuses (Quaternaire). De 4.7 à 15 m. : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S _{18b}	130.750	199.350	270 m.	Profondeur : 12.2 m. De 0 à 8.8 m. : croûte calcaire et argiles. De 8.8 à 9.8 m. : conglomérats. De 9.8 à 10.9 m. : marnes helvétiques. Eau dans les conglomérats.

S ₅	130.000	195.05	350 m.	Profondeur : 15.2 m. De 0 à 3.4 m : argiles quaternaires . De 3.4 à 15.2 m : marnes helvétiques . Sondage stérile .
S _{9 a}	130.200	196.340	322 m.	Profondeur : 23.4 m. De 0 à 8 m : argiles et argiles à concrétions calcaires (Quaternaire) . De 8 à 23.4 m : marnes helvétiques . Eau dans le Quaternaire .
S ₁₈	130.575	198.300	288 m.	Profondeur : 20.6 m. De 0 à 10 m : croûte calcaire, argiles et argiles à concrétions calcaires (Quaternaire) . De 10 à 15.8 m : conglomérats se de 15.8 à 20.6 m : marnes helvétiques . Eau dans les conglomérats .
S ₁₃	129.140	197.360	315 m.	Profondeur : 15.3 m. De 0 à 6.1 m : argiles quaternaires. De 6.1 à 15.3 m : marnes helvétiques. Sondage stérile.
S ₂₁	129.050	202.140	210 m	Profondeur : 30.6 m. De 0 à 7.6 m : argiles et argiles caillouteuses (Quaternaire) DE 7.6 à 30.6 m : marnes helvétiques . Eau dans le Quaternaire.
S ₂₇	126.400	192.100	395 m	Profondeur : 14.4 m. De 0 à 8.4 m : argiles quaternaires . De 8.4 à 14.4 m : grés tortoniens. Eau dans les grés tortoniens.

Tableau n° 31 - INVENTAIRE DES SONDAGES REALISES SUR LA PLAINE D'HENNAYA PAR TECNOEXPORTSTROY (1971).

NUMERO DU PUIT	COORDONNEES LAMBERT			NIVEAU STATIQUE EN METRES					
	X	Y	Z	DEC.80	MARS 81	MAI 81	JUIN 81	SEPT 81	NOV.81
0	128.500	196.550	329	-	-	11.37	10.76	10.96	11.68
1	127.700	193.100	370	15.32	15.92	15.77	16	15.96	16.07
2	127.400	193.250	367	17.95	17.70	17.25	17.15	17.03	17.94
3	127.100	193.350	360	7.55	6.37	5.65	5.38	5.88	6.03
4	125.300	193.200	411	44.50	45.47	44.78	45.30	45.56	45.83
5	124.950	193.150	397	19	18.59	18.54	18.86	19.10	19.27
6	126.050	191.650	400	13.45	13.23	13.14	13.52	13.45	13.47
7	126.100	194.850	349	2.60	2.04	1.80	2.10	2.30	2.45
8	126.200	196.450	298	4.45	2.54	2.88	2.10	1.92	2
9	126.500	196.475	323	16.40	16.17	15.47	14.87	15	16.14
10	127.650	195.700	339	21.28	22.61	20.10	21.10	20.95	21.27
11	128.125	195.650	334	15.10	13.37	13.05	12.80	13.31	13.88
12	128.150	195.225	339	15	13.10	12.60	12.30	13.39	14.19
13	128.200	194	354	see	23.59	22.73	22.85	25	24.15
14	128	196.175	333	20.80	19.70	19.50	20	19.49	20.15
15	128.650	196.300	332	15.60	14.67	14.10	13.82	14.17	14.62
16	128.800	196.400	330	15.80	13.70	13.20	13.08	13.46	13.88
17	129.650	196.125	324	18.90	17.64	17.80	17.18	17.33	17.70
18	129.050	196.850	321	12.45	9.67	11.38	11.22	11.08	11.46
19	129.250	197.100	315	13.50	10.07	12.18	12.04	11.84	?
20	130.150	197.550	305	8.50	7.77	7.50	7.65	7.13	7.02
21	130.175	196.835	312	12.30	10.04	9.62	9.70	9.65	9.80
22	130.150	196.700	313	12.50	11.27	10.72	10.77	10.90	10.92
23	129.175	197.800	312	11.45	10.50	10	10.20	9.86	9.41
24	129.300	197.750	312	see	10.27	10.12	10.35	9.83	9.48
25	129.075	198	310	11.35	10.04	9.87	10.08	9.90	9.32
26	129.400	198.250	304	6.90	7	7.23	6.94	6.20	6.83
27	129.200	198.300	308	9.35	9.50	9.60	9.23	9	8.86
28	129.300	198.500	303	7.10	8.92	9.05	8.98	8.38	7.85
29	129.250	198.750	302	3.25	see	see	see	see	see
30	130.600	199.050	290	10.65	10.07	10	10.08	9.98	9.95
31	130.650	199.400	286	7.35	7.67	7.65	7.55	7.50	7.56
32	130.750	200.450	278	11	10.67	10.68	10.43	10.72	10.68
33	126.150	200.475	267	7.85	6.97	7.04	7.30	7.83	8.01
34	130.200	193.850	362	15.90	16.07	15.85	15.98	16	16.10
35	130.800	193.825	365	17.25	16.59	15.34	16.18	17.41	17.30
36	130.650	193.300	380	17.25	16.52	15.60	16.79	17.10	16.75

Tableau 32 - RESULTATS DES RELEVES PIÉZOMETRIQUES SUR LA PLAINE D'ENNAYA . (Année 1980 - 1981)

	n	pH	C	H	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	I ⁺	NO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	TH	TAC
Ain GUEBILA	15	7.5	850	844	49 2.45	45 3.54	3 0.13	0	258 4.25	0	25 0.52	18 0.51	27 5.40	159.2
Ain ZAKITZI	15	7.6	600	429	62 3.20	18 1.48	5 0.21	1 0.02	535 5.49	0	25 0.48	22 0.60	23.5 4.70	206.0
Ain EL ACHROUS	13	7.9	906	745	73 3.65	25 2.05	6 0.26	0	236 4.20	0	30 0.79	25 0.70	28.5 5.70	150
Ain SAHARD	12	7.5	671	480	72 3.60	32 1.81	13 0.56	0	290 4.75	0	24 0.50	25 0.70	27.5 5.46	179
Ain HERRABA	15	7.6	894	640	92 4.60	26 2.14	17 0.74	0	405 6.65	0	32 0.66	29 0.82	33.6 6.72	250
Ain BKIDA (Fouillefleusem)	18	7.9	860	652	56 2.80	64 5.26	6 0.26	0	394 6.46	0	40 0.85	32 0.90	40 8	245.2
Ain EL KERIRA	19	7.6	840	637	62 3.10	46 3.78	6 0.26	0	328 5.57	0	36 0.75	25 0.70	34 6.80	282.4

Tableau n° 33 - RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES CRES DE BOUMEDINE (JUIN 1981).

	%	PH	C	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	TH	TAC
AIN TEMOUCH	17	7.5	880	667	90 4.50	65 5.34	10 0.43	0	485 7.95	0	22 0.45	35 0.99	49 9.80	299.4
AIN SIDI HAROUN	18.5	7.5	810	580	56 2.80	58 4.76	3 0.13	0	366 6	0	20 0.62	18 0.51	38 7.60	225.9
AIN FEZZA	17	7.6	840	637	44 2.20	72 5.92	3 0.13	0	410 6.72	0	18 0.57	18 0.51	40.5 8.10	253
AIN SAFFAH	18.5	7.3	910	690	58 2.90	64 5.26	13 0.55	0	384 6.29	0	30 0.62	39 1.10	41 8.20	237
AIN EL HADJAR	20	7.4	840	637	60 3	45 3.70	12 0.52	0	311 5.00	0	32 0.66	39 1.10	53.5 6.70	192
AIN SAFRA	18	7.6	930	703	46 2.30	56 4.59	27 1.17	21 0.51	360 5.90	0	46 0.96	55 1.58	54.5 6.89	222.2
AIN EL KADOUS	18	7.7	1100	835	54 2.70	75 6.16	20 0.87	10 0.25	402 6.59	0	42 0.87	74 2.08	44.5 8.90	248.1
AIN KERNA	18	7.6	740	530	36 1.80	39 3.19	1 0.04	0	230 3.77	0	18 0.35	18 0.51	25 5	141.9
AIN BHANNOUS	16	7.8	520	372	45 2.25	30 2.46	6 0.26	0	256 4.20	0	18 0.37	25 0.70	24 4.80	158
AIN ZEDIGA	21	8.1	809	579	96 4.80	31 2.55	10 0.43	2 0.04	320 5.24	7 0.23	45 0.93	43 1.20	37 7.40	197.5
AIN TANNBOUALI	16	7.6	449	321	54 2.70	26 2.14	6 0.26	4 0.10	266 4.36	0	10 0.20	35.5 1	24 4.80	164.2
AIN LOUHA	15	7.7	455	326	65 3.25	18 1.48	6 0.26	3 0.07	256 4.19	0	18 0.37	25 0.70	23 4.60	158
AIN ATHANE	15	7.8	461	330	70 3.50	12 1	8 0.34	2 0.04	256 4.19	0	10 0.20	27 0.76	22.5 4.50	158

... / ...

AIN SEKRA	18	7.5	780	558	65	34	2	0	0	300	0	18	18	30.5	185.2
					3.25	2.79	0.08	0	0	4.91	0	0.37	0.51	6.10	
AIN OUCHBA	19	7.5	760	544	54	50	2	0	0	221	0	20	25	26	136.4
					2.70	2.46	0.08	0	0	3.62	0	0.41	0.70	5.20	
AIN EL HOUT	20	7.3	960	728	100	36	14	2	0	378	0	40	53	40	233.3
					5	2.99	0.61	0.04	0	6.19	0	0.85	1.49	8	
AIN EL ANSAR	20	7.5	950	705	88	26	15	3	0	300	0	35	53	33	185.2
					4.40	2.14	0.65	0.07	0	4.92	0	0.73	1.49	6.60	
AIN SERAK	18	7.6	750	537	84	8	5	0	0	210	0	20	28	24	129.6
					4.20	0.65	0.21	0	0	3.44	0	0.41	0.79	4.80	
AIN FOUARA	17	7.7	480	344	55	25	3	0	0	290	0	15	16	23.8	179
					2.75	2.05	0.13	0	0	4.75	0	0.31	0.51	4.76	
AIN BENI MOUDJER	17	7.7	810	580	70	38	1	0	0	317	0	16	18	33	195.7
					3.50	3.12	0.04	0	0	5.19	0	0.38	0.51	6.60	
AIN SHEHA	16	7.4	660	473	77	30	9	0	0	360	0	20	27	32	222.2
					3.85	2.47	0.37	0	0	5.90	0	0.41	0.75	6.40	
AIN LJOR ATTAR	15	7.7	553	396	61	23	5	0	0	270	0	17	23	25	166.6
					3.05	1.89	0.21	0	0	4.42	0	0.39	0.65	5	
AIN EL ORIT	14	7.1	600	429	62	20	10	0	0	292	0	18	25	24	180.2
					3.10	1.64	0.43	0	0	4.78	0	0.37	0.70	4.80	
HASSI BOU CHENAA	-	7.6	690	494	64	24	6	1	0	250	0	18	20	26	154
					3.20	1.97	0.26	0.02	0	4.09	0	0.37	0.56	5.20	

Tableau n° 34 - RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES DOLOMITES DE FLENCHEM ET DES CALCAIRES ASSOCIEES. (Juin 1981)

	t	pH	°C	M	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	TH	TAC
AIN FHRIL	15	7.8	700	501	56 2.80	24 1.97	2 0.08	0	216 3.54	0	20 0.41	18 0.51	24 4.80	133.3
AIN BOUKHARI	15	7.6	720	515	40 2	34 2.79	2 0.08	0	208 3.40	0	28 0.58	18 0.51	24 4.80	128.4
AIN SIDI KHALED	15	7.7	525	376	59 2.95	25 1.90	15 0.65	0	259 4.24	0	25 0.53	30 0.87	24.4 4.85	184.6
AIN SI HAFIF	15	7.6	627	449	58 2.90	26 2.14	6 0.26	0	281 4.60	0	20 0.41	25 0.70	25 5	173.4
AIN MOUMIZA	12	7.7	536	365	64 3.20	25 1.90	5 0.24	0	262 4.29	0	18 0.37	18 0.51	25.5 5.10	161.7
AIN THAGAD	12	7.7	512	366	69 3.45	14 1.15	7 0.32	0	220 3.60	0	19 0.39	21 0.60	25.2 4.64	175.8
AIN CHEOUR	14	7.9	510	365	55 2.75	20 1.64	8 0.34	1 0.02	238 3.90	0	122 0.35	30 0.04	22 4.40	145.9
AIN KHARABAS (analyse le 13/9/52)	-	-	-	340	74 3.70	20 1.64	8 0.34	0	159 2.60	0	25 0.52	20 0.56	30 0	90.14

Tableau n° 35 - RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES DOUAIRES DE TRIPOLI (Juin 1961).

	t	pH	C	M	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	TH	TAC	SiO ₂
Puits n° 69	-	8.1	1150	872	85 4.25	57 4.68	72 3.13	1 0.02	275 4.51	20 0.66	29 0.60	228 6.42	45 9	169.7	11
Puits n° 54	-	7.3	1369	1038	127 6.35	66 5.42	80 3.48	1 0.02	360 5.90	0 0	25 0.52	341 9.60	59 11.8	222.2	12
Puits n° 60	-	7.8	1210	918	97 4.85	79 6.49	54 2.31	4 0.10	543 8.90	0 0	30 0.62	156 4.39	57 11.4	335.2	15
AIN DEHEB	14	7.5	880	667	98 4.90	48 3.29	10 0.43	2 0.04	405 6.64	0 0	32 0.66	35 0.99	41 8.2	250	11
AIN OUASSIREN	17	7.3	1100	835	123 6.15	18 1.48	15 0.65	2 0.04	347 5.68	0 0	28 0.58	52 1.46	38 7.6	214.2	11
AIN BASSO	16.5	7.4	970	736	100 5	49 4.03	14 0.61	1 0.02	450 7.37	0 0	42 0.87	42 1.18	40 8	270	12
S ^{ce} de l'oued Bou Azoune	13	7.3	1035	785	90 4.50	52 4.27	73 3.17	0 0	366 6	0 0	25 0.52	128 3.60	44 8.8	225.9	14
S ^{ce} près du Puits n° 51	13	7.4	1238	939	152 7.60	32 2.63	60 2.60	0 0	336 5.50	0 0	40 0.93	199 5.60	51.5 10.3	207.4	15

Tableau n° 36 - RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES GRES TORTONIENS (Juin 1981).

t	pH	C	H	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁺⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	TH	TAC	SiO ₂	NO ₂ ⁻	Fe ⁺	P ₂ O ₅	
Puits n° 12	-	7.3	1538	1167	105 5.25	77 6.33	86 3.73	3 0.07	402 6.58	0 0	60 1.25	270 7.60	58 11.60	248.1	17	0.80	0	0
Puits n° 11	-	7.6	1476	1120	92 4.60	74 6.08	90 3.91	2 0.04	330 5.41	0 0	60 1.25	277 7.80	53.5 10.70	203.7	-	-	-	-
Puits n° 10	-	7.4	1845	1399	140 7	95 7.81	84 3.65	3 0.07	341 5.58	0 0	56 1.16	412 11.60	74 14.80	209.8	16	0.10	0	0
Puits n° 3	-	7.4	1906	1446	130 6.50	69 5.67	116 5.04	1 0.02	378 6.19	0 0	69 1.43	412 11.60	61.2 12.24	233.3	-	-	-	-
Puits n° 21	-	7.4	1599	1213	110 5.50	89 7.31	82 3.56	1 0.02	390 6.39	0 0	60 1.25	308 8.67	64 12.80	240.7	16	0.05	0	0
Puits n° 17	-	7.4	1476	1120	126 6.30	75 6.16	76 3.30	1 0.02	396 6.48	0 0	43 0.89	298 8.39	62 12.40	244.4	17	0.25	0	0
Puits n° 20	-	7.5	1500	1138	112 5.60	83 6.82	80 3.47	2 0.04	280 4.58	0 0	63 1.31	284 8	62 12.40	172.8	17	0	0	0
Puits n° 13	-	7.3	1267	962	92 4.60	67 5.51	54 2.34	13 0.33	470 7.70	0 0	57 1.18	170 4.78	50.8 10.16	290.1	17	0.30	0	0
Puits n° 15	-	7.4	1389	1054	102 5.10	74 6.08	74 3.21	1 0.02	366 5.99	0 0	62 1.29	271 7.63	56 11.20	225.9	-	-	-	-
Puits n° 2	-	7.4	1537	1166	118 5.90	65 5.34	102 4.43	1 0.02	408 6.69	0 0	65 1.55	284 8	56 11.20	251.8	-	-	-	-
Puits n° 33	-	7.4	7257	5505	328 16.40	316 25.98	830 38.26	16 0.41	396 6.49	0 0	80 1.66	2584 72.78	212 42.40	244.4	-	-	-	-
Puits n° 30	-	7.7	1414	1073	100 5	80 6.57	71 3.08	1 0.02	342 5.60	0 0	62 1.29	270 7.60	58 11.60	211.1	-	-	-	-
Puits n° 26	-	7.6	2029	1539	154 7.70	106 6.70	82 3.56	2 0.04	299 4.75	8 1.75	70 1.45	575 14.7	82.40 16.40	179	-	-	-	-

... / ...

Puits n° 6	-	7.2	7865966	500	63	1180	3	354	0	58	2627	151	218.5	-	-	-
				25	5.2	51.30	0.07	5.80	0	1.20	74	30.20				
Puits de la d'Elvaya	-	7.8	652467	74	25	14	1	330	0	50	45	29	203.7	-	-	-
				3.70	2.05	0.61	0.02	5.40	0	1.04	1.26	5.80				
Puits n° 24	-	7.6	15001138	107	79	86	2	310	0	61	326	59.2	191.3	-	-	-
				5.35	6.49	3.73	0.04	5.08	0	1.27	9.18	11.84				
Puits n° 25	-	7.5	15371166	114	86	80	1	317	0	62	341	64	195.6	16	0	0
				5.70	7.07	3.47	0.02	5.19	0	1.29	9.60	12.80				
Puits n° 0	-	7.6	14761120	110	84	86	1	323	0	60	298	62	199.3	16	0.05	1-
				5.50	6.90	3.73	0.02	5.29	0	1.25	8.39	12.40				
Puits n° 8	-	7.7	17221306	92	90	84	3	330	0	69	370	60	203.7	-	-	-
				4.60	7.40	3.65	0.07	5.41	0	1.43	10.42	12				
Puits n° 18	-	7.5	14141073	86	85	56	1	366	0	63	255	56.4	215.9	16	0	0
				4.30	6.99	2.86	0.02	6	0	1.31	7.18	11.18				
Puits n° 28	-	7.5	15691189	106	84	85	1	317	0	57	305	53.4	195.6	17	0.08	0
				5.30	6.90	3.73	0.02	5.19	0	1.18	8.59	10.64				
Puits n° 32	-	7.8	15371166	108	67	84	1	341	0	67	272	54.5	210.5	-	-	-
				5.40	5.51	3.65	0.02	5.59	0	1.39	7.66	10.90				
Puits n° 1	-	7.5	14891129	110	62	100	1	414	0	64	270	55	255.5	-	-	-
				5.50	5.09	4.34	0.02	6.78	0	1.33	7.60	10.60				
Puits n° 31	-	7.4	1371044	106	81	68	1	390	0	61	241	60	240.7	-	-	-
				5.30	6.66	2.95	0.02	6.39	0	1.27	6.78	12				
Puits n° 14	-	7.8	13411047	95	74	80	5	305	0	62	340	54	188.2	17	0	0
				4.75	6.08	3.47	0.13	5	0	1.29	9.57	10.80				
Puits n° 36	-	7.2	19281462	171	44	126	1	451	0	45	312	61	272.4	-	-	-
				8.55	3.61	5.47	0.02	7.39	0	0.92	8.78	12.20				

Puits n° 4	-	7.7	3207	2432	238	151	290	2	287	0	51	1093	122	177.2	-	-	-
					11.90	12.41	12.60	0.04	4.70	0	1.06	30.78	24.40				
Puits n° 7	-	7.6	3328	2524	222	108	410	19	385	0	72	994	100	237.6	-	-	-
					11.10	8.88	17.90	0.48	6.31	0	1.50	28	20				
AIN HEMMAYA	18	7.7	688	492	96	73	45	0	366	0	45	184	54	225.9	16	0	0
					4.80	6.03	1.95	0	6	0	0.93	5.18	10.8				
AIN OUAHAB	19	7.6	1414	1073	104	72	79	1	325	0	51	260	56	200.6	16	0	0
					5.20	5.92	3.43	0.02	5.32	0	1.06	7.32	11.2				
AIN BOUKOURA	19.5	7.5	1476	1120	105	89	85	1	366	0	59	298	63.2	225.9	16	0	0
					5.25	7.31	3.69	0.02	6	0	1.22	8.40	12.64				
AIN EL KAHLA	21	7.8	2300	1736	150	131	200	3	300	0	94	727	91.5	195.2	24	0.07	0
					7.50	10.80	8.69	0.07	4.92	0	1.96	20.47	18.30				
AIN HALLILIFA	20	7.8	2120	1600	130	113	200	4	210	0	90	674	80	129.6	22	1	0
					6.50	9.30	8.69	0.10	3.44	0	1.87	18.98	16				1.5

Tableau n° 37 - RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DE LA PLAINE D'HEMMAYA (Juin 1961).

	Mg r — Ca	SO ₄ r — Cl	Na + K r — Cl	Na r — Ca	Na r — Mg	Na r — Ca + Mg	SO ₄ r — HCO ₃	Cl r — HCO ₃	i.e.b + 0.50
Puits n° 12	1.20	0.16	0.50	0.71	0.59	0.32	0.19	1.15	+ 0.50
Puits n° 11	1.32	0.16	0.50	0.85	0.64	0.36	0.23	1.44	+ 0.49
Puits n° 10	1.11	0.10	0.32	0.52	0.47	0.24	0.21	2.08	+ 0.68
Puits n° 3	0.87	0.12	0.43	0.77	0.89	0.41	0.23	1.87	+ 0.56
Puits n° 21	1.32	0.14	0.41	0.64	0.49	0.28	0.19	1.35	+ 0.58
Puits n° 17	0.97	0.11	0.39	0.52	0.53	0.26	0.13	1.29	+ 0.60
Puits n° 20	1.21	0.16	0.43	0.62	0.51	0.28	0.28	1.74	+ 0.56
Puits n° 13	1.19	0.24	0.56	0.51	0.42	0.23	0.15	0.62	+ 0.44
Puits n° 15	1.19	0.17	0.42	0.63	0.53	0.28	0.21	1.27	+ 0.57
Puits n° 2	0.90	0.17	0.55	0.75	0.85	0.39	0.20	1.19	+ 0.44
Puits n° 33	1.58	0.02	0.53	2.33	1.47	0.90	0.25	11.21	+ 0.47
Puits n° 30	1.31	0.17	0.41	0.61	0.47	0.26	0.23	1.35	+ 0.59
Puits n° 26	1.13	0.10	0.24	0.46	0.41	0.22	0.30	3.11	+ 0.76
Puits n° 6	0.21	0.01	0.69	2.05	9.86	1.70	0.21	12.75	+ 0.30
Puits de la cave d'Annaya	0.53	0.82	0.49	0.16	0.29	0.10	0.19	0.23	+ 0.51
Puits n° 24	1.21	0.14	0.41	0.70	0.57	0.31	0.25	1.80	+ 0.59

.... /

Puits n° 25	1.24	0.13	0.36	0.61	0.49	0.27	0.25	1.05	+ 0.63
Puits n° 0	1.25	0.15	0.45	0.68	0.54	0.30	0.23	1.58	+ 0.55
Puits n° 8	1.61	0.14	0.36	0.79	0.49	0.30	0.26	1.93	+ 0.64
Puits n° 18	1.62	0.18	0.40	0.60	0.41	0.25	0.22	1.20	+ 0.59
Puits n° 28	1.30	0.14	0.43	0.70	0.54	0.35	0.23	1.65	+ 0.56
Puits n° 32	1.02	0.18	0.48	0.67	0.66	0.33	0.25	1.37	+ 0.52
Puits n° 1	0.92	0.17	0.57	0.79	0.85	0.41	0.20	1.12	+ 0.42
Puits n° 31	1.25	0.18	0.44	0.55	0.44	0.24	0.20	1.06	+ 0.56
Puits n° 14	1.28	0.13	0.37	0.73	0.57	0.32	0.26	1.91	+ 0.55
Puits n° 36	0.42	0.11	0.62	0.64	1.51	0.45	0.12	1.19	+ 0.37
Puits n° 4	1.04	0.05	0.41	1.06	1.01	0.51	0.22	6.55	+ 0.59
Puits n° 7	0.80	0.05	0.65	1.61	2.01	0.89	0.24	4.43	+ 0.34
AIN HENHAYA	1.25	0.18	0.37	0.40	0.32	0.18	0.15	0.86	+ 0.5
AIN OUANAS	1.14	0.14	0.47	0.66	0.58	0.30	0.20	1.37	+ 0.53
AIN BOUKOURA	1.39	0.14	0.44	0.70	0.50	0.29	0.20	1.40	+ 0.56
AIN EL KABELA	1.44	0.09	0.43	1.15	0.80	0.47	0.39	4.16	+ 0.57
AIN KALLILIFA	1.46	0.10	0.46	1.33	0.91	0.54	0.54	5.51	+ 0.54

Tableau n° 38 - RAPPORTS CARACTERISTIQUES DES EAUX DE LA PLAINE D'HENHAYA.

C O N C L U S I O N S G E N E R A L E S

L'étude hydrogéologique, que nous avons effectuée sur le bassin versant de l'oued Sikkak, nous a permis aussi bien de compléter notre propre formation dans les divers domaines de l'hydrogéologie que d'apporter notre modeste contribution à la connaissance des ressources en eaux superficielles et souterraines de cette région.

Le bassin versant de l'oued Sikkak comprend deux secteurs bien distincts:
- au Nord, une dépression comblée de sédiments tertiaires et quaternaires
- au Sud et à l'Est, des massifs jurassiques qui de par leur hardiesse dominant les plaines environnantes de plus de 400 mètres.

L'altitude moyenne du bassin versant est de 580 mètres, sa superficie est de 463 km². Au niveau du plateau de Terny, l'altitude moyenne est égale à 1100 m.

Il faut noter que l'altitude maximum correspond au sommet du djebel Nador (1579 m.), l'altitude la plus basse à la confluence des oueds Sikkak et Isser (145 m)

Les courbes hypsométriques établies témoignent d'une érosion très active à une époque géologique très récente. Ceci est confirmé par le profil en long de l'oued Sikkak.

Au point de vue climatologique, la région jouit d'un régime complexe commandé à la fois par un climat méditerranéen, un climat de montagne et par des avancées sahariennes.

La pluviométrie, fonction de l'altitude et de l'éloignement à la mer, est relativement importante sur les zones montagneuses comme le plateau de Terny où elle atteint une valeur moyenne de 770 mm / an. La lame d'eau moyenne, tombant sur le bassin versant, est en moyenne de 560 mm / an dont la plus grande partie est évapotranspirée (460 mm / an)

La température moyenne annuelle à la station du Meffrouch est de 13.7 °C; à l'altitude moyenne du bassin versant, elle serait de 17.5 °C.

Les indices climatiques montrent que les massifs sont soumis à un climat subhumide à hiver froid.

L'étude lithostratigraphique montre que les seules formations perméables sont :

- les dolomies de Tlemcen avec à leur base les calcaires de Zarifet
- les dolomies de Terny
- les grés tortoniens
- les conglomérats de la plaine d'Hennaya

tout le reste de la série joue le rôle d'imperméable.

La tectonique joue un grand rôle dans l'hydrogéologie de la région étudiée.

La plupart des sources émergent à la faveur de failles au contact des grés de Bou Médine des marno - calcaires de Raouraïet des marnes helvétiques.

Les failles s'orientent selon quatre directions préférentielles :

- direction WSW - ENE (Nord 70° E)
- direction E - W (Nord 90° E)
- direction SSE - NNW (Nord 140° E)
- direction SSW - NNE (Nord 20° E)

La fissuration montre les mêmes directions préférentielles que la fracturation majeure.

La tectonique cassante majeure serait d'âge post tortonien. Le réseau karstique s'oriente selon les directions préférentielles de la fissuration.

Le karst de surface présente une physionomie changeante, les formes devenant de plus en plus développées avec l'altitude.

La présence d'exutoires importants témoignent de la présence de larges réseaux permettant la circulation des eaux à l'intérieur des massifs.

Au Sud de Tlemcen, nous avons deux sources importantes :

- Ain fouara, qui draine les eaux des dolomies de Tlemcen des djebels Beni Moudjer et Béniane

- Ain Meharas, qui draine la majorité des eaux des dolomies de Terny du plateau de même nom.

L'étude hydrodynamique de cette dernière source nous a permis de constater la prédominance des microfissures dans son bassin d'alimentation. De même, les écoulements peuvent être schématisés suivant deux modèles :

- circulation de chenaux et de fissures larges avec niveau piézométrique élevé à la suite d'une crue, pendant un temps relativement court

- circulation lente et niveau piézométrique bas en période de basses eaux.

Dans les régions montagneuses, dépressions fermées et surfaces lapiézées conditionnent une infiltration maximum. L'évapotranspiration y est limitée car l'eau infiltrée n'est plus disponible. Une partie de l'écoulement superficiel qui subsiste est reinfiltre au niveau des pertes localisées dans les cours d'eau. Le coefficient d'infiltration serait de l'ordre de 60 %.

En nous fondant sur les données de sondages, la géologie et les pompages, nous avons pu préciser l'extension, la nature, l'épaisseur des niveaux aquifères ainsi que les propriétés hydrodynamiques de la nappe d'Hennaya.

L'étude piézométrique nous a permis de préciser l'écoulement de la nappe qui se fait du Sud vers le Nord. De même, elle nous a permis de constater que les

conglomérats constituent le drain principal de la nappe qui serait alimentée par les dolomies de Tlemcen affleurant au Sud de l'agglomération d'Hennaya.

L'étude hydrologique nous montre que les oueds Meffrouch et Sikkak sont caractérisés par un régime d'écoulement irrégulier.

Le ruissellement calculé serait de 10.50 %; l'infiltration de l'ordre de 16.77 % des précipitations au niveau de la cuvette de Terny. Dans cette région, l'écoulement maximum se fait en Janvier alors que le minimum s'observe en été (Août).

L'examen des débits nous a permis de préciser les réactions de l'oued Meffrouch aux précipitations. Si le seuil minimum de 20 mm / 24 heures n'est pas atteint, aucune modification des débits n'apparaît.

Pour l'oued Sikkak, les débits mensuels atteignent leur maximum en Mars. Au delà d'Avril, on observe une diminution rapide des débits qui se poursuit jusqu'en Septembre.

D'Octobre à Mai; en raison de l'alimentation pluviale, les débits sont soutenus. A l'inverse lorsque cessent les pluies, les oueds qui ne sont alimentés que par le déversement des nappes souterraines verront leur débit diminuer rapidement.

Les températures assez élevées et constantes de la majorité des eaux du karst et de la nappe d'Hennaya témoignent d'une circulation profonde de ces eaux.

Les eaux du karst sont peu minéralisées et de bonne qualité. Leur faciès est bicarbonaté, calcique ou magnésien suivant qu'elles circulent dans les calcaires ou dolomies.

Les sources thermales ont toutes un faciès bicarbonaté magnésien ce qui nous permet d'affirmer que leurs eaux proviendraient de réservoirs profonds dolomitiques.

Pour la plaine d'Hennaya, l'hétérogénéité des faciès chimiques est liée à l'hétérogénéité des faciès lithologiques.

Les eaux des grés contenus dans les marnes helvétiques, très minéralisées montrent un faciès chloruré sodique.

Les eaux des grés tortoniens montrent un faciès calcique ou magnésien.

Les eaux des conglomérats ont, toutes, un faciès magnésien et montrent des variations négligeables dues à l'alimentation par le karst.

Vu l'industrialisation massive de cette région, des risques de pollution peuvent se poser. Il devient nécessaire de veiller soigneusement à éviter les infiltrations qui risquent de contaminer les eaux. Les risques de pollution sont plus importants sur la plaine d'Hennaya, zone agricole. Les puits sans margelle, souvent non couverts se trouvent pollués par les eaux usées, les fosses d'aisance, les engrais, le mazout et les autres déchets.

Dans notre contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak, nous nous sommes penchés sur les différentes méthodes d'approche qui constituent une base pour aborder l'étude des massifs de la région de Tlemcen. Il est évident que les problèmes de détail ne manqueront pas de se poser. Toutefois afin d'entreprendre cette étude, il serait nécessaire de disposer d'un certain nombre de moyens pour :

- contrôler les écoulements superficiels par la mise en place de stations hydrométriques et l'installation de postes pluviométriques .

- contrôler les débits des émergences importantes

- procéder à des expériences de traçage dans le but d'établir le lien entre les zones d'alimentation et les émergences et de délimiter les surfaces d'alimentation

- enfin, il serait souhaitable de procéder à une étude isotopique des eaux .

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

L I S T E D E S F I G U R E S

L I S T E D E S T A B L E A U X

L I S T E D E S C A R T E S

A N N E X E S

P H O T O G R A P H I E S

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

- AUCLAIR D. & BIEHLER J. (1967) . - Etude géologique des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saïda. Publ. serv. géol. Algérie, nouv. sér., Bull. n° 34, p. 3 - 45, 4 fig. , pl. I - VI.
- AVIAS J. (1964) . - Sur la méthodologie en hydrogéologie karstique. Mémoires du C.E.R.H. univ. Montpellier, t. 1, p. 5 - 20, 3 cartes.
- BENEST M. (1972) . - Les formations carbonatées et les grands rythmes du Jurassique supérieur des Monts de Tlemcen (Algérie). C. R. Ac. Sc. Paris, sér. D, t. 275, p. 1469 - 1471, 2 fig.
- BENEST M. (1972) . - Présence de faciès de haut fond dans la plate forme carbonatée du Jurassique supérieur dans la région de Beni Bahdel (Monts de Tlemcen). C. R. Ac. Sc. Paris, sér. D, t. 276, p. 1385 - 1388, 2 fig.
- BENEST M. (1981) . - La marge gondwanienne de l'Ouest Algérien au Jurassique supérieur et à l'Eocrétacé : les grands traits de l'évolution tectono-sédimentaire mégarythmique. Bull. Soc. Géol. France, t. XXIII, n° 6, p. 663 - 672, 2 fig.
- BENEST M. (1982) . - Importance des décrochements senestres (N - S) et dextres (E - W) dans les Monts de Tlemcen et de Daïa (Algérie occidentale). Rev. géol. dyn. et de géogr. phys. Paris, vol. 23, fasc. 5, p. 345 -362, 8 fig.
- BIREBENT J. (1948) . - Explorations souterraines en Algérie. Campagnes 1946 - 1947. Annales de spéléologie, t. 3, p. 112 - 123, 1 pl.
- BONI C.F. (1975) . - Recherches géologiques et géophysiques. Int. Union of géol. Sc. Paris, sér. B, n° 3, p. 91 - 104, 10 fig.
- BRIERE G. & RAZACK E.T.M. (1981) . - Méthode informatique pour l'étude des clichés aériens de la fracturation des magasins aquifères fissurés. Rev. géol. dyn. et de géogr. phys. Paris, vol. 23, fasc. 2, p. 131 - 142, 9 fig.
- BRULOIS J., DURANTON A., GAUTIER C., GEVIN P., LAUNAY J. & TARDIEU B. (1982) . - Cas de fondations exceptionnelles de barrages. XIV Cong. int. des grands barrages. Rio de Janeiro, question 53, rapport 56, p. 913 - 915.

- BURGER A. (1975) . - Chimisme des roches et de l'eau karstiques. Int. union of géol. Sc. Paris, sér. B, n° 3, p. 79 - 89, 9 fig.
- CARLOS J. (1979) . - Les encroûtements calcaires et les encroûtements gypseux en géotechnique routière. Mém. tech. n° 1. Sonatrach. B.E.T. labo. méca. sols, Alger, p. 9 - 34, 6 fig.
- CASTANY G. (1967) . - Introduction à l'étude des courbes de tarissement. Chron. d'hydrogéol. B.R.G.M. Paris, n° 10, p. 23 - 30, 7 fig.
- CHAUMONT M. (1968) . - Les influences des régimes climatiques en France, en Espagne et en Afrique du Nord et leurs conséquences hydrologiques. S.E.S. Alger, 174 p., 9 fig.
- DALLONI M. (1939) . - Géologie appliquée de l'Algérie. Métallogénie, hydro - géologie, agrogéologie. p. 215 - 564. Ed. Masson. Paris.
- DOUMERGUE F. (1910) . - Carte géologique détaillée Algérie au 1 / 50.000, feuille Terny, n° 300 et notice explicative.
- DOUMERGUE F. (1936) . - Carte géologique détaillée Algérie au 1 / 50.000, feuille Tlemcen, n° 270 et notice explicative.
- DROGUE C. (1967) . - Etude des relations entre écoulements superficiels et souterrains dans le bassin du Vidourle (Gard - France). Chron. d'hydrogéol. B.R.G.M. Paris, n° 10, p. 48 - 57, 6 fig.
- DROGUE C. , GRILLOT J. C. & GUERIN R. (1975) . - Introduction à l'étude et à l'interprétation hydrogéologique d'un massif calcaire Labo. d'hydrogéol. U.S.T.L. Montpellier.
- ELMI S (1970) . - Rôle des accidents décrochants de direction SSW - NNE dans la structure des Monts de Tlemcen (Ouest Algérien). Bull. soc. hist. nat. A.F.N. Alger, t. 61, p. 3 - 8 , 1 fig.
- ELMI S (1976) . - A propos de la différenciation alpine (Tellienne) en Oranie. 4^e réun. ann. Sc. Terre, Paris. Soc. géol. France, p. 160, 1 fig.
- ELMI S. (1978) . - Polarité tectono - sédimentaire pendant l'effritement des marges septentrionales du bâti africain au cours du Mésozoïque (Maghreb). Ann. Soc. géol. Nord, t. XCVII, p. 315 - 323, 3 fig.

- GENTIL L. (1903) . - Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie) .Coll. serv. cart. géol. France et cart. géol. Algérie, 521 p., 121 fig., V pl., 2 cart. géol.
- GEVIN P. (1952) . - Le projet de barrage sur l'oued Meffrouch. XIX^e cong. géol. int. Alger, 12 p., IV pl.
- GEVIN P. (1958) . - Note sur les incidences de la géologie sur la construction du barrage du Meffrouch. Direction de l'hydraulique et des travaux publics, Alger, inédit.
- GRILLOT J.C & ALMEIDA C. (1932) . - Tectonique cassante post hercynienne dans l'Algarve (Sud du Portugal). Incidence sur l'hydrologie karstique Rev. géol. dyn. et de géogr. phys. Paris, vol. 23, fasc. 2, p. 119 - 130, 5 fig.
- GRILLOT J.C & GUERIN R. (1975) . - Tectonique, microtectonique et directions des écoulements souterrains : exemples de relations dans le bassin karstique du haut Vidourle (Gard - France). Rev. géol. dyn. et de géog. phys. Paris, vol. 17, fasc. 1, p.
- GUARDIA P. (1975) . - Géodynamique de la marge alpine du continent Africain d'après l'étude de l'Oranie Nord occidentale. Relations structurales et paléogéographiques entre le Tell externe et l'avant pays Atlasi - que. Thèse inst. polyt. méditerranéen, Nice, 285 p., 141 fig.
- HAYANE S.M (1979) . - Contribution à l'étude hydrogéologique du plateau de Terny (Monts de Tlemcen) . D.E.A. univ. Oran, 48 p., 33 fig., inédit.
- ISSAADI A. (1981) . - Etude hydrogéologique des massifs du Guerioun et Fortass (Sud constantinois). Thèse 3^e cycle U.S.T.H.B., Alger, 253 p., 70 fig.
- KIRALY L. (1975) . - Rapport sur l'état actuel des connaissances dans le domaine des caractères physiques des roches karstiques. Int. union of géol. Sc. Paris, sér. B, n° 3, p. 53 - 67, 10 fig.
- IBUSEMAN G.P & RIDER N.A (1974) . - Interprétations et discussions des pompages d'essais. Int. inst. for land reclamation and improvement. Wageningen. Netherlands. 213 p., XIIIX tabl., 61 fig.

- LARAT Y. (1964) . - Inventaire spéléologique du Tell oranais. Bull. soc. hist. nat. A.F.N., Alger, t. 54, p. 133 - 184.
- LAMOREAUX P.E & LEGRAND H.E (1975) . - Hydrogéologie et hydrologie du karst. int. union of géol. sc. Paris, sér. B, n° 3, p. 9 - 19, 4 fig.
- LUCAS G. (1942) . - Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Rouban et du Sidi El Abed (Frontière Algéro - Marocaine). Bull. serv. géol. Algérie, sér. 2, n° 16, 539 p.
- PALLARY H. (1901) . - Sur les mollusques fossiles, terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie. Mém. Soc. géol. France, n° 22, 212 p. , V pl., 16 fig.
- PALOC H. (1975) . - Cartographie des eaux souterraines en terrains calcaires. Int. union of géol. sc. Paris, sér. B, n° 3, p. 137 - 147, 4 cart., 1 tabl.
- REMIERAS G. (1976) . - Hydrologie de l'ingénieur. Ed. Eyrolles. Paris, 2^e éd., 456 p., 196 fig.
- RODIER J. (1976) . - Analyses de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eaux de mer. Ed. Dunod. Paris,
- SCHOELLER H. (1962) . - Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique. Recherche, exploration et évaluation des ressources. Ed. Masson & cie. Paris, 642 p., 187 fig.
- SCHOELLER H. (1967) . - Hydrodynamique dans le karst. Chron. d'hydrogéol. B.R.G.M. Paris, n° 10, p. 7 - 21, 7 fig.
- SCHOELLER M. (1961) . - Calcul du bilan des nappes d'eau des "sables des landes" en utilisant la teneur en chlore de l'eau des nappes et celle de l'eau de pluie. C. R. Ac. Sc. Paris, t. 253, n° 15, p. 1598 - 1599.

- LISTE DES FIGURES -

	Page
Fig. 1 - Plan de situation du bassin versant de l'oued Sikkak	12
Fig. 2 - Courbe hypsométrique du bassin versant de l'oued Sikkak	16
Fig. 3 - Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques du bassin versant de l'oued Sikkak	16
Fig. 4 - Courbe hypsométrique du bassin versant de l'oued Amyer	17
Fig. 5 - Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques du bassin versant de l'oued Amyer	17
Fig. 6 - Rapport de confluence	22
Fig. 7 - Rapport des longueurs	22
Fig. 8 - Rapport des aires	22
Fig. 9 - Profil en long de l'oued Sikkak	24
Fig.10 - Histogramme des précipitations mensuelles	30
Fig.11 - Précipitations saisonnières;	32
Fig.12 - Distribution en loi log - normale des précipitations à la station de Tlemcen agro	34
Fig.13 - Relation précipitations - éloignement de la mer	40
Fig.14 - Relation précipitations - altitude	40
Fig.15 - Carte en courbes isohyètes du bassin versant de l'oued Sikkak	43
Fig.16 - Courbes des températures mensuelles	46
Fig.17 - Relation température - altitude	48
Fig.18 - Diagrammes ombrothermiques	50
Fig.19 - Relation évaporation - température à la station du Meffrouch	48
Fig.20 - Déficit d'écoulement d'après le diagramme de Wundt	54
Fig.21 - Diagrammes pluviothermiques	56
Fig.22 - Grands traits de la mosaïque de l'Afrique du Nord	67
Fig.23 - Situation des Monts de Tlemcen dans le domaine Tlemcénien	67

Fig. 24 - Corrélations au Quaternaire	78
Fig. 25 - Schéma structural simplifié des Monts de Tlemcen	82
Fig. 26 - Relation précipitations - écoulement à la station du Meffrouch ...	86
Fig. 27 - Distribution en loi log - normale des apports de l'oued Meffrouch au barrage	87
Fig. 28 - Courbes des débits mensuels de l'oued Meffrouch	90
Fig. 29 - Courbe des débits journaliers, courbe des débits classés de l'oued Meffrouch	91
Fig. 30 - Distribution en loi log normale des crues de l'oued Meffrouch	93
Fig. 31 - Relation pluie - débit de l'oued Meffrouch	96
Fig. 32 - Détermination du ruissellement à partir de la crue du 5 au 9/2/53;	98
Fig. 33 - Courbe de tarage de l'oued Sikkak(sans l'oued Meffrouch).....	100
Fig. 34 - Courbes des débits mensuels de l'oued Sikkak	101
Fig. 35 - Courbe des débits journaliers, courbe des débits classés de l'oued Sikkak	103
Fig. 36 - Courbe de tarissement de l'oued Sikkak	104
Fig. 37 - Coupe hydrogéologique	107
Fig. 38 - Histogramme polaire de distribution des failles du plateau de Terny, par classes d'orientation	114
Fig. 39 - Histogramme polaire de distribution des failles du secteur dj. Tefatisset - dj. Ain El Hout, par classes d'orientation	114
Fig. 40 - Histogramme polaire de distribution des failles du secteur Ain - Fezza-Dj. Er - Ramlya, par classes d'orientation	115
Fig. 41 - Histogramme polaire de distribution des failles de l'ensemble du bassin versant de l'oued Sikkak, par classes d'orientation	115
Fig. 42 - Plan de la grotte du Yebdar	117
Fig. 43 - Plan du cours d'eau souterrain de la Tafna	118
Fig. 44 - Histogramme de fréquences en direction(%) des fissures relevées à la grotte du Yebdar et à El Rhar.....	119
Fig. 45 - Histogramme de fréquences en direction (%) des galeries soute- rraines d'El Rhar	119

Fig. 46 - Coupes et plans d'avens	121
Fig. 47 - Coupes schématiques de quelques résurgences	124
Fig. 48 - Courbe de tarissement d'Ain Fouara	129
Fig. 49 - Courbe de tarissement d'Ain Meharas	129
Fig. 50 - Sondage S ₃ - Courbe débit - rabattement	135
Fig. 51 - Sondage S ₃ - Courbe débit spécifique - rabattement	136
Fig. 52 - Sondage S ₃ - Courbe de remontée	137
Fig. 53 - Sondage P ₄ - Courbe débit spécifique- rabattement	139
Fig. 54 - Sondage P ₄ - Courbe de remontée	140
Fig. 55 - Plaine d'Hennaya - Coupes hydrogéologiques	143
Fig. 56 - Carte en courbes isopièzes de la nappe d'Hennaya	146
Fig. 57 - Essai de pompage sur le puits n° 11 - Courbe de descente	149
Fig. 58 - Essai de pompage sur le puits n° 11 - Courbe de remontée	150
Fig. 59 - Essai de pompage sur le puits n° 22 - Courbe de descente	152
Fig. 60 - Essai de pompage sur le puits n° 22 - Courbe de remontée	152
Fig. 61 - Essai de pompage sur le puits n° 22 - Courbe de descente sur le piézomètre	153
Fig. 62 - Essai de pompage sur le puits n° 22 - Courbe de remontée sur le piézomètre	153
Fig. 63 - Essai de pompage sur le puits n° 32 - Courbe de remontée	155
Fig. 64 - Essai de pompage sur le puits n° 19 - Courbe de descente	156
Fig. 65 - Essai de pompage sur le puits n° 19 - Courbe de remontée	156
Fig. 66 - Diagramme d'analyses des eaux des grés de Bou Médine	162
Fig. 67 - Diagramme d'analyses des eaux des grés de Bou Médine	163
Fig. 68 - Diagramme d'analyses des eaux des dolomies de Tlemcen et des calcaires associés	166
Fig. 69 - Diagramme d'analyses des eaux des dolomies de Tlemcen et des calcaires associés	167

Fig. 70 -Diagramme d'analyses des eaux des dolomies de Tlemcen	168
Fig. 71 -Diagramme d'analyses des eaux des dolomies de Terny	171
Fig. 72 -Diagramme d'analyses des eaux des dolomies de Terny	172
Fig. 73 - Diagramme d'analyses des eaux des grés tortoniens	174
Fig. 74 - Diagramme d'analyses des eaux des grés tortoniens	175
Fig. 75 - Diagramme d'analyses des eaux des grés tortoniens	177
Fig. 76 - Diagramme d'analyses des eaux des grés tortoniens	178
Fig. 77 - Diagramme d'analyses des eaux des sources thermales	180
Fig. 78 - Diagramme d'analyses des eaux des marnes helvétiques de la plaine d'Hennaya	182
Fig. 79 - Diagramme d'analyses des eaux des grés tortoniens de la plaine d'Hennaya	185
Fig. 80 - Diagramme d'analyses des eaux des grés tortoniens de la plaine d'Hennaya	186
Fig. 81 - Diagramme d'analyses des eaux des grés tortoniens de la plaine d'Hennaya	187
Fig. 82 - Diagramme d'analyses des eaux des conglomérats de la plaine d'hennaya	189
Fig. 83 - Diagramme d'analyses des eaux des conglomérats de la plaine d'Hennaya	190
Fig. 84 - Diagramme d'analyses des eaux des conglomérats de la plaine d'Hennaya	191
Fig. 85 - Carte de la minéralisation des eaux de la plaine d'Hennaya	194
Fig. 86 - Carte des teneurs en Ca^{++} des eaux de la plaine d'Hennaya	195
Fig. 87 - Carte des teneurs en Mg^{++} des eaux de la plaine d'Hennaya	196
Fig. 88 - Carte des teneurs en Na^+ des eaux de la plaine d'Hennaya	197
Fig. 89 - Carte des teneurs en Cl^- des eaux de la plaine d'Hennaya	198
Fig. 90 - Carte d'indice d'échange de base des eaux de la plaine d'Hennaya..	199
Fig. 91 - Carte des faciès chimiques des eaux de la plaine d'Hennaya	200

- LISTE DES TABLEAUX -

	Page
Tableau n° 1 - Repartition altimétrique du bassin versant de l'oued Sikkak	14
Tableau n° 2 - Repartition altimétrique du bassin versant de l'oued Amyer	15
Tableau n° 3 - Classification par ordres du réseau hydrographique ...	20
Tableau n° 4 - Paramètres morphométriques du bassin versant de l'oued Sikkak	23
Tableau n° 5 - Stations pluviométriques de la région de Tlemcen	29
Tableau n° 6 - Répartition mensuelle des précipitations	29
Tableau n° 7 - Répartition saisonnière des précipitations	31
Tableau n° 8 - Distribution des précipitations annuelles à Tlemcen ..	216
Tableau n° 9 - Paramètres de position . Etude des précipitations	35
Tableau n° 10- Etude des précipitations . Calcul du χ^2	36
Tableau n° 11- Calcul de la lame d'eau moyenne tombée sur le bassin versant de l'oued Sikkak, par la méthode de Thiessen .	38
Tableau n° 12- Relation éloignement à la mer - précipitations	39
Tableau n° 13- Relation précipitations - altitude	41
Tableau n° 14- Calcul, par la méthode du gradient altimétrique, de la lame d'eau moyenne tombée sur le bassin versant de l'oued Sikkak	41
Tableau n° 15- Calcul, par la méthode des isohyètes, de la lame d'eau tombée sur le bassin versant de l'oued Sikkak	42
Tableau n° 16- Moyennes mensuelles et annuelles des températures	45
Tableau n° 17- Valeurs mensuelles de l'évaporation à la station du Meffrouch	51
Tableau n° 18- Calcul de l'évapotranspiration potentielle	58
Tableau n° 19- Eléments du bilan hydrologique moyen, calculé par la méthode de Thornthwaite, à la station de Tlemcen agro..	60
Tableau n° 20- Eléments du bilan hydrologique moyen, calculé par la méthode de Thornthwaite, à la station du Meffrouch	61
Tableau n° 21- Eléments du bilan hydrologique moyen, calculé par la méthode de Thornthwaite, à l'ensemble du bassin	62
Tableau n° 22- Apports annuels de l'oued Meffrouch (1943/1968)	217

Tableau n° 23 - Calcul du déficit d'écoulement	218
Tableau n° 24 - Distribution des apports annuels de l'oued Meffrouch au barrage	219
Tableau n° 25 - Paramètres de distribution des apports annuels	85
Tableau n° 26 - Apports annuels. Calcul du χ^2	88
Tableau n° 27 - Distribution des débits maxima de l'oued Meffrouch...	220
Tableau n° 28 - Paramètres de position des crues de l'oued Meffrouch.	92
Tableau n° 29 - Etude des crues. Calcul du χ^2	92
Tableau n° 30 - Débits mensuels moyens de l'oued Sikkak	221
Tableau n° 31 - Inventaires des sondages de la plaine d'Hennaya	222
Tableau n° 32 - Résultats des relevés piezométriques de la plaine d'Hennaya	226
Tableau n° 33 - Résultats des analyses chimiques des grés de Bou Médine	227
Tableau n° 34 - Résultats des analyses chimiques des eaux des dolomies de Tlemcen et des calcaires associés	228
Tableau n° 35 - Résultats des analyses chimiques des eaux des dolomies de Terny	230
Tableau n° 36 - Résultats des analyses chimiques des eaux des grés tortoniens	231
Tableau n° 37 - Résultats des analyses chimiques des eaux de la plaine d'Hennaya	232
Tableau n° 38 - Rapports caractéristiques des eaux de la plaine d'He- nnaya	235

- LISTE DES CARTES - (Hors texte)

- Carte n° 1 - Carte morphométrique du bassin versant de l'oued Sikkak.
- Carte n° 2 - Carte géologique du bassin versant de l'oued Sikkak.
- Carte n° 3 - Schéma structural du bassin versant de l'oued Sikkak.
- Carte n° 4 - Carte de fissuration du karst.
- Carte n° 5 - Carte de fissuration des dolomies de Terny.
- Carte n° 6 - Carte hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak.
- Carte n° 7 - Carte de la profondeur du niveau des eaux souterraines de la plaine d'Hennaya.
- Carte n° 8 - Relation entre la lithologie et le potentiel hydrogéologique de la plaine d'Hennaya.